

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chovu hospodářských zvířat



Faktory ovlivňující kvalitu vajec

Bakalářská práce

Autor práce: Ladislav Linek

Obor studia: Chovatelství

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

© 2019 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „Faktory ovlivňující kvalitu vajec“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské 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 bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 18. 4. 2019

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Lukáši Zítovi, Ph.D. za pozitivní přístup, příjemné jednání, odbornou pomoc a ochotu při psaní této práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Petru Hoškovi za užitečné rady a zkušenosti z chovu slepic nosného typu v obohacených klecích. Zvláštní poděkování patří i mé rodině, za trpělivost a podporu.

Faktory ovlivňující kvalitu vajec

Souhrn

Kvalita vajec zahrnuje různorodé a významné aspekty jako jsou výživové, organoleptické nebo technologické vlastnosti. Hlavní prioritou pro chovatele, potravináře je dodávat především zdravotně nezávadný, bezpečný produkt. V oblasti gastronomické se po světě spotřeba konzumních vajec postupně přesunula či přesouvá od vajec ve skořápce k tekutým vaječným produktům. Na úrovni domácností však převládají skořápková vejce s trendem k výrobkům v tekutém stavu. Separace a zpracování vajec, dává nejen nové možnosti a výzvy pro kontrolu hygienické jakosti vajec, ale zdůrazňuje význam technologické hodnoty vajec.

Produkce vajec je dána nejen jejich počtem, ale důležitá je také technologická hodnota vajec. Kvalita skořápky vajec a jejich vnitřní kvalita jsou velmi důležité pro producenty vajec na celém světě. U vajec před rozbitím je možné posuzovat jejich hmotnost, index tvaru nebo specifickou hmotnost. Kvalita skořápky vajec může být posuzována z pohledu její barvy nebo reflektivity, hmotnosti, podílu z hmotnosti celého vejce. Dále je hodnocena deformace, pevnost a tloušťka skořápky. Vnitřní kvalita vajec je prezentována kvalitou žloutku a bílku. U žloutku i bílku se posuzuje jejich hmotnost, procentuální podíl z vejce jako celku nebo index tvaru těchto částí vejce. Dále pak je hodnocena u žloutku jeho barva a u bílku tzv. Haughovy jednotky.

Kvalita vajec, ať se jedná o celé vejce nebo jednotlivé části, nebo také výše uvedené ukazatele technologické hodnoty, je ovlivněna mnoha faktory, které je možné rozdělit na vlivy vnitřní a vnější. K vnitřním faktorům patří např. genotyp, kdy se porovnává kvalita vajec mezi hnědovaječnými a bělovaječnými nosnicemi nebo slepicemi, které produkují vejce s jinou barvou skořápky. Důležitý je věk nosnic. Udává se zhoršení kvality vajec s věkem nosnic. Také zdravotní stav může ovlivnit kvalitu vajec. Mezi vnější faktory, které ovlivňují kvalitu vajec, patří např. systém ustájení, který je posuzován nejen z hlediska kvality vajec, ale v současnosti diskutován z pohledu welfare. Důležitá je výživa a krmení slepic, konkrétně např. obsah dusíkatých látek, vápníku a fosforu, vitamínů, nebo kontaminace krmiva. Negativně kvalitu vajec mohou ovlivnit podmínky mikroklimatu, např. tepelný stres, což je příklad vzájemného prolínání faktorů vnitřní a vnější povahy. Kvalita vajec je ovlivněna také skladováním nebo manipulací. Pochopení jednotlivých faktorů, které ovlivňují kvalitu vaječné skořápky a vnitřního obsahu vajec, je nezbytné pro bezpečnou produkci vajec vysoké kvality.

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

Factors affecting egg quality

Summary

The quality of eggs includes various and significant aspects such as nutritional, organoleptic or technological features. The main priority for breeders and food producers is to supply harmless and safe product. In the field of gastronomy, the consumption of eggs around the world gradually shifted or is currently shifting from eggs with eggshell to liquid egg products. However, at the household level, use of eggs with eggshell is dominant in comparison to liquid egg products. Separation and processing of eggs, gives new possibilities and challenges to hygiene quality control and emphasizes importance of technological value of eggs.

Egg production is determined not only by the number of eggs, but also by technological value of eggs. The quality of eggshell and internal egg quality are essential for egg producers worldwide. It is possible to assess egg weight, egg shape index or specific weight in eggs before breaking. The eggshell quality can be evaluated by its colour or reflectivity, weight, percentage proportion. Furthermore, deformation, strength and thickness are usually assessed as well. Internal quality of eggs is represented by yolk and albumen quality. The weight, percentage proportion or index are normally evaluated in both, yolk and albumen. Moreover, it is common to also assess yolk colour in yolk and Haugh units in albumen.

The quality of eggs, whether the quality of whole eggs, individual parts or the above-mentioned indicators of technological value, is affected by many factors that can be divided into internal and external. The internal factors include, for example, genotype, where the quality of eggs from brown egg laying and white egg-laying hens or from hens that produce eggs with different eggshell colour is compared. The age of hens is important as well. In general, egg quality deteriorates with the age of hens. Also health condition can influence egg quality. Housing system, which is assessed not only in terms of egg quality, but currently also in terms of welfare, belong among the external factors. Other important factors are nutrition and feeding of hens, concretely the content of crude protein, calcium and phosphorus, vitamins or contamination of feed. Negative effect on the egg quality can have microclimate conditions, for example, heat stress, which is an example of the interaction between internal and external factors. Storage conditions and manipulation affect quality of eggs as well. Understanding the various factors that influence quality of eggshell and quality of internal components, is essential for the safe production of eggs with the highest quality.

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

Obsah

1 Úvod	7
2 Cíl práce.....	9
3 Literární rešerše.....	10
3.1 Vznik a složení vejce	10
3.2 Technologická hodnota vajec	14
3.2.1 Vnější kvalita vajec.....	14
3.2.1.1 Hmotnost vajec.....	14
3.2.1.2 Tvar vejce.....	15
3.2.1.3 Vaječná skořápka	15
3.2.2 Vnitřní kvalita vajec.....	17
3.2.2.1 Vaječný žloutek.....	17
3.2.2.2 Vaječný bílek	18
3.3 Faktory ovlivňující technologickou hodnotu vajec	19
3.3.1 Vybrané vnitřní faktory	20
3.3.1.1 Genotyp slepic.....	20
3.3.1.2 Věk slepic.....	22
3.3.2 Vybrané vnější faktory.....	22
3.3.2.1 Výživa a krmění slepic.....	23
3.3.2.2 Systém ustájení a podmínky prostředí	24
3.3.2.3 Skladování vajec	25
4 Závěr	27
5 Seznam literatury.....	29

1 Úvod

Vejsce jako potravina má v České republice velkou oblibu již od nepaměti. Tomu odpovídá i situace, kdy v roce 2018 bylo v České republice chováno celkem 23 573 000 kusů drůbeže, z toho činí slepice 7 990 000 kusů a z těchto necelých 8 milionů bylo v zemědělském sektoru chováno 4 915 000 nosnic. Zbytek nosnic se přisuzuje domácím chovům. Roční produkce vajec od tuzemských nosnic bývá okolo 2,2 miliardy kusů, přičemž spotřeba činívá 2,7 miliardy kusů. Z těchto čísel lze vypočítat, že soběstačnost v produkci vajec je jen 82 %, která ale byla ještě v roce 2003 více než 100 %. Spotřeba potravin se počítá se zpožděním, tudíž neaktuálnější dostupná spotřeba vajec na osobu a rok v České republice činil v roce 2017 celkem 254 kusů. Světová produkce vajec se rok od roku zvyšuje. Největší rozmach v chovu drůbeže pro produkci vajec zaznamenala Čína, která se stala největším producentem vajec, další velcí producenti jsou USA, EU, Indie a Mexiko. Ve světě je spotřeba vajec na osobu a rok cca od 4 kusů v Somálsku, 40 kusů v Mongolsku, 233 kusů v Rumunsku až po 345 kusů v Japonsku. Průměrná světová spotřeba vajec na osobu je kolem 180 kusů, což představuje zhruba 10,3 kg vaječné hmoty.

Tyto informace jen potvrzují, že vejce jsou nezastoupitelnou součástí lidského jídelníčku. Řadí se sem především pro své složení, podíl jednotlivých složek, chutnost, dostupnost a poměrně nízkou pořizovací cenou.

Vejsce se skládá ze tří složek a to ze skořápky, bílku a žloutku, které jsou zastoupeny v poměru přibližně 1 : 6 : 3, přičemž pro člověka je nejvíce zajímavý bílek a žloutek. Pro nejlepší využití živin se doporučuje konzumovat celé vejce, zastoupené bílkoviny se postupně uvolňují a zajistí dlouhodobý pocit sytosti a rovnoměrné uvolňování energie po delší dobu, proto by vejce měla být součástí našich jídel. Bílkoviny nejen dodávají tělu energii, ale i 9 základních esenciálních aminokyselin, které si naše tělo neumí samo vyrobit. Oněch 9 esenciálních aminokyselin slouží jako základ pro tvorbu svalů, orgánů, kůže, vlasů, hormonů, protilátek atd. Zastoupení bílkovin v jednom vejci je cca 12 %, což na jeden kus činí přibližně 6 g. Vaječné proteiny mají pro člověka velký význam pro své zastoupení esenciálních aminokyselin, které jsou stravitelné z více jak 98 %. Tento fakt řadí vaječné bílkoviny do pozice referenční, kdy se používají jako základ pro porovnávání kvality aminokyselin v jiných výrobcích a surovinách.

