

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chovu hospodářských zvířat



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Zhodnocení rozdílů ve snášce a kvalitě vajec v první a
druhé fázi snášky v závislosti na genotypu**

Diplomová práce

Bc. Klára Brůnová

Chov hospodářských zvířat

prof. Ing. Eva Tůmová, CSc.

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci " Zhodnocení rozdílů ve snášce a kvalitě vajec v první a druhé fázi snášky v závislosti na genotypu" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne _____

Poděkování

Na tomto místě bych chtěla poděkovat vedoucí diplomové práce prof. Ing. Evě Tůmové, CSc. za odborné vedení práce a za podporu a trpělivost při jejím vytváření. Děkuji také za poskytnutí literatury a dalších podkladů a materiálů k tomuto tématu se vztahujících, možnost konzultací a osobních setkání za účelem diskuse o řešeném problému. Mé poděkování patří také rodině a partnerovi, bez kterých bych to nezvládla.

Zhodnocení rozdílů ve snášce a kvalitě vajec v první a druhé fázi snášky v závislosti na genotypu

Souhrn

Diplomová práce byla zaměřena na charakteristiky, snášky a rozdíly v kvalitě vajec během začátku a konci snášky u čtyř vybraných genotypů a to: hnědovaječný hybrid, ISA Sussex, hybrid s krémovou skořápkou Moravia Barred a bělovaječný hybrid Dekalb White. Jediným hybridem kombinované užitkovosti byl genotyp ISA Dual, ostatní byly genotypy nosného typu. V pokusu bylo zařazeno 80 nosnic ustájených v individuálně v klecích, kdy každá nosnice byla považována za experimentální jednotku. Nosnice byly umístěny do klece ve věku 16 týdnů až do konce experimentu ve věku 80 týdnů. Začátek experimentů byl ve věku 20 týdnů a cyklus snášky byl rozdělen do dvou experimentálních období po sedmi týdnech. První experimentální období bylo od 20. týdne věku do 26. týdne věku, které bylo definováno jako začátek snášky. Druhým experimentálním obdobím byl konec snášky, tedy od 75. týdne věku do 80. týdne věku. Během experimentů byly nosnice krmeny jednotně, a to směsí N1 a N2, aby bylo vyloučeno ovlivnění krmivem. Intenzita snášky byla podle výsledných údajů ovlivněna pouze věkem, kdy na konci snášky poklesla o zhruba 20 %. Na začátku snášky byl nejlepší genotyp ISA Sussex (88,21 %) a nejnižší hodnoty měl genotyp Dekalb White (82,11 %). Na konci snášky měl nejvyšší hodnoty genotyp Moravia Barred (81,79 %) a nejnižší ISA Dual (62,96 %). Hodnoty průměrné délky cyklu byly na konci snášky vyšší, nicméně nebyly průkazně ovlivněny genotypem. Nejdělsí hodnoty cyklu měl na začátku i na konci snášky genotyp ISA Dual (31,01 h vs 91,60 h), na začátku snášky měl nejnižší hodnoty genotyp ISA Sussex (27,38 h) a na konci snášky měl nejnižší hodnoty genotyp Moravia Barred (29,64 h). S průměrnou délkou cyklu souvisí i doba snesení vejce, která byla také ovlivněna věkem. Nejdříve snášel genotyp ISA Sussex, a to v obou pozorovaných obdobích (začátek snášky v 3,41 h a konec v 4,15 h). V obou pozorovaných období snášel nejpozději genotyp Moravia Barred (na začátku snášky snášel v 4,79 h a na konci snášky snášel v 6,77 h). Délka série jednotlivých genotypů byla průkazně ovlivněna věkem. Nejdělsí série v obou pozorovaných obdobích byly u genotypu ISA Sussex (9,41 dní vs 8,70 dní), který měl současně nejmenší počet sérií (2,54 vs 2,03). Nejkratší délka série byla pozorována u genotypu Dekalb White (7,21 dní vs 2,90 dní) s největším počtem sérií (3,26 vs 3,89). Bez ovlivnění genotypu i věku byl interval, který se v obou případech pohyboval kolem dne a půl. Hmotnost vajec byla ovlivněna věkem, kdy se ke konci snášky hmotnost zvedla. Nejvyšší rozdíl byl pozorován

