

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra speciální zootechniky



Vliv genotypu slepic nosného typu na kvalitu vajec

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Lenka Petrová

Obor studia: AMPP

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

© 2017 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv genotypu slepic nosného typu na kvalitu vajec" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Ing. Lukáši Zitovi, Ph.D. za podporu, věcné připomínky a vstřícnost při psaní této práce a Ing. Ludmile Klesalové za pomoc při rozbořech vajec v laboratoři. Poděkování patří i podniku a Evě Řízkové za poskytnutí vajec k rozborům a potřebných podkladů týkajících se chovu nosnic v jejich podniku.

Vliv genotypu slepic nosného typu na kvalitu vajec

Souhrn

Vejsce slepic nosného typu patří mezi základní živočišné produkty a jsou nedílnou součástí celosvětového trhu. Kvalita vajec je důležitá z hlediska spotřebitelského i ekonomického. Proto je potřebné vyhodnocovat charakteristiky kvality vajec, jakož i faktory, které je ovlivňují. Kvalita vajec je ovlivňována mnoha vnitřními (užitkový typ, genotyp, věk nosnice) a vnějšími (výživa, teplota prostředí a systém ustájení) faktory. Genotyp a věk nosnic patří mezi nejdůležitější faktory, které ovlivňují nejen hmotnost vejce, ale i jeho další vlastnosti. Pro spotřebitele je však rozhodující i na první pohled viditelná kvalita vajec, proto jisté vady a změny vajec (např. tvar vajec, křapy, aj.) jsou nežádoucí. Neviditelným zdravotním problémem může být kontaminace vajec, např. bakteriemi rodu *Salmonella*.

Předmětem diplomové práce bylo porovnat kvalitu vajec, především technologickou hodnotu, u vybraných hnědovaječných genotypů slepic nosného typu v závislosti na jejich věku. Do sledování pro porovnání kvality vajec byly zařazeny genotypy slepic Hisex Brown a Lohmann Brown ve 2. polovině snáškového cyklu (od 46. do 74. týdne). Pro vyhodnocení kvality vajec bylo použito celkem 1920 ks vajec.

U všech vybraných parametrů určujících kvalitu vajec, kromě hmotnosti žloutku, byl zjištěn průkazný vliv věku nosnic. S věkem nosnic se zvyšovala hmotnost vajec a skořápky, snižovaly se hodnoty indexu tvaru vejce, indexu žloutku, indexu bílku, Haughovy jednotky a pevnost skořápky. Ostatní hodnoty vybraných parametrů (hmotnost žloutku, podíl žloutku, barva žloutku, hmotnost bílku, podíl bílku a skořápky, tloušťka a barva skořápky) s věkem nosnic měly nejednoznačný trend průběhu, kolísaly. Zjištěné výsledky se shodují s mnoha autory, kteří uvedli, že se s věkem nosnic kvalita vajec mění. Signifikantně ovlivněny genotypem nebyly parametry hmotnost žloutku, podíl žloutku, podíl skořápky a barva skořápky. Nicméně, lepší hodnoty parametrů kvality vajec byly zjištěny u Lohmanna Brown než u Hisexe Brown. Z výsledků vyplývá, že Lohmann Brown měl lepší téměř všechny hodnoty sledovaných parametrů. Např. hmotnost vejce byla u Lohmanna Brown průkazně vyšší (+ 1,45 g) než u Hisexe Brown. Hisex Brown měl vyšší hodnoty jen u indexu tvaru vejce (+ 1,01 procentního bodu) a podílu žloutku (+ 0,49 procentního bodu). Dále barva jak žloutku, tak skořápky byla u Hisexe Brown tmavší než u Lohmanna Brown. Hypotéza, že kvalita vajec je více ovlivněna věkem nosnic než genotypem, byla potvrzena.

Klíčová slova: slepice, Lohmann Brown, Hisex Brown, žloutek, bílek, skořápka

The effect of genotype of egg laying hens on quality of eggs

Summary

Eggs of laying hens belong to between basic animal products and they are an integral part of the global market. The eggs quality is important for consumer's terms and economic. Therefore, is needed evaluate characteristics eggs quality as well as factors which are affected. The eggs quality is affecting many internal (utilitarian type, genotype, age hens) and external (nutrition, ambient temperature and housing system) factors. Genotype and age of layers belongs to the most important factors which affect not only egg weight but its other properties too. For consumers is decisive even at first sight visible eggs quality, therefore some defects and changes eggs (e.g. shape eggs, cracked eggs and others) are not desirable. Invisible health problem can be contamination eggs e.g. bacteria of genus *Salmonella*.

The subject of this thesis is comparing the eggs quality, primarily the technological value from selected, in brown-egg genotypes of laying hens depending on their age. In monitoring for the comparison with the eggs qualities were putted genotypes of hens Hisex Brown and Lohmann Brown in 2nd half of laying cycle (from 46th to 74th week). For evaluation the eggs quality were used total 1920 pieces of eggs.

For all selected parameters determining the eggs quality except for yolk weight was found evidential influence age of laying hens. With age of laying hens was increased the weight of eggs and their shell, decreasing values of index of the shape of eggs, yolk index, albumen index, Haugh units and shell strength. The trend of others values of chosen parameters (yolk weight, share of yolk, yolk color, albumen weight, share of albumen and egg-shell, thickness and egg-shell color) with age of laying hens were in ambiguous course, they were fluctuating. Established results agree with many authors, which reported that with age hens varies the eggs quality. Significantly influenced of genotype were not parameters of yolk weight, share of yolk, share of shell and egg-shell color. However, better values parameters of eggs quality were found in Lohmann Brown than in Hisex Brown. From the results follow that Lohmann Brown had better in almost all values of parameters. E.g. egg weight was in Lohmann Brown higher (+ 1,45 g) than Hisex Brown. Hisex Brown had higher values only in egg shape index (+ 1,01 percent point) and percentage yolk (+ 0,49 percent point). The color of both yolk and shell was in Hisex Brown darker

than Lohmann Brown. The hypothesis that the eggs quality is more influenced by age of laying hens than genotype was confirmed.

Keywords: hen, Lohmann Brown, Hisex Brown, yolk, albumen, egg-shell

Obsah

| | |
|---|-----------|
| 1 Úvod..... | 1 |
| 2 Cíl práce a hypotéza..... | 3 |
| 3 Literární přehled..... | 4 |
| 3.1 Složení vajec..... | 4 |
| 3.1.1 Žloutek..... | 4 |
| 3.1.2 Bílek..... | 5 |
| 3.1.3 Skořápka | 6 |
| 3.2 Kvalita vajec | 7 |
| 3.2.1 Charakteristické vlastnosti vnější | 8 |
| 3.2.2 Charakteristické vlastnosti vnitřní | 10 |
| 3.3 Vybrané faktory ovlivňující kvalitu vajec | 12 |
| 3.3.1 Užitkový typ | 13 |
| 3.3.2 Genotyp..... | 13 |
| 3.3.3 Věk nosnice..... | 15 |
| 3.3.4 Výživa | 16 |
| 3.3.5 Teplota prostředí..... | 19 |
| 3.3.6 Systém ustájení | 20 |
| 3.3.6.1 Obohacené klece | 21 |
| 3.3.6.2 Alternativní systémy | 22 |
| 3.4 Vady a změny vajec..... | 25 |
| 3.5 Kontaminace vajec | 27 |
| 4 Materiál a metodika | 30 |
| 4.1 Charakteristika genotypů..... | 30 |
| 4.2 Charakteristika komerčního chovu a design sledování..... | 34 |
| 4.3 Rozbory vajec | 37 |
| 4.4 Statistické vyhodnocení | 39 |
| 5 Výsledky | 40 |
| 6 Diskuze | 48 |
| 7 Závěr..... | 51 |
| 8 Seznam použité literatury..... | 52 |
| 9 Seznam použitých zkratk a symbolů | 63 |

1 Úvod

Produkce drůbeže je díky intenzitě látkového metabolismu drůbežního organismu jedna z nejrentabilnějších a z pohledu jejího ustájení vykazuje nejnižší nároky na plochu zemědělské půdy. Z těchto důvodů se stal chov drůbeže v uplynulém období silně se rozvíjejícím odvětvím živočišné výroby, kdy je navíc případným stabilizátorem ekonomiky zemědělství a to i do budoucna.

Jednou z nejdůležitějších vlastností slepic nosného typu je produkce konzumních vajec. V současnosti je čas potřebný k vytvoření vejce takřka přesně roven 24 hodinám. To nám umožňuje dosahovat vysoké míry produkce vajec snesených časně ráno. Slepíčí vejce má obecně základní úlohu v reprodukci a zachování druhu. Vejce je také významné ve výživě lidí.

Slepíčí vejce jsou lidmi konzumována už po staletí. Důvodem je, že jsou vejce pokládána za jednu z nejvíce zdravých potravin a navíc je to přírodní produkt. Proto jsou vejce přijímána ve většině kultur.

Produkce konzumních vajec je v České republice dlouhodobě na vysoké úrovni. Odbor živočišných komodit Ministerstva zemědělství uvádí, že v roce 2016 bylo v České republice vyprodukováno celkem 2200 mil. kusů vajec, tedy více než v předešlém roce, kdy bylo vyprodukováno 2174 mil. ks vajec. Spotřeba konzumních vajec u nás v roce 2015 byla vyšší (2773,3 mil. ks) v porovnání s odhadovanou hodnotou pro rok 2016 a to 2680 mil. ks vajec. Zato soběstačnost v produkci vajec v ČR byla za rok 2016 vyšší 82,1 % než v roce 2015, kdy soběstačnost představovala 78,4 %. Prognóza spotřeby vajec na obyvatele a rok v roce 2016 byla 259 ks.

Od 1. 1. 2012 lze dle Směrnice Rady 1999/74/ES ze dne 19. 7. 1999 používat místo konvenčních klecí, buď obohacené klece, nebo již využívané alternativní systémy ustájení slepic nosného typu. Evropská unie (EU) zde uvedla minimální normy týkající se ochrany nosnic v různých systémech chovu. Tyto normy mají chránit nosnice a zamezit rozdílům, které mohou narušit podmínky hospodářské soutěže mezi výrobci z různých členských států. Dané změny způsobily v roce 2012 pokles stavů slepic v ČR zhruba o 12 % a tím i snížení produkce vajec oproti předešlému roku 2011.

Všechny změny v systémech ustájení slepic nosného typu jsou orientovány na zlepšení jejich welfare. I přesto, že zajištění většího prostoru pro slepice v kleci nebo v podlahových systémech znamená zvýšení nákladů na produkci. Vyšší náklady mohou souviset s nižší snáškou, vyšší spotřebou krmiva a vyšším úhynem. Ustájení nosnic má ovšem

vliv i na kvalitu a zdravotní nezávadnost snesených vajec. Především výživa by měla být v jednotlivých systémech ustájení odlišná, protože slepice mají rozdílnou spotřebu krmiva, a tím i příjem živin. Vyšší spotřeba krmiva v podlahových systémech může způsobit disbalanci příjmu živin, především minerálních látek, což následně zhoršuje kvalitu skořápky.

Produkce vajec s kvalitní skořápkou a dobrou vnitřní kvalitou vajec je rozhodující pro ekonomickou rentabilitu na celém světě. Problémy s kvalitou vajec stojí producenty mnoho milionů korun ročně. Proto je velmi důležité pochopit faktory, které mají vliv na kvalitu skořápky vajec, jakož i vnitřní kvalitu vajec. Mezi tyto faktory patří především genotyp, systém ustájení, výživa a věk nosnice.

2 Cíl práce a hypotéza

Cílem diplomové práce bylo porovnat kvalitu vajec, především technologickou hodnotu, u vybraných hnědovaječných genotypů slepic nosného typu v závislosti na jejich věku.

Hypotézou je, že kvalita vajec je více ovlivněna věkem nosnic než genotypem.

3 Literární přehled

3.1 Složení vajec

Složení vajec závisí hlavně na genotypu slepice, jejím věku a výživě. Vejce je velmi bohaté na živiny. Obsahuje vysoce kvalitní bílkoviny, tuky a také několik důležitých živin, včetně esenciálních a neesenciálních vitaminů a minerální látky (Terčič et Holcman, 2010; Tang et al., 2015).

Vejce se skládá ze žloutku (30 – 33 %), bílku (60 %), podskořápečných blan, skořápky a kutikuly (celkem 9 – 12 %). Poměr zastoupení skořápky : žloutku : bílku je dle Míkové (2003) 1 : 3 : 6. Množství žloutku bývá u velkých i malých vajec stejné. U malých vajec je méně zastoupen bílek, takže poměr žloutek ku bílku se zvyšuje. Dále se zvyšuje i procentuální zastoupení skořápky. Naopak u velkých vajec se zvyšuje poměr bílku : žloutku a skořápe. Hlavní složkou vejce je voda, která tvoří cca 75,8 % a nachází se především v bílku. Sušina je tvořena hlavně proteiny, lipidy a dále obsahuje malé množství organických látek (vitaminy, enzymy, kyseliny, barviva a další látky). Proteiny jsou přítomny především ve vaječném žloutku a bílku, zatímco lipidy jsou pouze ve žloutku. Obsah cukrů je ve vejci minimální a minerální látky jsou primární složkou skořápky. Ve vaječné hmotě je obsah minerálů minimální (Ahmadi et Rahimi, 2011).

3.1.1 Žloutek

Žloutek tvoří složitý systém, který obsahuje celou řadu částic suspendovaných v roztoku proteinu a je krytý pružnou, pevnou žloutkovou (vitelinní) membránou. Mezi tyto částice, které jsou obsaženy v žloutkové kouli, patří volně plovoucí granule, lipoproteinní globule s nízkou hustotou a myelin. Žloutek dále obsahuje lipidy, proteiny, sacharidy, minerální látky, vitaminy, barviva. Strukturu žloutku tvoří dvě frakce – plazma a granule. Plazma je rozpustná ve vodě, obsahuje především lipidy, zbytek tvoří proteiny, kdežto granule obsahují zejména proteiny (Mine, 2008; Kljak et al., 2012).

Žloutek představuje asi 30 % z celkové hmotnosti vejce. Žloutek je nositelem zárodečného terčíku, z něhož začíná vývoj zárodka a dále představuje zásobárnu živin pro vyvíjející se zárodek (Walters, 2007).

Většina žloutku je utvářena ze soustředných pravidelně se střídajících vrstev světlého a tmavého žloutku. Barevná rozdílnost žloutkové hmoty je způsobena nerovnoměrným ukládáním barviv při tvorbě žloutku. Tmavý žloutek se vytváří při příjmu krmiva nosnicí a

má zásobní funkci. Obsahuje asi 35 % lipidů, 16 % proteinů a většinu lipofilních karotenoidních barviv. Světlý žloutek tvoří vždycky střed a poslední vrstvu pod žloutkovou membránou. Světlý žloutek představuje 3 - 6 % z celkové hmotnosti žloutku. Skládá se asi z 86 % vody, zbytek je tvořen proteiny a lipidy (Steinhausarová et al., 2003; Filnerová, 2007).

Podle výzkumu Tanga et al. (2015) obsahuje žloutek nosnic vysoké hladiny nasycených mastných kyselin a cholesterolu. Vyšší hladiny cholesterolu a nasycených tuků jsou v přímém vztahu k výskytu ischemické choroby srdeční. Dle Filnerové (2007) cholesterol, který je obsažen ve žloutku, kolísá v závislosti na intenzitě snášky a příjmu tuků v krmné dávce. Obsah cholesterolu se pohybuje kolem 1000 mg na 100 g žloutku. Tang et al. (2015) popisují, jak se v minulých desetiletích vědci mnohokrát snažili snížit obsah cholesterolu ve žloutku. Používali například genetické selekční programy, farmakologické intervence a měnili složení krmiva. Nicméně, většina z těchto snah měla za následek pouze minimální snížení cholesterolu v žloutku a to o 5 – 7 %. Mikulski et al. (2012) zjistili, že použitím probiotik (*Pediococcus acidilactici*) se snížil obsah cholesterolu ve žloutku z 13,75 mg/g (krmivo bez probiotik) na 12,37 mg/g (100 mg probiotik/kg krmiva).

Také barva vaječného žloutku ve vejci kolísá. Barva žloutku je důležitým faktorem pro přijatelnost výrobku spotřebitelem. Vhodná barva na trhu se pohybuje od žluté až po zlatou barvu. Tmavší žloutky jsou obvykle považovány za kvalitnější vejce. Přirozená barva žloutku je výsledkem akumulace karotenoidů (Kljak et al., 2012).

3.1.2 Bílek

Bílek tvoří asi 60 % celkové hmotnosti vejce a zaujímá prostor mezi žloutkem a vnitřní podskořápečnou blánou. Bílek chrání embryo a současně představuje zásobu vody a bílkovin. Voda je hlavní složkou vaječného bílku a pohybuje se v rozmezí od 84 do 89 % (od vnější do vnitřní vrstvy bílku). Mezi pevné složky bílku patří hlavně proteiny, které představují asi 10 až 11 % hmotnosti bílku, zatímco sacharidy (hlavně glukóza), lipidy a minerální látky patří mezi minoritní složky bílku (Filnerová, 2007; Walters, 2007).

Bílek nemá jednotnou strukturu, protože se skládá ze čtyř samostatných vrstev. První je vnější řídká vrstva (23,3 %) nacházející se u skořápkové membrány. Tato vrstva je viskózní. Druhou vrstvou (57,2 %) je vnější tuhá, třetí je vnitřní řídká vrstva (16,8 %) a poslední čtvrtá vnitřní tuhá vrstva (2,7 %), tzv. chalázový bílek. Chalázová vrstva je želatinová a pokrývá celý vaječný žloutek. Chaláza je lehce elastická a omezeně umožňuje

otáčet žloutek. Poměry vrstev bílků se mohou lišit v závislosti na genotypu slepic, podmínkách prostředí a celkové velikosti vejce (Steinhauserová et al., 2003; Mine, 2008).

Z bílkovin obsažených v bílku je nejdůležitější ovalbumin (54 %), ovotransferrin (13 %), ovomukoid (11 %), α - a β -ovomucin (1,5 – 3 %) a lysozym (3,5%). Všechno jsou glykoproteiny kromě lysozymu. Viskozita tuhého bílku je mnohem vyšší než řídkého bílku, protože má vysoký obsah ovomucinu. Významná je funkce lysozymu, který má schopnost chránit buněčné stěny gramnegativních bakterií, čímž působí jako ochranný faktor bránící průniku mikroorganismů od skořápky ke žloutku resp. zárodku, který je chráněn v době, kdy ještě nemá vytvořeny vlastní imunoglobuliny. Aktivita lysozymu se snižuje při smíchání žloutku s bílkem (Steinhauserová et al., 2003; Ahmadi et Rahimi, 2011).

3.1.3 Skořápka

Skořápka ptačích vajec představuje životně důležitou ochranu pro vyvíjející se embryo během jeho vývoje. Skořápka není jen ochranou vyvíjejícího se embrya, je totiž prostoupena kanálky (póry), které umožňují kyslíku (O_2) proniknout dovnitř a naopak uniká oxid uhličitý (CO_2) a vodní pára, což umožňuje „dýchání“ mláděte. Skořápka slouží i jako ochranná bariéra proti vniknutí mikroorganismů do vejce (Walters, 2007; Oliveira et al., 2013).

Vaječná skořápka má dvě podskořápečné blány, které se skládají ze směsi proteinů a glykoproteinů a jsou úzce spojeny se skořápkou, s výjimkou na tupém konci, kde se oddělují a vytváří se vzduchová komora. Asi 70 až 75 % z membránové struktury je složeno z proteinů - desmosinu a isodesmosinu, které se získaly z lysinu, kolagenu (10 %) a glykoproteinu (Murakami et al., 2007; Oliveira et al., 2013).