Lidé využívají vejce nejen pro přímý konzum jako vejce čerstvá syrová, vařená, smažená, ale i jako vaječné výrobky např. sušená celá vejce, sušené bílky, sušené žloutky, dlouhá vejce, vařená vejce, nebo výrobky z vajec např. vaječný koňak, piškoty, těstoviny,

cukrovinky, těsta, krémy, majonézy, saláty, pomazánky. Dále se vejce využívají v kosmetice a farmacii.

2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je soustředit odbornou, ale především vědeckou literaturu týkající se faktorů vnitřní a vnější povahy, které mají vliv na kvalitu vajec a produkce.

3 Literární rešerše

3.1 Vznik a složení vejce

Vejce vzniká v samičí pohlavní soustavě, kde je vyvinut jen levý vaječník a vejcovod (Cibulka et al. 2004). Ledvinka et al. (2009) konstatují, že vlastní vajíčko, jakožto samičí pohlavní buňka, je ve vejci část označovaná jako žloutek, který se utváří na vaječníku. Zbytek vejce se dotváří ve vejcovodu.

V době růstu folikulů, kdy slepice snáší, se vaječník mnohonásobně zvětšuje a má hroznovitý tvar. Pohlavně dospělá slepice má 1000 až 1500 primárních folikulů, což je jen nepatrný počet oproti tomu, kolik jich má založeno v embryonálním stádiu. Po prasknutí a uvolnění zralého folikulu zůstává zbytek po folikulu na vaječníku. U samic ptáků nevzniká žluté tělísko (Cibulka et al. 2004).

Na vaječník navazuje vejcovod. Vejcovod v době snášky představuje dlouhou, tenkostěnnou trubici, která má u slepic 60 - 80 centimetrů. V době pohlavní aktivity se rozlišuje u vejcovodu pět částí a to *infundibulum* (nálevka), *magnum* (bílkotvorná část), *isthmus* (krček), *uterus* (děloha) a *vagina* (pochva). *Infundibulum* je kraniální část vejcovodu, která se rozšiřuje v tenkostěnnou nálevku. Do této nálevky vstupuje folikul před ovulací. Uvolněné vajíčko se v nálevce zdržuje jen několik málo minut. Během pobytu vajíčka v nálevce může dojít k oplození. Další úsek vejcovodu se nazývá *magnum*. *Magnum* představuje bílkotvornou část, která je nejdelší z celého vejcovodu. *Magnum* má silnější stěnu než *infundibulum* a vnitřní sliznice vytváří vysoké řasy s velkým počtem žláz, které tvoří hustý bílek. Následuje krátký úsek *isthmus*, kde se vejce obalí podskořápkovými blanami. Po cca 1 - 2 hodinách přechází do předposlední části *uterus*. *Uterus* je rozšířená část vejcovodu, ve které sliznice netvoří řasy, ale četné zploštělé bradavky. Drobné žlázy produkují uhličitaný i fosforečnaný vápníku a hořčíku, čímž vytváří vaječnou skořáčku. Posledním úsekem je *vagina*. Jedná se o velmi krátkou část, kde se vejce obaluje hlenem a rychle přechází do kloaky (Marvan et al. 2011).

Simons (2017) uvádí, že vejce má tři základní části a to skořáčku, bílek a žloutek. Udává, že vejce o hmotnosti 60 g má v procentuálním zastoupení cca 10 % skořáčky, 28 – 30 % žloutku a 60 - 62 % bílku. Podle chemického složení obsahuje vejce nejvíce vody a to 65 %. Dále 12 % proteinů, 11 % tuku a 11 % minerálních látek. V porovnání bílku a žloutku má bílek 88 % vody, 11 % bílkovin, 0,2 % tuku a 0,8 % minerálních látek. Simeonovová et al. (2001) uvádějí chemické složení bílku, kdy největší podíl zaujímá voda a to 87,6 %, druhou a nejvíce podstatnou složkou jsou bílkoviny, zastoupené z 10,6 % a minoritní zastoupení mají sacharidy

(0,9 %), minerální látky (0,6 %) a lipidy (0,03 %). Bílek tvoří koloidní roztok bílkovin, který se skládá ze 40 bílkovin. Mezi majoritní proteiny patří ovoalbumin, ovotransferin, ovomukoid, lysozym, ovomucin a globuliny.

Oproti tomu žloutek obsahuje jen 48 % vody, více bílkovin a to 17,5 %, tuku 32,5 % a minerálních látek má 2 %. Hmotnostně vyjádřeno složení žloutku je voda 10 gramů, tuk 6 gramů, bílkoviny 3 gramy sacharidy 0.125 gramu a vitamíny s minerálními látkami 0,3 gramu (Simons 2017).

Roberts (2004) konstatuje, že pro celosvětový vaječný průmysl je velmi důležitá jak kvalita vaječné skořápky, tak i vnitřní kvalita vejce. Tato kvalita je nezbytná pro udržení vaječného průmyslu na potřebné úrovni a ekonomické životaschopnosti.

Na povrchu vejce se nachází kutikula. Kutikula je velmi tenká, průhledná blána na povrchu vaječné skořápky a je s ní pevně spojena. Její funkcí je překrýt póry ve skořápce a tím tak zabránit pronikání cizích mikroorganismů do vejce (Zaheer 2015). Dříve měla vejce daleko silnější kutikulu, než mají dnes. Je to dáno tím, že se mnohonásobně zvýšila produkce vajec a to vedlo ke snížení kvality povrchové úpravy. Dále to ovlivňuje způsob chovu, kdy dnes chované slepice v dlouhých vaječných sériích mají méně času na odpočinek a regeneraci. Trendem je získat co nejsilnější ochrannou vrstvu. Kutikula, která chrání vejce před napadajícími bakteriemi a plísněmi, je pro existenci vajec velmi důležitá (Simons 2017).

Pod vrstvou kutikuly se nachází vaječná skořápka. Ledvinka et al. (2009) uvádějí, že se vaječná skořápka trojí v děloze (*uterus*) a je tvořena dvěma vrstvami. Tyto vrstvy se dělí na vnitřní a vnější. Vnitřní vrstva představuje 1/3 tloušťky vaječné skořápky. V této části se ukládá pigment, který určí budoucí barvu skořápky. Vnější vrstva představuje 2/3 tloušťky. Obě tyto vrstvy mají tloušťku u slepičího vejce v rozmezí 0,28 - 0,41 mm (Ketta & Tůmová 2017). Příkladem odlišné tloušťky, může být porovnání křepelčího a pštrosího vejce, kdy křepelčí skořápka má 0,20 mm a u pštrosa je 2 - 2,5 mm silná (Ledvinka et al. 2009). FAO (2010) uvádí, že póry, které jsou ve skořápce, slouží vyvíjejícímu zárodku k tomu, aby mohl získávat kyslík, a zároveň umožňují uvolnění vody a oxidu uhličitého ven ze skořápky.

Kříž (1997) udává, že vaječná skořápka představuje obal, který chrání vejce před mechanickým poškozením. Její tvorba trvá přibližně 20 hodin. Solomon (1997) konstatuje, že kompaktní skořápka vzniká v děloze procesem mineralizace. Hlavní podíl na mikroarchitektuře vaječné skořápky má interakce krystalů uhličitanu vápenatého s molekulami organického matrixu. To potvrzuje i Mine (2008), který udává, že na stavbě vaječné skořápky se podílejí převážně anorganické látky, které tvoří až 95 % složení vaječné skořápky. Zbýlých 3 – 5 % připadá na látky organického původu. Minerální látky tvoří

skořápku z 98 %, z nichž tvoří voda pouze 2 % a až 95 % připadá na vápník v podobě CaCO_3 (Ledvinka et al. 2009). Dle Zahhera (2015) připadá 94 % na krystaly uhličitanu vápenatého. Dále slouží tento vápník uložený ve skořápce pro mineralizaci kostí mláďate v embryonálním vývoji (Ledvinka et al. 2009).

Na vaječnou skořápku zevnitř nasedají v těsné blízkosti podskořápečné blány. Tyto blány od sebe oddělují vaječnou skořápku a bílek. Solomon (1997) uvádí, že vaječné blány tvoří nejvnitřnější vrstvu vaječné skořápky. Simeonovová et al. (2001) konstatují, že blány vznikají v krčku vejcovodu, kde se tvoří asi 1 hodinu. Solonom (1997) dělí tyto membrány na vnitřní a vnější. Vnitřní membrána je v přímém kontaktu s vaječným bílkem a představuje vrstvu silnou 20 μm . Vnější vrstva je mezi vnitřní vrstvou a kalcifikovanou vrstvou vaječné skořápky. Vnější vrstva má tloušťku 50 μm . Bell & Weaver (2001) udávají, že v obou membránách jsou zachovány velmi jemné póry, díky kterým dochází k výměně vlhkosti a plynů např. kyslíku a oxidu uhličitého. Na druhou stranu slouží jako ochranná bariéra proti vstupu cizích mikroorganismů.

