

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chovu hospodářských zvířat



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

**Vliv systému ustájení slepic nosného typu na kvalitu vajec
v závislosti na jejich věku**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Zdeněk Piskač, DiS.

Obor studia: Živočišná produkce

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

© 2020 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

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

V Praze dne 23.7.2020

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval na prvním místě svému vedoucímu práce doc. Ing. Lukášovi Zitovi, Ph. D. a konzultantovi Ing. Adamu Krausovi, za výstižné rady při zpracování diplomové práce, dále společnosti Mydlářka a.s. za možnost odběru vzorků vajec pro rozbory. A v neposlední řadě patří velké díky mé rodině za pevné nervy, které se mnou měli v průběhu celého studia.

Vliv systému ustájení slepice nosného typu na kvalitu vajec v závislosti na jejich věku

Souhrn

Kvalita vajec, která jsou nabízena spotřebiteli, je velice proměnlivá a závisí na řadě faktorů, jako je plemeno, věk nosnic, výživa nosnic, původ vajec, manipulace s vejci, způsob skladování vajec a stáří vajec. Cílem diplomové práce bylo zhodnotit kvalitu vajec slepice nosného typu ustájených v obohaceném klecovém systému a voliérách v závislosti na jejich věku. Do pozorování byly zařazeny nosnice Bovans brown ve věku od 20 do 68 týdnů věku. Vejce pro analýzy byla sbírána v 28denních intervalech. Celkem bylo vyhodnoceno 1560 kusů vajec z každé technologie ustájení. U voliérového ustájení byla zjištěna v porovnání s obohacenými klecemi průkazně vyšší hmotnost vajec (o 1,07 g), podíl skořápky (o 0,29 procentního bodu), tloušťka skořápky (o 0,005 mm) a barva skořápky (o 2,3 procentních bodů). Nižší hodnoty byly průkazné u indexu žloutku (o 0,52 procentního bodu), barvy žloutku (o 0,48) a Haughových jednotek (o 0,97). Průkazně nejvyšší hmotnost vajec byla zjištěna ve věku 44 týdnů (67,00 g) a ve věku 32 týdnů (66,76 g). Statisticky významně nejvyšší index tvaru byl u vajec od nosnic na začátku snášky ve 28 týdnu (78,75 %) a 32 týdnu (78,56 %) věku. Nejvyšší procentuální podíl skořápky měla vejce ve věku 52 týdnů (10,60 %). V tomto věku byla zjištěna i průkazně nejvyšší pevnost skořápky (46,59 N.cm⁻²) a tloušťka skořápky (0,377 mm). Vejce s nejvyšší hodnotou barvy skořápky, nejsvětlejší, byla od nosnic ve věku 52 týdnů (36,42) a 60 týdnů (33,21). Průkazně nejvyšší podíl žloutku měla vejce od nosnic ve věku 68 týdnů (27,78 %). Signifikantně nejvyšší hodnota indexu žloutku byla u vajec od nosnic ve věku 20 týdnů (48,79 %). Hodnota barvy žloutku byla průkazně nejvyšší u vajec od nosnic ve věku 48 týdnů (12,55). Ve věku 20 týdnů měla vejce průkazně nejvyšší podíl bílku (67,93 %) a index bílku (15,21 %). Podíl žloutek/bílek byl zjištěn průkazně nejnižší na konci snášky ve věku 68 týdnů (0,45). Hypotéza, že technologická hodnota vajec není ovlivněna systémem ustájení slepice nosného typu a věkem nosnic, se nepotvrdila.

Klíčová slova: nosnice; věk; obohacené klece; voliéra; kvalita vajec

The effect of housing system of laying hens and their age on egg quality

Summary

The quality of eggs that are offered to the consumers is very changeable and depends on many factors, such as breed, age, feeding system, origin of eggs, handling of eggs, way of egg storage and age of eggs. The aim of the diploma thesis was to assess the quality of eggs of laying type hens housed in enriched battery and aviary systems depending on their age. Laying hens that were included in the observation, were Bovans brown in the age from 20 to 68 weeks. The eggs for the analysis were collected in 28-day intervals. In total, 1560 eggs from each housing system were assessed. There was evidently higher weight of eggs (by 1.07 g), eggshell proportion (by 0.29 percentage points), eggshell thickness (by 0.005 mm) and eggshell colour (by 2.3 percentage points) in the aviary system in comparison with enriched battery system. Significantly lower values were in yolk index (by 0.52 percentage points), yolk colour (by 0.48) and Haugh units (by 0.97). The significantly highest weight of eggs was found at the age of 44 weeks (67.00 g) and at the age of 32 weeks (66.76 g). The statistically highest egg shape index had eggs at the beginning of laying in the 28th week (78.75%) and in the 32nd week (78.56 %) of age of laying hens. The highest eggshell proportion (10.60%) had eggs from laying hens at the age of 52 weeks. At this age there was also found the highest eggshell strength (46.59 N.cm⁻²) and eggshell thickness (0.377 mm). The eggs with the most valuable colour of eggshell, the lightest, were from the laying hens at the age of 52 weeks (36.42%) and 60 weeks (33.21%). Significantly the highest yolk proportion was in eggs from laying hens at the age of 68 weeks (27.78%). Significantly the highest level of yolk index was in eggs from the laying hens at the age of 20 weeks (48.79%). The value of yolk colour was the highest in eggs from the laying hens at the age of 48 weeks (12.55). At the age of 20 weeks, the eggs had the highest albumen proportion (67.93%) and albumen index (15.21%). The yolk/albumen ratio was found out to be the lowest at the end of a laying period, at the age of 68 weeks (0.45). The hypothesis that technological value of eggs is not influenced by the housing system of laying type hens and by the age of the laying hens was not confirmed.

Keywords: laying hen, age, enriched battery system, aviary system, quality of eggs

Obsah

1 Úvod	7
2 Vědecká hypotéza a cíle práce	8
3 Literární rešerše	9
3.1 Systémy ustájení slepic nosného typu Chyba! Záložka není definována.	
3.1.1 Klecové systémy	10
3.1.1 Alternativní systémy	9
3.2 Složení vajec	11
3.2.1 Vaječný žloutek	11
3.2.2 Vaječný bílek	13
3.2.3 Vaječná skořápka.....	14
3.3 Vybrané charakteristiky vajec a faktory je ovlivňující	15
3.3.1 Vnější kvalita vajec.....	15
3.3.2 Vnitřní kvalita vajec	19
4 Metodika	22
4.1 Charakteristika podniku	22
4.2 Popis genotypu a použitých technologií	22
4.2.1 Charakteristika genotypu Bovans Brown	22
4.2.2 Technologie ustájení	23
4.3 Laboratorní analýzy	24
4.4 Statistické vyhodnocení	26
5 Výsledky	27
6 Diskuze	33
7 Závěr	36
8 Literatura	37
10 Samostatné přílohy	I

1 Úvod

Vejsce jsou považována za multifunkční a celosvětovou potravinu. Z hlediska výživy, jsou vejce téměř kompletní potravina. Obsahují všechny důležité živiny, které jsou potřebné pro vývoj člověka a také pro výživu v pozdějších fázích života (Lannotti et al. 2014). Vejce jsou dále pro lidskou spotřebu vysoce chutná, levná a běžně dostupná potravina po celém světě. Ve snaze vyhovět spotřebitelské poptávce začali výrobci uvádět na trh vejce, která pocházejí od slepic chovaných v alternativních produkčních systémech (Lordelo et al. 2017).

Mezi největší producenty vajec ve světě patří Čína, Rusko a USA. V rámci Evropské unie členské státy EU-28 v roce 2017 vyprodukovaly 6 757 000 tun vajec. Sedm předních zemí (Francie, Německo, Itálie, Španělsko, Velká Británie, Nizozemsko a Polsko) produkuje více než 5 000 000 tun vajec. V těchto sedmi zemích je vyprodukováno 70 % produkce vajec v EU.

Nosnice v EU jsou chovány v celé řadě systémů ustájení. Země východní a jižní Evropy mají převážně obohacené klecové systémy pro nosnice. Více než 80 % slepic je chováno v obohacených klecích ve Španělsku, Polsku, Portugalsku, České republice, Řecku, Slovensku, na Maltě a v pobaltských státech. Země s méně než 20 % nosnic v obohacených klecích jsou Německo, Nizozemsko, Rakousko a Švédsko. Data také ukazují rozdíly v systémech halových a volného výběhu Francie, Velká Británie a Irsko mají jako alternativní systém převážně volný výběh a okrajově mají halové systémy. V mnoha zemích bude trend pro příští roky dalším krokem k alternativním systémům. Tento trend povedou velcí obchodníci, protože mnoho supermarketů již oznámilo posun směrem k systémům bez klecí do roku 2022 nebo 2025 (van Horne 2019).

V České republice je produkce vajec složena z produkce zemědělského sektoru a domácností. V roce 2019 bylo chováno v zemědělském sektoru průměrně 5 259 592 slepic, které vyprodukovaly 1 608 924 tis. kusů vajec. V domácnostech byl v roce 2019 průměrný stav 4 181 003 kusů, jejichž produkce byla 752 581 tis. kusů (ČSÚ 2020).

Křivka spotřeby vajec mezi roky 2010–2018 vykazuje kolísavý tvar, od roku 2016 má zvyšující potenciál, mezi roky 2017 a 2018 se spotřeba vajec zvýšila o 9 kusů (+3,5 %) na 263 kusů vajec. Do celkové spotřeby vajec jsou zahrnuta skořápková (slepičí) vejce, melanz, sušená vejce a vejce použitá na výrobu majonézy (ČSÚ 2020).

Cena zemědělských výrobců vajec se v roce 2018 meziročně snížila o 9,7 % na 1,86 Kč/ks. Spotřebitelská cena se naopak zvýšila o 5,8 % na 3,84 Kč/ks.

Složení a kvalita vajec je ovlivněna výživou, věkem nosnic, zdravotním stavem nosnic a systémem ustájení. Energetická hodnota vejce záleží na jeho velikosti. Průměrné vejce (60 gramů, hmotnostní skupina M) má energetickou hodnotu okolo 330 kilojoulů, což představuje pouze 78 kalorií.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Hypotézou je, že kvalita vajec, resp. technologická hodnota vajec nebude ovlivněna systémem ustájení slepic nosného typu a věkem nosnic.

Cílem diplomové práce bude zhodnotit kvalitu vajec slepic nosného typu ustájených v obohaceném klecovém systému a voliérách, v závislosti na jejich věku.

3 Literární rešerše

3.1 Systémy ustájení slepic nosného typu

3.1.1 Klecové systémy obohacené

Chov nosnic v klecích je nejvýhodnější systém ustájení. Tento systém má mnoho předností např. vysoká výroba vajec z m² podlahové plochy, vysoká produktivita práce, lepší zdravotní stav slepic, vyšší hmotnost vajec. Naopak nedostatkem je vyšší výskyt vajec s porušenou skořápkou. Produkovaná vejce v klecových systémech jsou v malém počtu znečištěná s malou bakteriální kontaminací skořápky. Další výhodou je nemožnost příjmu trusu s rezidui metabolismu výměny látkové a denně jsou všechna vejce sebrána, v důsledku, že slepice nemají možnost nikam zanášet, tím je zaručena standardní úroveň kvality vajec. Nejnižší výrobní náklady na jedno vejce v porovnání s ostatními systémy je důsledkem vysokého stupně automatizace, hustoty osazení haly, dobrého využití krmiva bez výkyvů ve snáše a nízkého úhynu. Nejvyšší rentabilita výroby je ovlivněna skutečností, že prodejní cena vajec je stejná, navíc s vysokým počtem vajec A (Košář et al. 2004).

Klein et al. (2013) udávají, že od 1. ledna 2012 musí být klece pro nosnice „upraveny“, jak je stanoveno v evropské směrnici 1999/74/ES, aby bylo možné lépe vyjádřit přirozené chování zvířete. „Konvenční“ klece (550 cm² na slepici) byly nahrazeny klecemi s větší plochou (750 cm² na slepici).

Obohacené klece umožňují slepicím projevit plný repertoár přirozeného chování a zajišťují vysokou užitkovost, kvalitu a bezpečnost produkce vajec. Pohybové aktivity slepic jsou v obohacených klecích mírně omezené, ale slepice dosahují vyššího stupně potravního chování oproti podlahovým systémům (Tůmová 2018a).

Blokhuis et al. (2007) uvádějí, že podle velikosti se rozdělují klece, dle kapacity jedné baterie na malé (10-15 nosnic), střední (15-30 nosnic) a velké typy klecí (30-60 nosnic). Produkční parametry celkově dokázaly, že produkce v systémech obohacených klecích se vyznačuje lepšími výsledky (vyšší produkce vajec, nižší konverze krmiva). Parametry kvality vajec (jako jsou nakřáplá a špinavá vejce) jsou ovlivněna mnoha parametry konstrukce klecí a těmto problémům lze předcházet při dobrém designu klecí.

3.1.2 Alternativní systémy

Výběr vajec v minulosti býval určován pouze dle hmotnosti, resp. velikostí. Postupně se, ale začal zvyšovat zájem o dražší vejce, s původem z volného výběhu. Spotřebitelé vnímají tato vejce jako tradiční, protože slepice mají přístup do výběhu s pestřejší potravou (Gałązka-czarnecka et al. 2019).

Tyto chovy sice umožňují přirozený repertoár chování, ale stresová zátěž slepic je větší než v obohacených klecích. Je to zejména sociální stres, protože nosnice jsou chovány ve velkých skupinách, což je pro ně nepřirozené. Tento stav může způsobit sociální stres, který vede ke vyšší agresivitě a kanibalismu (Tůmová 2018a). Jak uvádí Petermann (2003) chov nosnic v alternativních systémech přináší vyšší úhyn nosnic.

3.1.2.1 Voliérový systém

Příkryl et al. (2012) uvádějí, že chov nosnic ve voliérovém systému představuje kombinaci dvou systémů, obohaceného klecového otevřeného do prostoru haly a podlahového. Oproti podlahovým systémům umožňuje podstatně zvýšit hustotu osazení haly až na 17,4 nosnic na 1 m² užitné podlahové plochy haly. Jedná se o vícepodlažní konstrukce bez dělicích přepážek a dvířek. I když vyhláška č. 208/2004 Sb. umožňuje až 4 podlažní voliérové konstrukce, vyrábějí se a dodávají se 2 až 3 podlažní. V uličkách mezi řadami konstrukcí a většinou i pod nimi je nastlána podestýlka sestávající z pilin, popř. pilin s pískem, hoblin nebo krátce řezané slámy, sloužící nosnicím ke hrabání, popelení a klovaní. Na jednu nosnici musí připadat nejméně 0,25 m² plochy se stelivem, přičemž stelivo musí zabírat nejméně 1/3 podlahové plochy haly.

Tůmová (2018a) uvádí, že voliérynebo také aviaryjsou z podlahových chovů nejvhodnější, umožňují nosnicím lepší welfare zejména v oblasti sociálního chování a vyšší koncentraci zvířat.