u genotypu ISA Dual (55,13 g vs 67,2 g). Nejnižší přírůstek byl pak sledován u genotypu Moravia Barred (55,65 g vs 62,7 g). Nejvyšších hodnot pak dosahoval genotyp Dekalb White (58,69 g vs 70,7 g). Index tvaru vejce byl genotypem průkazně ovlivněn. Nejvyšších hodnot v obou sledovaných obdobích dosahoval genotyp ISA Sussex (83,00 % vs 78,8 %). Největší rozdíl byl pak pozorován u genotypu Moravia Barred (rozdíl o 5,18 %). Charakteristiky bílku, jako je jeho podíl, hmotnost nebo index nebyly genotypem ovlivněny. Nejvyšší hmotnost bílku na začátku snášky i na jejím konci byl pozorován u genotypu Dekalb White (37,8 g vs 43,6 g). Nejvyšší podíl bílku v obou sledovaných období byl pozorován u genotypu Moravia Barred (64,91 % vs 62,2 %). U indexu byl vliv věku, kdy průměrné hodnoty byly o 3 % nižší. Hmotnost a podíl žloutku nebyly genotypem ovlivněny, index žloutku však genotypem ovlivněn byl. Barva skořápky genotypem ovlivněna byla a nejvyšších hodnot dosahoval bělovaječný genotyp Dekalb White (45,91 % vs 49,4 %). Nejtmavší skořápky měl pak genotyp ISA Sussex (20,36 % vs 27,1 %). Hmotnost skořápky nebyla genotypem průkazně ovlivněna, věkem však ano a nejvyšších hodnot dosahoval na začátku snášky genotyp ISA Sussex (5,89 g) a na konci snášky genotyp ISA Dual (6,33 g). Genotyp ISA Sussex dosahoval nejvyšších hodnot ve většině charakteristik snášky jako je podíl skořápky (10,53 % vs 9,78 %), pevnost skořápky (53,99 N vs 47,3 N), tloušťka skořápky (0,374 mm vs 0,389 mm) a index skořápky (8,62 vs 8,37). Kutikula také nebyla ovlivněna věkem, hodnoty ke konci snášky byly však nižší, což by mohlo souviset s věkem. Výsledky diplomové práce ukazují genotypové rozdíly. Zejména horší výsledky u genotypu s kombinovanou užitkovostí, kde je slepice chována pro vejce a kohout pro maso. U specializovaných prošlechtěných hybridů byly příznivější ukazatele snášky i kvality vajec ve srovnání s méně prošlechtěným hybridem Moravia Barred.

Klíčová slova: slepice, nosný typ, snáška, věk, kvalita vajec

Evaluation of differences in laying and egg quality in the first and second stages of laying depending on the genotype

Summary

The diploma thesis was focused on the characteristics, laying and differences in egg quality during the beginning and end of laying in four selected genotypes, namely: the brown-egg hybrid, ISA Sussex, the tinted-shell hybrid Moravia Barred and the white-egg hybrid Dekalb White. The only hybrid of combined performance was the ISA Dual genotype, the others are bearing type genotypes. The experiment included 80 laying hens housed individually in cages, where each hen was considered an experimental unit. Layers were caged at 16 weeks of age until the end of the experiment at 80 weeks of age. The beginning of the experiments was at the age of 20 weeks and the laying cycle was divided into two experimental periods of seven weeks each. The first experimental period was from 20 weeks of age to 26 weeks of age, which was defined as the beginning of laying. The second experimental period was the end of laying, from the 75 week of age to the 80 week of age. During the experiments, laying hens were fed uniformly, with a mixture of N1 and N2, in order to exclude feed influence. According to the resulting data, the intensity of egg-laying was only affected by age, when at the end of egg-laying it decreased by about 20 %. At the beginning of the laying, the ISA Sussex genotype was the best (88.21 %) and the Dekalb White genotype (82.11 %) had the lowest values. At the end of laying, the Moravia Barred genotype had the highest values (81.79 %) and ISA Dual the lowest (62.96 %). The values of the average length of the cycle were higher at the end of laying, however, they were not significantly influenced by the genotype. The ISA Dual genotype had the longest cycle values at the beginning and at the end of laying (31.01 h vs 91.60 h), the ISA Sussex genotype had the lowest values at the beginning of laying (27.38 h) and the Moravia Barred genotype had the lowest values at the end of laying (29.64 h). The time of egg laying is also related to the average cycle length, which was also affected by age. The ISA Sussex genotype was the first to lay, in both observed periods (start of laying at 3.41 h and end at 4.15 h). In both observed periods, the Moravia Barred genotype was the latest to lay (at the beginning of laying it laid at 4.79 h and at the end of laying it laid at 6.77 h). The length of the sequence of individual genotypes was significantly influenced by age. The longest sequence in both observed periods were for the ISA Sussex genotype (9.41 days vs 8.70 days), which simultaneously had the smallest number of sequences (2.54 vs 2.03). The shortest sequence length was observed in the Dekalb White genotype (7.21 days vs 2.90 days) with the highest