Blány díky své pevnosti a pružnosti též přispívají k tomu, že vyrovnávají křehkost vaječné skořápky. Dále zde dochází k tomu, že vnitřní skořápková membrána je spojená s vnějším řídkým bílkem a vnější skořápková membrána přisedá pevně ke skořápce. V okamžik, kdy vejce opouští tělo nosnice, dojde k tomu, že z teploty cca. 40°C se okamžitě ochladí na teplotu prostředí. V tento moment se na tupém konci vejce od sebe oddělí podskořápečné blány a v důsledku smrštění vaječného obsahu vznikne vzduchová bublina (komůrka). Výška této bubliny je hned po snesení a vychladnutí od 2 do 3 milimetrů. Tuto velikost také ovlivní propustnost skořápky, teplota a vlhkost prostředí. Dále se na vzduchové bublině promítne i velikost vejce (Simeonovová et al. 2001).

Vaječný bílek vzniká ve vejcovodu, kde se utváří po několik hodin. Bílek se dělí na čtyři typy dle vzhledu a konzistence. Mezi tyto typy patří chalázový bílek, vnitřní řídký bílek, vnější tuhý bílek a vnější řídký bílek (Orel 1959). Hudec et al. (2005) uvádějí, že bílek zaujímá podíl 60 % z hmotnosti vejce a jeho funkcí je zásobárna vody pro zárodek. Další důležitou funkcí je ochrana žloutku před mikroorganismy, které se do vejce dostaly skrze vaječnou skořápku. Tato ochranná bariéra je způsobena antibakteriálním působením některých z proteinů.

Hrabě et al. (2006) uvádějí rozdělení vaječného bílku na čtyři vrstvy. První vrstva od žloutku se nazývá chalázový bílek a zabírá 3 % z celého bílku. Jeho funkcí je vytvořit chalázová poutka, která vzniknou rotací žloutku do bílkotvorných kliček. Tato poutka upevňují žloutek tak, že zárodečný terčík směřuje vždy nahoru. Toto potvrzují i Marvan et al. (2011), kteří udávají, že bílek je uspořádán okolo žloutku ve vrstvách, kdy na vitelinní membránu

přiléhá nejhustší vrstva bílku tzv. chalázový bílek, který tvoří směrem k pólům poutka chalázy. Tato poutka jsou spirálovitě stočené provazce hustého bílku, díky kterým se umožní otáčení žloutku v podélné ose vejce a zároveň drží žloutek ve středu vejce. Dále toto zařízení umožňuje, že animální pól nebo zárodečný terčík vždy směřuje nahoru, odkud přichází teplo od sedícího ptáka, který zahřívá vejce.

Orel (1959) popisuje vrstvu, která tvoří 17 % z celého bílku a to vnitřní řídký bílek. Tento bílek vzniká při tvorbě chalázových poutek a hmoty produkované v přední části bílkotvorných klíček vytlačením vody. Největší množství, a to 57 %, zaujímá vnější tuhý bílek. Tato část bílku má zabránit pohybu žloutku a chránit ho před otřesy a nárazy. Vznik tohoto bílku je ve střední části bílkotvorných klíček. Jako poslední, ale druhou nejvíce zastoupenou složkou, je vnější řídký bílek. Z bílku zaujímá 23 % a vytváří se v konečné části bílkotvorných klíček.

Zdravotní stav slepic se odráží na vzhledu vaječného žloutku. Pro spotřebitele je to nejzdravější část vejce, jelikož obsahuje plno vitamínů, antioxidantů a polynenasycené mastné kyseliny. Pro chovatele nosných slepic je vaječný žloutek indikátor výživového a zdravotního stavu nosnic a proto by měl chovatel čas od času vejce rozklepnout a posoudit kvalitu vaječného žloutku (Simons 2017).

Vaječný žloutek se vytváří ve vaječníku 7 až 14 dní. Díky zvětšenému počtu cév ve folikulárního obalu a přísunu živin začne přibývat žloutková hmota. Žloutek se v zárodečném obalu začíná vytvářet nerovnoměrně a to kolem středu ve tvaru podkovy. Od středu buňky se střídají vrstvy světlého a tmavého žloutku. Buněčné jádro je vytlačováno na povrch, kde dalším vývojem vzniká zárodečný terčík (Stadetman & Cotteriel 1994). Zárodečný terčík je šedobílé barvy o průměru 2 až 3 milimetry. U neoplozených vajec se nazývá *blastodisk* a u oplozených *blastoderm*.

Díky neustálému zvětšování objemu žloutku působí velký tlak na folikul. Obal folikulu slábne, až nakonec neudrží tlak žloutku a praskne. Místo, kde praskne obal folikulu, se nazývá stigma. Pokud praskne v místě, kde se nenachází žádné cévy, neobjeví se na žloutku žádné krevní skvrny. Proces uvolnění žloutku z folikulu se nazývá ovulace a probíhá cyklicky ve 24 hodinových intervalech. Po ovulaci je ukončena tvorba žloutku, který je zachycen do nálevky vejcovodu, kde následuje tvorba bílku (Dekastellová et al. 1986).

Žloutek je kulovitého tvaru, mírně zploštělý, o průměru 3,5 - 4 cm u slepičích vajec. Žloutková hmota je uzavřena do jemné, pružné ale poměrně pevné membrány, která se nazývá *vitelinní membrána* (Simeonovová 2001). Barvu žloutku lze ovlivnit krmením, které je slepicím podáváno (Zaheer 2015). Nejvíce barvu ovlivňují karotenoidy, které se ve vejci akumulují.

Čím více přijatých a uložených karotenoidů, tím výraznější barva žloutku. Barvy jsou od světle žluté po tmavě oranžovou (Kljak et al. 2012). Ovšem barva žloutku nemá žádný vliv na jeho nutriční hodnotu. Barevnost žloutků se v průmyslu začala posuzovat od roku 1957, kdy škála barev byla rozdělena na 6 kategorií. Později se stupnice rozvíjela, kdy do roku 2016 měla 15 barev a v současnosti má 16 různých barevných variant (Simons 2017).

3.2 Technologická hodnota vajec

Kvalitu vajec je možné vyjádřit jejich technologickou hodnotou. Technologickým hodnocením se posuzuje vejce jako celek a dále pak i skořápka, bílek a žloutek.

3.2.1 Vnější kvalita vajec

3.2.1.1 Hmotnost vajec

Mezi posuzované parametry celých vajec se řadí hmotnost. Konzumní vejce jsou dle hmotnosti zařazena do kategorií. Tyto kategorie jsou v určitých intervalech rozmístěny tak, aby byla všechna vejce správně zařazena (Nys et al. 2011). Boháčková (2014) uvádí, že vejce jsou zařazována dle hmotnosti od nejmenších po největší. Nejmenší vejce s hmotností pod 53 gramů naopak největší mají hmotnost více jak 73 gramů. Pro označování velikosti je použito vzestupné stupnice čtyř písmen a to S, M, L a XL. Označení písmeny může být přímo na vaječnou skořápku (není povinné), ale vždy musí být vyznačeno na spotřebitelském balení. Písmenem S (small) jsou označena vejce malá do 53 gramů. M (medium) je pro vejce střední od 53 g do 63 g. L (large) velká vejce v rozmezí 63 g až 73 g. XL (extra large) připadá na velmi velká vejce s hmotností vyšší jak 73 gramů.

Simons (2017) uvádí hmotnostní třídění v USA a to do šesti tříd, kdy je jako hmotnostní měřítko použita unce. Jednotka unce užívaná v USA se rovná zhruba 28,3495 gramu.

Tabulka 1 Porovnání evropského a amerického hmotnostního třídění (Simons 2017)

Velikostní třída		Jumbo	Extra Large (XL)	Large (L)	Medium (M)	Small (S)	Peewee
Hmotnost (g)	Evropské třídění		>73	63 - 73	53 - 63	<53	
Hmotnost (g)	Americké třídění	>70,9	63,8 - 70,9	56,7 - 63,8	49,6 - 56,7	42,5 - 49,6	35,4 - 42,5
Hmotnost (unce)	1oz (unce) =28,3495g	>2,5	2,25 - 2,5	2 - 2,25	1,75 - 2	1,5 - 1,75	1,25 - 1,5

3.2.1.2 Tvar vejce

Tvar vejce udává poměr příčné osy k ose podélné. Tento poměr určuje, zda má vejce tvar kulovitý, podlouhlý, oválný nebo vejčitý. Charakteristikou vejčitého tvaru je ovál s jedním ostrým a jedním tupým koncem. Na tvar vejce mají vliv převážně fyziologické faktory jako je např. tlak svalů vejcovodu při tvorbě vejce, objem a průchodnost vejcovodu nebo třeba množství bílku. Každé plemeno či linie má svůj typický tvar vejce, který je dědičný (Simeonovová et al. 2001).

Tvar vejce je vyjádřován indexem tvaru dle vzorce:

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

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

3.2.1.3 Vaječná skořápka

Kvalita vaječné skořápky je velmi významná z hlediska efektivity produkce, jak konzumních, tak i násadových vajec a je jedním z předních kritérií selekce zejména u plemen, která jsou určena do intenzivních chovů. Samotnou kvalitu vaječné skořápky může ovlivnit mnoho faktorů jako je např. péče o nosnice, jejich dobrý zdravotní stav, vhodná výživa, zejména vyrovnaný poměr vitamínů a minerálních látek, dále pak vhodný výběr ustájení,

technologie krmení, napájení a sběru vajec (Kříž 1997). Nejdůležitějšími vlastnostmi skořápky jsou pevnost, tloušťka, barva a propustnost (Hejlová 2001).

Kvalita vaječné skořápky, resp. její pevnost, se měří několika metodami a zkoumá se u ní hned několik vlastností. Základní rozdělení metod je na metody přímé a nepřímé. Přímé metody se dále dělí na destruktivní a nedestruktivní (Roberts 2004).