3.1.2.2 Podlahový systém

Ustájení v podlahovém systému chovu nosnic pro produkci konzumních vajec je řešeno na podestýlce kombinované s rošty. Na zaroštovaných plochách jsou umístěna skupinová snášková hnízda, krmítka, napáječky a hřady. Nosnice jsou chovány ve velkých skupinách v bezokenních halách, ve kterých zaujímá minimálně jednu třetinu podestýlka sestávající z pilin, popř. pilin s pískem, hoblin, krátce řezané slámy apod. Na 1 m² podlahové plochy připadá max. 9 nosnic (Příkryl et al. 2012).

3.1.2.3 Výběhový systém

Košar et al. (2004) konstatují, že tyto systémy umožňují slepicím přístup mimo halu a slepice může projevit celý repertoár chování. Haly poskytují slepicím úkryt a jsou v nich umístěna krmítka, napáječky a snášková hnízda. Výběh by měl být vybavený úkryty a ochranou proti slunci, nemělo by v něm docházet k přenosu parazitů. Výběh musí být oplocen, tak aby chránil slepice před predátory. Z alternativních systémů jsou výběhové chovy nejnáročnější. Oproti ostatním systémům zde jsou horší hygienické podmínky, Vyšší spotřeba krmiva, nízká snáška a vysoké investiční náklady. Osazení haly smí být max. 7 ks/m² podlahové plochy. Produkovaná vejce jsou se zvýšeným obsahem těžkých kovů, které ulpěly na povrchu rostlin ve výběhu a slepice je konzumují. Zdravotní stav a pohoda nosnic je zhoršená v důsledku zvýšeného stresu z neustálého obnovování sociálních vztahů, podobně jako u systémů chovu na podestýlce a ve voliérách. Vlivem intenzivního slunečního osvětlení se u tohoto systému ještě zvyšuje riziko výskytu kanibalismu. Výběhy se nedají lehce čistit a dezinfikovat, a dále hrozí vyšší riziko výskytu infekčních a parazitárních nemocí přes exkrementy volně žijících ptáků.

Pastevní porost je zdrojem nejen travin, jetelovin a různých bylin, ale i hmyzu. Hmyz je bohatý na bílkoviny, vitaminy, minerální látky a nenasycené mastné kyseliny. Mimoto hmyz obsahuje antimikrobiální peptidy, které vykazují aktivitu proti bakteriím, houbám a některým parazitům a virům. Příjem pastevního porostu slepicemi zvyšuje obsah vitaminů,

karotenoidů a omega-3 mastných kyselin ve vejcích. Vejce slepic, které mají přístup do pastevního výběhu, vykazují významně vyšší hodnoty koncentrací luteinu, zeaxantinu, β -karotenu a α -tokoferolu (Englmaierová & Skřivan 2018).

Jedna ze specifických možností výběhových chovů je tzv. „wintergarden“ sloužící jako omezený výběh navazující na halu, který je krytý. Tento způsob poskytuje lepší podmínky pro slepice v porovnání s klasickým výběhovým systémem (Tauson 2005).

Van den Brand et al. (2004) se zabývali barvou žloutku, a zjistili, že na žloutkovou barvu měl pozitivní vliv výběhový systém, ve kterém nosnice produkují tmavší barvu žloutku oproti ostatním systémům.

3.1.2.4 Ekologický chov

Minelli et al. (2007) uvádějí, že v ekologickém chovu jsou nosnice chovány podle nařízení Rady (ES) 834/2007. Podle tohoto nařízení jsou stanoveny následující podmínky chovu, kdy nosnice jsou chovány v hale o maximální hustotě 6 slepic na m²podlahové plochy, dále musí mít přístup k venkovním výběhům, ve kterých je stanovena minimální plocha 4 m² na nosnici. Další podmínkou ekologického chovu je 3 000 ks nosnic na jednom hospodářství. Krmivo použité v ekologickém chovu musí být složeno pouze z ekologických surovin, dále nesmí obsahovat syntetické doplňky, jako jsou aminokyseliny, růstové stimulanty, antioxidanty a vitaminy. Ekologický chov vznikl s přihlédnutím k požadavkům spotřebitele na živočišné produkty s vysokými standardy kvality. Dále byl přijat jako nový produkční systém chovu nosnic s cílem zajistit lepší životní podmínky nosnic, vyšší bezpečnost potravin a zároveň snížit negativní dopad farem na životní prostředí.

3.2 Složení vajec

Celé vejce se skládá zhruba z 59 % bílku, 31 % žloutku a zbylých 10 % připadá na skořápku. Pokud jde o požitelnou část, vejce obsahuje 74,7 % vody a z hlavních živin 12,3 % proteinů a 11,6 % lipidů. Jsou přítomny všechny vitaminy (kromě vitamínu C) stejně jako mnoho minerálních látek a stopových prvků. V zásadě lze vejce považovat za nízký zdroj energie (148 kcal na 100 g), který ovšem vyhovuje nutričním potřebám lidí kvůli vysokému obsahu aminokyselin lysinu a siřných aminokyselin. Vejce je také zdrojem snadno stravitelných tuků, fosfolipidů bohatých na cholin a kefalín, nenasycených mastných kyselin a cholesterolu. Je také důležitým zdrojem fosforu, síry a mnoha vitaminů (Nys & Guyot 2011).

3.2.1 Vaječný žloutek

U dospělých slepic je hmotnost žloutku mezi 15-20 g. Jeho tvar je zploštělá koule a její průměr činí 30-40 mm. Žloutkovou hmotu obklopuje zdvojená vitelinní membrána (žloutková blána). Vnitřní struktura je více patrná u sytě zbarveného žloutku. Struktura žloutkové hmoty je dána střídajícími se vrstvami tmavého a světlého žloutku. Ze žloutkové koule ústí na povrch žloutku tzv. latebra, která je tvořena světlým žloutkem. Na povrch žloutku míří rozšířeným koncem a těsně pod vitelinní membránou tvoří zárodečný terčík (Václavovský et al. 2000).

Matoušek et al. (2013) konstatují, že vaječný žloutek představuje asi 30 % celkové hmotnosti vejce a obsahuje více než 50 % sušiny. Plazma a granule tvoří dvě fáze struktury žloutku. V plazmě jsou obsaženy hlavně lipidy (cca 75% sušiny), zbylou část tvoří proteiny. V granulích je poměr opačný, převážnou část tvoří proteiny (cca 64 % sušiny) a na lipidy zbývá cca 34 % sušiny (Kadlec et al. 2008). Nys& Guyot (2011) uvádějí, že 100 g žloutku dodává 16 g proteinů a více než dvojnásobek lipidů. Všechny lipidy jsou navázány na proteiny za vzniku lipoproteinů. Lipidy představují asi 34 % čerstvého žloutku a asi 65 % jeho sušiny. Lipidy jsou zastoupeny ze 65 % triglyceridy, Vaječné lipoproteiny se produkují v játrech a poté se transportují do vaječníků ve formě vitello a tipoproteinů o nízké hustotě. Tyto prekurzory jsou přenášeny endocytózou po jejich vazbě na receptory. Po jejich vazbě na receptory specifické pro oocyty, aniž by došlo k jejich modifikaci. Proto není možné změnit obsah lipidů ve vaječném žloutku úpravou obsahu lipidů v krmivu. Ačkoli jsou slepice klasicky krmeny pšenicí, kukuřicí a sójou, vejce mají nízkou hladinu nasycených masných kyselin. Ve srovnání s jinými lipidy obsahují vaječné lipidy velké množství nenasycených masných kyselin.

Co se týče proteinů obsažených ve žloutku, tak je zde obsah volných globulárních proteinů, jako jsou livetiny, fosvitiny a také některé menší proteiny. Livetiny jsou tvořeny albuminy (α -livetin), glykoproteiny (β -livetin) a imunoglobuliny (γ -livetin) (Jolivet et al. 2008). Mann & Mann (2008) uvádějí, že žloutek obsahuje i některé menší proteiny, které představují asi 2 % bílkovin vaječného žloutku, ale vyznačují se velkou rozmanitostí.

Yamamoto et al. (1997) konstatují, že žloutek obsahuje od 0,7 % do 1 % sacharidů, včetně 0,3 % volné glukózy. Ostatní sacharidy jsou vázány na proteiny (glykoproteiny) nebo lipidy (glykolipidy).

Nys& Guyot (2011) uvádějí, že z minerálních látek je nejvyšší obsah fosforu, asi 60 % fosforu je vázáno ve fosfolipidech. obsahuje dále většinu železa ve vejci, a dále řadu stopových prvků. Obsah sodíku je ve vaječném žloutku ve srovnání s bílkem velmi nízký. Vaječný žloutek obsahuje všechny vitamíny rozpustné v tucích z celého vejce, má také vysoké hladiny ve vodě rozpustných vitaminů ve srovnání s vaječným bílkem, s výjimkou niacinu a riboflavinu.

Barva vaječného žloutku je způsobena karotenoidy akumulovanými ve vejci. slepice nemá schopnost syntetizovat karotenoidy. Proto všechny karotenoidy vložené do vajec pocházejí z karotenoidů přijímaných v krmivu slepic. Slepice ukládá přednostně xantofyly (karotenoidy s hydroxylovou skupinou) ve svém tělesném tuku a ve lipidech vaječného žloutku. Barva, intenzita, odstín a homogenita vaječného žloutku se přímo liší podle výběru surovin v krmivu slepic nebo při doplňování zdroji s vysokým obsahem karotenoidů. Žloutkovou barvu pečlivě kontrolují producenti vajec, protože silně ovlivňuje vnímání spotřebitelů. přijatelnost produktu a jeho vhodnost silně závisí na jeho vzhledu. jedná se o barvu žloutku, který je vnímán jako jedno z prioritních kritérií kvality vajec. Preference pro danou intenzitu žluté se liší v závislosti na geografických oblastech, na zvyklostech spotřebitelů, které se ale v čase mění, s tendencí k zesílení požadované barvy (Nys & Guyot 2011).

Dle Nedomové & Simeonovové (2010) se hodnota pH žloutku pohybuje mezi 5,89 - 6,32 a zvyšuje se během skladování. Rychlost změn pH jsou ovlivněny podmínkami

skladování, zvláště pak teplotou. pH žloutku je významně ovlivněno věkem nosnice (Marzec et al. 2019).

3.2.2 Vaječný bílek

Vaječný bílek se skládá z vody, bílkovin a některých minerálních látek a vitamínů. Obsahuje také volnou glukózu (0,4-0,9 %) v koncentraci dvakrát vyšší než v krevní plazmě. Voda je hlavní složkou vaječného bílku, její obsah v této části představuje 84 až 89 % (Nys& Guyot 2011).

Proteiny představují asi 90 % sušiny vaječného bílku, který je složen převážně z globulárních glykoproteinů. Šest z nich představují asi 86 % celkových bílkovin v bílku. Jedna z analýz odhalila, že ve vaječném bílku se nachází celkem 148 proteinů (Mann 2007). Rehault et al. (2007) uvádějí, že některé z hlavních proteinů bílku jsou charakterizovány na biochemické a funkční úrovni. Popis jejich biologických aktivit byl mnohokrát přezkoumán. Tyto proteiny jsou zvláště pozoruhodné díky svým antimikrobiálním vlastnostem, které pokrývají široké spektrum aktivit. Představují přirozenou obranu vejce, které postrádá imunitní buňky. Tyto molekuly proteinů uplatňují svoji antimikrobiální aktivitu.

Li-Chan& Kim (2008) udávají, že bílek obsahuje 0,8 % sacharidů a asi polovina se vyskytuje ve volné formě, hlavně glukózy, která zaujímá z volné formy 98 %. Druhá polovina sacharidů je zastoupena monosacharidy, N-acetylovými aminosacharidy, uronovými kyselinami a sialovou kyselinou. Glyciny jsou vázány na proteiny N-glykosidickou vazbou mezi glycinem a amidovou skupinou asparaginu (ovalbumin, ovotransferin, ovomucoid a avidin) nebo glykosidickou vazbou mezi glycinem a hydroxylovou skupinou alkoholu na serinu nebo threoninu (β ovomucin). Gelová struktura vaječného bílku je spojena s relativními vlastnostmi mezi α a β ovomuciny, které se liší zejména svým obsahem sacharidů.

Nys& Guyot (2011) uvádějí, že vaječný bílek obsahuje všechny minerální látky nezbytné pro vývoj embrya. Tato pozoruhodná rozmanitost je výhodná ve výživě lidí, protože vejce pokrývá významnou část každodenní potřeby lidí, zejména pokud jde o fosfor, draslík a některé stopové prvky (jód, selen). Ve vejce je však nízký obsah sodíku a vápníku. Vzhledem ke svému minerálnímu složení je vaječný bílek spíše intracelulární tekutina nežli extracelulární. Zatímco obsah stopových látek se může lišit v závislosti na krmení nosnic, obsah makroprvků je stabilní. Narozdíl od obsahu sodíku a draslíku, které jsou stabilní v různých částech bílku., je obsah dvojmocných kationtů (Ca_{2+} a Mg_{2+}) spojených částečně s proteiny, zejména s ovomucinem, přibližně dvakrát vyšší v hustém bílku než v řídkém bílku. Bílek obsahuje nízké hladiny vitamínů, kromě toho neobsahuje žádné vitaminy rozpustné v tucích, ale pouze vitaminy rozpustné ve vodě, a to hlavně skupiny B.

Simeonovová et al. (1999) zjistili, že pH bílku je mezi 7,6 – 8,5. Hodnota pH však se může zvyšovat až na 9,7, uvolněním CO_2 rozpuštěného v bílku, během stárnutí vejce.

pH bílku je ovlivněno nejvíce dobou skladování a je spolehlivým prediktorem kvality a čerstvosti vajec (Silversides&Scott 2001). V průběhu stárnutí vejce, ztrácí vodu a oxid uhličitý, což vede ke zvýšení pH bílku. pH bílku se může snižovat s věkem nosnice (Lapao et al. 1999).

3.2.3 Vaječná skořápka

Význam skořápky souvisí s její funkcí odolávat fyzikálním a patogenním vlivům z vnějšího prostředí, další její funkcí je zárodečná respirační složka, kromě toho poskytuje zdroj živin pro vývoj embrya, především vápníku (Hunton 2005).

Skořápka nefunguje pouze jako fyzikální bariéra, ale skořápka a podskořápečné blány mají funkci chemické bariéry, chemickou ochranu představují antibakteriální bílkoviny, které byly zjištěny převážně v bílku, se skořápkou a podskořápečnými blanami jsou také rovněž spojovány (Gantois et al. 2009).

Dle Tůmové (2018b) je vaječná skořápka velmi specifická struktura, která je tvořena několika vrstvami s významnou biologickou funkcí. Hlavní funkcí je ochrana vnitřního obsahu. Představuje jak mechanickou, tak i chemickou ochranu především proti kontaminaci hned po snesení. Stavba a struktura skořápky jsou ovlivněny řadou faktorů, ke kterým z nejznámějších patří věk nosnice, minerální výživa a genotyp. Současné poznatky ukazují, že i systém ustájení má vliv na strukturu skořápky, a tedy i její funkční vlastnosti.