Skořápka má hmotnost asi 5 g a obsahuje 2,2 g vápníku, což představuje zhruba 44 % z hmotnosti skořápky. Celá skořápka představuje přibližně 11 % z celkové hmotnosti vejce. Ptačí skořápka obsahuje frakci organickou (3,5 %) a anorganickou (95 %). Skořápka se skládá ze sítě proteinových vláken, která jsou spojena krystaly uhličitanu vápenatého (94 %). Tento uhličitan je beztvary minerál, který se přirozeně vyskytuje ve formě vápence (hexagonální krystal) a má nízkou rozpustnost ve vodě - 13 mg/l při 18 °C. Další je uhličitan hořečnatý (1 %), fosforečnan vápenatý (1 %), a také organické látky (4 %) a voda. Skořápka dále obsahuje 0,02 g hořčíku a 0,02 g fosforu (Murakami et al., 2007; Walters, 2007; Mine, 2008; Nikolova et al., 2008).

Dobrá kvalita skořápky v průběhu celého snáškového cyklu nosnice je velmi důležitá. Avšak v posledních letech jsou skořápky vajec slepic křehčí. To je zapříčiněno tím, že slepice

jsou vyšlechtěny tak, aby snášely dvakrát nebo třikrát větší vejce než jejich předek. Ovšem tloušťka skořápky se nemění s objemem, protože přísun materiálu na ni je omezen a navíc spotřeba vápníku mnohonásobně stoupá s velikostí povrchu, proto mají slepičí vejce tenčí a křehčí skořápku než dříve. (Walters, 2007; Nikolova et al., 2008).

Nejsvrchnější (vnější) vrstvou skořápky je kutikula, která je tvořena během posledních zhruba 20 minut před snesením vejce. Jedná se o nekalcifikovanou organickou vrstvu na povrchu vejce, silnou cca 5 – 10 μm (uvádí se, že dokonce u některých druhů ptáků může i chybět). Kutikula je složena z glykoproteinů, polysacharidů, lipidů a anorganického fosforu včetně krystalů hydroxylapatitu (někdy je nazýván mylně hydroxyapatit) a je například obsažen i v zubech nebo kostech (Walters, 2007; Cherry et Gosler, 2010). Mine (2008) udává přesnější složení vaječné kutikuly. Podle něho se kutikula skládá přibližně z 3 % popelovin, 5 % sacharidů a téměř 90 % bílkovin (většinou ve formě nerozpustných proteinů) a glykoproteinů. Kutikula obsahuje také velké množství pigmentů (protoporfyrin IX – hnědé odstíny, biliverdin IXa – modré a zelené odstíny a chelát zinku), které jsou charakteristické pro barevný odstín skořápky daného genotypu slepic (Gosler et al., 2011).

Složky kutikuly také mají vliv na ucpávání pórů skořápky a tím omezují vstup bakteriím dovnitř vejce. Kutikula hraje důležitou roli v kontrole výměny vody jejím odpuzováním a zamezením její ztráty. Má také funkci při omezení mikrobiálního osídlování povrchu skořápky. Tato antimikrobiální vlastnost kutikuly je intenzivně zkoumána. Podle některých prozatím realizovaných výzkumů se zdá, že se jedná nejspíše o synergické působení více faktorů a látek, jako jsou antimikrobiální proteiny, pigmenty a zatím neidentifikované hydrofobní látky obsažené na povrchu vejce (Cherry et Gosler, 2010; Gosler et al., 2011).

Oliveira et al. (2013) poukazují na vysokou spotřebu slepičích vajec ve zpracovatelském průmyslu, ve kterém se získává velké množství skořápek. Skořápky jsou považovány za odpad nebo se používají jako doplněk v zemědělství (např. úprava pH kyselých půd). Obecně lze ale říci, že vaječné skořápky nemají žádnou ekonomickou hodnotu, i když jsou bohaté na minerální látky a aminokyseliny.

3.2 Kvalita vajec

Kvalita vajec je dána již v okamžiku snesení vejce, ale je ovlivněna hlavně vhodným skladováním. Skladováním lze dobrou kvalitu udržovat až do doby, kdy je vejce zpracováno

spotřebitelem. Nejvhodnější teplotou pro skladování vajec se udávají 4 °C, kdy dochází k pomalejší intenzitě změn kvalitativních charakteristik vajec (Nedomová et Simeonová, 2008).

Sledovat kvalitu vajec je důležité hlavně z hlediska ekonomiky výroby. Pozornost je nutné věnovat zejména kvalitě skořápky, protože porušená skořápka představuje pro producenty vyšší ztráty na trhu. Při zlepšování kvality vajec by se měla věnovat zvýšená pozornost mechanismu produkce vajec a zdravotnímu stavu nosnic (Puyalto et Mallo, 2014; Rakib et al., 2016).

Kvalita vajec je důležitá pro požadavky spotřebitelů. Ekonomický úspěch prodejce závisí na celkovém počtu prodaných vajec. S kvalitou vajec souvisí kvalita skořápky (externí), bílku a žloutku (vnitřní). Kvalitní vejce má genetický základ, parametry kvality vajec se liší mezi genotypy slepic. Vejce je také ovlivněno ustájením slepice a věkem nosnic (Singh et al., 2008). Pro konzumenty je důležitá hlavně čerstvost vajec (Míková, 2002). Podle Krawczyka (2009) konzumenty zajímá barva žloutku a skořápky, dále obsah cholesterolu, zda je ve vejcích vyšší obsah nenasycených mastných kyselin a vitaminů a především čerstvost vajec. Zatímco pro obchodníky a producenty je z hlediska kvality vajec nejdůležitější hmotnost vajec a pevnost jejich skořápky.

Kvalita konzumních vajec se může posuzovat podle mnoha kritérií. Mezi nejdůležitější patří morfologické (vnější, vnitřní), chemické, fyzikálně – chemické, organoleptické a mikrobiologické vlastnosti. Mezi nejvýznamnější posuzování však patří určení jejich morfologické hodnoty. Při technologickém hodnocení se posuzuje vejce jako celek. Posuzuje se tedy jeho hmotnost a tvar, dále pak jeho jednotlivé komponenty – bílek, žloutek a skořápka (Hejlová, 2001; Englmaierová, 2014).

3.2.1 Charakteristické vlastnosti vnější

Tvar vejce je významný pro způsob skladování, převoz či balení. Jeho nepravidelný tvar znesnadňuje líhnutí a způsobuje nepravidelné polohy plodu ve vejci (Halaj et Golian, 2011). Havlíček et al. (2014) dodávají, že přírodní variabilita vajec způsobuje nesnadnost popsat ideální tvar vejce. I přesto pro popis tvaru slepičích vajec byly vytvořeny velice přesné modely, nicméně je jejich použití podmíněno komplikovaným měřením a výpočty. Vyhodnocení tvaru vejce může být provedena dvěma způsoby a to pomocí matematických rovnic nebo různými indexy, které ukazují odchylku od skutečného tvaru z nějakého daného modelu. Jeden ze způsobů, jak popsat tvar vejce je index tvaru. Indexem tvaru je daný

poměrem maximální šířky vejce k maximální délce vejce, násobeným stem. Vejce je v podlouhlém řezu asymetricky elipsovité s různě zaoblenými konci. Tvar vejce se s věkem mění. U starších nosnic bývá často delší a protáhlejší (Halaj et Golian, 2011).

Vejce jsou charakterizována jako vejce podlouhlého tvaru (ostrá), normální (standardní) a kulatá. Autoři Altuntaş et Şekeroğlu (2008) a Havlíček et al. (2014) se shodují v rozdělení vajec do skupin dle indexu tvaru. Vejce podlouhlého tvaru mají hodnotu index tvaru nižší než 72 %, standardní vejce jsou taková, která mají hodnotu indexu tvaru mezi 72 a 76 % a kulatá vejce mají hodnotu indexu tvaru více než 76 %. Podle Havlíčka et al. (2014) je hodnota indexu tvaru ideálního standardního vejce vejčitého tvaru 75 %. Kulatá a neobvykle dlouhá vejce mají nejen nevhodný tvar, ale hlavně špatně zapadnou do předem vytvořeného obalu. Proto jsou tato vejce méně odolná a dochází u nich častěji k prasknutí, než je tomu u běžných tvarů vajec. Pro průmyslové zpracování a balení jsou nejvhodnější vejce s indexem tvaru s hodnotou v rozmezí 70 – 80 % (Altuntaş et Şekeroğlu, 2008; Havlíček et al., 2014).

Altuntaş et Şekeroğlu (2008) zkoumali vliv indexu tvaru vejce na potřebnou sílu, která vede k prasknutí vejce. Největší potřebná síla k prasknutí vejce byla nalezena u vajec s vysokými hodnotami indexu tvaru, tedy kulatá vejce.

Hmotnost vajce patří mezi další důležitou vnější vlastnost vejce. Hmotnost vejce je důležitým faktorem pro zařazení do jednotlivých hmotnostních tříd. Hmotnostní vyrovnanost vajec je důležitá zejména z technologického hlediska – pro balení vajec a jejich dopravu (Hejlová, 2001). Hmotnost slepičích vajec je dosti proměnlivá a kolísá v rozmezí 30 – 80 g. Steinhauserová et al. (2003) považují za standardní hmotnost vejce o hmotnosti 58 – 62 g. Nys et al. (2011) uvádějí širší rozpětí požadované optimální hmotnosti a to mezi 53 a 73 g. Tato hmotnost odpovídá vejcím o velikosti střední (M) až velké (L).

Hmotnost vejce má vliv na hmotnost všech jeho složek stejně. Korelace mezi hmotností vejce a hmotností vaječného bílku (0,97), hmotností žloutku (0,77) a hmotností skořápky (0,67) jsou vysoké (Zhang et al., 2005).

Ledvinka et al. (2008) uvádějí, že hmotnost vejce je hlavně ovlivněna genotypem, hmotností nosnice, intenzitou snášky, pohlavní dospělostí, věkem nosnice a perzistencí snášky.

Mezi další vnější vlastnost Hejlová (2001) řadí stáří vejce. **Stáří vejce** se stanovuje podle velikosti vzduchové komůrky. U čerstvého vejce je tato komůrka podle Halaje a Goliana (2011) 1,6 až 3 mm vysoká. U starších vajec se postupně zvyšuje a tím se snižuje i hmotnost vajec. U starších vajec se mění i výška bílku a hodnoty HU, kdy s délkou skladování tyto hodnoty klesají (Ahmadi et Rahimi, 2011).

3.2.2 Charakteristické vlastnosti vnitřní

Vnitřní kvalita vejce může být ovlivněna mnoha faktory, mezi které patří genotyp a věk slepic, indukované pelichání, výživa a onemocnění. Pochopení řady faktorů, které mají vliv nejen na kvalitu skořápky vejce a vnitřní kvalitu vejce je nezbytná pro vysokou kvalitu produkce vajec (Ahmani et Rahimi, 2011).

Kvalita **žloutku** je součástí vnitřní kvality vejce. Hodnotí se hlavně dva parametry žloutku - barva žloutku a pevnost vitelinní membrány, která obklopuje žloutek. V případě, že vitelinní membrána je slabá (starší vejce) žloutek se snadněji protrhne. Barva může být od světle žluté až po oranžovou. Preference barvy žloutku se značně liší v závislosti na části světa. Kvalita žloutku je dále dána hmotností žloutku a jeho procentuálním podílem z celého vejce. Obě tyto veličiny se zvyšují s věkem. Žloutek by se při otáčení vejce neměl vychýlit z jeho centrální polohy. Neměl by mít žádné skvrny. Po vyklepnutí má tvar zploštělé koule. Tvar žloutku se udává indexem tvaru žloutku, tento index se vyjadřuje jako relativní poměr výšky k šířce násobený stem. Jeho hodnoty se pohybují mezi 32 – 58 % (Hejlová, 2001; Roberts, 2004; Nagy et al., 2009; Rakib et al., 2016).

Žloutek se skládá ze dvou typů lipoproteinových emulzí – tmavě žlutého žloutku a světle žlutého žloutku. Tmavě žlutý žloutek je vytvářen ve dne, a světle žlutý žloutek je tvořen v noci, což vede k alternativnímu a kruhovému vzhledu těchto vrstev žloutku (Mine, 2008).

Barva žloutku se posuzuje objektivně (spektrofotometricky, fotokolorimetricky) nebo subjektivně (podle barevné stupnice). Z nutričního hlediska nemá barva žádný význam. Holoubek et Hubený (2002) udávají, že barvu žloutku ovlivňují hlavně pigmenty (karoteny, xantofyly) v krmných směsích, ale i schopnost nosnic tyto látky syntetizovat. Zdrojem karotenoidů jsou zejména kukuřice a vojtěška, z přirozených přísadů červená paprika, měsíček lékařský a rakytník řešetlákový.

Pigmenty, které mohou být přidávány do krmiva nosnic, aby se dosáhlo požadované barvy žloutku, jsou buď přírodního anebo syntetického původu. Vhodná barva pro konzumenty je variabilní. Například v Austrálii se upřednostňuje vejce s barvou žloutku 11 na stupnici La Roche. Jiné země preferují tmavší nebo světlejší barvu žloutku. Některé země jako je Švédsko neumožňují používat syntetická barviva (Roberts, 2004). Navíc podle pokusů van den Branda et al. (2004) nosnice chované ve volném výběhu snášejí vejce s výrazně tmavším žloutkem než nosnice chované v klecích, což je zapříčiněno hlavně výživou.

Další z vnitřních vlastností vejce je kvalita **bílku**. Kvalita bílku je nejvíce ovlivněna věkem slepic, i když existují určité důkazy, že některé složky jako jsou stopové prvky, vitaminy (kyselina askorbová) a aminokyseliny v krmení mohou hrát také životně důležitou roli (Puyalto et Mallo, 2014).

Výška bílku se uvádí jako jedno z kritérií určujících stáří vejce založených na chemických změnách v konzistenci bílku při stárnutí vajec. Kvalita bílku se hodnotí indexem tvaru jako u žloutku, hmotností a Haughovými jednotkami (HU), které patří mezi indikátory čerstvosti vejce. Kvalita bílku se obvykle měří od výšky bílku ve vzdálenosti 1 cm od okraje žloutku. Čerstvá vejce by měla mít hodnotu HU 72 a vyšší. Za dobrou kvalitu vajec je považováno ještě rozmezí 59 až 72 (Krawczyk, 2009; Nagy et al., 2009; Ahmadi et Rahimi 2011).

V mnoha pokusech se sledovaly faktory, které ovlivňují HU. Mezi tyto faktory patří především délka a teplota při skladování vajec, věk slepic, genotyp nosnice, výživa (obsah bílkovin a aminokyselin - lysin, methionin, aj.), onemocnění, doplňky (kyselina askorbová, vitamin E), indukované pelichání a léky (Ahmani et Rahimi, 2011).

Dále podle Halaje et Goliana (2011) musí být kvalitní bílek po prosvícení čirý, hustý bez žádných skvrn. Po vyklepnutí může být mírně zakalený. Tento zákal je způsobený nahromaděním CO₂.

Kvalita vaječné **skořápky** se určuje podle velikosti vejce, barvy, pevnosti (síla potřebná k rozbití skořápky; destruktivní metoda), deformace (nedestruktivní metody), hmotnosti skořápky, procentuální podílem skořápky, tloušťkou skořápky a její strukturu (Ahmadi et Rahimi, 2011).

Kalcifikace vaječné skořápky vyžaduje asi 12 hodin a dokončena je průměrně 2,5 hodiny před snesením vejce. Tohoto stavu je dosaženo zpravidla koncem dne a během noci. Kvalita vaječné skořápky značnou měrou závisí na množství zbytkového vápníku ve svalnatém žaludku na konci procesu kalcifikace. Časový rozvrh krmení společně s dobou osvětlení a způsob podání uhličitanu vápenatého má rozhodující vliv na kvalitu vaječné skořápky. Na kvalitu skořápky může mít také vliv mikroklima. Vysoké teploty mohou mít vliv na snížení příjmu krmiva až o 20 %, což například vede k nižšímu příjmu energie a stopových prvků, které jsou potřebné pro tvorbu skořápky (Joly et Alleno, 2001; Puyalto et Mallo, 2014).

Tloušťka skořápky kolísá dle Hejlové (2001) cca od 0,30 do 0,42 mm. Hmotnost skořápky se udává v gramech.

Faktory, které ovlivňují kvalitu skořápky vajec, jakož i vnitřní kvalita vajec, jsou stále přezkoumávány. Tvorba skořápky je složitý proces a její nedostatky mohou vzniknout i v několika místech ve vejcovodu slepice. Kvalita vaječné skořápky může být ovlivněna genotypem a věkem nosnice, indukovaným pelicháním, nutričními faktory (vápník, fosfor, vitaminy, kvalita vody, neškrobové polysacharidy, enzymy a kontaminace krmiva), všeobecný stres a tepelný stres, onemocnění a systém ustájení (Ahmadi et Rahimi, 2011).

Barva skořápky závisí na obsahu barviva ovoporfyrinu a kolísá od čistě bílé po tmavohnědou. Intenzita barvy skořápky se měří prosvětlením. Je známé, že čím je skořápka tmavší, tím menší je její průhlednost. U vajec s hnědou skořápkou je proto náročnější kontrola vnitřní kvality prosvěcováním oproti bílým vejcům s větší průhledností (Gosler et al., 2011). Podle Jonese et al. (2010) mají hnědovaječní hybridi oproti bělovaječným hybridům kvalitnější skořápku. Uvádějí také, že hnědá vejce mají zároveň vyšší hmotnost (61,21 g) než vejce bílá (60,53 g). Naopak Ledvinka et al. (2008) zjistili, že bílá vejce mají kvalitnější skořápku než vejce hnědá, i když rozdíly se vlivem šlechtění postupně vyrovnávají.

3.3 Vybrané faktory ovlivňující kvalitu vajec

Podle Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004 ze dne 29. dubna 2004, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu, se „vejci“ rozumějí vejce ve skořápce, která nejsou rozbitá, inkubovaná ani vařená a která jsou snesená farmovými ptáky, vhodná k přímé lidské spotřebě nebo pro přípravu vaječných výrobků. Počínaje výrobními prostorami musí být vejce až do prodeje spotřebiteli udržována čistá, suchá, bez cizorodého zápachu, účinně chráněna proti otřesům a přímému slunečnímu světlu. Vejce musí být skladována a přepravována pokud možno při stálé teplotě, která nejlépe zaručuje jejich kvalitu z hygienického hlediska. Vejce musí být dodána spotřebiteli nejpozději do 21 dnů po snášce (Anonym, 2004).

Kvalitní vejce má genetický základ a parametry kvality vajec se liší mezi genotypy slepic. Nicméně, kvalita vejce je také ovlivněna systémem ustájení, ve kterém se slepice chovají a věkem nosnic. Tyto faktory ovlivňují nejen hmotnost vajec, ale i další jejich vlastnosti (Singh et al., 2008; Rakib et al., 2016).

3.3.1 Užitkový typ

Vejce od masného typu slepic mají vyšší hmotnost bílku, žloutku a skořápky než vejce nosného typu slepic. Vejce slepic nosného typu obsahují méně cholesterolu, než vejce slepic masného typu (Tavčar, 2009; Terčič et Holcman, 2010).

Tůmová et Gous (2012) zjistili velmi významné rozdíly v parametrech vajec mezi nosnicemi nosného a masného typu. Intenzita snášky nosnic nosného typu byla vyšší (84,1 %) než u masného typu (54 %), vyšší hodnoty hmotnosti byly u bílku (+ 2,7 %) a také u skořápky (+ 0,9 %). Naopak vyšší hodnoty u vajec slepic masného typu byly u hmotnosti vejce (+ 7,3 g) a žloutku (+ 4,2 %). Gumulka et al. (2010) konstatují, že u nosnic nosného a masného typu jsou rozdíly v délce série. Nosnice nosného typu se vyznačují větším počtem vajec v delších sériích ve srovnání s nosnicemi masného typu. Série je definována jako počet vajec, která jsou snesena po sobě jdoucích dnů předtím, než je přerušena jedním nebo více dny přestávky. Délka série ovlivňuje dobu snášení vajec, protože první vejce v sérii je sneseno brzy ráno a následná vejce jsou snesena později.