Využitím přímé metody nedestruktivní se získá pevnost skořápky v mm a pomocí destruktivní metody získáme pevnost v g.cm^{-2} nebo N.cm^{-2} (Ledvinka et al. 2009). Pevnost se definuje jako odolnost vůči poškození, která je dána strukturou a zejména koncentrací houbovitě vrstvy s propojením vrstvy mamilární (Kříž 1997). Skořápky, které mají více pórů, jsou méně pevné a se zvyšující se teplotou se též jejich pevnost snižuje (Simeonovová et al. 2001). Přestože je skořápka velmi křehká, je její pevnost poměrně vysoká. Tuto skutečnost podkládá fakt, že kvalitní vejce vydrží zatížení vyšší než 40 N (Simeonovová & Vácová 2000). Pevnost ovlivňuje řada faktorů, mezi ty nejvýznamnější se řadí výživa, genotyp a věk nosnice, některé choroby a stres (Simeonovová et al. 2001).

Tloušťka skořápky se měří v mm a to bez podskořápečných blan. Vliv na tloušťku skořápky má mnoho faktorů, mezi které patří vitamin D, množství minerálních látek, velikost vajec, věk nosnice, ale i zvýšená teplota (Hejlová 2001).

Dalším hodnoceným parametrem u skořápky je její barva. Barva skořápky je ovlivněna geneticky a je pro každý druh specifická v mnoha odstínech. O tom, jakou mají mít vejce barvu, rozhoduje v převážné většině sám spotřebitel svojí poptávkou. Reakcí výrobců je pak chov slepic, které produkují požadovaná vejce. Tyto požadavky se liší kulturou nebo zemí (Simons 2017). Simeonovová et al. (2001) uvádějí, že čeští spotřebitelé preferují vejce s hnědou skořápkou, stejně jako ve většině evropských zemí. Opakem jsou spotřebitelé v Asii, zejména pak v Japonsku, kteří požadují vejce bílá.

Barva skořápky je zapříčiněna pigmenty. Ukládání těchto pigmentů je v děloze převážně posledních 5 hodin před koncem tvorby skořápky (Lazar 1990). Pigmenty skořápky se řadí mezi deriváty pyrolu (protoporfyrin, ovoporfyrin, biliverdin a jejich zinečnaté cheláty), (Simeonovová et al. 2001). Ovoporfyrin vzniká z červeného krevního barviva a způsobuje hnědou barvu vaječné skořápky. I skořápka bílých vajec obsahuje menší množství pigmentu, které není na obyčejném světle vidět, ale je prokazatelné pod UV světlem, kdy fluoreskuje a jeví se jako fialovočervené (Hejlová 2001). Intenzitu barvy skořápky ovlivňuje délka tvorby skořápky, dále pak i délka snáškového cyklu, intenzita snášky, složení krmné dávky, dědičnost a individualita jedince (Václavovský 2000). Je známo, že tmavší vejce bývají na počátku a na

konci snášky. U vysokoprodukčních hnědovaječných nosnic klesá intenzita zbarvení skořápky s počtem snesených vajec (Simeonovová et al. 2001).

Propustnost vaječné skořápky je dána tloušťkou a přítomností či absencí rovnoměrného pokrytí kutikulou. To ovlivňuje jednoduchost pronikání světla (světelného paprsku) skrze skořápku. Propustností můžeme pozorovat světlé skvrny na skořápce, které se nacházejí v mamilární vrstvě a vznikají nerovnoměrným ukládáním a tvořením krystalických sloupců (Solomon 1997). Barva skořápky ovlivňuje její propustnost, čím je skořápka tmavší, tím je propustnost menší. Tento fakt nám ovlivní převážně chované plemeno nosnic, dále v menší míře věk a krmná dávka (Hejlová 2001).

3.2.2 Vnitřní kvalita vajec

Habtamou et al. (2019) hodnotí vnitřní kvalitu vejce pomocí složení bílku, žloutku, popř. masových či krevních skvrn.

3.2.2.1 Vaječný žloutek

U žloutku se hodnotí parametry hmotnosti, barvy, procentuálního podílu z celého vejce a tvar žloutku, který se vyjadřuje pomocí indexu tvaru žloutku (Nagy et al. 2009).

Hmotnost žloutku se vyjadřuje v gramech a to bez chalázových poutek, která jsou k vaječnému žloutku pevně přichycena (Simons 2017).

Barva žloutku je dána barvivem, a to žlutými nebo červenými karotenoidy či xantofyly. Mezi žlutá barviva se řadí lutein, zeaxantin a apoester. Do červených barviv patří kantaxantin, citraxantin a astaxantin (Kljak et al. 2012). Jako hlavní barviva ve žloutku jsou xantofyly, které mají dvakrát vyšší barevnou mohutnost než karotenoidy, avšak nemají žádnou vitamínovou aktivitu. B-karoten jakožto provitamin retinolu (vitaminu A1) se ve vaječném žloutku nachází jen ve velmi malém množství a jeho množství ve žloutku se odvíjí od zásoby vitamínu A v játrech, tudíž barva žloutku s nutriční hodnotou vůbec nesouvisí (Simeonovová 2001). Dva nejběžnější xantofyly nacházející se ve žloutku jsou lutein a zeaxanthin (Jacob & Miles 2000). Lutein, který způsobuje spíše žluté zbarvení, získávají nosnice převážně z travin. Zeaxanthin, který se nachází v kukuřici, způsobuje zbarvení oranžovo-červené (Leeson & Summers 2001). Nosnice nedokáže svým metabolismem syntetizovat karoteny, proto je jejich příjem z potravy hlavním zdrojem barvy žloutku (Václavovský 2000). Aby byly získány žloutky požadované barvy, zkrmuje se kukuřice, kukuřičný gluten, vojtěška a travní krmiva a to v různých poměrech, dle chtěné intenzity zbarvení (Adamová 1999).

Pro posouzení barvy se využívá subjektivních metod (porovnáváním) nebo speciální laboratorní metody (Kříž 1997). Při subjektivních metodách se používá standardní barevná stupnice, se kterou se porovnává hodnocený žloutek. Nejvíce využívaný je Rocheův vějíř, který je seřazen od světle žluté až po oranžovo-červenou (Overfield 1996). Hodnocení se může realizovat i objektivně. Pro objektivní stanovení barvy se hodnotí jak žloutek čerstvý tak následně uvařený. Při metodách objektivních musíme dbát na to, abychom měli vždy přesně definované umělé osvětlení, jelikož denní světlo by výsledky mohlo zkreslovat (Kleckner et al. 2001).

Pro hodnocení tvaru žloutku se využívá tzv. index tvaru žloutku, který se vypočítá dle této rovnice:

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

Pro tuto rovnici platí, že **a** zastupuje výšku žloutku v mm. Symbolem **b** se nahradí průměr dvou (na sebe kolmých měření) délek žloutku v mm (Ledvinka et al. 2009). Číslem 100 se násobí zlomek proto, že získaný výsledek bude v jednotkách procent. Nagy et al. (2009) udávají, že se hodnota indexu tvaru žloutku pohybuje v rozmezí 32 – 58 %. Ledvinka et al. (2009) uvádějí, že pro čerstvé vejce je optimální hodnota indexu tvaru žloutku od 35 do 45 %.

3.2.2.2 Vaječný bílek

U bílku se hodnotí šest parametrů, mezi které patří hmotnost, procentuální podíl z celého vejce, tvar bílku, Haughovy jednotky, šlehatelnost pěny a trvanlivost pěny (Nagy et al. 2009).

Simons (2017) uvádí, že vaječný bílek je ve vejci zastoupen z 60 – 62 %. Z procentuálního zastoupení vyplývá, že u vejce o hmotnosti 60 gramů tvoří bílek 36 – 37,2 gramů.

Velice podstatným ukazatelem hodnocení čerstvých vajec je tvar bílku. Tvar bílku se hodnotí pomocí tzv. indexu tvaru bílku, především pak u vnějšího hustého bílku. Tento index vypočítáme dle rovnice:

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

I_b (index tvaru bílku) se rovná **a** lomeno **b** krát 100. Pod písmenem **a** se zapisuje údaj výšky bílku v mm, pod **b** se uvádí průměr největší šířky a délky bílku v mm. Číslem sto se násobí celý zlomek pro získání konečného výsledku v procentech. Čerstvá vejce nabývají hodnot indexu tvaru bílku v rozmezí 5 – 12 % (Ledvinka et al. 2009).

Schmidt & Rybárová (1981) hodnotí čerstvost vejce pomocí Haughových jednotek, které určují jakost vejce na základě vztahu mezi výškou bílku a hmotností vejce. Uvádějí rovnici pro výpočet haughových jednotek (HU):

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

Ve vzorci **H** značí výšku tuhého bílku v mm a **W** je hmotnost vejce v gramech. Ostatní parametry v rovnici korigují výpočet tak, aby se vztahoval na vejce o hmotnosti 60 gramů. Výsledné hodnoty Haughových jednotek jsou od 105 (u čerstvě snesených vajec) až po 0 (u vajec dlouhodobě skladovaných). Ahmadi & Rahimi (2011) tvrdí, že hodnota Haughových jednotek by měla být u čerstvých vajec 72 a více, u vajec s dobrou kvalitou v rozmezí 59 až 72 HU.