Vaječná skořápka je tvořena třemi základními vrstvami, a to podskořápečnými blanami, vlastní skořápkou a kutikulou na povrchu. Podskořápečné blány jsou dvě, vnitřní a vnější a zajišťují mechanickou ochranu vejce. Vnitřní podskořápečná blána se tvoří na bílku a vytváří velmi hustou bílkovinnou síť z tenkých vláken, která má především zabránit pronikání mikroorganismů do bílku. Vnější podskořápečná blána má řidší síť ze silnějších vláken, je pevná a zajišťuje mechanickou ochranu bílku a žloutku. Také vlastní skořápka je tvořena dvěma vrstvami, vnitřní (mamilární) a vnější (spongiózní, houbovitá) (Tůmová 2018b).

Ptačí skořápka je vysoce uspořádaná mineralizovaná struktura, která vzniká postupným nanášením krystalů v tekutině vylučované distálním vejcovodem. Růst kulovitých krystalů kalcitu začíná na organických strukturách na povrchu vaječných membrán. Radiální růst dalších krystalů vede k vytvoření kompaktního sloupcovitého biominerálu (Tupý & Huml 2018).

Skořápka obsahuje 1,6 % vody, 3,3-3,5 % organických látek, ty jsou uloženy v membráně vaječné skořápky, a 95 % anorganických minerálních látek. Z minerálních látek je obsažen hlavně uhličitán vápenatý (94% skořápky, 98,4 % z minerálních látek). Množství vápníku ve skořápce je 37,5 % (2,3 g). Fosfor je uložen v horní vrstvě skořápky a v kutikule. Dále obsahuje malé množství ostatních minerálních látek a stopových prvků (hořčík, mangan, měď, zinek). Je známo, že mangan (7 mg/kg) zajišťuje mechanickou pevnost skořápky (Nys & Guyot 2011).

Vláknitý materiál membrány vaječné skořápky byl zpočátku identifikován jako ovokeratin, ale složení aminokyselin a použití specifických protilátek tuto hypotézu nepotvrdily. Identifikace desmosinu a isodesmosinu naznačovala přítomnost elastinu, ale to nesouhlasilo s nízkým obsahem glycinu (Chowdhury 1990). Nakonec byl identifikován kolagen kvůli přítomnosti hydroxylysinu a pozorování složení membrán vaječných skořápek kolagenázou, a nakonec byl imunochemicky odhalen (Wang et al. 2002).

Skořápka se podílí na hmotnosti vejce u mladých nosnic téměř 10 %, u nosnic na konci snášky přibližně 8,5 % (Zelenka 2014).

Z hlediska chemického složení je vlastní skořápka tvořena nejen minerálními látkami, ale významnou roli hrají i bílkoviny. Na bílkoviny sice připadají necelá 3 % sušiny, ale jsou v

ní obsaženy například ovoalbumin, lysozym, ovotransferin, které mají antimikrobiální účinek (Hinckel et al. 1995; Tůmová 2018c). Ovoalbumin obsahuje 4,1 % organických látek, 1,4 % uhličitanu hořečnatého, 0,8 % fosforečnanu vápenatého a hořečnatého a 93,7 % uhličitanu vápenatého (Zelenka 2014).

Nejsvrchnější část skořápky tvoří kutikula, která tvoří organickou vrstvu. Skládá se z vnitřních kalcifikovaných a vnějších nekalcifikovaných ve vodě nerozpustných vrstev, které se ukládají přímo na svislou krystalovou vrstvu skořápky (Kusuda et al. 2011). Vrstva kutikuly je často nerovnoměrná (Bain et al. 2009), nebo může být u vejce úplná absence kutikuly, což napomáhá pronikání mikroorganismů do vejce (Miksik et al. 2014).

3.3 Vybrané charakteristiky vajec a faktory je ovlivňující

Spotřebitelé obvykle spojují kvalitu vajec s jejich čerstvostí a barvou žloutku. Kvalita vajec je však v rozporu s požadavky spotřebitele na životní podmínky nosnic, kdy vejce o nejvyšší kvalitě pocházejí z klecových systémů. Kvalita vajec je však ovlivňována mnoho dalšími faktory jako je genetické založení, podmínky chovu, výživa, věk nosnic, doba a podmínky skladování vajec (Gałązka-czarnecka et al. 2019).

3.3.1 Vnější kvalita vajec

3.3.1.1 Hmotnost vajec

Hmotnost vajec je hlavním používaným kritériem při třídění vajec, což má vliv na obchodní hodnotu vajec. Hmotnost vejce se je mezi 50-70 g, záleží hlavně na věku slepice a do větší míry na jeho genotypu. Protože je hmotnost vajec dědičným znakem, byly použity selekční programy na tento znak. Většina hybridů produkují vejce o hmotnosti 60 g ve 26 týdnech věku a 65,5 g do 50 týdnů a tuto hmotnost udrží až do konce snášky, která je obvykle kolem 72-74 týdnů (Nys et al. 2008).

Hmotnost vajec je důležitým ukazatelem užítkovosti slepic. V rámci systémů ustájení snášejí vejce s vyšší hmotností slepice z klecových systémů oproti ostatním systémům (Anderson & Adams 1994). Englmaierová et al. (2014) uvádějí opačné výsledky, kdy těžší vejce byla snesena nosnicemi z voliér (62,2 g) oproti obohaceným klecím (61,8 g). Borowiec et al. (2001) konstatují, že vejce s vyšší hmotností snášejí nosnice z volných výběhů, tato skutečnost je prý spojena s přístupem nosnic do venkovního výběhu, kde slepice mohou doplňovat svoji stravu bezobratlými, včetně žížal, které jsou bohaté na živiny a mohou být pro slepice dalším zdrojem bílkovin.

Zelenka (2014) uvádí, že na velikost vajec má přímý vliv příjem aminokyselin, kterými můžeme velikost vajec řídit. Producenti konzumních vajec si přejí vejce střední velikosti, nechťejí ani malá ani příliš velká. Při přebytku dusíkatých látek nosnice produkují vaječného bílku, vejce jsou velká, a to přináší problémy se skořápkou. Nosnice do ní neuloží více vápníku, ukládá ho stejné množství bez ohledu na velikost vejce).

Sokolowitz et al. (2018) zjistili ve své studii, že na hmotnost vajec nemá žádný vliv systém ustájení, naopak zjistili významný vliv genotypu na hmotnost vajec, který potvrdila i studie Hammershøj & Steinfeldt (2015).

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

Hmotnost vajec záleží na tělesné hmotnosti nosnice a dědičném základu, dále na úrovni snášky a fázi snáškového cyklu. Z chovatelských podmínek je hmotnost vajec ovlivňována výživou a krmnou technikou, avšak ne tak výrazně jak snáška a tělesný růst (Kříž 1997).

3.3.1.2 Tvar vejce a index tvaru vejce

Index tvaru vajec je důležitý faktor ovlivňující balení, skladování a transport vajec (Halaj&Golian 2011). Tvar vejce je elipsoidní a vzniká při průchodu vejce krčkem dělohy (Kříž 1997).

Index tvaru vejce je standardní vyjádření tvaru vejce, jeho výpočet je následující, šířka vejce se vydělí délkou, výsledná hodnota se vynásobí stem. Rozsah vypočtených hodnot je od 63 do 85 a je vyjádřen v procentech (Kul & Seker 2004).

Sarica&Erensayin (2009) navrhli klasifikaci, která předpokládala, že vejce s normálním elipsoidním tvarem mají hodnotu indexu tvaru v rozpětí 72–76 %, vejce s nižší hodnotou tvarového indexu byla charakterizována jako ostrého tvaru a vejce s hodnotou vyšší než 76 % jako kulatá.

Tvar vejce je ovlivněný věkem nosnice, v průběhu snáškového cyklu se mění (Halaj&Golian 2011). Na začátku snáškového cyklu snášejí nosnice vejce s netypickým tvarem, postupně se během snášky tvar stává více protáhlým. Abnormality tvaru vajec jsou častější u starších nosnic (Van der Brand et al. 2004).

Vejce mají s věkem nosnice více protáhlý tvar, a proto hodnoty indexu tvaru vejce jsou ideální. Typický znak eliptického vejce lze považovat za prospěšný znak, protože snižuje ztráty porušení skořápky během transportu, protože index tvaru vajec ovlivňuje tloušťku skořápky (Nedomová et al. 2009).

Index tvaru vajec je ovlivněn mnoha faktory, např. dle studie Krause & Zity (2019), hlavně věkem, ale také genotypem. Nejvyšší index tvaru vajec byl u vajec od 36týdenních slepic ISA Brown (78,82 %) a nejnižší u vajec od 60 a 64týdenních slepic Hy-line Brown (74,97 %).

Ledvinka et al. (2008) uvádějí, že slepice chované v klecích měly neprůkazně vyšší index tvaru vejce. Nepotvrdily tak závěry, které uvádějí, že stres v klecových bateriích zvyšuje výskyt tvarových defektů vajec.

3.3.1.3 Kvalita skořápky

Z pohledu spotřebitelů je hlavním aspektem vizuální kvalita skořápky, protože špinavá, nerovnoměrně zbarvená vejce a vejce s nízkou pigmentací skořápky budou spotřebiteli odmítnuta, navíc znečištěná vejce mohou dále zvyšovat riziko bakteriální kontaminace vajec. (Mertens et al. 2006).

Holt et al. (2011) konstatují, že na trh se smí uvádět jen vejce s nepoškozenou skořápkou. Obsah vajec může být zpracován pasterací nebo sušením. U vajec s poškozenou podskořápečnou blánou se již nesmí využívat pro lidskou spotřebu, vaječný obsah u vajec

s poškozenou podskořápečnou blánou může být mikrobiálně kontaminovaný, což představuje vysoké riziko.

Kvalita skořápky a její měření je dlouhodobě sledováno pro účely selektivního šlechtění. Bylo navrženo mnoho parametrů pro hodnocení kvality skořápky, aby se snížily ztráty u vajec s poškozenou skořápkou. Parametry zahrnují hmotnost skořápky, podíl skořápky, pevnost skořápky, tloušťku skořápky, a její hustotu (Roberts 2004).

Procento vajec sprasklou a rozbitou skořápkou se zvyšuje s věkem nosnic. Na začátku snášky je výskyt prasklých vajec v rozsahu 2-5%, ale tato hodnota může dosáhnout úrovně až mezi 12 a 20% v závislosti na genotypu, nutričním stavu hejna a zda je hejno stresováno (Nys et al. 2008).

Englmaierová et al. (2014) ve své studii zjistili významný účinek systému ustájení na kvalitu skořápky. Silnější skořápka a vyšší procento skořápky bylo zjištěno u vajec z voliér.

Tůmová et al. (2011) sledovali tři genotypy (Isa Brown, Bovans Brown a Moravia BSL), v systémech ustájení na podestýlce a v obohacených klecích a zjistili, že všechny genotypy snášely vejce s vyšším podílem skořápky v systémech na podestýlce oproti obohaceným klecím.

Autoři některých studií zkoumali vliv genotypu na kvalitu skořápky, tento vliv potvrdili (Hanusová et al. 2015; Tůmová et al. 2016; Sokolowitz et al. 2018). Naopak studie některých dalších autorů vliv genotypu na kvalitu skořápky neprokazují (Van den Brand et al. 2004; Zita et al. 2009).

Singh et al. (2009) uvádějí, že na podíl skořápky vejce má vliv genotyp, kdy bělovaječní hybridy snášejí vejce s nižším podílem skořápky než hybridy hnědovaječní.

Tůmová et al. (2011) zjistili rozdíly v hmotnosti skořápky u hybridů Isa Brown (6,3 g), Hisex Brown (6,1 g) a Moravia BSL (5,5 g).

Mamilární vrstva je základní vrstvou skořápky, která je formována na vnější podskořápečné bláně a je tvořena bílkovinnou sítí. Tato síť je základem pro krystaly uhličitanu vápenatého, které tvoří skořápku. O funkčních vlastnostech skořápky, jako je pevnost, rozhoduje velikost a postavení krystalů. Čím menší krystaly jsou a je jich více, tím je skořápka pevnější. Pokud jsou krystaly ve vnější vrstvě příliš velké nebo nepravidelné, způsobuje to menší pevnost skořápky, i když je skořápka silnější (Tůmová 2018b).

Pevnost skořápky může být měřena různými metodami, přímými nebo nepřímými. Přímé metody zahrnují měření mezní pevnosti skořápky, jako je nárazová lomová síla, síla propíchnutí nebo kvazi-statická komprese. Mezi nepřímé metody patří specifická gravitace, nedestruktivní deformace. Během třídění jsou však vejce buď kontrolována pomocí světla, aby se zjistily praskliny a jiné vady, nebo prochází elektronickým detektorem prasklin (Roberts 2004).

Ledvinka et al. (2009) zjistili rozdíly u většiny ukazatelů kvality vaječné skořápky. Slepice chované na podestýlce měly průkazně vyšší pevnost skořápky, tloušťku skořápky i její podíl z hmotnosti vejce. Statisticky nevýznamný rozdíl zjistili pouze u hodnot deformace skořápky, kdy příznivějšího bylo v nepatrné míře dosaženo u slepic chovaných v klecích.

Vyšší pevnost skořápky vykazovala vejce z klecového systému (Englmaierová et al. 2014). Tato studie se shoduje s výsledky Tůmové et al. (2011). Oproti tomu někteří autoři uvádějí vyšší procento prasklých vajec z klecových systémů ve srovnání s voliérami (Tauson et al. 1999), se systémy na podestýlce (Voslarova et al. 2006). Tyto výsledky, ale nemusí mít

souvislost s pevností vajec, nýbrž s použitou technologií. Vzhled prasklin skořápky je výsledkem kombinace složení skořápky, tloušťky, pevnosti skořápky, integrity a rozsahu traumatu, které vejce při manipulaci získalo (Hunton 2005).

Tupý & Huml (2018) uvádějí, že primární příčina produkce vajec s nekvalitní skořápkou jsou běžné stresové faktory. Způsob ustájení a hustota osazení jsou hlavními stresovými faktory prostředí. Vady skořápky často souvisí také se zánětem vejcovodu. V praxi jsou častější virové infekce, především v souvislosti s koronaviry. Jedná se o různé kmeny infekční bronchitidy, které mají k vejcovodu afinitu a vyvolávají lymfocytární záněty vejcovodu.

Venglovská et al. (2014) pozorovali účinky manganu zejména z organických zdrojů působících na kvalitu a pevnost skořápky. Dále uvádějí, že důležitost minerálních látek je v souvislosti se změnami uspořádání struktury vláken membrány skořápky ve vztahu ke složení skořápky.

Samiullah et al. (2014) uvádějí, že mezi důležité faktory ovlivňující pevnost skořápky ovlivňují následující faktory doba snesení, věk nosnice a genotyp. Pevnost skořápky, jak uvádějí Ledvinka et al. (2000) je jedním z nejdůležitějších parametrů manipulace s vejci.

Dalším důležitým parametrem kvality skořápky je tloušťka skořápky. V rámci tohoto parametru je důležitá uniformita tloušťky skořápky, což znamená stejná tloušťka skořápky po celém obvodu skořápky. Tento parametr je vědci nazván jako reciproční koeficient variační tloušťky skořápky z více pozic a uvádějí, že uniformita tloušťky skořápky měla pozitivní korelaci na pevnost skořápky (Sun et al. 2012).