3.3.2 Genotyp

Pro výrobu vajec na farmách a v chovech se používají výhradně hybridní drůbeže speciálních linií. Tyto linie jsou šlechtěny ve šlechtitelských chovech, je zkoušena jejich vzájemná kombinovatelnost a pro chov jsou používány pouze ty linie, které mají nejlepší výsledky. Při šlechtění linií je třeba předem stanovit, k jakému účelu je linie šlechtěna, jaké jsou parametry užitkovosti při založení linie a jakých cílů má být šlechtěním dosaženo. Rozhodující pro dosažení cíle je použití výchozího materiálu pro šlechtění (Výmola et al., 1995).

Šlechtitelské firmy nosných hybridů se musí přizpůsobovat požadavkům konzumentů především na barvu skořápky a velikost vajec. Požadavky nejsou rozdílné jen podle zemí, ale soustavně se vyvíjejí. Jde především o poměr produkce bělovaječných a hnědovaječných hybridů. Například v Japonsku se nedívají jen na barvu, ale hlavně na datum snášky. Dvojnásobnou cenu zaplatí za vejce, které se po snesení ještě týž den dostane na pult. Jinak je tomu zase ve Španělsku. Ještě před pár lety chtěli Španělé pouze bílá vejce, ale v poslední době dominuje na trhu hnědá barva vajec (Aygün et Yetisir, 2010)

V době počátku šlechtění drůbeže bylo např. na německém trhu 75 společností. Postupem času se tento počet snížil. Společnosti Lohmann patřil v roce 2000 na světovém trhu s nosnými hybridy asi 25% podíl, podobně jako Hy-Line, která si ale udržovala silnější

pozici na americkém trhu. Další ze šlechtitelů – firma ISA–Brown ovládala 23 % trhu, je byla dominantní především v oblasti prodeje hnědovaječných hybridů, například ve Francii pocházelo 99 % hnědovaječných hybridů od této společnosti (Mařík, 2000).

Genotyp je jeden z nejdůležitějších faktorů, který má vliv na hmotnost vajec, ale i kvalitu skořápky. Několik studií uvádí, že těžší vejce snáší nosnice s hnědou skořápkou než s bílou (Bozkurt et Tekerli, 2009; Aygun et Yetisir, 2010; Jones et al., 2010). I El-Sheikh et al. (2014) srovnávali hmotnost vajec u hnědovaječných (Hy-line Brown) a bělovaječných hybridů (Hy-line White), kdy zjistili vyšší hmotnost vajec u hnědovaječných nosnic. Důvodem vyšší hmotnosti u vajec hnědovaječných nosnic udávají vyšší hmotnost nosnic, která je v úzké korelaci se samotnou hmotností vajec. Naopak Alsobayel et Albadry (2011) uvádějí vyšší hmotnost vajec u bělovaječných nosnic než u hnědovaječných. Navíc Vits et al. (2005) zjistili, že hnědovaječné nosnice (Lohmann Brown – LB) vykazují nejen lepšími výsledky v hmotnosti vajec, ale i v konverzi krmiva a mají méně porušených skořápek než bělovaječné nosnice (Lohmann selected Leghorn – LSL), které mají navíc více znečištěná vejce.

Naopak Kocevski et al. (2011) pro změnu hmotnosti vajec nepřikládají genotypu význam. Vejce hnědovaječných nosnic ISA Brown byla jen nepatrně těžší (64,11 g) než vejce bělovaječných nosnic DeKalb White (63,72 g). Větší význam měl věk, všechna vejce byla těžší u starších nosnic. Vliv genotypu se ale ukázal významný v pevnosti skořápky, kdy hnědovaječné nosnice měly mnohem lepší a pevnější skořápku (3875,92 g/cm²) než byla skořápka vajec bělovaječných nosnic (3533,72 g/cm²). Dále zjistili, že korelace mezi pevností skořápky a hmotností vejce má zápornou hodnotu, což znamená, že se zvyšující hmotností vejce klesá pevnost skořápky.

Vliv genotypu se odráží i na složení vajec. Jones et al. (2010) zjistili, že vejce s bílou barvou skořápky mají vyšší obsah celkové sušiny, tuku a popela oproti vejcům s hnědou barvou skořápky. Scott et Silversides navíc zkoumali, zda má barva skořápky vliv na kvalitu vajec při skladování. Zjistili, že po 10 dnech skladování obsahovala vejce od hnědovaječných nosnic (ISA – Brown) více bílku a měla pevnější skořápku, ale výška bílku byla nižší než u vajec od bělovaječných nosnic (ISA – White).

Genotyp se uplatňuje i u počtu snesených vajec. Stojcic et al. (2012) porovnávali hnědovaječné nosnice Hy-line Brown s bělovaječnými slepicemi Hisex White. Bělovaječné nosnice měly vyšší snášku a to 308 ks vajec než hnědovaječné nosnice, které snesly 280 ks vajec. Toto potvrzují i Kucukyilmaz et al. (2012), kteří také zjistili, že bělovaječné nosnice Lohmann LSL mají vyšší snášku vajec než hnědovaječné nosnice ATAK-S.

Dědičnost hmotnosti žloutku u hnědovaječných nosnic podle výzkumu Zhanga et al. (2005) je 0,45 a dědičnost hmotnosti bílku 0,59. Hartmann et al. (2000) zkoumali bělovaječné nosnice a dědičnost hmotnosti žloutku byla 0,22 a hmotnosti bílku 0,41.

3.3.3 Věk nosnice

Tvar vejce je ovlivněn věkem nosnic. Ledvinka et Klesalová (2002) zjistili, že tvar je ovlivňován jednak rozdíly mezi druhy, plemeny, liniemi, ale že se mění také v průběhu snáškového období. Vejce snesená na začátku snáškového období nemají ještě tvar typický pro nosnici. S věkem nosnice se délka vajec prodlužuje a narůstá i počet tvarově změněných a nadměrně velikých vajec. Podle Rakiba et al. (2016) index tvaru vejce s věkem klesá.

Věkem nosnic je ovlivněna i hmotnost vajec. Hmotnost vajec se v prvních třech měsících snášky průkazně zvyšuje. Obecně platí, že na začátku snášky snášejí nosnice vejce, která mají nižší hmotnost a menší snášku než vejce slepic v plném produkčním období (Ledvinka et Klesalová, 2002). S tímto tvrzením, že se hmotnost vejce zvyšuje s věkem slepic, souhlasí i Rakib et al. (2016). I Baumgartner et al. (2007) uvádějí, že významný vliv na hmotnost vajec u nosnic (leghorn) má věk, kdy se zvyšujícím se věkem nosnice se zvyšuje i hmotnost vajec.

S věkem se mění i hmotnost bílku a žloutku. Van den Brand et al. (2004) a Milovic et al. (2010) zjistili, že s věkem nosnic se zvyšuje hmotnost žloutku a Suk et Park (2001) to doplňují o zjištění, že se s věkem zvyšuje i hmotnost bílku. Mitrovic et al. (2010) zjistili, že i procentuální podíl bílku a žloutku se věkem nosnic Lohmann Brown mění. Mladší nosnice (20 týdnů) měly významně vyšší procentní podíl bílku (63,13 - 60,69 %), zatímco vejce starších slepic (28 týdnů) měly vyšší procento žloutku (25,90 - 23,60 %). Také podle Rakiba et al. (2016) se mění podíl žloutku, kde u Hisexe Brown byl zjištěn vyšší podíl ve věku 54 až 60 týdnů v klecovém systému (28,12 %) a na podestýlce (27,76 %). Bozkurt et Tekerli (2009) dále zjistili, že u starších nosnic byla výška bílku, index bílku, výška žloutku, index žloutku a Haughovy jednotky nižší než u vajec mladých slepic.

Podle Milovice et al. (2010) věk nosnic ovlivňuje i hmotnost skořápky. Starší vejce mají vyšší hodnoty hmotnosti skořápky, než mladší slepice, které mají vejce menší. Věk nosnic má vliv také na kvalitu skořápky, která se zhoršuje věkem slepic (Campo et al., 2007), zatímco podíl skořápky je podle Mitrovice et al. (2010) u starých i mladých slepic podobný. S postupující snáškou výskyt vajec s porušenou skořápkou stoupá a to zejména po 6. měsíci snášky (více než o 1 %). Kontaminace skořápky se zvyšuje s věkem,

pravděpodobně proto, že se snižuje i kvalita skořápky (Singh et al., 2008). Podle Holoubka et Hubeného (2002) je v první polovině snášky výskyt vajec s porušenou skořápkou 0,45 - 0,95 %, později 1,1 – 1,7 % z denní snášky. Dalším možným porušením vejce je naklovaná skořápka. Vajec s naklovanou skořápkou je dle analýzy na začátku snášky 0,47 %, v době vrcholné snášky 0,65 % a na konci snášky 3,68 %. Porušení skořápky při transportu, třídění atd. se objevilo po 6. měsíci snášky a jeho výskyt se zvyšoval z 0,82 na 1,19 %. Dalším typem porušení jsou vejce s porušenou skořápkou a podskořápečnými blanami. S přibývajícím snáškou se zvyšuje z 0,68 na 4,54 % při skončení snášky. Podíl vajec s porušenou skořápkou na konci cyklu je asi 15 %.

Kromě výše uvedených má věk nosnic podle Mitrovice et al. (2010) vliv i na barvu žloutku. U slepic na začátku produkce vajec byla barva žloutku o něco světlejší než ve vejcích od slepic, které byly ve fázi maximální produkce vajec

Oloyo (2003) dále zkoumal vliv věku na celkový obsah lipidů a cholesterolu ve vejci. Zjistil, že u starších nosnic je hmotnost žloutku (+ 1,7 g) a množství celkového lipidu (+ 1,41 g) vyšší v porovnání s mladšími nosnicemi. Naopak u mladších nosnic je množství cholesterolu vyšší (+ 74,95 mg/g žloutku) než u starších nosnic.

3.3.4 Výživa

Kvalitní výživa nosnic má vliv na hmotnost vajec. Hmotnost vajec se zvyšuje s vyšším obsahem energie. Také přidavek metioninu do krmných směsí může pozitivně ovlivnit hmotnost vajec, ale i snášku, zvláště jde-li o směs s nízkým obsahem N-látek. Přidavek tuku do krmných směsí často zvyšuje hmotnost vajec za předpokladu, že je použit rostlinný tuk, který nahrazuje potřebu kyseliny linolové. Byl totiž prokázán pozitivní vliv rostlinných olejů a hlavně vliv kyseliny linolové na hmotnost vajec (Holoubek et Hubený, 2002).

Doplněním krmiva nosnic stopovými minerálními látkami z organických zdrojů se zajistí nižší ztráty vajec a především silnější a pevnější skořápky u vajec nosnic (Puyalto et Mallo, 2014).

Výživa nosnic ovlivňuje hlavně kvalitu skořápky. Lichovnicková et Zeman (2008) zjišťovali množství vápníku, které je potřeba na tvorbu a pro kvalitní skořápku pro nosnice z různých systémů ustájení. Zjistili, že množství vápníku, které se uložilo ve vaječné skořápce, bylo vyšší v klecových systémech (+ 1,6 g/slepici/týden) než na podlahovém systému. Tloušťka a také pevnost skořápky v obohacených klecích byla vyšší než v podlahovém systému. Dále se zjistilo se, že rychlost ukládání vápníku ve skořápkách

byla v klecových systémech vyšší než v podlahovém systému a to o 1,7 až 8,9 % v závislosti na věku nosnic. Ledvinka et Klesalová (2002) uvedli, že pro zabezpečení vysoké produkce vajec s dobrou kvalitou skořápky postačuje ve směsi obsah 3 až 3,5 % vápníku a 0,45 % fosforu. Kvalita vaječné skořápky klesá v přítomnosti vysokých hodnot dostupného fosforu v krmné směsi. Nároky na obsah fosforu klesají s věkem nosnic a produkcí vajec.

Vápník hraje velmi důležitou roli ve výživě hlavně komerčně chovaných nosnic a to nejen pro kvalitu skořápky, ale také pro správný růst kostí. Každá skořápka obsahuje až 3 g (průměrně 2 g) vápníku. Z tohoto důvodu musí krmivo pro slepice obsahovat dostatečné množství vápníku, ale ve formě, která může být efektivně využita, kdy 50 až 70 % vápníku by měla být ve formě hrubých (průměr 2 - 5 mm) částic a zbytek ve formě prášku (Ahmadi et Rahimi, 2011).

Na kvalitu skořápky mají význam i další látky, kromě vápníku to jsou například vitamin D, fosfor, mangan, měď a zinek. Jakákoli odchylka může vést k problémům s kvalitou skořápky. Například přebytek nebo nedostatek fosforu, chloru nebo kontaminace mykotoxiny bude mít vliv na dostupnost vápníku a vitamínu D. Při nedostatku vitamínu D, konkrétně vitamínu D₃ se narušuje metabolismus vápníku (homeostáza) a nastává tvorba vajec bez skořápky. Vitaminu D (metabolit 25-hydroxyvitamin), který se převede na biologicky aktivní formu vitamínu D₃ uvnitř nosnice, je již komerčně dostupný (Holoubek et Hubený, 2002; Ahmadi et Rahimi, 2011; Puyalto et Mallo, 2014).

Krmivo má zásadní vliv i na barvu žloutku. Barvu žloutku ovlivňují hlavně pigmenty, jejichž hlavním zdrojem jsou krmiva. Vejce pocházející z alternativních chovů nosnic mají výraznější barvu žloutku, která je pro spotřebitele atraktivnější. Nejvýznamnějšími komponenty v krmivu, které se podílejí na změně barvy žloutku, jsou karotenoidy. Slepice nejsou schopny syntetizovat barevné karotenoidní pigmenty, ale mají přirozenou schopnost tyto pigmenty ukládat z krmiva do žloutku. Hlavním zdrojem karotenoidů zodpovědným za barvu vaječného žloutku je kukuřice. Kukuřice obsahuje lutein, zeaxanthin, β -ryptoxanthin a β -karoten. Zrno kukuřice je obvyklým základem krmiva nosnic. Monohydroxykarotenoidy a monoketokarotenoidy (β -kryptoxanthin a β -karoten) mohou být přeměněny na vitamin A, zatímco lutein a zeaxanthin jsou účinně převedeny pouze do vaječného žloutku. Často jsou do krmení nosnic přidávána i přírodní barviva. Příkladem je barvivo annatto, které se získává extrakcí z vnějšího obalu semen keře *Bixa orellana L.* – oreláník barvířský, který pochází z tropických oblastí Ameriky. Annatto je účinná přísada, která je schopna modifikovat barvu vaječného žloutku a tak podporuje vyšší přijatelnost ze strany spotřebitelů. Jeho použití neovlivňuje vůni ani chuť vajec a to ani při delším skladování (Kljak et al., 2012; Tang et al.,

2015; Spada et al., 2016). Harder et al. (2007) doplnili, že používání barviva annatto v krmivu nosnic ve vejcích vyvolává snížení cholesterolu a podporuje zvýšení obsahu železa a karotenů. Konkrétně se s nárůstem přídatku barviva annatto v krmivu snížil obsah cholesterolu ve žloutku z 16,95 mg/g na 10,41 mg/g (2 % barviva annatto v krmivu). Krmivo s přídatkem barviva annatto se také projevilo na změně množství železa ve vejci. Normální vejce mělo 19,62 mg/kg železa a vejce nosnice, která byla krmena 2 % barviva annatto obsahovalo 47,11 mg/kg železa. Obsah karotenů se také měnil. Ve vejcích nosnic, které byly krmeny barvivem annatto (2 %), bylo jak více α karotenů (+ 0,18 μ g/g), tak i β karotenů (+ 0,2 μ g/g) než u vajec standardně krmených nosnic.

V krmivu nosnic jsou důležité i vitaminy. Adekvátní hladina vitamínu C je nezbytná pro zdraví a může také pomoci zmírnit účinky stresu. Existují také důkazy, že pomáhá i doplňkový vitamín E v podmínkách tepelného stresu. Nízké hladiny vitamínu A mohou zvýšit výskyt krevních skvrn, které jsou ve vejci nežádoucí (Roberts, 2004).

Ve výživě nosnic jsou dále důležitá probiotika. Tang et al. (2015) zjistili, že přídatek probiotik v krmivu nosnic zlepšuje parametry kvality vajec, tloušťku skořápky, hmotnost vaječného bílku a jeho kvalitu – Haughovy jednotky. S tímto tvrzením souhlasí i Mikulski et al. (2012), kteří zjistili i vyšší hmotnost vajec a dokonce pokles počtu poškozených vajec a vajec bez skořápky. I doplněk krmiva prebiotiky je pro nosnice přínosný. Pomocí prebiotik se zvýšila produkce, tloušťka a hmotnost skořápky a dále se zlepšila retence vápníku (Tang et al., 2015).

Naopak negativní vliv ve výživě nosnic mají mykotoxiny. Kontaminace krmiva mykotoxiny má potenciál ke snížení produkce vajec a kvality vaječné skořápky. Je však pravděpodobné, že tyto účinky jsou zprostředkovány přes snížený příjem kontaminovaného krmiva. U některých slepic, které mají zděděné geny, se hromadí značné množství trimethylaminu (TMA) ve vejcích. To způsobuje ve vejcích nepříjemný zápachem po rybách. Příčinou je neschopnost slepic oxidovat TMA obsažený v krmivu, např. řepkové semeno a rybí moučky (Roberts, 2004).

Kvalita vody má také vliv na kvalitu vejce, zejména na kvalitu skořápky. Voda obsahující vysoké množství elektrolytů (fyziologický roztok pitné vody) může mít dlouhodobě nepříznivé účinky na kvalitu skořápky. Voda podaná slepicím musí být hygienicky nezávadná, aby nedošlo k přenášení nemocí. Teplota vody je rovněž důležitá a to zejména v horkém počasí. Slepice snižují příjem vody nebo mohou dokonce přestat pít, pokud je voda příliš teplá. Studie ukázaly, že poskytování dostatečně studené pitné vody (18 - 20 °C) v teplém prostředí může mnohonásobně zlepšit kvalitu skořápky (Ahmadi et Rahimi, 2011).

3.3.5 Teplota prostředí

Teplota je důležitým faktorem, který ovlivňuje počet snesených vajec, jejich hmotnost a kvalitu, zvláště kvalitu vaječné skořápky. Teplota také ovlivňuje spotřebu krmiva (Nagy et al., 2009).

Změna ročního období se týká především nosnic, které jsou chovány v alternativních systémech ustájení (otevřené chovy). Roční období, zvláště léto s vysokými teplotami, ovlivňuje produkční vlastnosti nosnic. Sezónnost přímo i nepřímo ovlivňuje kvalitu vajec. Nepřímý vliv se projevuje snížením přijatého krmiva při vysokých letních teplotách, což dále ovlivňuje pokles snášky a hmotnosti vajec. Přímý dopad vysokých teplot se projevuje poklesem kvality skořápky (Nikolova et al., 2012).