Dalším hodnoceným parametrem je šlehatelnost bílku (pěnovost). Tento faktor se vyjádří pomocí indexu šlehatelnosti (pěnovosti). Vliv na šlehatelnost má především stáří vejce. Čím je vejce starší, tím je šlehatelnost menší. Šlehatelnost je schopnost vaječného bílku tvořit pěnu. Index šlehatelnosti se vypočte pomocí rovnice:

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

V rovnici je **V₁** objem bílku před šleháním a **V₂** objem bílku po šlehání. Celá rovnice se násobí 100 pro získání výsledku v %. Hodnoty indexu se pohybují v rozmezí od 200 do 1000, pro kvalitní bílek jsou hodnoty vyšší (Hejlová 2001).

Posledním hodnoceným parametrem u bílku je trvanlivost pěny. Trvanlivost pěny hodnotí index trvanlivosti pěny, který udává, o kolik % se změní původní objem pěny za určitou časovou jednotku. Pro stejné výsledky se používá nejčastěji délka jedné hodiny. Vejce, u kterého index neklesne pod 600 % po uplynutí časové jednotky, se hodnotí jako kvalitní. Index trvanlivosti pěny vypočteme pomocí rovnice:

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

Symbol **V₁** udává objem bílku před šleháním, **V₂** udává objem pěny bílku hned po našlehání a **V₃** udává objem pěny po uplynutí stanoveného času (nejčastěji 1 hodiny). Kvalitnější jsou též bílky, ze kterých se rychleji ušlehá trvanlivější pěna (Hejlová 2001).

3.3 Faktory ovlivňující technologickou hodnotu vajec

Technologickou hodnotu, resp. kvalitu vajec ovlivňuje celá řada faktorů. Mezi nejvíce významné faktory patří výživa, věk nosnice a její genotypová příslušnost (Tang et al. 2015).

Tůmová et al. (2009) uvádějí, že kvalitu vajec ovlivňuje celá řada faktorů, které se mohou rozdělit na vnitřní a vnější. Mezi vnější faktory, které ovlivňují kvalitu vajec, se řadí vliv prostředí a to zejména teplotu, světelný režim a vlhkost. Dále se projevuje i úroveň výživy, systém ustájení, se kterým jsou úzce spjaty stresové faktory. Mezi další nezanedbatelné vlivy se řadí i vliv skladování vajec. Do vnitřních faktorů, které nejvíce ovlivňují kvalitu vajec, patří intenzita a perzistence snášky, genotyp, hmotnost nosnice, věk, pohlavní dospělost a zdravotní stav nosnice, délku tvorby vejce a barvu skořápky.

3.3.1 Vybrané vnitřní faktory

Mezi základní a nejdůležitější vnitřní faktory, které ovlivňují kvalitu vajec, patří genotyp a věk nosnic.

3.3.1.1 Genotyp slepic

Na světě se chová drůbež pro dva hlavní produkty a to maso a vejce. Jako vedlejší produkty se řadí peří či trus. Pro produkci masa jsou chována masná plemena nebo byli vyšlechtěni speciální užitkoví hybridi. Nosný užitkový typ byl vyšlechtěn pro produkci konzumních vajec. Oba tyto užitkové typy byly vyšlechtěny z původních plemen, která se vyskytovala na daném území. U masných hybridů (tzv. brojlerových kuřat) je nadměrně vyvinutá svalová hmota a také je u těchto kuřat dosaženo dřívějšího tělesného vývoje. Na produkci vajec je využíváno komerčních užitkových hybridů, liniových kombinací a diferencovaně šlechtěných linií. U nosného typu se rozlišují dvě hlavní skupiny podle toho, jaké vejce snáší. Nosnice se dělí na hnědovaječné a bělovaječné. Většina vyšlechtěných hybridů vyprodukuje více než desetinásobný počet vajec než původní plemena (Blair 2008). Rozdíl bělovaječných a hnědovaječných hybridů je v počtu snesených vajec, kdy více vajec snesly bělovaječní hybridy oproti hnědovaječným (Stojčíc et al. 2012).

Vliv genotypu patří mezi hlavní vnitřní faktory, které ovlivňují kvalitu vajec (Jones et al. 2010). Genotyp ovlivňuje především hmotnost vajec, kdy je nejvýrazněji pozorován rozdíl právě u slepic hnědovaječných a bělovaječných, což souvisí především s původem těchto slepic (Ledvinka & Klesalová 2002). Arent et al. (1997) prokázali, stejně jako Ledvinka et al. (2000), že vyšší hmotnosti měla vejce od slepic hnědovaječných než od bělovaječných. Tuto skutečnost potvrdili i El-Sheikh et al. (2014), kteří porovnávali hmotnosti vajec u hybridů Hy-line hnědý (hnědovaječný) a Hy-line bílý (bělovaječný), kdy opět vyšší hmotnost vajec byla u těch s hnědou skořápkou. Tato vyšší hmotnost nesouvisí s barvou skořápky, nýbrž s genetickým

původem slepic a jejich živou hmotností, která je v úzké korelaci s hmotností vajec. Také Skřivan (1990) uvádí, že hnědovaječný hybrid Moravia SSL má těžší vejce (58,2 g) než bělovaječný hybrid Shaver Starcross 288 (57,93 g). Opačné výsledky publikují Halaj & Grofik (1994), kteří porovnávali užiteklost též u hybridů Shaver Starcross 288 a Moravia SSL. U nosnic Shaver Starcross 288 byla hmotnost vajec 63,68 g a u Moravia SSL jen 62,72 g.

Scott & Silversidest (2000) porovnávali vejce od ISA-Brown a ISA-White. U hybrida ISA-Brown zjistili vyšší zastoupení bílku a skořápky než u hybrida ISA-White. Oproti tomu, Ledvinka et al. (2000) zaznamenali u bělovaječných hybridů vyšší procentuální zastoupení skořápky. Halaj & Grofik (1994) i Ledvinka et al. (2000) uvádějí, že tenčí skořápku měla vejce s hnědou barvou skořápky, kdežto vejce s bílou barvou skořápky měla vyšší pevnost.

Technologickou hodnotu vajec u tří genotypů hnědovaječných slepic s ohledem na věk nosnic porovnávali Zita et al. (2009). Vybrané parametry jsou uvedeny v Tabulce 2. Z tabulky je patrné i vzájemné působení více faktorů, genotyp a věk. U všech genotypů se s věkem zvyšovala hmotnost vajec i hmotnost žloutku a bílku. Nejvyšší hmotnost vajec (65,30 g) byla zjištěna u genotypu Moravia BSL. Nejlepší ukazatelé pro kvalitu bílku byly u genotypu Hisex Brown. U genotypu ISA Brown byly vyšší parametry skořápky zejména tloušťka a to 0,38 mm.

Tabulka 2 Vliv genotypu slepic na vybrané parametry technologické hodnoty vajec (Zita et al. 2009)

Charakteristika	Genotyp	Věk 20 - 26 týdnů	Věk 36 - 42 týdnů	Věk 54 - 60 týdnů
Hmotnost celého vejce (g)	ISA Brown	54,00	62,78	63,42
	Hisex Brown	54,99	62,11	64,12
	Moravia BSL	51,10	61,61	65,30
Hmotnost žloutku (g)	ISA Brown	12,46	16,86	17,81
	Hisex Brown	12,94	16,70	17,78
	Moravia BSL	11,94	17,96	19,64
Hmotnost bílku (g)	ISA Brown	34,36	38,07	37,57
	Hisex Brown	35,28	37,87	38,49
	Moravia BSL	32,78	36,62	38,25
Hmotnost skořápky (g)	ISA Brown	5,86	6,65	6,64
	Hisex Brown	5,57	6,27	6,38
	Moravia BSL	4,92	5,80	5,88
Tloušťka skořápky (mm)	ISA Brown	0,37	0,38	0,38
	Hisex Brown	0,35	0,36	0,36
	Moravia BSL	0,32	0,33	0,32

3.3.1.2 Věk slepic

Dle Ledvinky & Klesalové (2002) se hmotnost vajec prokazatelně zvyšuje do třech měsíců od počátku snášky. Již zmíněná studie Zity et al. (2009), kde se hodnotil vliv genotypu a věku hnědovajčných hybridů prokázala, že s věkem se mění u všech vajec jejich hmotnost, která se zvyšovala. Taktéž dle Tůmové & Ledvinky (2009) dochází s věkem nosnice k zvyšování hmotnosti vejce.

Tvar vejce se odvíjí od věku nosnic a mění se během snáškového cyklu (Hajal & Golian 2011). Na počátku snáškového cyklu nemají vejce typický tvar, ten dostávají až s vyšším věkem nosnic, kdy se vejce začínají více protahovat. S tím, jak se vejce mění s věkem nosnic, souvisí i větší výskyt nadstandartně velkých či jinak modifikovaných vajec (Van der Brand et al. 2004). Obdobně, Hamilton et al. (1979) udávají, že s věkem se mění tvar vajec, která jsou z počátku snášky netypického tvaru, ale s věkem se prodlužuje délka vejce a tak získávají typický vejčitý tvar. Dále se s věkem nosnic zvyšuje počet snesených vajec, která mají častěji abnormální velikost či vady.