Mertens et al. (2006) porovnávali systémy ustájení (klec, voliéra, volný výběh) a zjistili nejvyšší tloušťku skořápky v případě voliéry a nejnižší v systému volného výběhu.

Ledvinka et al. (2012) zjistili rozdíly v tloušťce skořápky u podestýlkových systémů a obohacených klecí, kdy vejce od nosnic z klecového systému měla nižší tloušťku skořápky (0,355 mm), než vejce nosnic na chovaných podestýlce (0,358 mm).

Mezi vnitřní faktory, které ovlivňují tloušťku skořápky patří doba snesení vejce, jak uvádějí Tůmová & Ebeid (2005), Tůmová et al. (2007), vejce snesená v odpoledních hodinách vykazovala silnější skořápkou než vejce snesená ráno. Tuto teorii vyvrací Tůmová & Ledvinka (2009), kteří uvádějí, že vejce s nejsilnější skořápkou byla sebrána ráno a během dne se tloušťka skořápky snižovala.

Barva skořápky není známkou nutriční hodnoty nebo kvality vejce. Mnoho spotřebitelů, kteří dávají přednost hnědým vejcům, však věnuje pozornost také intenzitě a konzistenci barev skořápky (Cavero et al. 2012). Dědičnost barvy skořápky je poměrně vysoká (Zhang et al. 2012). Kromě genotypu je barva skořápky ovlivněna věkem, kdy starší slepice mají tendenci snášet větší vejce se světlejší skořápkou, protože množství proto porfyrinových pigmentů uložených na povrchu skořápky se v poměru k velikosti vajec nezvyšuje (Solomon 1997).

Samiullah et al. (2014) uvádějí, že vejce z klecových systémů mají tmavší barvu oproti vejcům pocházejících z volného výběhu. Barva skořápky může být také ovlivněna výživou nosnic (Hooge 2007), kdy při použití probiotik produkovaly nosnice tmavší vejce. Krmivo doplněné sójovým proteinem výrazně zlepšilo barvu skořápky u hnědovaječných nosnic (Seo et al. 2010).

Negativní vliv na barvu skořápky má obsah vanadia v krmivu (Sutly et al. 2001). Tento negativní vliv lze ovlivnit přidáváním vitamínu C do krmiva v různých dávkách, dle obsahu vanadia v krmivu (Obadasi et al. 2006).

Dalším negativním vlivem, jak uvádí Aygon (2013) může být stres, který negativně působí na tvorbu skořápky avjejí následnou pigmentaci.

Na barvu skořápky má nejvyšší vliv genotyp a věk, v případě genotypu hraje roli poměrně vysoká úroveň dědičnosti. Co se týče věku, starší nosnice mají tendenci snášet větší vejce se světlejší skořápkou, protože množství protoporfyrinových pigmentů uložených na povrchu skořápky se v poměru k velikosti vejce nezvyšuje (Solomon 1997). Pigmentace skořápky může být také ovlivněna dobou tvorby skořápky, protože pigment se přidává do skořápky na konci tvorby skořápky, proto může dojít ke špatné pigmentaci, pokud je vejce sneseno předčasně (Nys et al. 1991).

Campo et al. (2007) uvádějí, že dalším faktorem, který může ovlivnit barvu skořápky je doba snesení vejce. Světlejší vejce jsou snesena odpoledne oproti vejcím sneseným nosnicemi ráno, která vykazují tmavší barvu skořápky.

3.3.2 Vnitřní kvalita vajec

Vnitřní kvalita vajec je ovlivněna zejména výživou nosnic, kdy vejce ze systému volného výběhu jsou charakteristické vysokou variabilitou kvality vajec, která je způsobená příjmem potravy ovlivněným ročním obdobím, oproti klecovým systémům (Samiullah et al. 2015). Kvalitu vajec lze zvýšit i výtažky z léčivých bylin (pískavice řecké, bazalky, meduňky, majoránky, oregana, rozmarýnu, šalvěže a tymiánu) (Park et al. 2014).

3.3.2.1 Kvalita žloutku

Kvalita žloutku se hodnotí např. pevností žloutkové (vitelinní) membrány a barvou žloutku.

Dalšími ukazateli jsou procentuální podíl žloutku z celého vejce a hmotnost žloutku. Dalším hodnotícím ukazatelem kvality žloutku je index žloutku, který se vypočítá vydělením výšky žloutku jeho šířkou a vynásobením stem. Zjištěné hodnoty jsou mezi 32 až 58 a jsou vyjádřeny v procentech (Rakib et al. 2016).

V případě kvalitativních znaků vaječného žloutku Ledvinka et. al. (2009), zjistili vysoce průkazný rozdíl u výšky žloutku, podílu žloutku a indexu žloutku, kdy lepší hodnoty byly u žloutku od slepic z podestýlkového systému oproti klecovému.

Barva žloutku je důležitým faktorem určujícím obchodní kvalitu vajec, je podmíněna obsahem barviv (karotenoidů). Spotřebitelé a průmysl preferují intenzivně zbarvené žloutky (Zelenka 2014). V různých spotřebitelských průzkumech provedených v řadě evropských zemí (Francie, Německo, Itálie, Španělsko, Polsko a Řecko), byly nabízeny vzorky vajec s různými žloutkovými barvami (8,10,12 a 14 v barevné škále žloutku Roche), většina dotazovaných ve všech zemích vyjádřily přednost vaječným žloutkům s nejtmaším odstínem barvy (stupeň barvy 14). Žloutková barva se tradičně definuje ručně pomocí barevné stupnice žloutku Roche nebo automaticky pomocí měření odraznosti. Přístroj měří poměr červeného, zeleného a modrého světla odraženého ze žloutku, když je osvětlen blikajícím bílým světlem, a porovnává tyto hodnoty se známými procenty 15-ti barev v Rocheově stupnici. Tato barva žloutku jako aspekt kvality, je subjektivní a souvisí s vnímáním žloutkové barvy spotřebitele,

protože barva žloutku nemá žádný vliv na nutriční hodnotu vajec. Jakákoli změna barvy žloutku je vnímána jako žloutek špatné kvality. Barva může být nerovnoměrná (strakaté žloutky) nebo se může lišit od požadovaného rozsahu barev (Coutts et al. 2007).

Barva žloutku je ovlivněna zejména krmivem, a to obsahem barviv v krmivu a přístupem k vegetaci ve volném výběhu. Zbarvení je způsobeno především xantofily, kyslíkatými deriváty karotenů. Tyto přirozené karotenoidní pigmenty zbarvují také běháky, kůži a tuk drůbeže (Zelenka 2014). Huyghebaert et al. (2002) uvádějí, že barva žloutku je ovlivněna nejvíce stravou slepic, čím více karotenoidů ve stravě, tím červenější a tmavší žloutek.

Ve volném výběhu mohou nosnice přijímat celoročně krmivo obohacené o barviva, a navíc v závislosti na ročním období obohatit pestrost potravy o vegetaci. Pozitivní vliv konzumace píce nosnicemi ve volném výběhu na barvu skořápky dokazuje mnoho studií, které porovnávaly barvu žloutku u nosnic chovaných v halách a ve volném výběhu (Karadas et al. 2005; Horsted et al. 2006; Terčič et al. 2012; Hammershoj&Johansen 2016).

V intenzivních chovech se používají krmné doplňky k zvýraznění barvy ve formě syntetických barviv (kanthaxantin, deriváty kyseliny apokarotenové). Z přírodních látek lze použít plody červeného pepře a suroviny bohaté na lutein. Další možnými přírodními látkami pro intenzivnější barvu je např. extrakt ze sušené červené papriky, nebo moučka z květů aksamitníku, obsahující translutein a transzeaxantin (Zelenka 2014).

Barvu žloutku je možné ovlivnit běžnými krmivem zejména vojtěškovou moučkou (260—350 mg/kg) a žluté odrůdy kukuřice (20-25 mg/kg). Z několika xantofylů obsažených ve vojtěškové moučce je nejdůležitější žlutý lutein. Kukuřice obsahuje kromě luteinu také zeaxantin a β -kryptoxantin, které dodávají zlaté až žlutooranžové zbarvení (Zelenka 2014).

Dle Sokolowitz et al. (2018) je barva žloutku také ovlivněna genotypem a věkem nosnice.

3.3.2.2 Kvalita bílku

U kvality vaječného bílku se hodnotí výška hustého bílku, index bílku, pH bílku a Haughovy jednotky (Simeonovová et al. 2013).

Index bílku vyjadřuje poměr mezi průměrem šířky a délky bílku (vzájemně na sebe kolmé osy) a výškou bílku, výsledná hodnota se vynásobí stem (Olawumi&Ogundale 2008). Index bílku je negativně ovlivněn délkou skladování, v průběhu skladování se hodnota indexu bílku snižuje (Steinhauserová et al. 2003). Slepice chované v klecích mají průkazně vyšších hodnot v ukazatelích kvality bílku (Ledvinka et al. 2009).

Gałązka-czarnecka et al. (2019) uvádějí, že při hodnocení kvality vajec se používá Haughových jednotek (HU). Výpočet Haughovy jednotky vychází z výšky hustého bílku a hmotnosti vejce. Hodnota HU se vypočte z rovnice, v níž ostatní parametry korigují výpočet tak, aby se vztahoval na vejce o hmotnosti 60 g. Pro výpočet HU existuje několik vztahů, nejběžněji se používá následující rovnice:

$HU = 100 \log(H - 1,7W^{0,37} + 7,6)$, kde H = výška hustého bílku (mm)

W = hmotnost vejce (g)

Dle Ledvinky et al. (2008) čerstvá vejce nejvyšší kvality vykazují hodnot Haughových jednotek 72 a vyšší, za dobrou a přijatelnou kvalitu lze považovat HU v rozmezí 60-72 a vejce s HU pod 60 by se měla používat již jen k výtluhu.

Tůmová&Ebeid (2003) udávají, že vejce z klecových systémů mají vyšší hodnoty Haughovy jednotky. Stejně výsledky zjistili i Ledvinka et al. (2008) ve své studii, kde nejvyšší hodnoty Haughovy jednotky měla vejce z klecového systému oproti podestýlce. Singh et al. (2009) uvádějí, že nižší hodnoty Haughových jednotek u voliérových systémů, oproti klecovým systémům je způsobeno působením vyšších koncentrací amoniaku na snesená vejce v případě voliér.

Sokolowitz et al. (2018) naopak uvádějí, že systémy ustájení nemají významný vliv na hodnotu Haughovy jednotky, naopak za významný vliv považují věk nosnice.

Mezi faktory, které ovlivňují Haughovy jednotky patří věk, doba skladování a podmínky skladování (Roberts 2004).

4 Metodika

4.1 Charakteristika podniku

Vejce pro potřeby laboratorních analýz pocházela z komerčního chovu, od slepic genotypu Bovans Brown.

Podnik Mydlářka a.s. vznikl 1.2.1993 transformací z bývalého Agropodniku Benešov.

Jedná se o zemědělský podnik zaměřený na následující odvětví zemědělské výroby: chov prasat, výkrm kuřat, chov nosnic s produkcí konzumních vajec, obchodní činnost s průmyslovými hnojivy, chemickými přípravky pro zemědělství, rostlinnými produkty, pohonnými hmotami a uhlím, služby v zemědělství a nákladní dopravě a laboratorní činnost.

V rámci odvětví chovu nosnic pro produkci konzumních vajec využívá Mydlářka a.s. jeden provoz, a to Mydlářka Benešov, který se nachází západně od města Benešov nedaleko zámku Konopiště. Na provozu Benešov je 12 snáškových hal, z toho 6 hal s technologií voliéry a ve zbylých 6ti halách jsou nosnice chovány v obohacených klecích. Celková kapacita hal je 230 000 nosnic. Do snáškových hal jsou kuřice naskladňovány v 16. týdnu věku z odchovny kuřic. Dodavatel kuřic je Vema a.s. Chrudim.

4.2 Popis genotypu a použitých technologií

4.2.1 Charakteristika genotypu Bovans Brown

V 50. letech minulého století nizozemští chovatelé drůbeže čelili zvyšující se konkurenci větších amerických firem. Proto se v roce 1954 čtyři rodinné chovy nosnic rozhodly spojit své síly a založily společnost Bovans Organisatie N.V. Byly to rodiny Bongerů, van Duijnhoven, van Lankveld a van der Linden (jedno Bo a tři van = Bovans).

Zakladateli firmy Bovans byli Harry van Duijnhoven a jeho žena Nora. Šlechtitelské středisko Bovans bylo na farmě Harryho van Duijnhoven ve Stevensbeeku a nosné slepice z jejich chovu byly zosobněním pevných zásad a tvrdé práce čtyř zakladatelských rodin.

Původní logo Bovans, které firma stále používá, navrhl bratr Harryho van Duijnhoven. Z firmy Bovans se brzo brzy stala silná šlechtitelská společnost, která svou drůbež prodávala v Evropě, Severní i Jižní Americe, Africe a na Středním východě (Hendrix Genetics, 2020).

Tabulka č. 1: Základní informace o užítkovosti nosnic Bovans Brown (Hendrix Genetics 2020)

Růstové období (0-17 týdnů)	
Životaschopnost	98 %
Živá hmotnost (5 týdnů věku)	388-408 g
Živá hmotnost (17 týdnů věku)	1476-1552 g
Spotřeba krmiva (17 týdnů věku)	5,9-6,2 kg
Snáškové období (18-90 týdnů)	
Životaschopnost	95 %
Věk při 50 % snášce (dny)	143
Vrchol snášky	96 %
Průměrná hmotnost vejce	63,3 g
Snáška na počáteční stav	418
Vaječná hmota na počáteční stav	26,5
Průměrná spotřeba krmiva na krmný den	114 g
Konverze krmiva	2,15
Živá hmotnost (90 týdnů věku)	2000 g

Hybrid Bovans Brown, vzešlý z vyváženého šlechtitelského programu, je univerzální a odolná nosná slepice. Kombinace vysoké snášky ve vrcholu, skvělé vytrvalosti ve snášce a stabilní hmotnosti vajec zaručuje produkci velkého počtu tmavě hnědých vajec. Díky své odolnosti, velké adaptabilitě a zvladatelnosti se hybrid Bovans Brown snadno přizpůsobí různému klimatu, chovným programům a systémům ustájení (Hendrix Genetics 2020).

V roce 2018 bylo v ČR v rozmnožovacích chovech drženo 4 394 kusů kohoutů a 51 385 kusů slemic nosnic hybridu Bovans Brown. Celkový počet rodičovské populace hybridu Bovans hnědý činil 55 779 kusů, což představovalo 43,3 % ze všech chovaných rodičů hybridů nosného typu nosnic (Machander & Zimová 2019).

4.2.2 Technologie ustájení

V rámci chovu nosnic jsou na snáškových halách použity dvě technologie voliéry a obohacené klece.