Vysoké teploty mohou mít za následek menší vejce a horší kvalitu skořápky. Tepelný stres snižuje příjem krmiva a omezuje dostupnost vápníku v krvi pro tvorbu skořápky. Může se tak snížit aktivita karboanhydrázy, enzymu, který vede k tvorbě hydrogenuhličitanu a ten ovlivňuje ukládání uhličitanu vápenatého do skořápky. Z tohoto důvodu, se často hydrogenuhličitan sodný přidává do krmiva při tepelném stresu a tak se může rychle zlepšit kvalita skořápky vajec (Ahmadi et Rahimi, 2011)

Jako optimální teplota prostředí se uvádí rozpětí 20 až 22 °C. Nižší hodnoty jsou spíše doporučovány pro chov na podestýlce. Pro klecové systémy jsou vhodnější teploty kolem 22 °C, pokles teploty o 3 °C vede ke snížení hmotnosti vejce o 1 g (Ledvinka et Klesalová, 2002).

Yoshida et al. (2011) zkoumali produkci vajec u nosnic při změně teploty. Jejich výsledky ukazují, že vysoká teplota prostředí negativně ovlivňuje jak lipoproteinové, tak i steroidní hormony, které následně snižují produkci vajec. Příjem krmiva u slepic, které byly vystaveny 31 °C, se významně snížil ve srovnání s nosnicemi při 23 °C a 27 °C. Již při teplotě 27 a 31 °C se snižuje produkce vajec i hmotnost vaječného žloutku. Arima et al. (1976) zkoumali nosnice při teplotě 21,5 až 35 °C. Zjistili, že produkce vajec a kvalita skořápky se zhoršila více u starších nosnic než u mladších nosnic. Vysvětlují to tím, že při vysokých teplotách prostředí jsou nosnice vystaveny depresi a tím je snížena funkce vaječnicku i vejcovodu. Mladší nosnice jsou odolnější.

Nikolova et al. (2012) zkoumali snášku nosnic volně chovaných na farmě v Makedonii. Zjistili, že teplota prostředí nemá žádný statisticky významný vliv na chemické složení bílku ani žloutku. Došlo jen k mírnému snížení procenta dusíkatých látek v bílku a zvýšení procenta dusíkatých látek ve žloutku v létě. Statisticky významný rozdíl byl v podílu

obsaženého CaCO_3 ve vaječné skořápce. Vejce během letních měsíců (teplota prostředí často přesahuje $40\text{ }^\circ\text{C}$) měla výrazně nižší procento CaCO_3 ve skořápce (90,74 %) ve srovnání s vejci sbíranými na podzim (92,01 %) a v zimě (93,86 %). Nikolova et al. (2008) zjistili rozdíl i v hmotnosti bílku a žloutku. Nejvyšší hodnoty hmotnosti byly u vajec na podzim a nejnižší hmotnosti byly v létě. To je jeden z důvodů špatné kvality vajec v letních měsících. V letním období se navíc u vajec vyskytovalo nejvyšší procento poškozených vajec z důvodu nižšího příjmu krmiva nosnicemi

3.3.6 Systém ustájení

Systémy ustájení ovlivňují hmotnost vejce, kvalitu skořápky i podíl jednotlivých částí vejce, včetně vnitřní kvality. Nejen výživa a krmení, ale také podmínky ustájení nosnic jsou velmi důležité pro úspěšný chov a vysokou snášku nosnic. Změny v systémech ustájení slepic nosného typu jsou orientované především na zlepšení jejich welfare (Holoubek et Hubený, 2002; Tůmová, 2011).

Tůmová (2012) uvádí, že systémy ustájení drůbeže prošly velkými změnami. Na počátku 20. století byla drůbež chována v malých hejnech ve výběžích, obvykle s jinými druhy hospodářských zvířat. Se začátkem specializace chovů se zvýšila průměrná velikost hejna a především slepice byly chovány na podestýlce s přístupem do výběhu. V důsledku větších koncentrací zvířat se také objevila parazitární onemocnění, která zhoršovala zdravotní stav zvířat, proto byly následně vytvářeny roštové podlahy, které měly oddělit slepice od trusu a tím minimalizovat přenos parazitárních nemocí.

V průběhu 30. let 20. století byly v USA vyvinuty první klece pro slepice, které byly dřevěné s drátěnou roštovou podlahou. Krmení, napájení, sběr vajec a odklíz trusu byly ruční. Na začátku 40. let se klece dostaly i do Evropy a byly již drátěné. Ve 40. letech v chovu slepic převažoval chov na podestýlce, kdy se slepice z výběhových chovů přesunuly pouze do hal. Podestýlka byla často kombinována s drátěnými roštovými podlahami. Během 50. a 60. let se slepice postupně přemístily do klecových systémů. Původně byly klece individuální, ale na začátku 50. let se staly populární klece pro 2 slepice v krátké době následované skupinovými klecemi (Tůmová, 2005; Hidalgo et al., 2008).

Dnes se slepice nosného typu na produkci konzumních vajec chovají především v klecích (cca 90 % produkce v Evropě a USA). Od 1. 1. 2012 bylo v Evropské unii zakázáno používat konvenční klece. Chovat nosnice je tedy povoleno jen v obohacených klecích nebo v alternativních systémech, do kterých patří podestýlka, voliéry (aviary) či volný

výběh. Tato opatření vznikla s cílem zlepšit životní podmínky slepic. V státech mimo Evropskou unii je povolen jakýkoli chov slepic, tedy i v klecích neobohacených. Díky požadavkům konzumentů dochází v Evropě k výraznému trendu používat alternativní systémy ustájení (Englmaierová et al., 2014; Rakib et al., 2016).

Z výsledných dat studií Rakiba et al. (2016) vyplývají rozdíly v kvalitě vajec v závislosti na systému ustájení, ale v mnoha případech jsou tyto výsledky rozporuplné s jinými autory.

3.3.6.1 Obohacené klece

Klecové systémy se rozdělují na neobohacené a obohacené. Od 1. ledna 2012 je v členských státech EU chov v konvenčních klecích zakázán (směrnice rady 1999/74 ES). Jedná se tedy o jediný přístupný klecový systém chovu nosnic pro produkci konzumních vajec (způsob chovu 3) v EU (Přikryl et al., 2012).

Pro chov nosnic v klecích se používají různé typy a to od jednopodlažních až po sedmipodlažní klece. Klece umožňují úplnou automatizaci provozu a jsou také výhodnější ze zdravotního hlediska oproti chovu nosnic na podlaze (nižší kontaminace skořápky aj.). Klece se nachází výhradně ve velkých halách s umělým osvětlením. Nosnice jsou nejčastěji chovány v klecových bateriích po 10, 14 kusech v jedné dělené kleci nebo po 20, 28 kusech v nedělené kleci. Čím méně je slepic v jedné kleci, tím lépe. Zamezení vzájemného styku většího počtu slepic totiž snižuje nebezpečí přenosu infekčních chorob a parazitů a dochází k minimálnímu znečištění vajec. Omezená možnost pohybu slepic snižuje spotřebu krmiva a zajišťuje produkci vajec o vyšší hmotnosti (Výmola, 1995; Jurajda 2001).

Přikryl et al. (2012) uvádějí, co musí obsahovat každá obohacená klec. V kleci musí být umístěno snáškové hnízdo, vhodné hřady, materiál, který umožňuje klování a hrabání, obrus drápů, žlábkové krmítko, napáječky (kapátkové, kalíškové) a sklon podlahy nesmí přesáhnout 14 %.

Jednotlivé sekce obohacených klecí jsou vyrobeny z pozinkovaných profilů, plechů a drátů. Tento systém dosahuje vysokých standardů chovu nosnic stanovených v EU. Klecový systém je navržen tak, aby co nejvíce odolával agresivnímu prostředí. Hlavní konstrukce klecového systému se skládá z výškově stavitelných podpěr, na které jsou přichyceny ostatní prvky jednotlivých sekcí (Anonym, 2010).

Bezstelivový chov nosnic v obohacených klecích minimalizuje styk nosnic s trusem. Výrazně nižší počet nosnic v kleci oproti počtům v alternativních chovech snižuje výrazně

riziko přenosu infekčních onemocnění, výskytu vnitřních cizopasníků, snižuje spotřebu léčiv, nebezpečí vzniku kanibalismu a zlepšuje i pevnost kostí (Příkryl et al., 2012).

Singh et al. (2008) uvádějí nižší bakteriální kontaminaci vajec z klecí než z podestýlky. Důvodem je, že vejce v kleci byla oddělena od výkalů drátěnou podlahu, zatímco vejce z podlahových chovů byly v kontaktu s podestýlkou obsahující výkaly.

V důsledku lepšího využití krmiva v obohacených klecích, než u alternativních chovů, je vyrovnanější snáška vajec (Příkryl et al., 2012). Tůmová et al. (2011) uvádějí, že v klecových systémech je vyšší kvalita vaječné skořápky a vnitřní kvalita vejce než v podlahových systémech. Ale naopak v podlahových systémech bývá vyšší hmotnost snesených vajec, která pravděpodobně souvisí s nižší snáškou. Vejce z obohacených klecí mají vyšší podíl a pevnost vaječné skořápky. Podle Kleckera et al. (2002) jsou nejlepší výsledky u vajec z obohacené klece, u nichž byla zjištěna vyšší hmotnost, pevnost a tloušťka skořápky než u vajec z podestýlky. Rakib et al. (2016) sice zjistili, že v obohacených klecích snáší mladší nosnice (20 - 26 týdnů) těžší vejce (55,44 g) než nosnice na podestýlce (53,82 g), ale ve 2. polovině snášky (54 – 60 týdnů) je vyšší hmotnost vajec od nosnic na podestýlce (61,14 g) než z klecí (59,44 g).

3.6.6.2 Alternativní systémy

Alternativní systémy ustájení pro nosnice musí být navrženy tak, aby vyhovovaly zdraví a pohodě zvířat, potřebě spotřebitelů a prodejců, ale hlavně nesmí mít negativní dopad na životní prostředí. Různé systémy ustájení pro nosnice mají značný vliv na snášku a užitkové vlastnosti, jako jsou hmotnost vejce, využití krmiva, denní spotřeby krmiva a úhyn (Singh et al., 2008). U alternativních systémů ustájení ve srovnání se systémem obohacených klecí dochází k vyšší emisi amoniaku (hlavně podestýlkové chovy) a vyšším nákladům na pracovní sílu (Silversides et al., 2006).

Chov na hluboké **podestýlce** se používá zejména při výkrmu drůbeže ale i pro slepice nosného typu. Výhodou tohoto chovu jsou nižší náklady na vybudování i údržbu, protože se k tomuto účelu mohou používat starší objekty (Jurajda, 2001).

Stavby pro nosnice se vybavují ručním nebo automatickým krmením, napájením, vhodným ventilačním nebo topným zařízením. Na hlubokou podestýlku se umísťují krmítka a nad rošty, které jsou vyvýšené o 60-70 cm, se umísťuje napájecí systém a snášková hnízda. Při ručním sběru vajec se snášková hnízda umísťují při okraji, při mechanizovaném sběru se hnízda umísťují ve středu haly (Výmola, 1995).

Při zakládání podestýlky se používá zejména suchý, pružný, nesléhavý a hlavně neprášivý materiál s vysokou jímavostí vody. Nejčastěji se používají hobliny z měkkého dřeva, plevy a výjimečně také piliny, řezaná sláma či drcená kůra stromů. I při dobré kvalitě podestýlky je u vajec z těchto chovů zjišťováno vyšší procento znečištěných vajec při výrazně vyšší bakteriální kontaminaci skořápky ve srovnání s vejci, která pocházejí z chovů v obohacených klecích. Kvalita vajec může být ovlivněna i podílem vajec zanesených mimo hnízdo do podestýlky, kde mohou být zahrabána i několik dní. Pronikání plísní a bakterií do vnitřního obsahu vejce, rychlé zamoření chovu, např. salmonelami, zvyšuje riziko onemocnění i u lidí - spotřebitelů (Příkryl et al., 2012).

Halový chov nosnic na podestýlce kombinovaný s rošty umožňuje nosnicím volný pohyb, mávání křídly, poskakování a popelení, tj. možnost vykonávání přirozených instinktů, zpevňuje kostru a hrabáním řeší obrušování drápů (Jurajda, 2001; Příkryl et al., 2012).

Ve studii Rakiba et al. (2016) bylo zjištěno, že hmotnost mladších nosnic na podestýlce byla vyšší než nosnic v klecích a naopak průměrná tělesná hmotnost starších nosnic v kleci byla vyšší než hmotnost nosnic na podestýlce. Podle Tůmové et al. (2011) nosnice chované na podestýlce produkují vejce se silnější skořápkou ve srovnání s nosnicemi chovanými v klecích. Dále zjistili, že skořápka vajec nosnic na podestýlce měla menší pevnost. Další rozdíly ve skořápce byly více ovlivněny genotypem než systémem ustájení. Dále Singh et al. (2008) zjistili, že vejce nosnic chovaných na podestýlce měla tmavší barvu žloutku oproti žloutkům pocházejících z vajec nosnic chovaných v klecích, i když byly nosnice krmeny shodným krmivem. Důvodem může být nižší počet snesených vajec u nosnic v podlahovém chovu.

Chov nosnic ve **voliérovém systému** (aviarech) představuje kombinaci dvou systémů, obohaceného klecového otevřeného do prostoru haly a podlahového. Oproti podlahovým systémům umožňuje podstatně zvýšit hustotu osazení haly. Jedná se o vícepodlažní konstrukce bez dělicích přepážek a dvířek (Van den Brand et al., 2004).

Příkryl et al. (2012) uvádějí, že halový chov nosnic ve voliérách s nastýlanými podlahovými plochami s možností všestranného pohybu zpevňuje kostru, snižuje lomivost kostí, zamezuje přerůstání drápů a snižuje mechanický oděr peří. V důsledku lepšího využití krmiva je zde vyrovnanější snáška i lepší kvalita oproti podlahovým chovům

U voliérového systému jsou skořápky vajec méně bakteriálně znečištěné než u podlahových chovů, ale více než u klecových chovů (Příkryl et al., 2012). Scholz et al. (2008) zjistili vyšší pevnost a tloušťku skořápky ve voliérách (40,6 N a 0,346 mm) v porovnání s obohacenými klecemi (39,6 N a 0,343 mm). Také Hidalgo et al. (2008) zjistili,

že tloušťka skořápky byla nejnižší u vajec z klecových chovů, zatímco z volného výběhu a voliér měla vejce lepší výsledky. Také podle Mertense et al. (2006) je pevnost skořápky nejvyšší u voliérového systému ustájení. Naopak nejslabší skořápka je u výběhových chovů.

Chov nosnic **ve volném výběhu** (venkovní ustájení) je podlahovým chovem nosnic na podestýlce doplněný o výběhy. Produkují se zde tzv. welfarová vejce označovaná kódem „1“ (Příkryl et al., 2012). Van den Brand et al. (2004) zaznamenali silnější skořápku a pevnost u vajec od nosnic z venkovního ustájení oproti klecovému chovu a voliér.

Pravidla **ekologického chovu** jsou řízeny evropskou legislativou ekologického zemědělství. V legislativě je zahrnuto úplné znění nařízení Komise (ES) 889/2008, kterým se stanoví prováděcí pravidla k nařízení Rady (ES) 834/2007 o ekologické produkci a označování ekologických produktů. Ekologický chov je kombinací chovu podlahového nebo voliérového v halách s přirozeným osvětlením, doplněným o travnaté výběhy se sníženým počtem nosnic na ustájovací plochu (Anonym, 2008; Scholz et al., 2008). Kouba (2003) uvádí, že ekologické živočišné produkty mají nižší nároky na veterinární léčiva a pesticidy. Stále neexistuje žádný jasný důkaz, zda jsou biopotraviny náchylnější ke kontaminaci mykotoxiny než konvenční potraviny. Pokud si však spotřebitelé koupí biopotraviny vědí, že se vyhnou geneticky modifikovaným organismům.

Minelli et al. (2007) porovnávali kvalitu vajec nosnic z ekologického chovu s nosnicemi z klecového chovu. Zjistili, že hmotnost vajec v ekologickém systému byla o 1,8 g nižší než vejce pocházející od nosnic z klecí. Také hmotnosti žloutku (- 0,9 g), bílku (- 0,9 g) a skořápky (- 0,1 g) a tloušťka skořápky (- 0,13 mm) byly nižší u ekologického chovu. S těmito výsledky (hmotností vajec, žloutku a skořápky) souhlasí i Kouba (2003), který také porovnával vejce klecového chovu s ekologickými. Nesouhlasí ale s hmotností bílku, protože zjistil, že ekologická vejce mají vyšší procento bílku než vejce od nosnic z klecí (+ 1,1 %). Procento vaječné skořápky vajec bylo také v obou systémech shodné. Hegelund et al. (2006) porovnávali ekologický chov nosnic s volným výběhem. Průměrná produkce vajec u ekologických nosnic byla nižší (234 ks) než nosnic ve volném výběhu (261 ks). Z ekologického chovu nosnic byla vyšší spotřeba krmiva (+ 6 g/den) a konverze krmiva (+ 0,31 kg krmiva/kg vaječné hmoty) než ve volném výběhu.

Vejce z ekologického zemědělství mají oproti vejcím z jiných chovů vyšší výživovou hodnotu, obsahují více lecitinu, tuku a karotenoidů (Anonym, 2004). Minelli et al. (2007) uvádějí vyšší procento sušiny (+ 0,4 %), proteinu (+ 0,4 %), a cholesterolu (+ 0,05 %) u ekologických vajec v porovnání s vejci pocházejících z klecí. Naopak Kouba (2003) nezjistil rozdíl mezi konvenčními a ekologickými vejci v chuti ani v nutričních vlastnostech.

3.4 Vady a změny vajec

Vejde je vysoce integrovaný systém s typickou strukturou a jakákoliv abnormalita ve fyzikální stavbě následně způsobuje zhroucení fyzikálních funkcí spojených s vývojem zárodku. V této souvislosti je velmi důležitá vaječná skořápka, která současně představuje první bariéru pro penetraci mikroorganismů do vejce (Pavlovski et al., 2001). Také Tůmová et Ebeid (2005) upozorňují, že jakákoliv abnormalita tvaru vejce může vést ke kolapsu v souhře těchto parametrů, což může mít za následek změny v hlavních fyziologických funkcích, které zajišťují nejlepší podmínky pro vývoj embrya.

Frekvence vaječných vad se v posledních desetiletích díky komerčnímu křížení nosnic podstatně snížila a to v důsledku intenzivního výběru čistých linií, změně světelnému režimu a lepší výživy nosnic (Wolc et al., 2012).

Mezi vnější vady vajec patří **poškození** skořápky, nečistoty na skořápce a tvarové defekty. K poškození skořápky přispívá slabá skořápka, hrubé zacházení a nepravidelný sběr vajec (Puyalto et Mallo, 2014). Mezi vnitřní vady vajec patří poškození žloutku a bílku. Vejce s nízkou kvalitou skořápky představují pro výrobu konzumních vajec značné ekonomické ztráty (Nedomová et Simeonová, 2008). Wolc et al. (2012) zjistili, že vejce s poškozenou skořápkou snášejí nosnice po celé snáškové období se shodnou četností. S vrcholem snášky pak stoupá frekvence deformovaných vajec, která poté opět klesá. Naopak produkce znečištěných vajec stoupá s věkem nosnic.

Ztráty způsobené mechanickým poškozením vajec představují celosvětově průměrně 5 - 7 % z celkové produkce vajec. Z toho jsou 2 – 3 % poškozena již během snášky, další 3 - 4 % vajec jsou poškozena až po snášce a to, když jsou vejce přemísťována na sběrnou linku. Asi 10 % z celkového počtu vyprodukovaných vajec tvoří vejce s vnějším poškozením, zatímco 1 % tvoří vejce s poškozením vnitřním (King'ori, 2012).

Krevní skvrny se vyskytují obvykle na povrchu žloutku. Jsou to krevní sraženiny, které vznikly krvácením z malých cév ve vaječniku nebo ve vejcovodu při ovulaci. Může se objevit i krevní skvrna na bílku. Krev v bílku signalizuje krvácení krátce po uvolnění žloutku do vejcovodu, tedy v době, kdy je žloutek již potažen bílkem (Alsobayel et Albadry, 2011).