Již zmíněná studie Zity et al. (2009), kde se hodnotili vliv genotypu a věku hnědovajčných hybridů prokázala, že s věkem se mění hmotnost žloutku, bílku a skořápky a Ledvinka & Klesalová (2002) i Tůmová & Ledvinka (2009) udávají snížení procentuálního zastoupení skořápky z celého vejce

Rajkumar et al. (2009) ve své studii uvádějí, že kvalita vaječné skořápky se zhoršuje s věkem nosnic. Dle Ledvinky & Klesalové (2002) nebo Tůmové & Ledvinky (2009) se s věkem nosnic tloušťka skořápky snižuje. Kdežto Zita et al. (2009) konstatují, že s věkem slepic se zvyšuje tloušťka skořápky.

Dále Tůmová & Ledvinka (2009) uvádějí, že s věkem nosnice klesá intenzita zbarvení skořápky. Snížení intenzity zbarvení skořápky může být způsoben snižující produkcí pigmentu nebo díky většímu vejci, které má zvětšený povrch skořápky, ale je k dispozici jen určitý podíl pigmentu.

3.3.2 Vybrané vnější faktory

Mezi základní a nejdůležitější vnější faktory, které ovlivňují kvalitu vajec, patří výživa a krmení slepic, systém ustájení a podmínky prostředí, nebo skladování vajec.

3.3.2.1 Výživa a krmení slepic

Výrazný vliv na výslednou kvalitu vajec má krmení a výživa nosnic. Charakteristika základních krmiv dle Kodeše et al. (2003) je rozdělena na 5 částí. První částí jsou obiloviny a mlýnská krmiva, mezi které se řadí pšenice, ječmen, oves, triticales, žito, kukuřice, kukuřičné klíčky, pšeničné otruby, krmná mouka a maniok. Druhou složkou jsou bílkovinná krmiva rostlinného původu, mezi která patří sojový extrahovaný šrot, slunečnicový extrahovaný šrot, řepkové semeno, řepkové pokrutiny-výlisky, řepkový extrahovaný šrot, podzemnicový extrahovaný šrot, hrách a vojtěšková moučka. Do třetí skupiny bílkovinných krmiv živočišného původu se řadí rybí moučka, masokostní moučka a ostatní živočišné moučky. Do krmných tuků patří řepkový, slunečnicový a sojový olej. Poslední skupinou jsou minerální krmiva, mezi které je řazen především krmný vápenec, monokalciumfosfát a dikalciumfosfát.

Živiny a ostatní látky přijaté z krmiva jsou do vajec transportovány pomocí metabolických změn. Výživou se spíše ovlivní kvalita bílku než žloutku (Halaj & Golian 2011). Dle Lichovnickové & Zemana (2008) je výživou nejvíce ovlivněna kvalita skořápky. Yoruk et al. (2004) uvádějí, že vliv výživy má významný podíl na kvalitu skořápky, zejména pak obsah minerálních látek a vitaminů. Frost & Roland (1991) konstatují, že pro tvorbu skořápky jsou nejdůležitější makrominerální látky a to vápník a fosfor. Vápník je nezastupitelnou složkou skořápky a fosfor se podílí na ukládání vápníku do kostí. Jelínek (1996) uvádí, že v každé skořápce jsou až 3 g vápníku. Proto musí být vápník obsažen v krmivu. Vápník, který je nosnicí získán z krmiva, je ale pouze z 60 % a zbytek potřebný pro kalcifikaci se musí uvolnit z kostí. Zelenka (2014) uvádí, že potřebný vápník je slepicím dodáván ve formě krmného vápence nebo společně s fosforem ve formě dihydrogenfosforečnanu vápenatého (monokalciumfosfát) či hydrogenufosforečnanu vápenatého (dikalciumfosfát). Nys (1999) uvádí, že vyšší potřeba vápníku je u slepic ještě před zahájením snášky, proto by měl být jeho poměr v krmné dávce zajištěn adekvátním množstvím.

Silversides et al. (2006) udávají, že v krmivu obsažená barviva ovlivňují zbarvení žloutku. Primárním barvivem je xantofyl (rostlinné barvivo), který je obsažen v přijímaném krmivu. Přidáním přírodního či syntetického xantofylu do krmiva můžeme ovlivňovat barvu žloutku.

Gonzalez-Esquerra & Leeson (2000) zjistili, že zkrmování oleje z ryb rodu Menhaden nemá žádné pozitivní vlastnosti na zvýšení hmotnosti vajec. Snaha byla i o zkrmování deodorizovaného menhadenového oleje, ale ani to nepomohlo zlepšit hmotnost vajec, ta se spíše snižovala. U vajec slepic krmných deodorizovaným olejem byla též zjištěna větší

pachut' a příchut' u těchto vajec. Tyto výsledky naznačily, že ani deodorizovaný olej nezlepší zhoršenou kvalitu vajec od slepic krmených normálním menhadenovým olejem. Mahdavi et al. (2005) zkoumali vliv probiotických doplňků na kvalitu vajec. Probiotika neměla žádný vliv na pevnost ani tloušťku vaječné skořápky. Vliv probiotik byl spíše příznivý na vnitřní kvalitu vajec a to ve zlepšení Haughových jednotek u bílku a snížení cholesterolu ve žloutku.

3.3.2.2 Systém ustájení a podmínky prostředí

Dle Tůmové (2007) patří typ ustájení mezi nejdůležitější faktory, které se podílejí na kvalitě vajec. Tůmová et al. (2009) uvádějí, že převládá chov nosnic v obohacených klecích. Dle směrnice Evropské komise 1999/74/EC je v zemích Evropské unie od 1. 1. 2012 zakázán chov nosnic v tzv. konvenčních klecích. Do roku 2012 byla možnost chovat nosnice i v tzv. konvenčních klecích. Tyto klece byly oblíbené pro nízké náklady na produkci vajec, dobrou kontrolovatelnost zdravotního stavu, vysoký stupeň mechanizace a vysokou kvalitu vajec (Tůmová 2007). V EU bylo na nosnici 550 cm² podlahové plochy. Oproti tomu v USA jen 450 cm² a v řadě případů jen 350 cm² (Ledvinka et al. 2008). Nosnice pro produkci konzumních vajec se v současné době chovají čtyřmi způsoby. Tyto způsoby mají své číselné kódy, kterými jsou vejce označována a to přímo na skořápku. Kódem 0 jsou označena vejce nosnic, které jsou chované v souladu s požadavky ekologického zemědělství. Číslo 1 je pro vejce nosnic z volného výběhu, kde podlahový chov nosnic na podestýlce kombinované s rošty je doplněn o venkovní výběhy. Číslo 2 označuje halové chovy nosnic, kdy jsou slepice chované v halách bez oken a to buď v podlahovém systému na podestýlce, nebo ve voliérách, které jsou dvou až čtyř podlažní, bez dělicích příček a dvířek s nastýlanými uličkami. Poslední systém chovu se značí číslem 3 a představuje chov nosnic v obohacených klecích. Tyto obohacené klece jsou umístěny v bezokených halách, bez použití steliva a jsou umísťovány nad sebe do vícepodlažních klecových baterií (Přikryl et al. 2012). Dle Ledvinky et al. (2008) jsou součástí obohacené klece hřady, snášková hnízda, popeliště a zařízení na obrušování drápků. Toto vybavení má poskytnout slepicím možnost přirozeného druhového chování. V kleci je též větší prostor na slepici a to 750 cm². Dalšími parametry jsou minimální výška klece 45 cm, sklon podlahy maximálně 14° a minimální krmný prostor 12 cm na nosnici a dostupné 2 kapátkové napáječky.

Vliv ustájení byl pozorován především v počtu snesených vajec, spotřebe krmiva na 1 vejce a hmotnosti vejce. Větší počet snesených vajec byl v klecových chovech oproti alternativním systémům ustájení, kdy v konvenčních klecích bylo 329 snesených vajec a na podestýlce pouze 288 kusů. Spotřeba krmiva na 1 vejce byla v konvenční kleci 143 g,

v obohacené kleci 140 g, Ve voliére 172 g a na podestýlce 195 g. Hmotnost vajec byla vyšší u klecového systému ustájení a to jak v konvenčních tak i obohacených klecích oproti voliére a podestýlce (Ledvinka et al. 2008). Tůmová et al. (2010) uvádějí, že systém ustájení ovlivňuje kvalitu vejce a má vliv i na mikrobiální kontaminaci vaječné skořápky. V porovnání klecového chovu s alternativním, je na povrchu vajec z alternativního systému 100krát více bakterií oproti vejcím z klece.

Jednou z nejdůležitějších podmínek prostředí, kterou je nutné zmínit, je teplota, která má vliv na kvalitu vajec, zejména pak na kvalitu skořápky, počet snesených vajec, jejich hmotnost a velikost. S teplotou též souvisí i spotřeba krmiva, která má vliv na kvalitu snesených vajec (Nagy et al. 2009). Travel et al. (2010) uvádějí, že vysoká teplota negativně ovlivňuje kvalitu vaječné skořápky, snižuje počet snesených vajec i jejich hmotnost. Dle Ledvinky & Klesalové (2002) se pohybuje optimální teplota prostředí v rozmezí 20 – 22°C. Nosnice chované v klecových systémech preferují vyšší teplotu 22°C oproti nosnicím chovaných na podlahách, které preferují spíše nižší teplotu 20°C. Yoshida et al. (2011) udávají, že už při teplotě 27°C se snižuje hmotnost žloutku a celková produkce vajec. Dle Simeonovové et al. (2001) má na kvalitu vaječného bílku vliv nejen dědičná schopnost tvořit hustý bílek, ale i teplota prostředí. O tom, že vyšší teplota vyvolá snížení tvorby hustého bílku, se můžeme přesvědčit zejména u letních vajec.