Výrobce technologie voliér je německá již neexistující firma Meller, jedná se o dvouetážovou voliéru, ve které jsou nosnice ve třech sekcích za sebou. V každé sekci se nachází tři moduly o dvou patrech a mezi nimi průchozí uličky. Sekce jsou rozdělené drátěnou přepážkou od podlahy až ke stropu. Každou sekci i oběma patry je veden krmný žlábek, ve kterém je pomocí krmných řetězů rozváděno krmení po celé hale. Napájecí zařízení je řešeno a vedeno vodovodním potrubím po celé hale a nosnice pomocí kapátkových napáječek. Na 10 ks nosnic připadá jedna napáječka. Součástí technologie je trusný pás, který vede pod oběma patry technologie. Trusný pás se dvakrát týdně stahuje, trus je odvážen a použit jako statkové hnojivo. Trus vyloučený nosnicemi mimo technologii zůstává na podlaze

a je odklizen po vyskladnění nosnic. Pro zlepšení vlastností trusu na podlaze je aplikován vysoušecí přípravek Arid (výrobce Tekro, spol. s r.o.).

Přísun čerstvého vzduchu zajišťuje ventilace, na bočních stranách haly jsou umístěny nasávací klapky a vzduch je odváděn ventilátory umístěnými na zadní straně haly. Teplota v hale je závislá na ročním období, v letních měsících je teplota mnohem vyšší a ventilátory pracují téměř nepřetržitě. V zimních měsících je potřeba, aby v hale byl čerstvý vzduch, ale teplota nesmí klesnout pod 15 °C (optimální teplota je 17–18 °C).

Výrobce technologie obohacených klecí je Kovobel, jedná se o třítážový systém, v hale jsou vedle sebe umístěny tři moduly. Jedna klec má rozměry 120*240 cm, a je v ní umístěno 38 nosnic. V celé hale je celkem 612 klecí, celková kapacita haly je tedy 23 256 ks. Krmení je do každého modulu přiváděno pomocí krmné spirály ze sil a pomocí tubusu je dávkováno v rámci modulu do každé etáže. Po hale je rozváděno pomocí krmných řetězů umístěných v krmném žlábků. Napájecí systém je řešen stejně jako u voliérového systému pomocí vodovodního potrubí a v každé kleci jsou umístěny 2 kapátkové napáječky. Osvětlení je v hale umístěno na stropě, a navíc pro vyšší intenzitu je v každé kleci umístěna jedna ledková žárovka. Součástí technologie je trusný pás, umístěný pod každou etáží, trus je každý týden dvakrát stahován, odvážen a použit jako statkové hnojivo.

Každá klec je dále vybavena hřady, snáškovými hnízdy, zařízením pro obrus drápů, popelištěm.

Obě technologie jsou vybaveny snáškovými hnízdy pro snášení vajec. Z hnízd jsou vejce vykulována na vaječné pasy, které každý den vyváží vejce na centrální pás, který je dopraví na třídirnu vajec. Na vstupu do třídirny jsou na tzv. předsběru vybírána nakřáplá vejce a znečištěná (nestandardní) vejce. Tato vejce jsou následně určena k výtlučku na melanz. Po předsběru jsou vejce nabrána silikonovými válečky a pokračují do třídičky vajec. Na cestě třídičkou vajec jsou vejce ošetřena UV lampou, prosvícena, zvážena, zkontrolována akustickým detektorem křápů, označena, roztříděna a následně zabalena dle požadavků odběratele. Po zabalení jsou vejce do expedice skladována ve skladovém prostoru s nekolisavou teplotou.

4.3 Laboratorní analýzy

V rámci rozborů vajec, byla sledována vejce pocházející od nosnic ze dvou systémů ustájení, z voliér a obohacených klecí z provozu Mydlářka Benešov. Vejce byla odebrána od nosnic ve věku 20 až 68 týdnů a porovnána mezi sebou dle systému ustájení. Vejce byla sbírána náhodně na snáškových halách v pravidelném intervalu (4 týdny). Po sběru byla vejce převezena do laboratoře Katedry chovu hospodářských zvířat na České zemědělské univerzitě v Praze, kde na nich byly následující den realizovány rozborů. Během rozborů bylo vyhodnoceno celkem 1560 ks z každé technologie. Během rozborů byly vyhodnoceny následující parametry kvality vajec:

Hmotnost vejce (g)

Pro stanovení hmotnosti vejce bylo použito digitálních laboratorních vah značky Ohaus Portable Advanced, Model No. CT600V, Florham Park, N. J. 0732, US.

Index tvaru vejce (%)

Index tvaru vejce (I_v), byl stanoven pomocí vzorce $I_v = (\check{s}/d) * 100$. Potřebné hodnoty pro stanovení indexu byly získány měřením délky (d) a šířky (\check{s}) vejce. Zjištěné hodnoty délky a šířky vejce byly vyjádřeny v milimetrech. Jako měřicí nástroj bylo použito elektronické posuvné měřidlo značky JOBI® profi.

Hmotnost skořápky (g)

Byla získána po vysušení za pomoci digitálních laboratorních vah značky Ohaus Portable Advanced, Model No. CT600V, Florham Park, N. J. 0732, US.

Podíl skořápky (%)

Hodnota podílu skořápky byla stanovena pomocí výpočtu z hmotnosti celého vejce a hmotnosti skořápky.

Pevnost skořápky ($N \cdot cm^{-2}$)

Pro zjištění pevnosti skořápky bylo zapotřebí destruktivní metody, kdy byla stanovena potřebná síla k prasknutí skořápky. Jako vyhodnocující přístroj byl využit přístroj Instron Universal Testing Machine (model 3342; Instron Ltd., US).

Tloušťka skořápky (mm)

Ke stanovení tloušťky skořápky byl použit digitální mikrometr DigimaticOutsideMicrometer, Mitutoyo Corporation, Japan. Tloušťka skořápky byla zjišťována po vysušení skořápek v jejich středu a bez podskořápečných blan.

Barva skořápky (%)

Ke stanovení barvy skořápky byl použit reflektometr TSS QCR reflectometer, Chessingham Park Dunnington, YORK YO19 5SE, England. Reflektometr pracuje na principu odrazu světla pro stanovení barvy. Čím je zjištěná hodnota nižší, tím je barva skořápky tmavší.

Hmotnost žloutku (g)

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

Podíl žloutku (%)

Podíl žloutku byl vypočten procentuálním podílem hmotnosti žloutku z hmotnosti celého vejce.

Index žloutku (%)

Pro výpočet Indexu žloutku ($I_{\check{z}}$) byl stanoven pomocí vzorce $I_{\check{z}} = (a/b) * 100$. Pro výpočet byly hodnoty získány měřením výška žloutku (a) a průměrem dvou naměřených rozměrů žloutku (b) vejce. Hodnoty výšky žloutku a průměru dvou rozměrů žloutku byly vyjádřeny v milimetrech. Potřebné hodnoty byly zjišťovány pomocí různých typů elektronických měřidel, např. JOBI® profi.

Barva žloutku (subjektivně)

Pro hodnocení barvy žloutku byla použita barevná stupnice DMS YolcFan™, DSM, Netherlands. Čím je vyhodnocená hodnota barvy vyšší, tím je barva žloutku tmavší.

Podíl žloutek/bílek

Podíl žloutek/bílek byl vypočten jako podíl hmotnosti žloutku/hmotnost bílku.

Hmotnost bílku (g)

Hmotnost bílku byla dopočítána z hmotnosti vejce, žloutku a skořápky.

Podíl bílku (%)

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

Index bílku (%)

Pro stanovení indexu bílku (I_b) byl použit vzorec $I_b = (a/b) * 100$. Potřebné hodnoty pro stanovení indexu bílku byly získány měřením výšky vnějšího tuhého bílku (a) a průměrem šířky a délky bílku (b) vejce. Hodnoty výšky bílku a průměru délky a šířky bílku vyjádřeny v milimetrech. Potřebné hodnoty byly zjišťovány pomocí různých typů elektronických měřidel, např. JOBI® profi.

Haughovy jednotky

Pro stanovení Haughových jednotek byl použit následující vzorec $HU = 100 \log (H - 1,7 W^{0,37} + 7,6)$. Pro výpočet byly získány následující hodnoty, a to měřením výška bílku (H) a vážením hmotnost celého vejce (W). Hodnoty výšky bílku byly použity v milimetrech a hodnoty hmotnosti vejce v gramech.

4.4 Statistické vyhodnocení

Pro zpracování a vyhodnocení získaných hodnot z rozborů vajec byl využit počítačový program SAS (SAS Institute Inc. 2011. SAS User's Guide. Statistics. Version 9.4 ed. SAS Inst. Inc., Cary, NC, US). V rámci hodnocení byl použit vliv ustájení a věku na vybrané parametry kvality vajec a skořápky, vše bylo vyhodnoceno za pomoci smíšených modelů využívající smíšený postup SAS:

$$Y_{ijk} = \mu + V_i + SU_j + (V*SU)_{ij} + E_{ijk},$$

kde Y_{ijk} je hodnota znaku, V_i je vliv věku (20, 24, 28, 32, 36, 40, 44, 48, 52, 56, 60, 64, 68 týdnů), SU_j je vliv systému ustájení (obohacené klece, voliéra), $(V*SU)_{ij}$ je vliv interakce mezi věkem a systémem ustájení, E_{ijk} je náhodná chyba. Interakce mezi věkem a systémem ustájení byly vypočítány, ale nebyly dále komentovány, z důvodu obsáhlosti výsledků. Význam rozdílů mezi skupinami byl testován vícečetným Duncanovým testem. Hodnota $P \leq 0,05$ byla považována za statisticky významnou u všech měření. Hodnoty označené jinými písmeny horního indexu v každém sloupci, u daného faktoru, jsou průkazně rozdílné.

5 Výsledky

Výsledné hodnoty ze sledování vlivu věku nosnic a systému ustájení na kvalitu vajec byly získány pomocí laboratorních rozborů a jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Tabulka č.2: Hmotnost a tvar vajec v závislosti na věku nosnic a systému ustájení

		Hmotnost vejce (g)	Index tvaru vejce (%)
Věk (týdnů)	20	51,73 ^E	77,58 ^{BCDE}
	24	61,59 ^D	78,10 ^{ABC}
	28	63,96 ^C	78,75 ^A
	32	66,76 ^A	78,56 ^A
	36	66,00 ^{AB}	78,05 ^{ABC}
	40	66,27 ^{AB}	77,63 ^{BCD}
	44	67,00 ^A	77,22 ^{DEF}
	48	66,22 ^{AB}	78,35 ^{AB}
	52	63,80 ^C	77,53 ^{CDE}
	56	64,40 ^C	77,25 ^{efd}
	60	66,11 ^{AB}	76,81 ^{EF}
	64	64,80 ^{BC}	75,88 ^G
	68	64,19 ^C	76,72 ^F
Systém ustájení	Klec	63,53 ^B	77,51
	Voliéra	64,60 ^A	77,63
Průkaznost	Věk (V)	0,0001	0,0001
	Ustájení (U)	0,0001	0,3730
	V*U	0,0001	0,5102
SEM		1,1650	0,0740

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

V tabulce č. 2 jsou uvedeny průměrné hmotnosti vajec a indexu tvaru vajec. Byl zjištěn průkazný vliv ustájení a věku na hmotnost vejce ($P=0,0001$). Jak je z výsledků patrné, hmotnost sledovaných vajec se zvyšovala do věku 32 týdnů. Po tomto věku docházelo k ustálení hodnoty až k mírnému snížení. Nejvyšší hmotnost měla vejce od nosnic ve věku 44

týdnů (67,00 g), proti tomu vejce s nejnižší hmotností byla získána od nosnic ve věku 20 týdnů (51,73g). Z voliérového systému ustájení byla získána vejce v průměru o 1,03 g těžší.

U indexu tvaru vejce byl sledován statisticky významný vliv věku nosnic ($P=0,0001$). Došlo ke zvýšení indexu tvaru vejce do 28 týdnu věku (78,75 %) a posléze k jeho snížení s mírnými výkyvy. Nebyl zjištěn průkazný vliv systému ustájení ($P=0,3730$).

Tabulka č.3 udává průměrné hodnoty podílu skořápky, pevnosti skořápky, tloušťky skořápky a barvy skořápky. Byl prokázán statisticky významný vliv věku a systému ustájení na podíl skořápky vejce ($P \leq 0,0001$). Podíl skořápky vykazoval během sledování podobné hodnoty, pouze ve věku 28 týdnů (9,60 %) a 36 týdnů (9,54 %) došlo k výkyvu hodnot, tyto hodnoty byly také nejnižší z celého sledování, proti tomu nejvyšší podíl skořápky byla ujištěna u vajec od nosnic ve věku 52 týdnů (10,6 %). Vejce z klecí měla průkazně nižší podíl skořápky (9,99 %), oproti vejcům z voliér (10,28 %).

Vliv věku na pevnost skořápky byl statisticky významný ($P \leq 0,0001$), naproti tomu statistická významnost vlivu ustájení nebyla prokázána ($P=0,3886$). Pevnost skořápky se v průběhu věku zvyšovala až do 52 týdnů věku (46,59 N.cm-2), kromě výkyvu ve 28. týdnu (38,20 N.cm-2), od 52 týdnů se pevnost začala snižovat. Nejvyšší pevnosti tedy byla skořápka vajec od nosnic v 52 týdnech věku, naopak nejnižší hodnoty vykazovaly vejce v 64. týdnu věku (37,22 N.cm-2).

V případě ukazatele tloušťky skořápky byl zjištěn statisticky významný vliv věku ($P \leq 0,0001$) i ustájení ($P=0,0029$). Průměrné hodnoty tloušťky skořápky měly kolísavou tendenci, nejvyšší hodnota byla zjištěna ve věku 52 týdnů (0,377 mm), naopak vejce s nejslabší skořápkou produkovaly nosnice ve 20 týdnu věku (0,339 mm). Vejce se silnější skořápkou produkovaly nosnice chované ve voliére (0,360 mm), oproti klecovému systému (0,355 mm).

Vliv věku a ustájení na barvu skořápky byl jako statisticky významný ($P=0,0009$) a ($P=0,0011$). V průběhu snášky měla barva skořápky kolísavou tendenci, kdy nejsvětlejší vejce byla snesena od nosnic v 52. týdnu, a naopak vejce s nejtmavší skořápkou byla od nosnic ve 40 týdnech věku (29,10 %). V případě ustájení tmavší vejce byla snesena nosnicemi z klecí (29,92 %), naproti tomu hodnota barvy vajec nosnic chovaných na podestýlce byla 32,22 %.