Frekvence výskytu krevních skvrn je ovlivněna řadou faktorů. Mezi tyto faktory patří věk nosnice, výživa a genotyp. Výskyt krevních skvrn je u hnědovaječných nosnic 2 až 3 krát vyšší než u bělovaječných. Produkce vajec s krevní skvrnou na žloutku se zvyšuje s délkou snáškového cyklu. Naopak pokud je v krmivu nosnic dostatečné množství vitamínu A je nízká

pravděpodobnost výskytu krevních skvrn ve vejci (Honkakukia et al., 2011; Wolc et al., 2012).

Masové skvrny se objevují na bílku jako červené, hnědé nebo bílé skvrny. Jsou to buď kousky tkáně, nebo krevní skvrny, které důsledkem ředění změnilly svoji barvu. Objevují se během ovulačního procesu ve vaječniku nebo později ve vejcovodu (King'ori, 2012).

Masové a krevní skvrny představují estetickou vadu pro konzumenty, ale i zvyšují riziko infekcí bakteriemi, např. bakterií rodu *Salmonella*. Výskyt krevních a masových skvrn ve vejcích v komerčních chovech je v poslední době méně než 1 %. Nicméně se výskyt skvrn značně liší, jak již bylo uvedeno, genotypem nosnic. Ve vejcích hnědovaječných nosnic je výskyt skvrn vyšší (asi 18 %, ale mohou obsahovat až 30 %) na rozdíl od vajec bělovaječných nosnic (0,5 %). Výskyt skvrn se zvyšuje s věkem nosnice. Zvýšená frekvence skvrn ve vejcích se objevuje i na začátku snášky. Mezi další faktory, které ovlivňují výskyt skvrn, patří výživa. Asi nejdůležitějším nutričním faktorem je nedostatek vitaminů A a D. Zvýšený výskyt skvrn se objevuje u nosnic při změně v prostředí (např. náhlé hlasité zvuky, teplotní změny, infekce). Dalším faktorem je dědičnost skvrn, která se pohybuje v rozmezí od 0,07 do 0,6. Ve šlechtitelských chovech se z tohoto důvodu provádí selekce proti výskytu skvrn. Slepice, které mají zvýšený výskyt skvrn, se odstraňují z chovné populace (Dhawale et Nagpur, 2008; Honkakukia et al., 2011).

Vejce s **dvoužloutkem** snese nosnice, když dojde k ovulaci příliš rychle, nebo když se z nějakého důvodu žloutek zasekne ve vejcovodu a poté se připojí k dalšímu žloutku. Dvojitý žloutek se nejčastěji objevuje u mladých nosnic, jejichž snáškový cyklus ještě není zcela synchronizován (King'ori, 2012). Wolc et al. (2012) prokázali, že produkce vajec s dvoužloutkem s věkem nosnic klesá. Navíc se dvoužloutek objevuje výhradně u těžších vajec a především u vajec od plemen těžších slepic.

Při kontrole vad vajec se ve větších chovech používají třídící stroje. De Ketelaere et al. (2004) popisují tři základní kategorie senzorů, které jsou použity u třídících strojů. První kategorie senzorů je založena na mechanických metodách, které umožňují rozpoznat fyzikální vlastnosti skořápky, jako je přítomnost prasklin a pevnost skořápky. Druhá kategorie funguje na principech spektroskopických a umožňuje obsluze "vidět" přes skořápku. Lze tak určit vnitřní kvalitu vajec - pH, viskozitu bílku a přítomnost inkluzí (krevní a masové skvrny). Třetí třída senzorů napodobuje lidské oko a to pomocí kamery a softwarové platformy tzv. „počítačové vidění“. Kromě těchto tří základních, ověřených typů senzorů, se zkoumají další senzory, které jsou založeny na ultrazvuku, magnetické rezonanci a elektronických principech.

3.5 Kontaminace vajec

K **mikrobiální kontaminaci** vajec dochází z vnějšího prostředí průnikem přes skořápku (tzv. exogenní = sekundární kontaminace) nebo z těla infikované nosnice krevní cestou (tzv. endogenní = primární kontaminace). Na rozsah mikrobiálního znečištění vajec má vliv především prostředí, ve kterém jsou nosnice chovány, čistota sběru, vytloukání, pasterace, transport a uchování vajec. Dále také mytí a orosení vejce, které se moc nedoporučuje (Görner et Valík, 2004).

K **bakteriální kontaminaci** dochází častěji na farmách, než v halách a to kvůli snadnějšímu přístupu k přenášejícím vektorům. Mezi tyto vektory patří ptáci, hlodavci, hmyz a volně žijících živočichové (Foley et al., 2011).

Kontaminace vaječné skořápky aerobními bakteriemi je obecně vyšší u vajec z neklecových chovů v porovnání s vejci z klecí. Avšak vliv systému ustájení na kontaminaci skořápky specifickými skupinami bakterií je variabilní. Nedávný výzkum neukazuje velké rozdíly v kontaminaci vajec mezi vejci z klecových a neklecových systémů. Mikroflóra skořápky dominují grampozitivní bakterie, zatímco gramnegativní bakterie jsou nejlépe vybaveny k životu uvnitř vejce. Většina výzkumů zabývajících se vaječnou kontaminací se zaměřuje na salmonely, protože infekce *Salmonella enteritidis*, vyplývající z konzumace kontaminovaných vajec nebo vaječných výrobků, je stále velkým zdravotním problémem (De Reu et al., 2008).

K endogenní kontaminaci dochází transovariálním přenosem ještě před ovulací, kdy jsou mikroorganismy transportovány do tvořícího se žloutku. Jedná se zejména o *Salmonella pullorum* a jiné druhy salmonel, které se nejvíce hromadí ve vaječniku nosnice. Původci endogenní kontaminace bývají většinou patogenní mikroorganismy *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens*, *Campylobacter jejuni*, *Salmonella* sp. Tímto způsobem bývá kontaminováno asi 6 - 9 % vajec (Görner et Vaclík, 2004; Filnerová, 2007).

Nejvíce rozšířená je exogenní kontaminace, která závisí především na čistotě prostředí. Na povrchu skořápky jsou podle znečištění statisíce až miliony mikrobů, bakterií a plísňů, které svými hyfami snadno prorůstají póry do podskořápečné blány. Hyfy mechanicky rozrušují tuto blánu a otvírají tím další cestu bakteriím do vejce. Kromě patogenních mikroorganismů (*Salmonella* sp., *Campylobacter jejuni*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Shigella* sp.) může být skořápka kontaminována i vzdušnou mikroflórou (mikroby, pseudomonády, aerobní sporuláty). Zdrojem kontaminace jsou také hlodavci, hmyz, ale také lidé (Steinhauserová et al., 2003; Görner et Vaclík, 2004).

Salmonelóza je jednou z hlavních příčin lidské bakteriální gastroenteritidy a druhou nejčastěji hlášenou zoonózou v Evropské unii (EU), hned po kamylobakteriíze (Mughini-Gras et al., 2014). Salmonely jsou střevní bakterie a dosud bylo popsáno přes 2000 různých typů, které jsou nebezpečné pro lidi. V posledních letech se však vyskytuje u lidí nejčastěji typ *Salmonella enteritidis*, který je stejně jako ostatní salmonely značně odolný vůči fyzikálně chemickým vlivům. Tento typ je také značně rozšířen v drůbežích chovech a bývá nelézán v mase a vejcích. Jednou ze základních vlastností salmonel je schopnost poměrně snadného rozmnožování, ty se totiž při pokojové teplotě každých 20 – 30 minut zdvojnásobí. Například v jednom vejci, uloženém 2 dny při teplotě 20 ° C by z počátečních 10 zárodků vzrostl jejich počet během uskladnění na několik miliard. Konzumace syrových, nedostatečně tepelně upravených vajec je tedy pro lidi hlavním rizikovým faktorem pro infekci *S. enteritidis* (Anonym, 2007; Mughini-Gras et al., 2014).

Existuje několik možných zdrojů kontaminace salmonel drůbeže. Kuřata jsou velmi citlivá na kolonizaci gastrointestinálního traktu salmonelou od vylíhnutí do 96 hodin. Tato mláďata mohou být nakažena vertikálním přenosem z infikovaných rodičů nebo horizontálním přenosem v líhni - sexingem v zamořených líhních, infekcí kloaky, během krmení, manipulací a přepravou (Foley et al., 2008, 2011).

Několik faktorů může mít vliv na citlivost drůbeže pro kolonizaci bakterií rodu *Salmonella*. Mezi tyto faktory patří věk slepic, sérotyp *Salmonella*, stres, (včetně prostředí, dopravy a zjevné či subklinické nákazy), přítomnost doplňkových látek, (jako jsou například antimikrobiální látky a antikocidika), přežití nízké pH v žaludku, soutěž se střevní mikroflórou, hostitelův genetický původ (Foley et al., 2008).

Během posledních několika desetiletí došlo k významným posunům v převládání sérovarů *Salmonella* spojených s infekcí u drůbeží a u lidí. V roce 2011 byl sérovar *S. Kentucky* nejčastěji detekován u drůbeže, zatímco *S. typhimurium* zůstává nejčastější příčinou infekcí u lidí (Foley et al., 2011).

Englmaierová et al. (2014) dokázali, že systém ustájení nosnic významně ovlivňuje celkový počet bakterií na povrchu skořápky vajec a tím mikrobiální kontaminaci bakterií rodu *Enterococcus* a *Escherichia coli*. Nejnižší hodnota bakteriální kontaminace se vyskytla na vejcích nosnic z obohacených klecí (3,98 log KTJ/vejce) a z konvenčních klecí (4,05 log KTJ/vejce). Vejce od nosnic z voliéry vykazovaly vyšší kontaminaci (5,49 log KTJ/vejce) a nejvyšší úroveň kontaminace byla zjištěna u vajec, která pocházela od nosnic na podestýlce (6,24 log KTJ/vejce). Z toho vyplývá, že mikrobiální kontaminace byla u skořápek od nosnic z voliéry a na podestýlce o 2 log KTJ vyšší než na vejcích z klecí (Englmaierová et al., 2014).

Také De Reu et al. (2006) zjistili, že vyšší znečištění je u vajec z alternativních systémů ve srovnání s klecemi. Klecker et al. (2002) dodávají, že u vajec snesených do podestýlky v podestýlkovém chovu byly navíc detekovány bakterie rodu *Streptococcus*.

4 Materiál a metodika

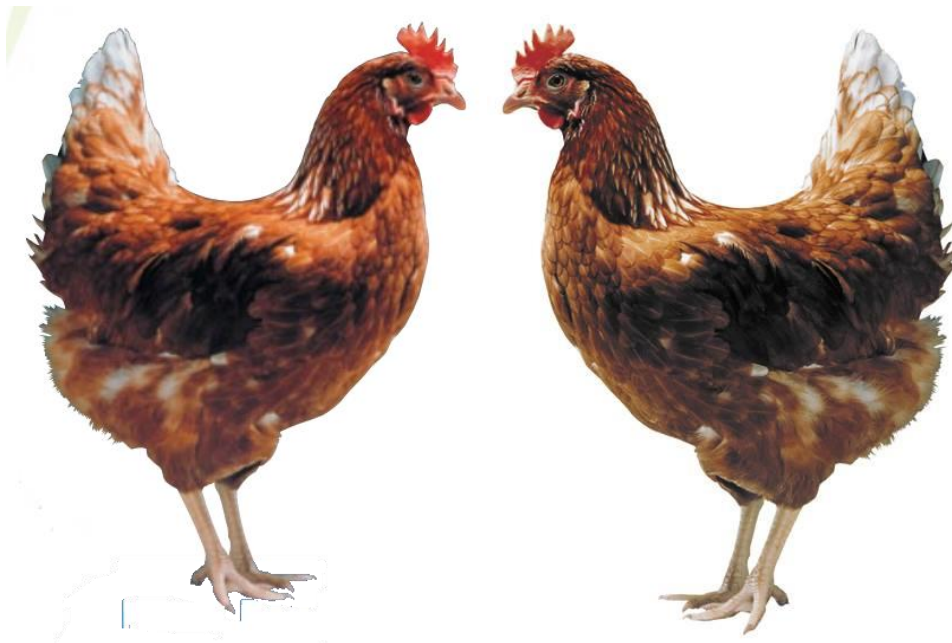
Do sledování byly zařazeny genotypy slepic nosného typu Hisex Brown a Lohmann Brown. Zkoumaná vejce pocházejí od nosnic z komerčního chovu.

4.1 Charakteristika genotypů

Hisex Brown

Hisex Brown (obrázek č. 1) je původem holandský hybrid. Patří mezi nosné typy slepic s vysokou produkcí vajec. Roční snáška je cca 303 ks vajec s hnědou barvou skořápky. Snáší středně velká vejce (64 g), která mají silnou a pevnou skořápku. Nosnice mají hmotnost do 2 kg a mají vynikající konverzi krmiva a vysokou životaschopnost.

Hisex je určen jak pro intenzivní chov v klecovém systému, tak pro chov v alternativních systémech. Základní informace o snáškovém cyklu nosnice jsou uvedeny v tabulce č. 1.



Obrázek č. 1: Hisex Brown (Zdroj: Anonym, 2014)

Tabulka č. 1: Základní informace snáškového cyklu nosnice Hisex Brown (snáškový cyklus od 18. do 90. týdne)

| | | |
|------------------------------|--|---------|
| Produkce vajec | Věk při 50 % produkci | 143 dní |
| | Vrchol snášky | 96 % |
| | Počet vajec na jednu nosnici (ks) | |
| | Za 12 měsíců snášky | 303 |
| | Za 14 měsíců snášky | 350 |
| | Za 16 měsíců snášky | 394 |
| | Vaječná hmota na slepici (kg) | |
| | Za 12 měsíců snášky | 18,9 |
| | Za 14 měsíců snášky | 21,9 |
| | Za 16 měsíců snášky | 24,7 |
| | Průměrná hmotnost vajec (g) | |
| | Za 12 měsíců snášky | 64,1 |
| | Za 14 měsíců snášky | 64,2 |
| | Za 16 měsíců snášky | 64,2 |
| Charakteristika vajec | Barva skořápky | hnědá |
| | Pevnost skořápky | > 35 N |
| Spotřeba krmiva | 1-17 týden (kg) | 6 kg |
| | Denní - od 18 týdne (g/den) | 112 |
| | Konverze krmiva (kg/kg vaječné hmoty) | 2,17 |
| Živá hmotnost | V 18 týdnech (kg) | 1,5 |
| | Na konci snášky (kg) | 1,975 |
| Životaschopnost | Odchov (%) | 94 |
| | Období snášky (%) | 93,9 |

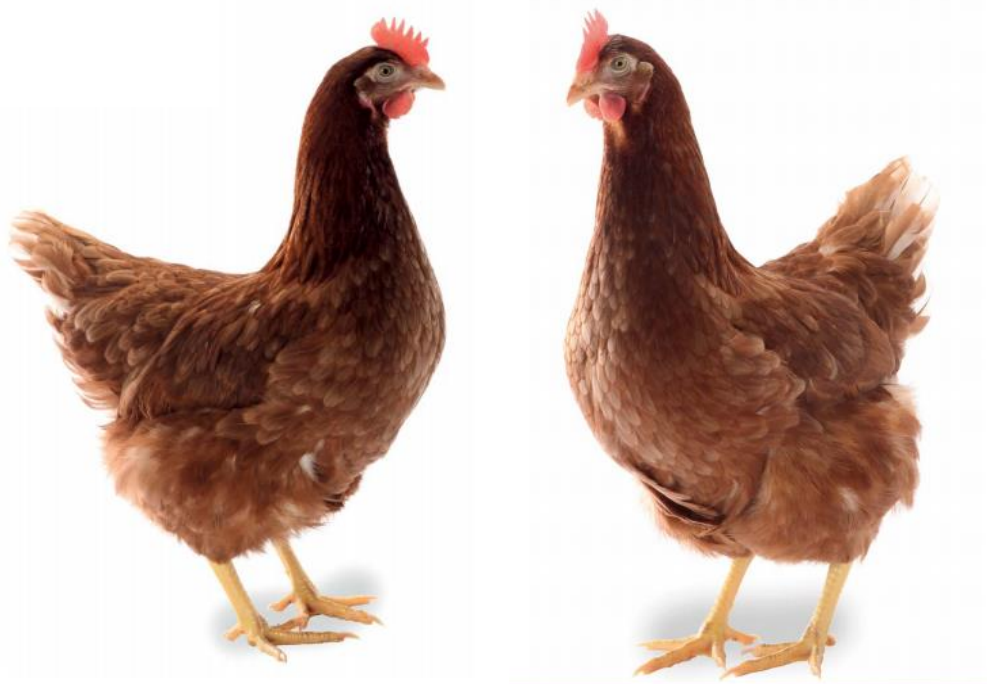
Zdroj: Anonym, 2014

Lohmann Brown

Lohmann Brown (obrázek č. 2) byl původně vyšlechtěn jako německý hybrid pro masnou užitkovost, nyní patří mezi nosný typ slepic. Roční snáška je cca 320 ks vajec s hnědou barvou skořápky. Jejich vejce váží cca 63,9 g a mají pevnou skořápku. Nosnice váží okolo 2 kg.

Jedná se o jeden z nejčastěji využívaného genotypu slepice, který je používán hlavně pro komerční produkci vajec v chovech po celé Evropě. Tyto nosnice jsou vhodné pro všechny systémy ustájení. Základní informace o snáškovém hybridu jsou uvedeny v tabulce č. 2.

Většina hybridů Lohmann má karamelově hnědý odstín peří s bílými peříčky okolo krku a bílým peřím na špičkách jejich ocasního pera.



Obrázek č. 2: Lohmann Brown – Classic (Zdroj: Anonym, 2016)

Tabulka č. 2: Základní informace snáškového cyklu nosnice Lohmann Brown – Classic (snáškový cyklus od 20. do 95. týdne)

| | | |
|------------------------------|--|---------------------|
| Produkce vajec | Věk při 50 % produkci | 140 – 150 dní |
| | Vrchol snášky | 93 – 95 % |
| | Počet vajec na jednu nosnici (ks) | |
| | Za 12 měsíců snášky | 318 – 323 (320) |
| | Za 14 měsíců snášky | 358 – 363 (360) |
| | Za 16 měsíců snášky | 428 – 433 (430) |
| | Vaječná hmota na slepici (kg) | |
| | Za 12 měsíců snášky | 20 – 21 (20,44) |
| | Za 14 měsíců snášky | 23 – 24 (23,23) |
| | Za 16 měsíců snášky | 27,5 – 28,5 (28,02) |
| | Průměrná hmotnost vajec (g) | |
| | Za 12 měsíců snášky | 63,5 – 64,5 (63,9) |
| | Za 14 měsíců snášky | 64 – 65 (64,4) |
| | Za 16 měsíců snášky | 65 – 66 (65,2) |
| Charakteristika vajec | Barva skořápky | hnědá |
| | Pevnost skořápky | > 40 N |
| Spotřeba krmiva | 1. – 20. týden věku (kg) | 7,4 – 7,8 |
| | Denní - od 20. týdne (g/den) | 110 - 120 |
| | Konverze krmiva (kg/kg vaječné hmoty) | 2 – 2,1 |
| Živá hmotnost | Ve 20 týdnech (kg) | 1,6 – 1,7 |
| | Na konci snášky (kg) | 1,9 – 2,2 |
| Životaschopnost | Odchov (%) | 97 – 98 |
| | Období snášky (%) | 92 – 94 |

Zdroj: Anonym, 2016

4.2 Charakteristika komerčního chovu a design sledování

Podnik nakupuje 1 denní kuřata od líhňařského podniku Nitra - Párovské Háje a od firmy INTEGRA – Žabčice. Tato kuřata jsou dále odchovávána na produkci vajec po dobu jednoho turnusu (snáškový cyklus), který trvá 76 týdnů.