3.3.2.3 Skladování vajec

Podmínky a doba skladování se podílejí na kvalitě vajec. Kvalitu ovlivňuje především teplota a vlhkost prostředí a dále doba skladování (Tůmová et al. 2009). Dle Nedomové & Simeonovové (2010) při zajištění vhodných podmínek skladování dojde ke zpomalení procesů uvnitř i na povrchu a tím prodloužení i délky skladovatelnosti vajec. Dlouhodobým skladováním se nejen zvyšuje riziko mikrobiální kontaminace, ale též se zhoršuje kvalita skořápky, bílku i žloutku. Skladováním se převážně snižuje stravitelnost vajec a jeho nutriční hodnoty. Samli et al. (2005) uvádějí, že stáří vajec a podmínky skladování ovlivňují zejména Haughovy jednotky, které se v průběhu skladování snižují. Dle Samliho et al. (2005) a Nedomové & Simeonovové (2010) ovlivňuje snížení Haughových jednotek vyšší teplota skladování, při které se rychleji ztrácí CO₂ a tím se zhoršuje kvalita bílku. Proto je v teplých měsících doporučen častější sběr vajec a jejich uchovávání v chladu. Haughovy jednotky ovlivňuje celá řada faktorů. Jako nejzásadnější se počítají délka skladování a skladovací teplota. Z těchto informací plyne, že skladování vajec při nižších teplotách pozitivně ovlivňuje Haughovy jednotky a také snižuje ztráty hmotnosti (Hejlová 2001). Dle Tůmové et al. (2010)

se vliv délky skladování vajec při pokojové teplotě z různých systémů ustájení prokázal tak, že na skořápce se počet KTJ (kolonie tvořících jednotek) *Escherichie coli* během 14 dní snížil a to u vajec z konvenční klece z 5 643 KTJ na 440 KTJ. Oproti tomu z podestýlkového chovu, kde byla *E. coli* 3 380 186 KTJ a po 14 dnech 292 673 KTJ. Obdobné snížení bylo zaznamenáno i u bakterie rodu *Enterococcus*.

Tůmová et al. (2009) zkoumali i vliv dlouhodobého skladování vajec při pokojové teplotě a skladování v ledničce z chovu v konvenčních klecích, obohacených klecích a chovu na podestýlce. Při skladování se snižuje hmotnost vejce ve všech systémech ustájení, ale při pokojové teplotě jsou ztráty daleko vyšší, než při skladování v chladničce. Parametry hodnocené u bílku se snižovaly jak u hmotnosti bílku, výšky bílku, Haughových jednotek, indexu i podílu bílku. Zvýšilo se pouze pH bílku. Kvalita žloutku byla ovlivněna též dobou a teplotou skladování, kdy se zvyšovala hmotnost a procentuální podíl žloutku a snížil se index žloutku, který se nejvíce snižoval u vajec z obohacených klecí. Též Akyurek & Okur (2009) udávají, že pouze snížením teploty skladování se prodlužuje čerstvost a kvalita vajec. Jones & Musgrove (2005) uvádějí, že při dlouhodobém skladování se snižuje elasticita vitelinní membrány žloutku, což vede k tomu, že po rozbití staršího vejce dojde k prasknutí a žloutek se uvolní do okolí a neudrží svůj typický tvar.

4 Závěr

Chov drůbeže je v České republice rozvinutým odvětvím živočišné výroby, které je v současné době založené na koncentrované produkci konzumních vajec a jatečné drůbeže. Soudobé tendence v chovu hospodářských zvířat v EU, ale také i u nás, jsou do značné míry ovlivněny snahou uspokojovat mimo jiných faktorů, podílejících se na uživatelské kvalitě produkce, i míru pohody zvířat, tj. welfare.

Spotřeba vajec v České republice je přímo podřízena jejich produkci, přičemž na výrobce a zpracovatele vajec jsou ze strany orgánů státního dozoru kladeny značné požadavky v oblasti kvality, hygieny a zdravotní nezávadnosti produkovaných vajec a výrobků z nich, při dodržení platných norem a evropské legislativy. Kvalita potravin se dostává stále více do popředí témat dnešní společnosti, kdy spotřebitelé mají větší zájem o jejich původ a složení. Slepíčí konzumní vejce lze posuzovat jako finální drůbeží produkt, ale také jako surovinu pro další využití ve zpracovatelském průmyslu. Pro spotřebitele jsou podstatné jak znaky kvality celého vejce, tak i jeho jednotlivých částí, na nichž je odvislá jejich nutriční i technologická hodnota. Na složení a kvalitu vajec či jejich technologickou hodnotu má vliv soubor mnoha faktorů. Faktory ovlivňující kvalitu konzumních vajec se navzájem prolínají a působí navzájem. Jedním z nejdůležitějších faktorů, který může ovlivnit kvalitu a vlastnosti vajec je výživa a krmění slepic, resp. se jedná obzvláště o složení krmné směsi, které může např. ovlivnit kvalitu skořápky, složení bílku, barvu žloutku a také hmotnost vajec. Jedná se především o obsah vápníku v krmné směsi pro nosnice, který má společně s jinými minerálními látkami vliv především na kvalitu, pevnost skořápky. Z pohledu barvy skořápky je např. důležité zastoupení kukuřice v krmné směsi. Důležitým činitelem vnější povahy je systém ustájení slepic. V České republice, stejně jako v EU, je v současné době nejvíce využívaným obohacený klecový systém, který je čím dál více diskutován z mnoha úhlů pohledu. Alternativou k těmto systémům jsou např. voliéry, podestýlkové nebo výběhové chovy, anebo chovy ekologické. Z dostupné literatury je zřejmé, že kvalitnější vejce jsou spíše z obohacených klecových systémů, a to co se týče např. i mikrobiálního znečištění vajec, skořápky, které je dáno znečištěním vajec od podestýlky, trusu apod. Se systémem ustájení slepic jde ruku v ruce i mikroklima v hale, které má významný vliv na vaječnou kvalitu. Kvalita vajec, především hmotnost vajec či kvalita vaječné skořápky, je také ovlivňována genotypovou příslušností slepic, ať se jedná o plemena jako taková, nebo uživatelské hybridy. V intenzivních chovech převládají hlavně hnědovaječní uživatelské hybridy, v menším zastoupení jsou chováni bělovaječní uživatelské hybridy případně hybridy, kteří produkují vejce s jinou barvou skořápky

(např. krémová, nazelenalá nebo tmavě hnědá až čokoládová). Hybridi produkující vejce s odlišnou barvou skořápky jsou vhodné pro drobnochovy nebo chovy ekologické apod. Důležité je si uvědomit, že po celá desetiletí byli šlechtěni nosní užitkoví hybridy, kteří se dokázali adaptovat na klecové systémy chovu. S postupným zvyšováním produkce vajec i z neklecových systémů chovu je zapotřebí užitkových hybridů vhodných právě do těchto podmínek. Mezi další faktory, mající vliv na kvalitu vajec, patří zdravotní stav zvířat, fáze snáškového cyklu nebo věk nosnic, kdy ve většině případů vyplývá zhoršující se kvalita vajec s věkem nosnic. Důležitá je také manipulace a skladování vajec.

5 Seznam literatury

- Adamová H. 1999. Barva žloutku. *Náš chov* **59(10)**:17.
- Ahmadi F, Rahimi F. 2011. Factors affecting quality and quantity of egg production in laying hens: a review. *World Applied Sciences Journal* **12(3)**:372-384.
- Ahn DU, Kim SM, Shu H. 1997. Effect of Egg Size and Strain and Age of Hens on the Solids Content of Chicken Eggs. *Poultry Science* **76**:914-919.
- Akyurek H, Okur AA. 2009. Effect of storage time, temperature and hen age on egg quality in free-range layer hens. *Journal of Animal and Veterinary Advances* **8(10)**:1953-1958.
- Arent E, Tůmová E, Ledvinka Z, Holoubek J. 1997. The effect of the plane of nutrition on egg quality in laying hens of different genotypes. *Živočišná výroba* **42**:427-432.
- Bell DD, Weaver WD. 2001. Commercial chicken meat and egg production. 5rd printing. Kluwer academic publishers. USA.
- Blair R. 2008. Nutrition and feeding of organic poultry. CAB International.
- Boháčková B. 2014. Jak poznáme kvalitu? Vejce. Studio 66 & Partners s.r.o. Praha.
- Cibulka J, Fučíková A, Härtlová H, Jílek F, Lánská V, Sedmíková M. 2004. Základy fyziologie hospodářských zvířat. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha.
- Dekastellová L, Matušovičová E, Tillová MT. 1986. Technológia hydinárskeho priemyslu. *Príroda, vydavateľstvo kníh a časopisov* **5993**:5-47.
- El-Sheikh TM, Abdel-Kareem AAA, Youns S. 2014. Egg quality traits and shell microbial contaminations in two commercial layers strains affected by flock age and storage period. 7th International Poultry Conference-Proceeding.
- Food and Agriculture Organization. 2010. Agribusiness handbook. Poultry meat & eggs. Investment centre division. Viale delle Terme di Caracalla. Rome. Italy.
- Frost TJ, Roland DA. 1991. The influence of various calcium and phosphorus levels on tibia strenght and eggshell quality of pullets during peak production. *Poultry Science* **70(4)**:963-969.
- Gonzalez-Esquerra R, Leeson S. 2000. Effect of feeding hens regular or deodorized menhaden oil on production parameters, yolk fatty acid profile, and sensory quality of eggs. *Poultry Science* **79**:1597-1602.