Tabulka č.3: Vybrané parametry kvality skořápky v závislosti na věku nosnic a systému ustájení

		Podíl skořápky (%)	Pevnost skořápky (N.cm ⁻²)	Tloušťka skořápky (mm)	Barva skořápky (%)
Věk (týdnů)	20	10,37 ^{ABC}	43,53 ^{BC}	0,339 ^E	32,70 ^{AB}
	24	10,28 ^{BCD}	44,78 ^{AB}	0,348 ^D	29,35 ^B
	28	9,60 ^F	38,20 ^{EF}	0,356 ^{CD}	29,87 ^B
	32	10,20 ^{CDE}	43,62 ^{BC}	0,351 ^D	31,29 ^B
	36	9,54 ^F	42,91 ^{BC}	0,362 ^{BC}	29,37 ^B
	40	10,25 ^{BCDE}	44,14 ^{BC}	0,364 ^{BC}	29,10 ^B
	44	10,21 ^{CDE}	43,80 ^{BC}	0,356 ^{CD}	29,49 ^B
	48	10,06 ^{DE}	43,59 ^{BC}	0,355 ^{CD}	30,02 ^B
	52	10,60 ^A	46,59 ^A	0,377 ^A	36,42 ^{AB}
	56	10,09 ^{DE}	39,96 ^{DE}	0,359 ^{CD}	31,22 ^B
	60	10,00 ^E	40,29 ^{DE}	0,358 ^{CD}	33,21 ^{AB}
	64	10,47 ^{AB}	37,22 ^F	0,372 ^{AB}	29,62 ^B
68	10,09 ^{DE}	41,51 ^{CD}	0,350 ^D	32,30 ^B	
Systém ustájení	Klec	9,99 ^B	42,14	0,355 ^B	29,92 ^B
	Voliéra	10,28 ^A	42,54	0,360 ^A	32,22 ^A
Průkaznost	Věk (V)	0,0001	0,0001	0,0001	0,0009
	Ustájení (U)	0,0001	0,3886	0,0029	0,0011
	V*U	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
SEM		0,0250	0,2440	0,0010	0,36

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

Tabulka č.4: Vybrané parametry kvality žloutku v závislosti na věku nosnic a systému ustájení

		Podíl žloutku (%)	Index žloutku (%)	Barva žloutku
Věk (týdnů)	20	21,70 ^G	48,79 ^A	11,49 ^{FG}
	24	23,45 ^F	44,94 ^B	11,59 ^{FG}
	28	25,45 ^E	44,52 ^{BC}	12,36 ^{AB}
	32	25,31 ^E	43,71 ^{DEF}	12,20 ^{BC}
	36	26,26 ^D	42,53 ^{GH}	11,43 ^G
	40	26,72 ^{CD}	41,95 ^{HI}	11,76 ^{EF}
	44	26,79 ^{CD}	41,55 ^I	11,89 ^{DE}
	48	27,48 ^{AB}	44,25 ^{BCD}	12,55 ^A
	52	26,81 ^{CD}	44,45 ^{EF}	11,97 ^{CDE}
	56	26,80 ^{CD}	43,14 ^{FG}	12,39 ^{AB}
	60	26,98 ^{BC}	43,95 ^{CDE}	12,11 ^{BCD}
	64	26,98 ^{BC}	40,37 ^J	12,22 ^{BC}
68	27,78 ^A	41,36 ^I	12,28 ^{AB}	
Systém ustájení	Klec	26,11	43,68 ^A	12,26 ^A
	Voliéra	25,94	43,16 ^B	11,78 ^B
Průkaznost	Věk (V)	0,0001	0,0001	0,0001
	Ustájení (U)	0,1106	0,0001	0,0001
	V*U	0,0001	0,0001	0,0001
SEM		0,0680	0,0880	0,0300

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

V tabulce č. 4 jsou patrné výsledné hodnoty parametrů podílu žloutku, indexu žloutku a barvy žloutku v závislosti na věku a ustájení nosnic.

Byl prokázán statisticky významný vliv věku na podíl žloutku ($P \leq 0,0001$), vliv ustájení na podíl žloutku nebyl statisticky významný ($P=0,1106$). Podíl žloutku se s věkem zvyšoval až na hodnotu 27,78 % dosaženou ve věku 68 týdnů, v průběhu věku byl zaznamenán jeden výkyv, a to ve věku 48 týdnů, kdy byla hodnota podílu žloutku 27,48 %.

Byl zaznamenán statisticky významný vliv věku ($P \leq 0,0001$) i systému ustájení ($P=0,0001$) na index žloutku. Hodnoty indexu žloutku vykazovaly s věkem nosnic kolísavou tendenci, kdy nejvyšší hodnoty měla vejce od nosnic ve věku 20 týdnů (48,79 %) a nejnižší hodnotu měla vejce od nosnic v 64 týdnech věku, a to 40,37 %. Nosnice chované v obohacených klecích produkovala vejce s vyšším indexem žloutku (43,68 %), než nosnice z voliérového systému chovu (43,16 %).

Byl zjištěn statisticky významný vliv věku ($P \leq 0,0001$) a ustájení ($P \leq 0,0001$) na parametr barvy žloutku. Hodnoty barvy žloutku mezi 20 týdny a 32 týdny měli stoupající tendenci, ve 36. týdnu věku došlo ovšem k propadu hodnoty (11,43), a následnému zvyšování hodnot. Nejvyšší barva žloutku byla od nosnic ve věku 48 týdnů (12,55), proti tomu nejnižší hodnotu vykazovala vejce od nosnic ve věku 36 týdnů (11,43). V případě systému ustájení produkovaly nosnice z klecového systému vejce s tmavší barvou žloutku (12,26), oproti nosnicím z voliér (11,78).

Tabulka č. 5 udává průměrné hodnoty podílu bílku, indexu bílku, Haughových jednotek a podílu žloutek/bílek.

Byl zjištěn statisticky významný vliv věku ($P \leq 0,0001$) na parametr podílu bílku, ale statisticky významný vliv ustájení na podíl bílku nebyl potvrzen ($P=0,3161$). Z hodnot podílu bílku je patrná snižující se tendence v průběhu věku nosnice, kdy vejce s největším podílem bílku snášely nosnice ve věku 20 týdnů (67,93 %), naopak nejnižší podíl bílku ve vejci bylo od nosnic ve věku 68 týdnů (62,13 %).

Statisticky průkazný vliv systému ustájení ($P=0,4580$) a věku ($P=0,3117$) na index bílku nebyl potvrzen. V případě průměrných hodnot indexu bílku bylo zaznamenáno snížení hodnoty věkem nosnic, mezi týdny 20 a 24 bylo skokové snížení hodnoty z 15,21 % na 11,97 %. Další průběh snížení byl mírný, kdy nejvyšší hodnota byla u vajec od nosnic ve 20 týdnech věku a nejnižší ve věku 68 týdnů (7,04 %).

U parametru Haughovy jednotky, byl zjištěn statisticky významný vliv věku ($P \leq 0,0001$) a systému ustájení ($P \leq 0,0001$). Průměrné hodnoty Haughových jednotek vykazují snižující trend jako v případě předchozího parametru, kdy nejvyšší hodnoty kvality Haughových jednotek měla vejce snesená od nosnic věku 20 týdnů (100,02) a nejnižší hodnotu měla vejce od nosnic ve věku 64 týdnů (76,96). V rámci vlivu systému ustájení, byla získána z klecového systému vejce s vyšší hodnotou (86,46), oproti vejcím z voliér (85,49).

U parametru podíl bílek/žloutek byl zřejmý průkazný vliv věku ($P \leq 0,0001$), kdežto vliv systému ustájení byl neprůkazný ($P=0,4257$). Průměrné hodnoty podílu bílek/žloutek se postupně zvyšovaly až do 48. týdne věku nosnic (0,4420), od tohoto věku průměrné hodnoty tohoto parametru se začaly snižovat až do 64. týdne věku (0,4284), během 68 týdne věku byl zaznamenán výkyv nahoru (0,4493) a tato hodnota byla nejvyšší za dobu sledování. Nejnižší hodnota byla naměřena u vajec od nosnic ve věku 20 týdnů (0,3205).

Tabulka č.5: Vybrané parametry kvality bílku v závislosti na věku nosnic a systému ustájení

		Podíl bílku (%)	Index bílku (%)	Haughovy jednotky	Podíl žloutek/bílek
Věk (týdnů)	20	67,93 ^A	15,21 ^A	100,02 ^A	0,3205 ^G
	24	66,27 ^B	11,97 ^B	93,05 ^B	0,3550 ^F
	28	64,95 ^C	11,42 ^C	91,70 ^B	0,3927 ^E
	32	64,49 ^{CD}	10,69 ^D	88,80 ^C	0,3941 ^E
	36	64,21 ^D	9,21 ^E	83,06 ^{EF}	0,4103 ^D
	40	63,03 ^E	8,99 ^E	86,07 ^{CDE}	0,4255 ^C
	44	63,00 ^E	9,21 ^E	82,62 ^{FG}	0,4268 ^C
	48	62,46 ^{EF}	9,41 ^E	85,65 ^{DEF}	0,4420 ^{AB}
	52	62,59 ^{EF}	8,93 ^E	84,84 ^{DEF}	0,4304 ^{BC}
	56	63,11 ^E	9,52 ^E	86,69 ^{CD}	0,4277 ^C
	60	63,02 ^E	8,11 ^F	81,09 ^{GH}	0,4296 ^{BC}
	64	62,76 ^{EF}	7,52 ^G	76,96 ^I	0,4284 ^C
	68	62,13 ^F	7,04 ^G	79,63 ^{HI}	0,4493 ^A
Systém ustájení	Klec	63,90	9,72	86,46 ^A	0,4111
	Voliéra	63,78	9,86	85,49 ^B	0,4092
Průkaznost	Věk (V)	0,0001	0,4580	0,0001	0,0001
	Ustájení (U)	0,3161	0,3117	0,0001	0,4257
	V*U	0,0001	0,4200	0,0001	0,0001
SEM		0,0730	5,9680	0,3160	0,0015

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

6 Diskuze

Kvalita vajec je ovlivněna mnoha faktory, mezi nejdůležitější patří věk slepice, genotyp a výživa (Tang et al. 2015), ale také systém ustájení je významným faktorem, který působí na konečnou kvalitu vajec (Matt et al. 2009).

Podle Johnstona & Gouse (2007) je hmotnost vajec ovlivněna věkem, který je hlavní vnitřní faktor ovlivňující tento parametr kvality. Ledvinka & Klesalová (2002) uvedli, že hmotnost vajec během prvních třech měsíců snášky se výrazně zvyšuje, tato informace je totožná s našimi výsledky, kdy se hmotnost vajec zvyšovala do 44 týdnů věku nosnic na hmotnost 67 g.

V případě parametru hmotnosti vejce byl zjištěn statisticky významný vliv věku ($P \leq 0,0001$) i ustájení ($P \leq 0,0001$). Také Kraus & Zita (2019) zjistili statisticky významný vliv věku nosnic ($P=0,001$) na hmotnost vajec. Z výsledků pokusu Ledvinky et al. (2008) je patrné, že vyšší hmotnost měla vejce od nosnic z obohacených klecí (63,25 g), oproti voliére (62,20 g), v našem případě jsou výsledky opačné, kdy nosnice z voliérového systému ustájení produkovaly vejce s vyšší hmotností (64,6 g) v porovnání s obohacenými klecemi (63,53 g), tyto výsledky potvrzují Zemková et al. (2007).

Zita et al. (2009) uvádějí, že index tvaru vajec ovlivňuje věk nosnice. Vejce mají s věkem více protáhlý tvar, proto hodnoty indexu tvaru vejce se snižují na ideální hodnoty (Kraus & Zita 2019). Tyto výsledky se podobají našimi zjištěnými, kdy byl zjištěn statisticky významný vliv věku nosnice ($P \leq 0,0001$) na index tvaru vejce. Studie Lewka & Gornowicze (2011) udává, že vejce s nevyšší hodnotou indexu tvaru vejce měla z volného výběhu (79,29), následovala je vejce z voliérového systému (79,00) a poslední byla vejce pocházející z obohacených klecí, ta měla nejvíce vejčitý tvar. V našem případě nebyl zjištěn statisticky významný vliv ustájení ($P=0,3730$) na hodnotu indexu tvaru vejce.

Dle Tůmové & Ledvinky (2009) vejce s nejtěžší skořápkou byla snesena od nosnic ve věku 60 týdnů (6,67 g). Naši zjištěné hodnoty jsou podobné v daném věku, kdy nosnice měly průměrnou hmotnost skořáčky 6,53 g. Vejce s nejtěžší skořápkou byla od nosnic ve 44 týdnech věku (6,83 g) a byl zjištěn statisticky významný vliv věku nosnice na podíl skořáčky ($P \leq 0,0001$). Tůmová & Ledvinka (2009) dále uvádějí, že vejce s nejnižší hmotností skořáčky byla od nosnic ve věku 20-24 týdnů (5,05 g), naši sledované nosnice v daném věku snesly vejce s průměrnou hmotností skořáčky 5,85 g, což představuje o 0,8 g vyšší hmotnost skořáčky než výše zmíněné výsledky Tůmové & Ledvinky (2009). Tůmová et al. (2011) porovnávali vejce z různých ustájecích systémů a jejich výsledky ukazují, že vejce s nejvyšším podílem skořáčky byla z klecových systémů, tato informace nekoresponduje s našimi výsledky, kde vyšší podíl skořáčky byl zjištěn u vajec z voliérového systému a vliv ustájení byl vyhodnocen jako statisticky významný ($P \leq 0,0001$).

Hunton (2005) udává, že pevnost skořáčky je výsledkem kombinace složení skořáčky, tloušťky skořáčky a pevnosti skořáčky.

Dle Kebreaba (2009) se vlastnosti skořáčky mohou lišit v různých fázích věku nosnic, což koresponduje s našimi zjištěnými výsledky, kdy pevnost skořáčky vykazovala kolísavý trend v průběhu věku nosnic a byl zjištěn statisticky významný vliv věku nosnice ($P \leq 0,0001$) na pevnost skořáčky. Tůmová et al. (2011) uvedli, že pevnost skořáčky nemusí souviset s tloušťkou skořáčky, kdy vejce se silnější skořápkou získali od nosnic z voliérového

systemu oproti vejcím z obohacených klecí, ale skořápka u vajec z voliérového systému i přes svoji tloušťku vykazovala menší pevnost. Také vyšší pevnost uvedli Lichovnicková & Zeman (2008) v případě klecových systémů, což může souviset, jak uvedli s vyšším obsahem vápníku ve skořápce. Námí nebyl zjištěn statisticky významný vliv ustájení ($P=0,3886$) na pevnost skořápky.

Ledvinka & Klesalová (2002) uvedli, že skořápka se s věkem nosnice ztenčuje a snižuje se tak její procentuální podíl, z našich výsledků je patrné, že se tloušťka skořápky začala snižovat od 56. týdne věku nosnic (kromě výkyvu v 64. týdnu věku). Vliv věku byl zjištěn jako statisticky významný ($P=0,001$). Podobné výsledky uvedli Zita et al. (2009), při jejich pozorování se zvyšovala tloušťka skořápky až do konce první fáze snášky a poté se snižovala. Tůmová et al. (2011) uvedli ve svých výsledcích, že vejce se silnější skořápkou získali od slepic z voliérového systému oproti vejcím od slepic z obohacených klecí. Námí zjištěné výsledky se shodují, kdy nosnice z voliérového systému ustájení snášela vejce se silnější skořápkou (0,360 mm) oproti obohaceným klecím (0,355 mm), u ustájení byl zjištěn statisticky významný vliv ($P=0,0029$).