Slepice jsou během jednoho turnusu od naskladnění malých jednodenních kuřat dvakrát přemísťovány. První přemístění do jiné haly probíhá ve věku 4 týdnů. Proto, aby se postupně zlepšovala jejich termoregulace a slepice byly lépe připraveny na další přesun již do konečné snáškové haly, kde jsou většinu svého života. Tento přesun nosnic je v 16 týdnech jejich věku.

Nosnice jsou chovány v obohacených klecových systémech, kde jsou technologická zařízení zkonstruována podle požadavků na chov drůbeže a splňují podmínky Směrnice rady 1999/74/ES. Klece jsou od firmy MBD a.s. a VIBOX a.s. Jásenná.

Ve snáškové hale je v jedné kleci 10 ks nosnic. Konstrukce a jednotlivé sekce jsou vyrobeny z pozinkovaných plechů a pozinkovaných drátů. Rozměry klecí jsou: šířka 1200 mm, hloubka 625 mm, zadní výška 450 mm, přední výška 525 mm a sklon podlahy nepřesahuje 14 %. Tyto rozměry odpovídají 750 cm² podlahové plochy klece na jednu nosnici, tedy 600 cm² čistého prostoru na 1 ks. Délka krmné hrany je 120 mm pro každou nosnici. Spodní řada klecí je 360 mm nad podlahou stavby.

V každé kleci je k dispozici také snáškové hnízdo, které je umístěné v zadní části klece a od okolního prostoru je odděleno plastovým závěsem. Tento závěs přispívá ke klidu nosnice při snášce. Dno snáškového hnízda a celé klece je vybaveno nakloněným roštem pod určitým úhlem, který slouží proti rozbití vajec a současně se vejce snadněji vykutálí na sběrný pás. To vede k minimálnímu znečištění a poškození vajec. V kleci jsou dále hřady o délce 150 mm pro každou nosnici. Dále se zde nachází 3 kapátkové napáječky, místo pro obrus zobáku a drápů a také popeliště.

Mezistěny jednotlivých oddělení jsou vyrobeny z pozinkovaného plechu, snižují stres a přispívají ke klidu v hale a svou konstrukcí nepoškozují opeření nosnic. Posuvná dvířka jsou s příčným dělením drátů od sebe vzdálených 6 cm a jsou opatřena proti samovolnému otevření.

Během snáškového cyklu jsou nosnice napájeny ad libitum, kdy má voda teplotu 20 °C. Napáječky jsou umístěny na PVC potrubí, které je plněno vodou pomocí požadovaného tlaku, který je regulován tlakovými regulátory se stavoznaky pro kontrolu

výšky vodního sloupce. Napájecí potrubí je zásobováno zásobníkovými tanky, které jsou umístěny před každou řadou klecí.

Slepice jsou krmeny krmnou směsí dle jejich věku. Kompletní krmivo pro nosnice do podniku dováží nedaleký zemědělský podnik, který většinu komponentů (obilniny) pěstuje a tyto směsi také míchá.

Kuřice jsou do 17. týdne věku krmeny krmnou směsí KZK – T, poté krmnou směsí N0 – T do věku 20 týdnů. Pro nosnice v prvním snáškovém cyklu je určena krmná směs

N1 – T. Složení krmných směsí KZK – T, N0 – T a N1 – T jsou uvedeny v tabulce č. 3. a analytické složky krmiv jsou zapsány do tabulky č. 4. V době odběru vajec pro rozbor, tedy ve druhé polovině snáškového cyklu, se nosnicím podává směs N2 – T.

Tabulka č. 3: Složení krmných směsí KZK – T, N0 – T a N1 – T

| | KZK - T | N0 - T | N1 - T |
|--|---------|--------|--------|
| Pšenice | + | + | + |
| Pšeničné otruby | + | + | - |
| Ječmen | + | - | - |
| Sojový loupaný extrahovaný šrot toastovaný | + | + | + |
| Řepkový extrahovaný šrot | + | - | - |
| Uhličitan vápenatý | + | + | + |
| Dihydrogenfosforečnan vápenatý | + | + | + |
| Chlorid sodný | + | + | + |
| Pšeničná krmná mouka | + | + | + |
| Rostlinný olej - řepkový | - | + | + |
| Hydrogenuhlíčan sodný | - | + | + |
| Kukuřice | - | - | + |

Tabulka č. 4: Analytické složky krmiv KZK – T, N0 – T a N1 – T

| | KZK - T | NO - T | N1 - T |
|------------------|---------|--------|--------|
| NL (%) | 14,4 | 16,8 | 17,9 |
| Vláknina (%) | 3,7 | 3,3 | 2,7 |
| Oleje a tuky (%) | 1,7 | 1,7 | 4,1 |
| Popel (%) | 5,7 | 9 | 13 |
| Lysin (%) | 0,71 | 0,84 | 0,86 |
| Methionin (%) | 0,34 | 0,37 | 0,43 |
| Ca (%) | 0,95 | 2,05 | 3,8 |
| P (%) | 0,65 | 0,65 | 0,64 |
| Na (%) | 0,16 | 0,15 | 0,16 |

Krmná směs N2 – T

Krmná směs N2 – T se skládá z pšenice, sojového loupaného extrahovaného toastovaného šrotu, kukuřice, uhličitanu vápenatého, rostlinného řepkového oleje, dihydrogenfosforečnanu vápenatého, chloridu sodného, hydrogenuhličitanu sodného a pšeničné krmné mouky. Procentuální zastoupení jednotlivých komponent KS je obchodním tajemstvím.

Směs obsahuje 16,3 % NL, 2,50 % vlákniny, 3,0 % oleje a tuku, 12,5 % popele, 0,76 % lysinu, 0,36 % metioninu, 3,65 % Ca, 0,5 % P a 0,15 % Na.

Dále jsou do směsi přidány doplňkové látky a to nutriční (vitamin A, vitamin D3, železo ($\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), jod ($\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$), měď ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), mangan (MnO), zinek (ZnO), selen (Na_2SeO_3)), zootechnické (3-fytáza EC 3.1.3.8), senzoricke (E161b lutein, E161 kantaxantin, biostrong 510 – zchutňující látka) a technologické (E324 thoxyquin a E-321 butylhydroxytoluen). Všechny tyto doplňkové látky jsou ve směsi obsaženy v menším množství a to v mg na kg směsi.

Systém krmení je plně automatizován. Nosnice jsou krmeny z krmného žlabu, do kterého se rovnoměrně několikrát za den sype krmení v pravidelných intervalech z krmného portálového vozu s dávkovací vaničkou. Tento portál zabezpečuje rovnoměrné rozložení nastavené dávky krmiva v celé délce krmného žlabu. Do portálů je krmení

přiváděno dopravníkem ze zásobníkových sil, která jsou umístěna vždy u dané haly, ve které se nosnice nacházejí.

Nad uličkami mezi klecemi je umístěna řada osvětlení - lampy, které jsou od sebe vzdáleny 4 metry. Součástí osvětlení je stmívač, který upravuje intenzitu světla. Od 16 týdne se v hale využívá světelný program se 14 hodinovým světlem o intenzitě 5 lx.

Pod každým patrem klecového systému je zabudovaný automatizovaný nekonečný plastový pás na odklíz trusu. Na konci každého pásu je trus seškrabován na dopravník, který jej vynáší ven z haly do kontejneru. Kontejner si 3x týdně odváží místní zemědělské družstvo, které tento trus po zpracování používá jako hnojivo.

V hale jsou používány digitální řídicí automaty od firmy MBD a.s, které regulují a zobrazují spotřebu vody, krmiva a regulují osvětlení a hlavně hlásí poruchové stavy. Dále je zde řídicí jednotka AGE – VENT (České Meziříčí), která umožňuje řídit ventilaci na základě teploty a vlhkosti nebo tzv. objemovou ventilaci (množství výměny vzduchu v hale). V halách jsou použity ventilátory i klapky a teplota se udržuje na 21 °C.

V podniku se využívá automatická linka na sběr vajec se sběrným pásem, do kterého se vykutálejí snesená vejce ze snáškového hnízda. Tento pás se v daných intervalech posouvá, aby nedocházelo k hromadění vajec na jednom místě. Horizontální dopravník je napojen na centrální dopravník, který vede z jednotlivých hal do jedné třídící haly, ve které se nachází třídící linka vajec a balicí linka.

4.3 Rozbory vajec

Vejce určena pro rozbory vajec se sbírala z různých míst jedné haly náhodně, ale vždy v pravidelných intervalech a to po 4 týdnech, od 46. do 74. týdne věku nosnic Lohmann Brown a Hisex Brown, tedy ve druhé fázi snáškového cyklu. Důvodem jsou vyšší rozdíly v kvalitě vajec, než je tomu na začátku snášky, tj. v první fázi snášky. Vejce byla do druhého dne skladována při konstantní teplotě.

Pro rozbory bylo použito vždy 120 vajec od každého genotypu v daných pravidelných intervalech. Celkově bylo tedy pro rozbor použito 1920 ks vajec.

Následující den po sběru vajec se hodnotila jejich technologická hodnota, tzn. jejich kvalita a získané výsledky byly statisticky vyhodnoceny. Rozbory byly realizovány v laboratoři Katedry speciální zootechniky na ČZU v Praze. Z hlediska technologické hodnoty byla sledována především hmotnost vajec, barva skořápky a žloutku, šířka a výška žloutku

i bílku, hmotnost žloutku a kvalita skořápky. Ze zjištěných údajů se vypočítají další parametry.

Hmotnost vejce se zjišťuje pomocí elektronické laboratorní váhy OHAUS Portable. Hmotnost se udává v gramech.

Index tvaru vejce se zjistí podle daného vzorce [$Iv = (\check{s}/d) \cdot 100$], do kterého se doplní hodnoty získané měřením délky (d) a šířky (\check{s}) vejce. Tyto rozměry se měří posuvným elektronickým měřidlem a hodnoty jsou udávány v milimetrech. Index tvaru vejce se udává v procentech.

Hmotnost žloutku se zjišťuje pomocí elektronických laboratorních vah OHAUS Portable. Hmotnost se uvádí v gramech.

Podíl žloutku se vypočítá z hmotnosti vejce a žloutku. Udává se v procentech.

Index tvaru žloutku se zjistí podle daného vzorce [$I\check{z} = (a/b) \cdot 100$], do kterého se doplní hodnoty získané měřením výšky žloutku (a) a průměrem dvou rozměrů žloutku (b). Výška žloutku se měří mikrometrem v milimetrech a rozměr žloutku pomocí posuvného elektronického měřítka. Rozměry se uvádí v milimetrech a index tvaru žloutku v procentech.

Barva žloutku se hodnotí subjektivně podle barevné stupnice La Roche a to od čísla 3-14. Vyšší hodnota znamená tmavší odstín barvy.

Hmotnost bílku se zjistí po odečtení hmotnosti žloutku a skořápky z celého vejce. Udává se v gramech.

Podíl bílku se vypočte z hmotnosti vejce a bílku. Udává se v procentech.

Index tvaru bílku se zjistí podle daného vzorce [$Ib = (a/b) \cdot 100$], do kterého se doplní hodnoty získané měřením výšky bílku (a) a průměrem největší šířky a délky bílku (b). Výšky bílku se měří ve vzdálenosti 1 cm od okraje žloutku. Výška bílku se měří mikrometrem v milimetrech. Průměr největší šířky a délky bílku se stanoví změřením kolmých rozměrů vnějšího tuhého bílku, což je nejdelší a nejširší část bílku, pomocí posuvného elektronického měřítka. Hodnoty jsou uvedeny v milimetrech. Výsledný index tvaru bílku se uvádí v procentech.

Haughovy jednotky se vypočítají podle vzorce $HU = 100 \log (H - 1,7 W^{0,37} + 7,6)$ Za H se doplní výška bílku v milimetrech a za W hmotnost vejce v gramech. Haughovy jednotky tedy vyjadřují kvalitu vejce na základě vztahu mezi výškou tuhého bílku a hmotností vejce.

Hmotnost skořápky se váží pomocí elektronických laboratorních vah OHAUS Portable. Skořápky musí být před měřením vysušeny. Hmotnost se uvádí v gramech.

Podíl skořápky se zjišťuje výpočtem z hmotnosti celého vejce a hmotnosti skořípky. Výsledek se udává v procentech.

Pevnost skořápky se hodnotí destruktivní metodou pomocí přístroje INSTRON model 3342 od výrobce INSTRON USA. Ten měří tlak potřebný k prasknutí skořápky. Hodnota je uvedena v N/cm².

Tloušťka skořápky se měří před vysušením a bez podskořápečných blan. Měří se pomocí digitálního mikrometru. Tloušťka se uvádí v milimetrech.

Barva skořápky se zjišťuje pomocí refraktometru QCR od výrobce TSS England. Ten funguje na principu odrazu světla. Udává se v procentech. Čím jsou hodnoty vyšší, tím je vaječná skořápka světlejší.

4.4 Statistické vyhodnocení

Pro statistické zpracování zjištěných hodnot z měření byl použit počítačový program SAS 9.4 a k následnému vyhodnocení výsledných hodnot byla použita víceparametrová analýza - interakce věku a genotypu. Pro vyhodnocení statistické průkaznosti rozdílů hodnot byl použit Scheffeho test ($P \leq 0,05$).

5 Výsledky

Výsledky získané ze sledování vlivu věku slepic dvou genotypů jsou uvedeny v následujících tabulkách č. 5 – 8.

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

| | | Parametr | |
|---------------------|-----|---------------------|-----------------------|
| | | Hmotnost vejce (g) | Index tvaru vejce (%) |
| Věk nosnic (týdnů): | | | |
| 46 | | 64,72 ^{ab} | 77,72 ^a |
| 50 | | 64,89 ^{ab} | 77,25 ^{ab} |
| 54 | | 64,28 ^{ab} | 76,69 ^{ab} |
| 58 | | 63,08 ^b | 76,09 ^b |
| 62 | | 64,51 ^{ab} | 76,89 ^{ab} |
| 66 | | 64,09 ^{ab} | 76,52 ^{ab} |
| 70 | | 64,31 ^{ab} | 76,28 ^{ab} |
| 74 | | 65,74 ^a | 75,97 ^b |
| Genotyp nosnic: | | | |
| Hisex Brown | | 63,73 ^b | 77,18 ^a |
| Lohmann Brown | | 65,18 ^a | 76,17 ^b |
| Průkaznost | V | 0,0011 | 0,0003 |
| | G | 0,0001 | 0,0001 |
| | V*G | 0,0001 | 0,1852 |
| S.E.M. | | | |
| | | 0,1484 | 0,1080 |

S.E.M. – Standard Error of Mean – střední chyba průměru; V – věk; G – genotyp; V*G – interakce věk a genotyp

^{ab}Průměry parametru ve stejném sloupci označeny rozdílnými horními indexy se průkazně liší ($P \leq 0,05$).

V tabulce č. 5 jsou uvedeny průměrné hodnoty hmotnosti vejce a indexu tvaru vejce. Z této tabulky vyplývá, že hmotnost vajec je průkazně ovlivněna jak věkem nosnic ($P = 0,0011$), tak i genotypem ($P = 0,0001$). Dále je zjištěna statisticky významná vzájemná interakce mezi věkem a genotypem nosnic ($P = 0,0001$). Hmotnost vajec se s věkem nosnic s mírnými výkyvy zvyšuje. Z hlediska genotypu je sledována vyšší hmotnost vajec u Lohmanna Brown (+ 1,45 g) v porovnání s Hisexem Brown.

Signifikantní vliv věku nosnic ($P = 0,0003$) a genotypu ($P = 0,0001$) je zjištěn i u indexu tvaru vejce, avšak interakce mezi věkem a genotypem nosnic není průkazná ($P = 0,1852$). Z tabulky je zřejmé, že index tvaru vejce se s věkem nosnic s mírnými výkyvy snižuje. Nejvyšší index tvaru vejce mají nosnice na začátku sledování ve věku 46 týdnů a naopak nejnižší index tvaru se objevují u nosnic nejstarších (74 týdnů). Rozdíl indexu tvaru vejce činí 1,75 procentního bodu. Z pohledu genotypu je u Hisexe Brown index tvaru vejce vyšší o 1,01 procentního bodu než u Lohmanna Brown.

V tabulce č. 6 jsou zaznamenány vybrané parametry kvality žloutku. Mezi tyto parametry patří hmotnost žloutku, podíl žloutku, index žloutku a barva žloutku. Je zjištěno, že hmotnost žloutku se průkazně neliší v rámci věku nosnic ($P = 0,0619$) ani genotypu ($P = 0,4014$). Naopak je sledována vzájemná interakce mezi věkem a genotypem nosnic ($P = 0,0001$). Hmotnost žloutku s věkem kolísá. Neprůkazná diference mezi nejvyšší a nejnižší hmotností žloutku je 0,52 g. Nesignifikantní průměrná hmotnost žloutku je u Lohmanna Brown jen o 0,05 g vyšší než u Hisexe Brown.

Dalším parametrem, který je uveden v tabulce, je podíl žloutku. Podíl žloutku je významně ovlivněn věkem nosnic ($P = 0,0001$) a genotypem ($P = 0,0016$). Je zjištěna i signifikantní interakce mezi věkem a genotypem nosnic ($P = 0,0001$). Podíl žloutku ve vejci s věkem nosnic kolísá. Nejvyšší podíl žloutku je u nosnic ve věku 58 týdnů (29,40 %), zatímco nejnižší podíl žloutku je zaznamenán v 74 týdnu věku nosnic (27,38 %). Nedá se tedy říci, že by se daný parametr s věkem nosnic zvyšoval. Z hlediska genotypu je podíl žloutku ve vejci průkazně vyšší u Hisexe Brown v porovnání s Lohmannem Brown a to o 0,49 procentního bodu.

Následujícím parametrem kvality žloutku je index žloutku. Tento parametr je průkazně ovlivněn věkem nosnic ($P = 0,0001$), rovněž genotypem nosnic ($P = 0,0001$) a je sledováno i vzájemné působení věku nosnic a genotypu ($P = 0,0001$). Index žloutku kolísá, ale i tak se s věkem nosnic snižuje. Index žloutku na počátku pozorování, tedy ve věku nosnic 46 týdnů, je 41,64 % a na konci snášky, ve věku nosnic 74 týdnů, se index žloutku snížil

na 40,31 %. Rozdíl je tedy 1,33 procentního bodu. Index žloutku je u Lohmanna Brown průkazně vyšší o 2,15 procentního bodu než u Hisexe Brown.

Tabulka č. 6: Vybrané parametry kvality žloutku v závislosti na věku a genotypu nosnic

| | | Parametr | | | |
|---------------------|-----|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| | | Hmotnost žloutku (g) | Podíl žloutku (%) | Index žloutku (%) | Barva žloutku |
| Věk nosnic (týdnů): | | | | | |
| 46 | | 18,08 | 27,99 ^{bc} | 41,64 ^a | 10,54 ^{ab} |
| 50 | | 18,11 | 27,92 ^{bc} | 41,57 ^{ab} | 10,99 ^{ab} |
| 54 | | 18,23 | 28,44 ^{abc} | 39,77 ^{cd} | 11,08 ^{ab} |
| 58 | | 18,51 | 29,40 ^a | 40,83 ^{abc} | 11,22 ^a |
| 62 | | 18,46 | 28,66 ^{ab} | 39,05 ^d | 10,17 ^b |
| 66 | | 18,32 | 28,65 ^{ab} | 40,61 ^{abc} | 10,25 ^b |
| 70 | | 18,48 | 28,81 ^{ab} | 39,60 ^{cd} | 11,33 ^a |
| 74 | | 17,96 | 27,38 ^c | 40,31 ^{bc} | 10,83 ^{ab} |
| Genotyp nosnic: | | | | | |
| Hisex Brown | | 18,26 | 28,65 ^a | 39,35 ^b | 11,20 ^a |
| Lohmann Brown | | 18,31 | 28,16 ^b | 41,50 ^a | 10,40 ^b |
| Průkaznost | V | 0,0619 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 |
| | G | 0,4014 | 0,0016 | 0,0001 | 0,0001 |
| | V*G | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 |
| S.E.M. | | | | | |
| | | 0,055 | 0,0811 | 0,0945 | 0,0638 |

S.E.M. – Standard Error of Mean – střední chyba průměru; V – věk; G – genotyp; V*G – interakce věk a genotyp

^{abcd}Průměry parametru ve stejném sloupci označeny rozdílnými horními indexy se průkazně liší ($P \leq 0,05$).