- Habtam T, Misgana D, Walkite F, Lema Y. 2019. Review on chicken egg quality determination, grading and affecting factors. Wollega university, school of veterinary medicine. Available from <http://ajmsrr.com/index.php/ajmsrr> (accessed January 2019).
- Hajal M, Golian J. 2011. Vajce biologické, technické a potravinárske využitie. Nitra: Garmond.
- Halaj M, Grofík R. 1994. The relationship between egg shell strength and hens features. *Živočišná výroba* **39**:927-934.
- Hamilton RMG, Hollands KG, Voisey PW, Grunder AA. 1979. Relationship between egg shell quality and shell breakage and factors that affect shell breakage in the field – a review. *World's Poultry Science* **35**:177-190.
- Hejlová Š. 2001. Hygiena a technologie vajec a vaječných výrobků. 1. Vydání. Straka. Újezd u Brna.
- Hrabě J, Březina P, Valášek P. 2006. Technologie potravin živočišného původu. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Zlín.
- Hudec K, et al. 2005. Fauna ČR Ptáci – Aves 1. část, Akademie věd České republiky, Praha.
- Jacob J, Miles D. 2000. Designer and Specialty Eggs. University of Florida. Available from <http://edis.ifas.ufl.edu/PS048> (accessed November 2000).
- Jelínek K. 1996. Defective shell as one of the problems of egg production. *Živočišná výroba* **41(8)**:375-379.
- Jones DR, Musgrove MT. 2005. Effects of Extended Storage on egg quality factors. *Poultry Science* **84**:1774-1777.
- Jones DR, Musgrove MT, Anderson KE, Thesmar HS. 2010. Physical quality and composition of retail shell eggs. *Poultry Science* **89(3)**:582-587.
- Ketta M, Tůmová E. 2017. Relationship between eggshell thickness and other eggshell measurements in eggs from litter and cages. *Italian Journal of Animal Science* **17(1)**:234- 239.
- Klecker D, Zeman L, Havlíček Z, Zatloukal M. 2001. Barvení vaječného žloutku. *Náš chov, Příloha: Trendy v chovech drůbeže* **69(4)**:12-14.
- Kljak K, Drcić M, Karolyi D, Grbeša D. 2012. Pigmentation efficiency of Croatian corn hybrids in egg production. *Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition* **7**:23-27.

- Kříž L. 1997. Zpracování a ošetření drůbežích produktů. 1. vydání. Institut výchovy a vzdělání Ministerstva zemědělství České republiky. Praha.
- Lazar V. 1990. Chov drůbeže. Vysoká škola zemědělská v Brně. Brno.
- Ledvinka Z, Klesalová L. 2002. Hmotnost vajec a faktory, které ji ovlivňují. *Náš chov* **62(7)**:54.
- Ledvinka Z, Tůmová E, Arent E, Holoubek J, Klesalová L. 2000. Egg shell quality in some white-egg and brown-egg cross combinations of dominant hens. *Czech Journal of Animal Science* **45**:285-288.
- Ledvinka Z, Tůmová E, Štolc L. 2008. Užítkovost noosnic a kvalita vajec v různých systémech chovu: metodika pro praxi. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha.
- Ledvinka Z, Zita L, Hubený M, Klesalová L. 2007. Faktory vnější povahy ovlivňující barvu vaječné skořápky. *Náš chov* **67(9)**:47-48.
- Ledvinka Z, Zita L, Tůmová E. 2009. Vybrané kapitoly z chovu drůbeže. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha.
- Leeson S, Summers JD. Commercial poultry nutrition. 3 rd ed. Guelph. Ontario
- Lichovníková M, Zeman L. 2008. Effect of housing systém on the calcium requirements of laying hens and eggshell quality. *Czech Journal of Animal Science* **54(4)**:162-168.
- Mahdavi AH, Rahmani HR, Pourreza J. 2005. Effect of probiotic supplements on egg quality and laying hen's performance. *International Journal of Poultry Science* **4(7)**:488-492.
- Marvan F, et al. 2011. Morfologie hospodářských zvířat. Česká zemědělská univerzita v Praze v Nakladatelství Brázda, s.r.o., Praha.
- Mine Y. 2008. Egg bioscience and biotechnology. Johnwiley & Sons. New Jersey.
- Nagy J, et al. 2009. Hygiena masa hydiny, vajec a zveriny – 1. diel. Univerzita veterinárského lekárstva. Košice.
- Nedomová Š, Simeonovová J. 2010. Vliv délky a teploty skladování na jakostní parametry vajec. *Potravinárstvo* **4**:196-203.
- Nys Y, Brain M, Van Immerseel F. 2011. Improving the safety and quality of eggs and egg products – Volume 1: Egg chemistry, production and consumption. Woodhead Publishing Limited. Cambridge.

- Orel V. 1959. Vejce, jejich ošetřování a zpracování. Státní nakladatelství technické literatury. Praha.
- Overfield ND. 1996. What is meant by „egg quality“?. *World Poultry* **12(6)**:48-53.
- Přikryl M, Kouďa J, Hruboňová Z. 2012. Chov nosnic pro produkci konzumních vajec
Technologické systémy uplatňující standardy pro ochranu nosnic. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Rajkumar U, Sharma RP, Rajaravindra KS, Niranjan M, Reddy BLN, Bhattacharya TK, Chatterjee RN. (2009). Effect of genotype and age on egg quality traits in naked neck chicken under tropical climate from India. *International Journal of Poultry Science* **8(12)**:1151-1155.
- Roberts JR. 2004. Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hens. *Journal of Poultry Science* **41**:161-177.
- Samli HE, Agma A, Senkoğlu N. 2005. Effects of storage time and temperature on egg quality in laying hens. *The Journal of Applied Poultry Research* **14(3)**:548-553.
- Scott TA, Silversides FG. 2000. The effect of storage and strain of hen on egg quality. *Poultry Sci.* **79**:1725-1729.
- Schmidt Š, Rybářová B. 1981. Haughove jednotky a vnitřní kvalita škrupinových vajec. *Hydinářský průmysl* **23(9-10)**:375-385
- Silversides FG, Scott TA, Korver DR, Afsharmanesh M, Hruby M. 2006. A study on the interaction of xylanase and phytase enzymes in wheat-based diets fed to commercial white and brown egg laying hens. *Poultry Science* **85(2)**:297-305.
- Simeonovová J, Míková K, Kubišová S, Ingr I. 2001. Technologie drůbeže, vajec a minoritních živočišných produktů. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. Brno.
- Simeonovová J, Vácová Z. 2000. Pevnost, čistota a hmotnost slepičích vajec v průběhu snášky. *Nový venkov* **4(7)**:33-34.
- Simons P. 2017. Egg signals a practical guide to improving egg quality. Roodbont Publishers B. V. The Netherlands.
- Solomon S. E. 1997. Egg and Eggshell Quality. 1. vydání. Iowa state university press.
- Stadetman WJ, Cotteriel OJ. 1994. Eggscience and technology. The Haworth press. Binghamton.

- Stojčić MD, Perić L, Milošević N, Rodić V, Glamočić D, Škrbić Z, Lukić M. 2012. Effect of genotype and housing system on egg production, egg quality and welfare of laying hens. *Journal of Food Agriculture & Environment* **10(2)**:556-559.
- Tang SGH, Sieo CC, Kalavathy R, Saad WZ, Yong ST, Wong HK, Ho YW. 2015. Chemical compositions of egg yolks and egg quality of laying hens fed prebiotic, probiotic and synbiotic diets. *Journal of Food Science* **80(8)**:1686-1695.
- Travel A, Nys Y, Lopes E. 2010. Physiological and environmental factors affecting egg quality. *Productions Animals* **23(2)**:155-166.
- Tůmová E, Englmaierová M, Ledvinka Z. 2009. Skladovatelnost vajec z různých systémů ustájení. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha.
- Tůmová E, Englmaierová M, Ledvinka Z, Dlouhá G. 2010. Mikrobiální kontaminace vajec z klecového a podestýlkového chovu. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha.
- Tůmová E. 2007. Vliv systému ustájení a výživy na kvalitu masa a vajec drůbeže. Vědecký výbor výživy zvířat. Výzkumný ústav živočišné výroby. Praha.
- Tůmová E, Ledvinka Z. (2009). The effect of time of oviposition and age on egg weight, egg component weight and eggshell quality. *Archiv für Geflügelkunde* **73(2)**:110-115.
- Václavovský J. 2000. Chov drůbeže. 1. vyd. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. České Budějovice.
- Van der Brand H, Parmentier HK, Kemp B. 2004. Effect of housing system (outdoor vs.cages) and age of laying characteristics. *British Poultry Science* **45(6)**:745-752.
- Yoruk MA, Gul M, Hayirli A, Karaoglu M. 2004. Laying performance and egg quality of hens supplemented with sodium bicarbonate during the late laying period. *International Journal of Poultry Science* **3(4)**:272-278.
- Yoshida N, Fujita M, Nakahara M, Kuwakami SI, Bungo T. 2011. Effect of high environmental temperature on egg production, serum lipoproteins and follicle steroid hormones in laying hens. *The Journal of Poultry Science* **48(3)**:207-211.
- Zaheer K. 2015. An Updated Review on chicken eggs: production, consumption, management aspects and nutritional benefits to human health. *Food and Nutrition Sciences* **6**:1208- 1220.

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