Tmavší barva skořápky je pozitivně hodnocena spotřebiteli, jak uvedli Cavero et al. (2012), z naší analýzy vyplývá, že tmavší vejce byla získána od nosnic z obohacených klecí, tento výsledek byl vyhodnocen jako statisticky významný ($P \leq 0,0001$), také Samiullah et al. (2014) udávají, že v klecových systémech jsou produkována vejce s tmavší skořápkou.

Lewko & Gornowicz (2011) uvedli, že nosnice pocházející z klecových systémů produkují vejce s nejvyšším podílem žloutku. Tůmová et al. (2011) také konstatovaly, že vejce s vyšším podílem žloutku jsou produkována v obohacených klecích oproti voliérovému systému ustájení. Toto tvrzení potvrdili i Englmaierová & Tůmová (2009), které zjistily vyšší podíl žloutku v případě klecového systému oproti voliére, a to 27,2% oproti 26,7%. Námí nebyl zjištěn prokazatelně významný vliv ustájení ($P=0,1106$) na podíl žloutku, ale vliv věku byl vyhodnocen jako statisticky významný ($P \leq 0,0001$).

V případě parametru index žloutku byl zjištěn průkazný vliv věku ($P \leq 0,0001$) i ustájení ($P \leq 0,0001$), kdy v obohacených klecích byla produkována vejce s vyšší hodnotou indexu žloutku (43,68 %), oproti voliérového systému (43,16 %). Také Tůmová & Ebeid (2005) zaznamenali ve svých výsledcích, že nosnice z voliérového systému ustájení snášejí vejce s nižším indexem žloutku. Ledvinka et al. (2008) vliv systému ustájení na hodnotu indexu žloutku v porovnání obohacených klecí a voliér neprokázali.

Leyendecker et al. (2001) ve své studii zjistili nejvyšší hodnotu barvy žloutku v obohacených klecích oproti ostatním systémům. Toto tvrzení potvrzuje námí zjištěné výsledky, kdy nosnice ustájené v obohacených klecích snášely vejce s hodnotou 12,26, oproti voliérovému systému 11,78. V případě barvy žloutku byl zjištěn statisticky významný vliv systému ustájení ($P \leq 0,0001$) na barvu žloutku. Také Tůmová et al. (2011) uvedli, že na barvu žloutku, měl systém ustájení významný vliv.

Pišťková et al. (2006) ve své studii zjistili, že vejce s nejvyšším podílem bílku byla získána z voliérového systému oproti ostatním systémům. Tyto výsledky potvrzuje i studie Englmaierové & Tůmové (2009), které zjistily hodnotu podílu bílku u vajec z voliérového systému ustájení (61,7 %) oproti klecovému systému (60,6 %). Naše výsledky tato tvrzení nepotvrzují, nebyl zjištěn statisticky významný vliv ustájení ($P=0,3161$) na hodnotu podílu bílku.

Englmaierová & Tůmová (2009) zjistily statisticky průkazný vliv ustájení na hodnotu indexu bílku, kdy vejce s vyšší hodnotou indexu bílku byla získána od nosnic z klecového systému oproti vajec z voliér. V našem případě nebyl prokázán statisticky průkazný vliv věku ($P=0,4580$) i ustájení ($P=0,3117$).

Výsledky Ledvinky et al. (2008) ukázaly, že vyšší hodnota Haughových jednotek byla u vajec z obohacených klecí (81,35), nežli ve voliérovém systému ustájení (78,19), tyto výsledky se shodují s námi zjištěnými, kdy z obohacených klecí byla získána vejce s hodnotou Haughových jednotek (86,46) a z voliérového systému (85,49) a vliv ustájení byl vyhodnocen jako statisticky významný ($P\leq 0,0001$). Naše výsledky dále potvrzují Moorthy et al. (2000), kteří zjistili také nižší hodnoty Haughových jednotek v případě voliérového systému ustájení. Lewko & Gornowicz (2011) zjistili poněkud nižší hodnoty Haughových jednotek oproti námi zjištěnými a nepotvrzují námi zjištěné vyšší hodnoty u klecového systému. V jejich studii byla získána vejce z obohacených klecí s nižší hodnotou Haughových jednotek (62,8), oproti voliérovému systému (69,7).

Podíl žloutek/bílek je ovlivněn věkem nosnice (Akbar et al. 1983), v našem případě se podíl žloutek/bílek měnil s věkem nosnic a byl zjištěn jako statisticky významný ($P\leq 0,0001$). Fletcher et al. 1981 konstatovali, že v průběhu snášky s věkem se podíl žloutek/bílek zvyšuje, tato informace přímo koresponduje s námi získanými výsledky. Vyšší podíl žloutek/bílek zjistili Lordelo et al. (2017) v klecovém systému oproti ostatním systémům, námi zjištěné výsledky tuto informaci nepotvrzují, v našich výsledcích nebyl zjištěn průkazný vliv ustájení ($P=0,4257$) na podíl žloutek/bílek.

7 Závěr

Vejde je z pohledu konzumenta velmi oblíbenou složkou jídelníčku, ať už z hlediska cenové dostupnosti, tak i z pohledu rychlé přípravy pokrmů z vajec. Navíc vejce obsahuje bílkoviny, které se vyznačují vysokou stravitelností, která je způsobena obsahem všech esenciálních bílkovin ve správném poměru.

V rámci diplomové práce byl hodnocen systém ustájení a věku na technologickou kvalitu vajec. Nosnice byly ustájeny ve dvou systémech ustájení, a to v obohacených klecích a voliérovaném systému. Pomocí laboratorních analýz byly u získaných vajec stanoveny vybrané parametry technologické kvality: hmotnost vajec, index tvaru vejce, hmotnost skořápky, podíl skořápky, pevnost skořápky, tloušťka skořápky, barva skořápky, hmotnost žloutku, podíl žloutku, index žloutku, barva žloutku, podíl žloutek/bílek, hmotnost bílku, podíl bílku, index bílku a Haughovy jednotky.

Z námi zjištěných výsledků je patrné, že vliv ustájení byl prokazatelný u sedmi ze třinácti sledovaných parametrů. Statisticky významný vliv systému ustájení byl zjištěn u hmotnosti vejce, podílu skořápky, tloušťky skořápky, barvy skořápky, indexu žloutku, barvy žloutku a Haughových jednotek.

Signifikantní vliv věku byl zjištěn u všech hodnocených parametrů technologické kvality vajec, kromě indexu bílku. S věkem nosnic docházelo ke zvyšování hmotnosti vejce, tloušťky skořápky, podílu žloutku, barvy žloutku a podílu žloutek/bílek. V závislosti na věku byl pozorován kolísavý charakter u podílu skořápky, pevnosti skořápky, tloušťky skořápky, barvy skořápky a indexu žloutku. Naopak ke snížení sledovaných hodnot došlo u indexu tvaru vejce, podílu bílku, indexu bílku a Haughových jednotek.

Výběr vhodného systému ustájení nosnic hraje v dnešní době zásadní vliv, co se týče ekonomiky chovu nosnic. Z našich výsledků nelze jednoznačně určit, z kterého systému ustájení jsou produkována vejce s vyšší technologickou kvalitou. Obohacené klece z ekonomického hlediska představují nejefektivnější způsob ustájení. Avšak postavení médií, prodejních řetězců a laidské veřejnosti k zmíněné problematice chovatelům v efektivní produkci konzumních vajec nepomáhá.

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

8 Literatura

- Akbar MK, Gavora JS, Friars GW, Gowe RS. 1983. Composition of eggs by commercial size categories: Effects of genetic group, age, and diet. *Poultry Science* **62**:925–933
- Anderson K, Adams AW. 1994. Effect of cages versus floor environments and cages floor mesh size on bone strength, fearfulness and production of single comb White Leghorn hens. *Poultry Science* **73**:1233-1240.
- Aygun A. 2013. Effects of force molting on eggshell colour, egg production and quality traits in laying hens. *Revue Med Vet* **164**:46-51.
- Bain M. 1997. A reinterpretation of eggshell strength. Manson Publishing Ltd. London.
- Blokhuis HJ, Van Niekerk TF, Bessei W, Elson A, Guémené D, Kjaer JB, Van De Weerd HA. 2007. The LayWel project: welfare implications of changes in production systems for laying hens. *World's Poultry Science Journal* **63**:101-114.
- Borowiec F, Rościszewska M, Popek W, Łapiński S. 2001. The chemical composition of the *Eisenia fetida*. *Rocz. Nauk. Zoot.* **12**:357-363.
- Campo JL, Gil MG, Davila SG. 2007. Differences among white, tinted, and brown-egg laying hens for incidence of eggs laid on the floor and for oviposition time. *Archiv für Geflügelkunde* **71**:105-109.
- Cavero D, Schmutz M, Icken W, Preisinger R. 2012. Lohmann Tierzucht GmbH. Cuxhaven, Germany.
- Coutts JA, Graham CW, Fernández S, Rosales E, Weber G, Hernández JM. 2007. Optimum egg quality. A practical approach. 5M Publishing. Sheffield, United Kingdom.
- ČSÚ.2020. Chov drůbeže – 2019. Český statistický úřad. Available from <https://www.czso.cz/csu/czso/chov-drubeze-2019> (accessed January 2020).
- 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 Animal Science.* **8**:345-352.
- Englmaierová M, Skřivan M. 2018. Pastevní chov slepic a kvalita jejich vajec. *Drůbežář* **12**:14-15.
- Englmaierová M, Tůmová E. 2009. The effect of housing system and storage time on egg quality characteristics. Proceedings of the 19th (XIX) European Poultry Symposium on Quality of Poultry Meat, XIII European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products. Turku, Finland.
- Fletcher DL, Britton WM, Rahn AP, Savage SI. 1981. The influence of layer flock age on egg component yields and solids content. *Poultry Science* **60**:983-987.
- Gałązka-czarnecka J, Korzeniewska E, Czarnecki A, Sójka M, Kielbasa M, Drózdź T. 2019. Evaluation of Quality of Eggs from Hens Kept in Caged and Free-Range Systems Using Traditional Methods and Ultra-Weak Luminescence. *Applied Sciences* **9**:2430-2430.

- Gantois I, Ducatelle R, Pasmans F, Haesebrouck F, Gast R, Humphrey TJ, Van Immerseel F. 2009. Mechanisms of egg contamination by *Salmonella* Enteritidis. *Federation of European Microbiological Societies* **33**:718-738.
- Halaj M, Golian J. 2011. *Vajce biologické, technické a potravinárske využitie*. Garmond. Nitra.
- Hammershøj M, Steinfeldt M. 2015. Organic egg production. II: The quality of organic eggs is influenced by hen genotype, diet and forage material analyzed by physical parameters, functional properties and sensory evaluation. *Animal Feed Science Technology* **208**:182-197.
- Hammershøj M, Johansen NF. 2016. The effect of grass and herbs in organic egg production on egg fatty acid composition, egg yolk colour and sensory properties. *Livestock Science*. **194**:37-43.
- Hanusová E, Hrnčár C, Hanus A, Oravcova M. 2015. Effect of breed on some parameters of egg quality in laying hens. *Acta Fytotechnica Zootechnica* **1**:20-24.
- Hendrix Genetics. 2020. Bovans Brown. Integra, a.s. Available from <https://www.integrazabcice.cz/cs/produkty/bovans-brown-cz/> (accessed January 2020).
- Hincke MT, Tsang CP, Courtney M, Hill V, Narbaitz R. 1995. Purification and immunochemistry of a soluble matrix protein of the chicken eggshell (ovocleidin 17). *Calcified Tissue International* **56**:578-583.
- Holt PS, Davies RH, Dewulf J, Gast RK, Huwe JK, Jones DR, Waltman D, Wilian KR. 2011. The impact of different housing systems on egg safety and quality. *Poultry Science* **92**:251-262.
- Hooge DM. 2007. *Bacillus subtilis* spores improve brown egg colour. *World Poultry* **23**:14-15.
- Horne PLM. 2019. Competitiveness the EU egg sector, base year 2017: international comparison of production costs. Wageningen Economic Research. Wageningen.
- Horsted K, Hammershøj M, Hermansen JE. 2006. Short-term effects on productivity and egg quality in nutrient-restricted versus non-restricted organic layers with access to different forage crops. *Acta Agricultural Scandinavica a Animal Science* **56**:42-54.
- Hunton P. 2005. Research on eggshell structure and quality: An historical overview. *Journal Poultry Science* **7**:67-71.
- Huyghebaert G, Daeseleire E, Grijspeerdt K, van Renterghem R. 2002. The deposition profile of oxy-carotenoids, fat and PCBs in egg yolks. *Arch Geflüg* **66**:216-223.
- Chowdhury SD. 1990. Shell membrane system in relation to lathrogen toxicity and copper deficiency. *World Poultry Science Journal* **46**:153-169.
- Iannotti LL, Lutter CK, Bunn DA, Stewart CP. 2014. Eggs: the uncracked potential for improving maternal and young child nutrition among the world's poor. *Nutrition Reviews* **72**:355-368.

- Johnston SA, Gous RM. 2007. Modelling the changes in the proportions of the egg components during a laying cycle. *British Poultry Science* **48**:347-353.
- Jolivet P, Boulard C, Chardot T, Anton M. 2008. New insights into the structure of apolipoprotein B from low-density lipoproteins and identification of a novel YPG-like protein in hen egg yolk. *Journal of Agricultural Food Chemistry* **56**:5871-5879.
- Kadlec P, Boháčenko I, Bubník Z, Čeřovský M, Čopíková J, Demnerová K, Dobiáš J, Dostálová J, Hajšlová J, Hrušková M, Janda V, Marek M, Miková K, Opatová H, Pazlarová J, Pipek P, Příhoda J, Strnadová N, Valentová O, Voldřich M. 2008. *Technologie potravin I. Vysoká škola chemickotechnologická v Praze. Praha.*
- Karadas F, Wood NAR, Surai PF, Sparks NHC. 2005. Tissue-specific distribution of carotenoids and vitamin E in tissues of newly hatched chicks from various avian species. *Comp Biochem Physiol A* **140**:506-511.
- Kebreab E, France J, Kwakkel RP, Lesson S, Darmani-Kuhi H, Dijkstra J. 2009. Development and evaluation of a dynamic model of calcium and phosphorus flows in layers. *Poultry Science* **88**:680-689.
- Klein S, Mathiaud A, Thoraval Y. 2013. Study on laying hens behavior in enriched cages. Actes des 10èmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras du 26 au 28 mars. La Rochelle. France.
- Košar K, Návarová H, Procházka D. 2004. Zásady welfare a nové standarty EU v chovech drůbeže. Výzkumný ústav živočišné výroby. Praha - Uhřetěves.
- Kovobel, výrobní družstvo Domažlice. 2020. Obohacený klecový systém pro chov nosnic. Kovobel. Available from <https://www.kovobel.cz/technologicka-zarizeni-pro-chov-drubeze/produkt/obohaceny-klecovy-system-pro-chov-nosnic> (accessed January 2020)
- Kraus A, Zita L. 2019. The Effect of Age and Genotype on Quality of Eggs in Brown Egg-Laying Hybrids. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* **67**:407-414.
- Kříž L. 1997. Zpracování a ošetření drůbežích produktů. Institut výchovy a vzdělání Ministerstva zemědělství České republiky v Praze. Praha.
- Kul S, Seker I. 2004. Phenotypic Corellations Betwen Some External and Internal Egg Quality Traits in the Japanese Quail (*Coturnix coturnix japonica*). *International Journal of Poultry Science* **6**:400-405.
- Kusuda S, Iwasawa A, Doi O, Ohya Y, Yoshizaki N. 2011. Diversity of the Cuticle Layer of Avian Eggshells. *The Journal of Poultry Science* **48**:119-124.
- Lapão C, Gama LT, Soares MC. 1999. Effects of broiler breeder age and length of egg storage on albumen characteristics and hatchability. *Poultry Science* **78**:640-645.
- Ledvinka Z, Tůmová E, Arent E, Holoubek J, Klesalová L. 2000. Egg shell quality in some white-egged and brown-egged cross combinations of dominant hens. *Czech Journal Animal Science* **45**:285-288.