Posledním vybraným parametrem kvality žloutku je barva žloutku. Barva žloutku je průkazně ovlivněna věkem nosnic ($P = 0,0001$) i genotypem nosnic ($P = 0,0001$). Zjištěna je také průkazná interakce mezi věkem a genotypem nosnic ($P = 0,0001$). Z tabulky nevyplývá jednoznačný trend barvy žloutku, který je ovlivněn i krmivem. Barva žloutku s věkem totiž kolísá. Nejtmavší žloutek mají nosnice ve věku 70 týdnů (11,33) a naopak nejsvětější žloutek se objevuje u vajec od nosnic starých 62 týdnů (10,17). Signifikantně vyšší barvu žloutku (tmavší žloutek) má Hisex Brown v porovnání s Lohmannem Brown a to o 0,8.

V tabulce č. 7 jsou uvedeny vybrané parametry kvality bílku. Mezi tyto parametry je zařazena hmotnost bílku, podíl bílku, index bílku a Haughovy jednotky. První parametr, hmotnost bílku, je průkazně ovlivněn jak věkem nosnic ($P = 0,0001$), tak i genotypem ($P = 0,0001$). Zjištěna je i statisticky významná interakce mezi věkem nosnic a genotypem ($P = 0,0001$). Jak z tabulky vyplývá, hmotnost bílku s věkem nosnic kolísá. Nejvyšší hmotnost bílku se nachází u vajec od nosnic ve věku 74 týdnů a naopak nejnižší hmotnost bílku je u nosnic ve věku 58 týdnů (38,29 g). Rozdíl v hmotnosti bílku činí 2,97 g. Co se týče genotypu, signifikantně vyšší hmotnost bílku je zjištěna u Lohmanna Brown. Hisex Brown má o 1,15 g nižší hmotnost bílku než Lohmann Brown.

Následným parametrem kvality bílku je podíl bílku. Podíl bílku se průkazně liší ve věku nosnic ($P = 0,0001$) a signifikantní rozdíly v podílu bílku se nacházejí i v genotypu nosnic ($P = 0,0179$). Je zjištěna i statisticky průkazná vzájemná interakce mezi věkem a genotypem nosnic ($P = 0,0001$). Výsledky ukazují, že podíl bílku s věkem kolísá. Nejvyšší hodnoty podílu bílku jsou zaznamenány u vajec od nosnic starých 58 týdnů (60,64 %) a nejnižší procento bílku je u vajec nosnic ve věku 74 týdnů, tedy na konci pokusu. Z hlediska genotypu je zjištěn vyšší podíl bílku u Lohmanna Brown (o 0,39 procentního bodu) v porovnání s Hisexem Brown.

Dalším parametrem je index bílku. Tento parametr je průkazně ovlivněn věkem nosnic ($P = 0,0001$), genotypem nosnic ($P = 0,0001$) a je zde shledán i vzájemný vztah mezi věkem a genotypem nosnic ($P = 0,0010$). Index bílku se s věkem nosnic snižuje. Na počátku pokusu (46. týden) má index bílku nejvyšší hodnotu (7,37 %) a na konci pokusu (74. týden) je hodnota indexu bílku nejnižší (5,11 %; změna o - 2,26 procentního podílu). U Lohmanna Brown je index bílku signifikantně vyšší o 0,62 % v porovnání s Hisexem Brown.

Tabulka č. 7: Vybrané parametry kvality bílku v závislosti na věku a genotypu nosnic

| | | Parametr | | | |
|---------------------|-----|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|
| | | Hmotnost bílku (g) | Podíl bílku (%) | Index bílku (%) | Haughovy jednotky |
| Věk nosnic (týdnů): | | | | | |
| 46 | | 40,31 ^{ab} | 62,22 ^{ab} | 7,37 ^a | 77,22 ^a |
| 50 | | 40,20 ^{ab} | 61,93 ^{ab} | 6,41 ^b | 72,45 ^{ab} |
| 54 | | 39,59 ^{abc} | 61,49 ^{abc} | 5,91 ^{cb} | 70,33 ^{bc} |
| 58 | | 38,29 ^c | 60,64 ^c | 5,46 ^{cd} | 66,84 ^{cd} |
| 62 | | 39,59 ^{abc} | 61,30 ^{bc} | 5,58 ^{cd} | 67,67 ^{bcd} |
| 66 | | 39,34 ^{bc} | 61,30 ^{bc} | 5,62 ^{cd} | 67,76 ^{bcd} |
| 70 | | 39,53 ^{abc} | 61,40 ^{bc} | 5,18 ^{cd} | 66,51 ^{cd} |
| 74 | | 41,26 ^a | 62,68 ^a | 5,11 ^d | 65,12 ^d |
| Genotyp nosnic: | | | | | |
| Hisex Brown | | 39,19 ^b | 61,43 ^b | 5,52 ^b | 67,60 ^b |
| Lohmann Brown | | 40,34 ^a | 61,82 ^a | 6,14 ^a | 70,87 ^a |
| Průkaznost | | | | | |
| Průkaznost | V | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 |
| | G | 0,0001 | 0,0178 | 0,0001 | 0,0001 |
| | V*G | 0,0001 | 0,0001 | 0,0010 | 0,0017 |
| S.E.M. | | | | | |
| | | 0,1240 | 0,0855 | 0,0571 | 0,3507 |

S.E.M. – Standard Error of Mean – střední chyba průměru; V – věk; G – genotyp; V*G – interakce věk a genotyp

^{abcd}Průměry parametru ve stejném sloupci označeny rozdílnými horními indexy se průkazně liší ($P \leq 0,05$).

Poslední parametr, který je zkoumán u kvality bílku, jsou Haughovy jednotky. Haughovy jednotky se průkazně liší ve věku nosnic ($P = 0,0001$), v genotypu ($P = 0,0001$) a je zde i statisticky významná průkaznost v interakci mezi věkem a genotypem ($P = 0,0017$).

Tento parametr se bez větších výkyvů s věkem nosnic snižuje. Bílky nejmladších nosnic v pokusu (46 týdnů) vykazují nevyšší hodnoty Haughových jednotek (77,22), naopak vejce nejstarších nosnic (74 týdnů) mají nejnižší hodnoty Haughových jednotek (65,12). Rozdíl mezi Haughovými jednotkami nejmladších a nejstarších nosnic v pokusu je 12,1. Prokazatelně vyšší hodnotu Haughových jednotek (+ 3,27) mají vejce od Lohmanna Brown v porovnání s Hisexem Brown.

Tabulka č. 8 obsahuje parametry týkající se kvality skořápky. Mezi jeden z parametrů kvality skořápky patří hmotnost skořápky. Hmotnost skořápky je průkazně ovlivněna jak věkem nosnice ($P = 0,0001$), tak i genotypem nosnice ($P = 0,0001$). Statisticky významná je i průkaznost interakce mezi věkem a genotypem nosnic ($P = 0,0001$). Z tabulky vyplývá, že s věkem se hmotnost skořápky s mírnými výkyvy zvyšuje. Hmotnost skořápky vejce od nejmladších nosnic ve věku 46 týdnů je 6,33 g a hmotnost skořápky vejce od nejstarších je 6,52 g, tedy signifikantně vyšší o 0,19 g. Z hlediska genotypu je hmotnost skořápky prokazatelně vyšší u Lohmanna Brown v porovnání s Hisexem Brown. Rozdíl mezi průměrnou hmotností skořápky obou genotypů je 0,2 g.

Dalším parametrem týkajícím se skořápky je podíl skořápky. Podíl skořápky je významně ovlivněn věkem nosnic ($P = 0,0014$), avšak není signifikantně ovlivněn genotypem ($P = 0,0521$). U toho parametru není shledána ani statisticky významná vzájemná interakce mezi věkem a genotypem nosnic ($P = 0,2143$). Podíl skořápky se zvyšujícím se věkem nosnic má kolísavý průběh. Z dat v tabulce nejde jednoznačně určit, zda se s věkem podíl skořápky zvyšuje nebo snižuje. Nejnižší podíl skořápky je nalezen u vajec nosnic ve věku 46 a 70 týdnů (9,79 %) a nejvyšší procento podílu skořápky mají vejce, která snesly nosnice ve věku 50 týdnů (10,15 %). Podíl skořápky je nesignifikantně vyšší pouze o 0,1 procentního bodu u Lohmanna Brown než u Hisexe Brown.

Následujícím parametrem je pevnost skořápky. Tento parametr je průkazně ovlivněn jak věkem nosnic ($P = 0,0010$), tak i genotypem nosnic ($P = 0,0005$). Statisticky významná je i interakce mezi věkem nosnic a genotypem nosnic ($P = 0,0020$). Data v tabulce ukazují, že pevnost skořápky se s věkem nosnic s mírnými výkyvy snižuje. Nejvyšší pevnost skořápky se nachází u nosnice ve věku 50 týdnů ($42,31 \text{ N/cm}^2$) a naopak nejnižší pevnost skořápky se objevuje u vajec od nosnic ve věku 74 týdnů ($35,43 \text{ N/cm}^2$). Z hlediska genotypu je zjištěna vyšší pevnost skořápky u Lohmanna Brown (+ $2,48 \text{ N/cm}^2$) v porovnání s Hisexem Brown.

Tabulka č. 8: Vybrané parametry kvality skořápky v závislosti na věku a genotypu nosnic

| | Parametr | | | | |
|---------------------|-----------------------|--------------------|--|------------------------|---------------------|
| | Hmotnost skořápky (g) | Podíl skořápky (%) | Pevnost skořápky (N.cm ⁻²) | Tloušťka skořápky (mm) | Barva skořápky (%) |
| Věk nosnic (týdnů): | | | | | |
| 46 | 6,33 ^{ab} | 9,79 ^b | 37,91 ^{ab} | 0,338 ^c | 31,34 ^a |
| 50 | 6,58 ^a | 10,15 ^a | 42,31 ^a | 0,354 ^{ab} | 31,25 ^a |
| 54 | 6,46 ^{ab} | 10,07 ^a | 38,86 ^{ab} | 0,347 ^{abc} | 30,63 ^{ab} |
| 58 | 6,27 ^b | 9,96 ^{ab} | 38,94 ^{ab} | 0,342 ^{bc} | 30,58 ^{ab} |
| 62 | 6,46 ^{ab} | 10,04 ^a | 38,06 ^{ab} | 0,359 ^a | 30,71 ^{ab} |
| 66 | 6,43 ^{ab} | 10,05 ^a | 38,32 ^{ab} | 0,347 ^{abc} | 29,29 ^b |
| 70 | 6,30 ^b | 9,79 ^b | 38,11 ^{ab} | 0,339 ^{bc} | 31,71 ^a |
| 74 | 6,52 ^{ab} | 9,94 ^{ab} | 35,43 ^b | 0,341 ^{bc} | 31,41 ^a |
| Genotyp nosnic: | | | | | |
| Hisex Brown | 6,32 ^b | 9,92 | 37,25 ^b | 0,341 ^b | 30,63 |
| Lohmann Brown | 6,52 ^a | 10,02 | 39,73 ^a | 0,350 ^a | 31,10 |
| Průkaznost | | | | | |
| V | 0,0001 | 0,0014 | 0,0010 | 0,0001 | 0,0123 |
| G | 0,0001 | 0,0521 | 0,0005 | 0,0001 | 0,1652 |
| V*G | 0,0001 | 0,2143 | 0,0020 | 0,0001 | 0,5025 |
| S.E.M. | | | | | |
| | 0,0191 | 0,0253 | 0,3645 | 0,0011 | 0,1680 |

S.E.M. – Standard Error of Mean – střední chyba průměru; V – věk; G – genotyp; V*G – interakce věk a genotyp

^{abc}Průměry parametru ve stejném sloupci označeny rozdílnými horními indexy se průkazně liší ($P \leq 0,05$).

Předposlední parametr týkající se kvality skořápky je tloušťka skořápky. Ta je průkazně ovlivněna věkem nosnic ($P = 0,0001$), genotypem nosnic ($P = 0,0001$) i vzájemnou interakcí mezi věkem a genotypem nosnic ($P = 0,0001$). Tloušťka skořápky se s věkem nosnic

nijak výrazně nemění. Je zaznamenáno jen mírné kolísání hodnot. Prokazatelně silnější skořápku (o 0,009 mm) vykazuje Lohmann Brown v porovnání s Hisexem Brown.

Posledním sledovaným parametrem kvality skořápky je barva skořápky. Barva skořápky je průkazně ovlivněna věkem nosnic ($P = 0,0123$), ale není průkazně ovlivněna genotypem nosnic ($P = 0,1652$). U barvy skořápky není shledána interakce mezi věkem a genotypem nosnic ($P = 0,5025$). Barva skořápky ve vztahu k věku nosnic má kolísavý průběh. Nejtmavší barva skořápky je zaznamenána u vajec nosnic ve věku 66 týdnů (29,29 %) a naopak nejsvětlejší skořápka je ve věku 74 týdnů (31,41 %). Z hlediska genotypu je barva skořápky nesignifikantně tmavší u Hisexe Brown (- 0,47 procentního bodu) v porovnání s barvou skořápky vajec Lohmanna Brown.

6 Diskuze

Technologická hodnota vajec je ovlivňována mnoha vlivy, kdy důležitými jsou např. věk nosnic a jejich genotyp.

Abdallah Abdalhag Mohamed (2015) zjistil, že věk nosnic Lohmanna Brown a Hisexe Brown významně ovlivnil kvalitu vajec. Vyšší hodnoty hmotnosti vajec se ukázaly ve druhé fázi snáškového cyklu (50 – 70 týdnů), která byla použita i u našeho pokusu (46 – 74 týden). Hmotnost vajec a hmotnost skořápky se zvyšovaly s věkem nosnic. Tyto výsledky jsou v souladu s pokusy mnoha autorů (např. Van den Brand et al., 2004; Rakib et al., 2016), kteří dokázali, že s věkem nosnic se zvyšuje nejen hmotnost vejce a hmotnost skořápky, ale také hmotnost žloutku a hmotnost bílku. Tyto poslední dvě vlastnosti ale v našem sledování nebyly prokázány. Hodnoty hmotnosti žloutku i hmotnosti bílku s věkem nosnic kolísaly a hmotnost žloutku navíc nebyla ani průkazně ovlivněna věkem nosnic. V našem sledování měla vejce v daných týdnech průměrnou hmotnost v rozmezí od 63,08 do 65,74 g a vejce odpovídají podle Nyseho et al. (2011) požadované optimální hodnotě hmotnosti vajec (53 – 73 g).

Věkem nosnic se všechny námi sledované indexy snižovaly. Věkem nosnic klesala hodnota indexu tvaru vejce, indexu žloutku i indexu bílku. Tyto výsledky jsou v souladu s pokusy autorů Bozkurta et Tekerliho (2009), Ahmaniho et Rahimiho (2011) a Rakiba et al. (2016). Navíc podle rozdělení Havlíčka et al. (2014) byla vejce kulatá (index tvaru vejce nad 76 %) a indexy tvaru žloutku vajec měly dle Nagyho et al. (2009) optimální hodnotu (od 32 do 58 %).

Procento podílu žloutku se podle Baumgartnera et al. (2007) s věkem nosnic zvyšovalo. V našem sledování však tyto hodnoty věkem kolísaly. Nejvyšší podíl žloutku byl zaznamenán u nosnic ve věku 58 týdnů, kdy byl podíl žloutku (29,4 %). Rakib et al. (2016) zjistil nejvyšší podíl žloutku u nosnic v podobném věku a to v 54 – 60 týdnech věku (28,12 %).

Podle pokusu Mitrovic et al. (2010) má věk nosnic vliv i na barvu žloutku. Tito autoři prokázali, že u slepic na začátku produkce vajec byla barva žloutku o něco světlejší než v pozdějším věku. Toto tvrzení však není v souladu s našimi výsledky. Byl sice prokázán signifikantní vliv věku na barvu žloutku, ale v průběhu snášky barva žloutku kolísala, což je shodné zjištění s výzkumem, který realizovali Chang-Ho et al. (2014).

Věk nosnic ovlivňuje i podíl bílku. Mitrovic et al. (2010) zjistili, že i procentuální podíl bílku se věkem nosnic Lohmanna Brown změnil. To se shoduje s výsledky našeho pokusu, ze kterých vyplývá, že podíl bílku věkem nosnic kolísá.

Podle Bozkurta et Tekerliho (2009) věk nosnic ovlivňuje i hodnotu Haughových jednotek. Prokázali, že u starších nosnic byly hodnoty Haughových jednotek nižší než u vajec mladších slepic, což je v souladu s našimi výsledky, kdy nejvyšší hodnota Haughových jednotek byla ve věku nosnic 46 týdnů (77,22) a naopak nejnižší hodnota se objevila v 74 týdnu nosnic (65,12). Podle rozdělení Krawczyka (2009) měla vejce i tak dobrou kvalitu (rozmezí 59 až 72).

Podle výsledků našeho pokusu měl věk vliv i na kvalitu skořápky. Hodnota podílu skořápky věkem nosnic kolísala, ale nedá se říci, zda hodnota klesá nebo spíše stoupá. I podle Mitrovic et al. (2010) byl podíl skořápky u starých i mladých slepic podobný.

Pevnost skořápky se v našem pokusu s věkem nosnic snižovala. To odpovídá i výsledkům autorů Chang-Ho et al. (2014), kteří uvedli, že během snáškového cyklu nosnic se pevnost skořápky postupně snižuje. S tímto tvrzením souhlasí i další autoři (např. Nagy et al., 2009; Rakib et al., 2016).

Podle pokusu Chang-Ho et al. (2014) se tloušťka skořápky během snáškového cyklu nosnice mnoho neměnila a věk nosnic na tloušťku skořápky nebyl průkazně ovlivněn. V našem pokusu se tloušťka skořápky také mnoho neměnila, ale i přesto se zde ukázal statisticky významný rozdíl. Nejslabší skořápka byla u vajec od nosnic ve věku 46 týdnů (0,338 mm) a nejsilnější byla u nosnic ve věku 62 týdnů (0,359 mm). To je v souladu s tvrzením Hejlové (2001), že optimální tloušťka skořápky kolísá cca od 0,30 do 0,42 mm.

Odabaşi et al. (2007) zjistili, že barva skořápky vajec se věkem nosnic mění. Mladší hnědovaječné nosnice snášejí vejce s tmavší skořápkou než starší nosnice, které mají skořápku světlejší. V našem pokusu byl sice zjištěn průkazný vliv věku na barvu skořápky, ale toto jejich zjištění neplatilo. Naše výsledky jsou shodné spíše s pokusem Chang-Ho et al. (2014), kteří uvedli, že barva skořápky v průběhu snáškového cyklu kolísá. Barva skořápky vajec nosnic v našem experimentu byla na začátku pokusu (31,34 %) téměř shodná s barvou skořápky na konci pokusu (31,41 %). Nejtmavší skořápka vajec byla dokonce zjištěna u nosnic ve věku 66 týdnů (29,29 %).

Téměř všechny vybrané parametry kvality vejce, žloutku, bílku i skořápky se průkazně lišily v genotypu nosnic. Neprůkazné rozdíly mezi Hisexem Brown a Lohmannem Brown se objevily pouze u tří parametrů a to u hmotnosti žloutku, podílu skořápky a v barvě skořápky.

Hmotnost vejce za celé pozorování byla u Hisexe Brown výrazně nižší (- 1,45 g) než u Lohmanna Brown. Tyto výsledky odpovídají i hodnotám dle příruček Hisex Brown (Anonym, 2014) a Lohmann Brown – Classis (Anonym, 2016), dle kterých je ve 2. fázi

snášky hmotnost vejce nosnic Lohmann Brown vyšší než vejce nosnic Hisex Brown. V 46. týdnu je rozdíl v hmotnosti vejce mezi oběma genotypy pouze 0,4 g ale v 74. týdnu věku nosnic již 2,9 g.

Výsledky z práce Abdallah Abdalhag Mohameda (2015) ukazují, že Hisex Brown vykazuje lepší výsledky v hmotnosti vajec, hmotnosti a podílu skořápky, hmotnosti žloutku, hmotnosti bílku a v hodnotě Haughových jednotek. Avšak tyto výsledky se neshodují s našimi výsledky. Ve výše uvedených parametrech nejsou zjištěny lepší výsledky u Hisexe Brown, ale u Lohmanna Brown. Naše výsledky se shodují jen s tvrzením z dané práce, že Lohmann Brown má vyšší hodnoty indexu žloutku než Hisex Brown.

Zita et al. (2009) také zkoumali kvalitu vajec u nosnic Hisex Brown. Dle jejich výsledků je hmotnost vejce nosnic ve věku 54 – 60 týdnů 64,12 g, což je 0,39 g více než v našem experimentu. Avšak nižší hodnoty oproti těm našim jim vyšly u indexu tvaru vejce (- 1,84 procentního bodu) a podílu žloutku (- 0,89 %). Právě u těchto 2 zmíněných parametrů měla dle našich výsledků vejce od Hisexe Brown vyšší hodnoty než vejce od nosnic Lohmann Brown. Navíc tato vejce měla tmavší jak barvu žloutku, tak skořápky než u Lohmanna Brown. I přesto z dat v pokusu vyplývá, že lepší výsledky mají vejce od nosnic Lohmanna Brown, než Hisexe Brown.

7 Závěr

Vejsce patří mezi základní složky potravy lidí, a to nejen pro jejich dostupnost, chutnost, ale i pro jejich vysokou nutriční hodnotu a snadné zpracování. Požadavky spotřebitelů na kvalitu vajec rostou, proto je důležité vědět, kterými faktory jsou vejce ovlivňována. Kvalita vajec je ovlivněna především vnitřními (např. užitkový typ, genotyp a věk nosnice) a vnějšími (např. výživa, teplota prostředí a systém ustájení) faktory. V diplomové práci byly sledovány dva důležité vnitřní faktory, vliv genotypu a věku.

U všech vybraných parametrů určujících kvalitu vejce, kromě hmotnosti žloutku, byl zjištěn průkazný vliv věku nosnic. S věkem nosnic Hisexe Brown a Lohmanna Brown se zvyšovala hmotnost vajec a hmotnost skořápky. Na konci snášky v 74. týdnech věku byla hmotnost vejce o 1,02 g a hmotnost skořápky o 0,19 g vyšší než na začátku sledování ve 46. týdnu věku. Naopak ke konci snášky nosnic se snižovaly hodnoty indexu tvaru vejce (- 1,75 procentního bodu), indexu žloutku (- 1,33 procentního bodu), indexu bílku (- 2,26 procentního bodu), Haughových jednotek (- 12,1) i pevnosti skořápky (- 2,48 N/cm²) v porovnání s hodnotami na začátku pokusu. Dále se prokázalo, že s věkem nosnic kolísaly hodnoty hmotnosti žloutku, podílu žloutku, barvy žloutku, hmotnosti bílku, podílu bílku, podílu, tloušťky a barvy skořápky. Hodnoty parametru žloutku (hmotnost žloutku, podíl žloutku a barva žloutku) byly nejlepší v 58. a 66. týdnu věku nosnic. V těchto termínech byly hodnoty hmotnosti a podílu bílku nejnižší. Parametry kvality skořápky (hmotnost, podíl, pevnost a tloušťka skořápky) byly nejlepší v 50. týdnu věku nosnic.

Signifikantně ovlivněny genotypem nebyly hmotnost žloutku, podíl žloutku, podíl a barva skořápky. Z výsledků je patrné, že lepší, kvalitnější vejce byla od slepic Lohmann Brown, které měly lepší téměř všechny hodnoty sledovaných parametrů. Hmotnost vejce byla u Hisexe Brown výrazně nižší (- 1,45 g) než u Lohmanna Brown. Hisex Brown měl vyšší hodnoty jen u indexu tvaru vejce (+ 1,01 procentního bodu) a podílu žloutku (+ 0,49 procentního bodu). Dále barva jak žloutku, tak skořápky byla u Hisexe Brown tmavší než u Lohmanna Brown.

Podle našich výsledků je pro produkci kvalitnějších vajec lepší chovat v obohacených klecích v daném podniku nosnice genotypu Lohmann Brown než Hisex Brown. Obecně platí, že se s věkem nosnic zhoršuje celková kvalita vajec, což se potvrdilo i v tomto sledování.

Byla potvrzena hypotéza. Lze konstatovat, že kvalita vajec je více ovlivněna věkem nosnic než genotypem nosnic.

8 Seznam použité literatury

Abdallah Abdalhag Mohamed, M. 2015. Physical Egg Characteristics of Hisex and Lohman Strains in Khartoum State (Doctoral dissertation, UOFK).

Ahmadi, F., Rahimi, F. 2011. Factors affecting quality and quantity of egg production in laying hens: a review. *World Appl Sci J.* 12 (3). 372-84.

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.

Anonym. Nařízení evropského parlamentu a rady (ES) č 853/2004 ze dne 29 dubna 2004, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu [online]. 2004. [cit. 2016-10-26]. Dostupné z < http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/predpisy-es-eu/Legislativa-EU_x2001-2005_narizeni-2004-853.html >.

Anonym. Integra. Neviditelní nepřátelé - salmonely - Nejčastější rizika kontaminace a doporučená opatření pro jejich snížení [online]. Integra Žabčice. 2007. [cit. 2017-02-08]. Dostupné z <<http://www.integrazabcice.cz/cs-cz/about-us/information/~~/media/A98995A0DF494793B98A2AD30CA10168.ashx>>.

Anonym. Nařízení Komise (ES) č. 889/2008 ze dne 5. září 2008, kterým se stanoví prováděcí pravidla k nařízení Rady (ES) č. 834/2007 o ekologické produkci a označování ekologických produktů, pokud jde o ekologickou produkci, označování a kontrolu [online]. 2008. [cit. 2017-03-01]. Dostupné z < http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/predpisy-es-eu/Legislativa-EU_x2006-2010_NarizeniEK-2008-889-EZ.html >

Anonym. Nosnice v obohacených klecích [online]. Agrico. 2010. [cit. 2016-09-15]. Dostupné z < <http://www.agrico.cz/uploads/soubory/nosnice-v-obohacenych-klecich.pdf> > 25 s.

Anonym. Hisex Brown. Product Guide - Cage production systems. [online]. ISA A Hendrix Genetics Company. 2014. [cit. 2017-03-07]. Dostupné z <http://www.hendrix-isa.com/~media/Files/ISA/ISA%20new/product%20information/Hisex/Commercials/Brown/hisex_brown_product_guide_cage_production_systems_vs1408a.pdf>

Anonym. Lohmann Brown – Classis Layers. Management Guide – Cage housing [online]. Lohmann Tierzucht. 2016. [cit. 2017-03-07]. Dostupné z <<http://www.ltz.de/de-wAssets/docs/management-guides/en/Cage/Brown/LTZ-Management-Guide-LB-Classic-EN.pdf>>

Arima, Y., Mather, F. B., Ahmad, M. M. 1976. Response of egg production and shell quality to increases in environmental temperature in two age groups of hens. Poultry Science. 55 (2). 818-820.

Aygun, A., Yetisir, R. 2010. The relationships among egg quality haracteristic of different hybrid layers to forced molting programs with and without feed withdrawal. Journal of Animal and Veterinary Advances. 9 (4). 710-715.

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

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.

Campo, J. L., Gil, M. G., Davila, S. G. 2007. Differences among white-, tinted-, and Brownem laying hens for incidence of eggs laid on the floor and for oviposition time. Archiv für Geflügelkunde. 71 (3). 105-109.

De Ketelaere, B., Bamelis, F., Kemps, B., Decuypere, E., De Baerdemaeker, J. 2004. Non-destructive measurements of the egg quality.

- De Reu, K., Grijspeerdt, K., Heyndrickx M., Uyttendaele, M., Debevere, J., Herman, L. 2006. Bacterial shell contamination in the egg handling chains of different housing systems for laying hens. *World's Poultry Science Journal*. 62. 562-563.
- 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.
- Dhawale, A., Nagpur, N. H. 2008. Abnormal eggs cause subnormal profits. *World Poult*. 24. 20-23.
- Dostálová, J. 1993. Světové tendence ve spotřebě a kvalitě vajec: (studijní zpráva). *Výživa a potraviny. Ústav zemědělských a potravinářských informací*. Praha. 40 s. ISSN: 08623562.
- 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., 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 Science*. 59 (8). 345-352.
- Filnerová, V. 2007. *Potravinářská revue – odborný časopis pro výživu, výrobu potravin a obchod*. Praha. č.1. 72-73s. ISBN: 1801-9102.
- Foley, S. L., Lynne, A. M., Nayak, R. 2008. *Salmonella* challenges: Prevalence in swine and poultry and potential pathogenicity of such isolates. *Journal of animal science*. 86 (14_suppl). E149-E162.
- Foley, S. L., Nayak, R., Hanning, I. B., Johnson, T. J., Han, J., Ricke, S. C. 2011. Population dynamics of *Salmonella enterica* serotypes in commercial egg and poultry production. *Applied and environmental mikrobiology*. 77 (13). 4273-4279.

- Görner, F., Valík, L., 2004. Aplikovaná mikrobiológia mikrobiol. Bratislava. 528 s. ISBN 80-967064-9-7.
- 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.
- 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. Garmond. Nitra. 222 s. ISBN: 9788089148707.
- Harder, M. N. C., Canniatti-Brazaca, S. G., Coelho, A. A. D., Savino, V. J. M., Franco, C. F. O. 2007. Cholesterol and iron availability in yolk of laying hens feed with annatto (*Bixa orellana*). *Animal*. 477-482.
- Hartmann, C., Johansson, K., Strandberg, E., Wilhelmson, M. 2000. One-generation divergent selection on large and small yolk proportions in a White Leghorn line. *British Poultry Science*, 41(3), 280-286.
- Havlíček, M., Nedomová, Š., Simeonovová, J., Severa, L., Křivánek, I. 2014. On the evaluation of chicken egg shape variability. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 56(5). 69-74.
- Hegelund, L., Sørensen, J. T., Hermansen, J. E. 2006. Welfare and productivity of laying hens in commercial organic egg production systems in Denmark. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*. 54 (2). 147-155.
- Hejlová, Š. 2001. Hygiena a technologie vajec a vaječných výrobků. RNDr. Ivan Straka. Újezd u Brna. 72 s. ISBN: 809027758-6.
- Hidalgo, A., Rossi, M., Clerici, F., Ratti, S. 2008. A market study on the quality characteristics of eggs from different housing systems. *Food Chemistry*, 106 (3). 1031–1038.

Holoubek, J., Hubený, M. Chov drůbeže z pohledu ekonomiky produkce, legislativních opatření, dopadů na životní prostředí a optimalizace výroby [online]. 2002. [cit. 2015 – 10 - 28]. Dostupné z < http://www.agris.cz/Content/files/main_files/74/152427/holoubek.pdf >.

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.

Chang-Ho, K., Song, J. H., Lee, J. C., Lee, K. W. 2014. Age-related changes in egg quality of hy-line Brown hens. International Journal of Poultry Science. 13 (9). 510-514.

Cherry, M. I., Gosler, A. G. 2010. Avian eggshell coloration: new perspectives on adaptive explanations. Biological Journal of the Linnean Society. 100 (4). 753-762.

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.

Joly, P., Alleno, C. 2001. Oviposition time with or without night lighting and its influence on egg quality. British poultry science. 42. 26-27.

Jurajda, V. 2001. Propedeutika chorob drůbeže. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. Brno. 174 s. ISBN: 80-7305-413-2.

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

Klecker, D., Zeman, L., Pokludová, M., Slavíčková, M. 2002. Porovnání jednotlivých technologických systémů v chovu slepic. In Sborník referátů. Konference - Technologické systémy v chovu drůbeže. Brno. 9 (10). 9 – 12.

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.

Kouba, M. 2003. Quality of organic animal products. *Livestock Production Science*. 80 (1). 33-40.

Krawczyk, J. 2009. Effect of layer age and egg production level on changes in quality traits of eggs from hens of conservation breeds and commercial hybrids. *Annales 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.

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

Ledvinka, Z., Tůmová, E., Štolc, L. 2008. Užítkovost 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.

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.

Mařík, M. Trh s vejci ovládají spotřebitelé. *Náš chov*. [online]. 2000. [cit. 2016-10-12]. Dostupné z <<http://naschov.cz/trh-s-vejci-ovladaji-spotrebitele>>.

Mertens, K., Bamelis, F., Kemps, B., Kamers, B., Verhoelst, E., De Ketelaere, B., Bain, M., Decuyper, E., De Baerdemaeker, J. 2006. Monitoring of eggshell breakage and eggshell strength in different production chains of consumption eggs. *Poultry Science*. 85 (9). 1670 – 1677.

Míková, K. 2003. Kvalita vajec z pohledu potravinářského průmyslu. In: Mezinárodní konference - Současnost a perspektivy chovu drůbeže. 2003. ČZU v Praze – Agronomická fakulta. Praha. 155 s. ISBN: 80-213-1037-5.

Mikulski, D., Jankowski, J., Naczmanski, J., Mikulska, M., Demes, V. 2012. Effects of dietary probiotic (*Pediococcus acidilactici*) supplementation on performance, nutrient digestibility, egg traits, egg yolk cholesterol, and fatty acid profile in laying hens. *Poultry Science*. 91 (10). 26991-2700.

Mine, Y. 2008. *Egg bioscience and biotechnology*. New Jersey. John Wiley & Sons. p 366. ISBN: 978-0-470-03998-4.

Minelli, G., Sirri, F., Folegatti, E., Meluzzi, A., Franchini, A. 2007. Egg quality traits of laying hens reared in organic and conventional systems. *Italian Journal of Animal Science*. 6 (sup1). 728-730.

Mitrovic, S., Pandurevic, T., Milic, V., Djekic, V., Djermanovic, V. 2010. Weight and egg quality correlation relationship on different age laying hens. *Journal of food Agriculture & Environment*. 8 (3-4). 580-583.

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.

Murakami, F. S., Rodrigues, P. O., Campos, C. M. T. D., Silva, M. A. S. 2007. Physicochemical study of CaCO₃ from egg shells. *Food Science and Technology (Campinas)*. 27 (3). 658-662.

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., Mařa, P., Marcinčák, S., Máté, D., Nagyová, A., Paulsen, P., Pipová, M., Popelka, P., Přidal, A., Purkartová, Z., Sojáková, D., Steinhäuser, L., Steinhäuserová, I., Suchý, P., Turek, P.,

- Vorlová, L., Voslářová, E. 2009. Hygiena masa hydiny, vajec a zveriny – 1. díl. Univerzita veterinárskeho lekárstva. Košice. 371 s. ISBN: 978-80-8077-179-9.
- Nedomová, Š., Simeonová, J. 2008. Jakostní parametry vajec. In: Poultry – Techagro. Možnosti zvyšování kvality vajec a drůbežího masa. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Brno. 56-59 s. ISBN: 978-80-7375-165-4.
- Nikolova, N., Pavlovski, Z., Milosevic, N., Wahner, M. 2008. Influence of heat stress and age on the percentage of calcium carbonate in eggshell and the percentage of broken and cracked eggs. Arch. Tierzucht. 51. 389-396.
- 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., 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.
- Odabaşı, A. Z., Miles, R. D., Balaban, M. O., Portier, K. M. 2007. Changes in brown eggshell color as the hen ages. Poultry science. 86 (2). 356-363.
- 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.
- Oloyo, R. A. 2003. Effect of age on total lipid and cholesterol of hen eggs. Indian Journal of Animal Sciences. 73 (1). 94-96.
- Pavlovski, Z., Hopic, S., Lukic, M. 2001. Housing systems for layers and egg quality. Biotehnologija u stocarstvu (Yugoslavia). 17 (5-6). 197-201.
- Přikryl, M., Kouřa, J., Hruboňová, Z., 2012. Chov nosnic pro produkci konzumních vajec: Technologické systémy uplatňující standardy pro ochranu nosnic. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. 68 s. ISBN: 978-80-213-2350-6.

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.

Roberts, J. R. 2004. Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hens. *The Journal of Poultry Science*. 41 (3). 161-177.

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

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

Singh, R., Cheng, K.M., Silversides, F. G., 2008. Production performance and egg quality of four strains of laying hens kept in conventional cages and floor pens. *Poultry Science*. 88 (2), 256-264.

Spada, F. P., Selani, M. M., Coelho, A. A. D., Savino, V. J. M., Rodella, A. A., Souza, M. C., Fischer, F.S., Lemes, D.E.A., Canniatti-Brazaca, S. G. 2016. Influence of natural and synthetic carotenoids on the color of egg yolk. *Scientia Agricola*. 73 (3). 234-242.

Steinhauserová, I., Simeonovová, J., Nápravníkov, 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.

- Suk, Y. O., Park, C. 2001. Effect of breed and age of hens on the yolk to albumen ratio in two different genetic stocks. *Poultry Science*. 80 (7). 855-858.
- 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). C1686-C1695.
- Tavčar, T. 2009. Cholesterol content in the eggs of Slovenian local breeds of hens. Graduation thesis. University of Ljubljana. Biotechnical Faculty. Zootechnical Department.
- 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.
- 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., Englmaierová, M., Ledvinka, Z., Charvátová, V. 2011. Interaction between housing system and genotype in relation to internal and external egg quality parameters. *Czech Journal of Animal Science*. 56 (11). 490-498.
- 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.
- Van den Brand, H., Parmentier, H. K., Kemp, B. 2004. Effects of housing systém (outdoor vs. cages) and age of laying hens on egg characteristics. *British Poultry Science*. 45 (6). 745-752.
- 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.
- Výmola, J. 1995. *Drůbež na fámách a v drobném chovu*. APROS. Praha. 560 s. ISBN 80-901100-4-5.

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.

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.

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 zkratek a symbolů

| | |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| Ca | - vápník |
| CaCO ₃ | - uhličitan vápenatý |
| Ca(IO ₃) ₂ | - jodičnan vápenatý |
| CO ₂ | - oxid uhličitý |
| CuSO ₄ .5H ₂ O | - pentahydrát síranu měďnatého |
| ČR | - Česká republika |
| O ₂ | - kyslík |
| FeSO ₄ . H ₂ O | - monohydrát síranu železnatého |
| HU | - Haughovy jednotky |
| KTJ | - kolonie tvořící jednotky |
| KS | - krmná směs |
| LB | - Lohmann Brown |
| LSL | - Lohmann selected Leghorn |
| mil. | - milion |
| MnO | - oxid manganatý |
| Na ₂ SeO ₃ | - seleničitan sodný |
| P | - fosfor |
| Na | - sodík |
| NL | - dusíkaté látky |
| SI | - index tvaru |
| TMA | - trimethylamin |
| ZnO | - oxid zinečnatý |