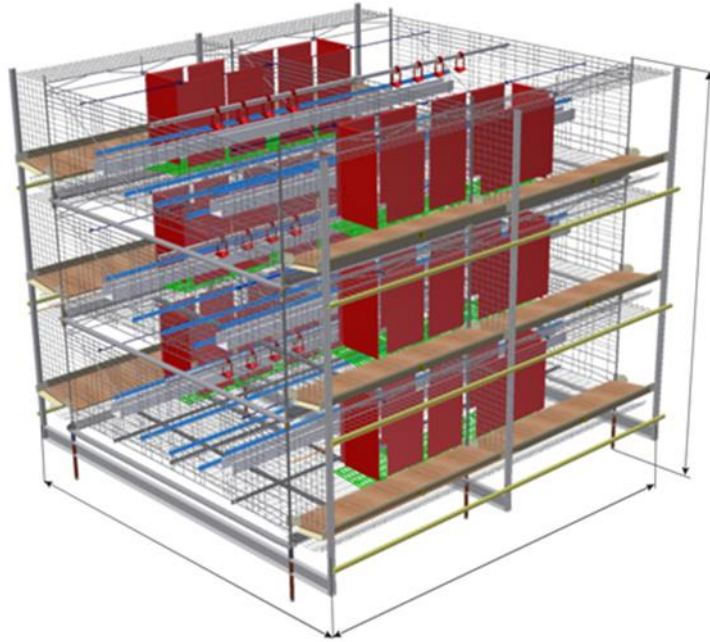
- Ledvinka Z, Klesalová L. 2002. Hmotnost vajec a faktory, které ji ovlivňují. *Náš chov* **7**:54.
- Ledvinka Z, Zita L, Tůmová E. 2009. Selected chapters from poultry breeding. Powerprint s.r.o. Praha.
- Ledvinka Z, Tůmová E, Štolc L. 2008. Užítkovost nosnic a kvalita vajec v různých systémech chovu. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha.
- Ledvinka Z, Tůmová E, Englmaierová M, Podsedníček M. 2012. Egg quality of three laying hen genotypes kept in conventional cages and on litter. *Archiv für Geflügelkunde* **76**:38-43.
- Lewko L, Gornowicz E. 2011. Effect of housing system on egg quality in laying hens. *Annals of Animal Science* **11**:607-616.
- Leyendecker M, Hamann H, Hartung J, Kamphues J, Ring C, Glünder G, Ahlers C, Sander I, Neumann U, Distl O. 2001. Analysis of genotype-environment interactions between layer lines and housing systems for performance traits, egg quality and bone strength. 2nd communication: Egg quality traits. *Züchtungskunde* **73**:308-323.
- Li-Chan ECY, Kim O. 2008. Structure and chemical composition of eggs. *Egg Bioscience and Biotechnology*. Hoboken.
- Lichovniková M, Zeman L. 2008. Effect of housing system on the calcium requirement of laying hens and on eggshell quality. *Czech Journal of Animal Science* **53**:162-168.
- Machander M, Zimová S. 2019. Stavby drůbeže v rozmnožovacích chovech, stavy nosnic a líhnutí v roce 2018. *Drůbežář* **2**:27-28.
- Mann K. 2007. The chicken egg white proteome. *Proteomics* **7**:3558-3568.
- Mann K, Mann M. 2008. The chicken egg yolk plasma and granule proteomes. *Proteomics* **8**:178-191.
- Marzec A, Damaziak K, Kowalska H, Riedel J, Michalczyk M, Koczywas E, Cisnero F, Lenart A, Niemiec J. 2019. Effect of Hens Age and Storage Time on Functional and Physiochemical Properties of Eggs. *Journal of Applied Poultry Research* **28**:290-300.
- Matoušek V, Tůmová E, Kernerová N, Ledvinka Z, Zita L. 2013. Chov hospodářských zvířat II. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. České Budějovice.
- Matt D, Veromann E, Luik A. 2009. Effect of housing systems on biochemical composition of chicken eggs. *Agronomy Research* **7**:662-667.
- Mertens F, Bamelis B, Kemps B, Kamers E, Verhoelst B, De Ketelaere M, Bain Decuypere E, De Baerdemaeker J. 2006. Monitoring of eggshell breakage and egg shell strength in different production chains of consumption eggs. *Poultry Science* **9**:1670-1677.
- Miksik I, Ergang P, Pacha J. 2014. Proteomic analysis of chicken eggshell cuticle membrane layer. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* **406**:7633-7640.
- 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**:628-630.

- Moorthy M, Sundaresan K, Viswanathan K. 2000. Effect of feed and system management on egg quality parameters of commercial White Leghorn Layers. *Indian Veterinary Journal* **77**:233-236.
- Nedomová Š, Severa L, Buchar J. 2009. Influence of hen egg shape on eggshell compressive strength. *International Agrophysics* **23**:249-256.
- Nedomová Š, Simeonovová J. 2010. Vliv délky a teploty skladování na jakostní parametry vajec. *Potravinářstvo* **2**:196-203.
- Nys Y, Guyot N. 2011. Egg formation and chemistry. Woodhead Publishing series in Food Science **1**:83-132.
- Nys Y, Zawadzki J, Gaultron J, Mills AD. 1991. Whitening of brown-shelled eggs: Mineral composition of uterine fluid and rate of protoporphyrin deposition. *Poultry Science* **70**:1236-1245.
- Nys Y, Burlot T, Dunn IC. 2008. Internal quality of eggs: any better, any worse? Australian branch. Brisbane, Australie.
- Odabasi AZ, Miles RD, Balaban MO, Portier KM, Sampath V. 2006. Vitamin C overcomes the detrimental effect of vanadium on brown eggshell pigmentation. *Appl. Poultry Res.* **15**:425-432.
- Olawumi SO, Ogundale JT. 2008. Phenotypic Correlations Between Some External and Internal Egg Quality Traits in the Exotic Isa Brown Layer Breeders. *Asian Journal of Poultry Science* **1**:30-35.
- Park JH, Kang SN, Chu GM, Jin SK. 2014. Growth performance, blood cell profiles, and meat quality properties of broilers fed with *Saposhnikovia divaricata*, *Lonicera japonica*, and *Chelidonium majus* extracts. *Livestock Science* **165**:87-94.
- Peterman S. 2003. Laying hens in alternative housing systems – practical experiences. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift* **110**:220-224.
- Pišťeková V, Hovorka M, Večerek V, Straková E, Suchý P. 2006. The quality comparison of eggs laid by laying hens kept in battery cages and in a deep litter system. *Czech Journal Animal Science* **51**:318-325.
- Příkryl M, Koudřa J, Hruboňová Z. 2012. Technologické systémy uplatňující standardy pro ochranu nosnic. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha.
- Rakib TM, Akter L, Barua SR, et al. 2016. Effects of age, rearing system and their interaction on phenotypic characteristics in hisex brown laying hens. *Scientific Journal of Veterinary Advances* **5**:87-96.
- Rehault S, Anton M, Nau F, Gautron J, Nys Y. 2007. Biological activities of the egg. *Productions Animales* **20**:337-347.
- Roberts JR. 2004. Factors affecting egg internal quality and eggshell quality in laying hens. *Journal of Poultry Science* **41**:161-177.
- Sarica M, Erensayin C. 2009. Poultry Products. *Poultry Science* 89-138.

- Samiullah, Roberts JR, Chousalkar KK. 2014. Effect of production system and flock age on egg quality and total bacterial load in commercial laying hens. *The Journal of Applied Poultry Research* **23**:59-70
- Seo YM, Shin KS, Rhee AR, Chi YS, Han J, Paik IK. 2010. Effects of dietary Fe-soy proteinate and MgO on egg production and quality of eggshell in laying hens. *Asian Australas Journal Animal Science***23**:1043-1048.
- Silversides FG, Scott TA. 2001. Effect of storage and layer age on quality of eggs from two lines of hens. *Poultry Science* **80**:1240-1245.
- Simeonovová I, Míková K, Kubišová S, Ingr I. 1999. Technologie drůbeže, vajec a minoritních živočišných produktů. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Brno.
- Simeonovová J. 2013. Technologie drůbeže, vajec a minoritních živočišných produktů. Mendelova univerzita v Brně. Brno.
- Singh R, Cheng KM, Silversides FG. 2009. Production performance and egg quality of four strains of laying hens kept in conventional cages and floor pens. *Poultry Science* **88**:256-264.
- Sokolowitz Z, Krawczyk J, Dykiel M. 2018. Effect of alternative housing system and genotype on egg quality characteristics. *Emirates Journal of Food and Agriculture* **30**: 695-703.
- Solomon SE. 1997. Egg and Eggshell Quality. Manson Series. Manson.
- Steinhauserová I, Simeonovová J, Nápravníková E, Tremlová B. 2003. Produkce a zpracování vajec, drůbeže, medu. Veterinární a farmaceutická univerzita. Brno.
- Sun CJ, Chen SR, Xu GY, Liu XM, Yang N. 2012. Global variation and uniformity of eggshell thickness for chicken eggs. *Poultry Science*. **91**: 2718-2721.
- Sutly JP, Miles RD, Comer CW, Balaban MO. 2001. The influence of vanadium on pigmentation of brown shelled eggs. *Poultry Science* **80**:1039.
- Tang SGH, SIEO CC, Kalavathy R, Saad WZ, Yong ST, Wong HK, Ho YW. 2015. Chemical Compositions of Egg Yolks and Egg Quality of Laying Hens Fed Prebiotic, Probiotic, and Synbiotic Diets. *Journal of Food Science* **80**:1686-1695.
- Tauson et. al. 1999. Effect of two floor housing systems and cages on health production, and fear response in layers. *Journal of Applied Poultry Research* **8**:152-159.
- Tauson R. 2005. Management and housing systems for layers effects on welfare and production. *World's Poultry science Journal* **61**:477-490.
- Terčič D, Žlender B, Holcman A. 2012. External, internal and sensory qualities of table eggs as influenced by two different production systems. *Agroznanje* **4**:555-562.
- Tupý P, Huml O. 2018. Vaječná skořápka – Její tvorba, struktura a funkce. *Drůbežář* **12**:8-11.
- Tůmová E. 2018a. Vliv systému ustájení na welfare a užitkovost slepic nosného typu. *Drůbežář* **12**:24-27.

- Tůmová E. 2018b. Vliv systému ustájení na kvalitu a bezpečnost produkce konzumních vajec. *Drůbežář* **12**:22-24.
- Tůmová E, Ebeid T. 2003. Effect of housing system on performance and egg quality characteristics in laying hens. *Scientia Agriculturae Bohemica* **34**:73-80.
- Tůmová E, Zita L, Hubený M, Skřivan M, Ledvinka Z. 2007. The effect of oviposition time and genotype on egg quality characteristics in egg type hens. *Czech Journal of Animal Science* **52**:26-30.
- Tůmová E, Ledvinka Z. 2009. The effect of time of oviposition and age on egg weight, egg components weight and eggshell quality. *Archiv für Geflügelkunde* **73**:110-115.
- Tůmová E, Englmaierová M, Ledvinka Z, Charvatová V. 2011. Interaction between housing system and genotype in relation to internal and external egg quality parameters. *Czech Journal of Animal Science* **56**:490-498.
- Tůmová E, Vlčková J, Charvátová V, Drábek O, Tejnecky V, Ketta M, Chodová D. 2016. Interactions of genotype, housing and dietary calcium in layer performance, eggshell quality and tibia characteristics. *South African Journal of Animal Science* **46**:285-293.
- Van Den Brand H, Parmentier HK, Kemp B. 2004. Effects of housing system (outdoor vs cages) and age of laying hens on egg characteristics. *Britisch Poultry Science* **6**:745-752.
- Van Horne PLM. 2019. Competitiveness the EU egg sector, base year 2017: international comparison of production costs. Wageningen Economic Research. Hague, Netherlands.
- Václavovský J, Kernerová N, Matoušek V, Scharcherlová A. 2000. Chov drůbeže. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta. České Budějovice.
- Venglovská K, Gresaková L, Plachá I, Ryzner M, Cobanová K. 2014. Effects of feed supplementation with manganese from its different sources on performance and egg parameters of laying hens. *Czech Journal of Animal Science* **59**:147-155.
- Voslářová E, Hanzálek Z, Večerek V, Straková V Suchý P. 2006. Comparison between laying hen performance in the cage system and the deep litter system on a diet free from animal protein. *Acta Veterinaria Brno* **75**:219-225.
- Wang X, Ford BC, Praul CA, Laech RM. 2002. Collagen x expression in oviduct tissue during the different stages of the egg laying cycle. *Poultry Science* **81**:805-808.
- Yamamoto T, Hatta H, Kim M. 1997. Hen eggs. CRC Press. Boca Raton.
- Zemková L., Simeonovová M., Lichovnicková M., Somerlíková K. 2007. The effects of housing systems and age of hens on the weight and cholesterol concentration of the egg. *Czech Journal of Animal Science* **52**:110-115.
- Zita L, Tůmová E, ŠtolcL. 2009. Effects of genotype, age and their interaction on egg quality in brown-egg laying hens. *Acta Veterinaria Brno* **78**:85-91.
- Zhang M, Li H, Zhao W. 2012. Effect of dietary (aminobutyric acid on laying performance, egg quality, immune activity and endocrine hormone in heat-stressed Roman hens. *Animal Science Journals* **83**:141-147.

9 Samostatné přílohy



Obrázek č. 1: Nákres klecového systému Kovobel SKN-O 240 (Kovobel 2020)



Obrázek č. 2: Bovans Brown (Hendrix Genetics 2020)



Obrázek č. 3: Digitální váhy Ohaus Portable Advanced (Autor DP 2020)



Obrázek č. 4: Reflektometr TSS QCR reflectometer (Autor DP 2020)



Obrázek č. 5: Elektronické posuvné měřidlo JOBI® profi (Autor DP 2020)



Obrázek č. 6: Elektronické posuvné měřidlo (Autor DP 2020)



Obrázek č. 7: Digitální mikrometr Digimatic Outside Micrometer (Autor DP 2020)



Obrázek č. 8: Barevná stupnice DMS YolkFan™ (Autor DP 2020)



Obrázek č. 9: Přístroj Instron Universal Testing Machine (Autor DP 2020)