number of sequences (3.26 vs 3.89). The interval, which was around a day and a half in both cases, was unaffected by genotype and age. Egg weight was affected by age, with weight increasing towards the end of laying. The highest difference was observed for the ISA Dual genotype (55.13 g vs 67.2 g). The lowest increase was observed for the Moravia Barred genotype (55.65 g vs 62.7 g). The highest values were achieved by the Dekalb White genotype (58.69 g vs 70.7 g). The egg shape index was significantly influenced by genotype. The highest values in both monitored periods were achieved by the ISA Sussex genotype (83.00 % vs 78.8 %). The biggest difference was then observed for the Moravia Barred genotype (difference of 5.18%). Albumen characteristics such as its proportion, mass or index were not affected by genotype. The highest albumen weight at the beginning and at the end of laying was observed in the Dekalb White genotype (37.8 g vs 43.6 g). The highest proportion of albumen in both observed periods was observed in the Moravia Barred genotype (64.91 % vs 62.2 %). For the index, there was an effect of age, when the average values were 3 % lower. Yolk weight and proportion were not affected by genotype, but yolk index was affected by genotype. The color of the shell was affected by the genotype, and the highest values were achieved by the white-egg the Dekalb White genotype (45.91 % vs 49.4 %). The ISA Sussex genotype had the darkest shells (20.36% vs 27.1 %). Shell weight was not significantly affected by genotype, but by age, and the highest values were achieved by the ISA Sussex genotype at the beginning of laying (5.89 g) and at the end of laying by the ISA Dual genotype (6.33 g). The ISA Sussex genotype achieved the highest values in most laying characteristics such as shell proportion (10.53% vs 9.78 %), shell strength (53.99 N vs 47.3 N), shell thickness (0.374 mm vs 0.389 mm) and shell index (8.62 vs 8.37). Cuticle was also unaffected by age, but values towards the end of laying were lower, which could be related to age. The results of the thesis show genotypic differences. Especially worse results for the genotype with combined productivity, where the hen is kept for eggs and the rooster for meat. The specialized battered hybrids had more favorable laying and egg quality indicators compared to the less battered Moravia Barred hybrid.

Keywords: hen, laying type, laying, age, egg quality

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Vědecká hypotéza a cíle práce	11
3	Literární rešerše.....	12
3.1	Genotypy slepic nosného typu	12
3.2	Geny ovlivňující užitkovost slepic.....	14
3.3	Snáška	15
3.4	Vejce a jejich charakteristiky	16
3.4.1	Vznik vejce.....	17
3.4.2	Žloutek	18
3.4.3	Bílek	19
3.4.4	Podskořápeční blány.....	20
3.4.5	Skořápka.....	20
3.5	Vliv genotypu na snášku a kvalitu vajec.....	21
3.6	Vliv věku na snášku a kvalitu vajec.....	22
4	Materiál a metodika	23
4.1	Ukazatele snášky	23
4.2	Ukazatele kvality vajec	24
4.3	Statistické hodnocení	25
5	Výsledky a diskuse.....	26
5.1	Charakteristika snášky ve věku 20-28 týdnů	26
5.2	Charakteristiky vejce na začátku snášky.....	27
5.3	Charakteristika skořápky na začátku snášky.....	29
5.4	Charakteristika snášky ve věku 75-80 týdnů	31
5.5	Charakteristiky vajec na konci snášky	33

5.6	Charakteristika skořápky na konci snášky	36
6	Závěr	38
7	Literatura	40
8	Seznam použitých zkratk a symbolů	48

1 Úvod

Kur domácí obecně patří mezi hospodářská zvířata s nejvyšší reprodukční schopností, která je považována za nejdůležitější ukazatel v chovu nosných hybridů. Za nejužitečnějšího nosného hybridu se dá považovat Dekalb bílý, který je znám pro svá vejce s bílou skořápkou. Reprodukce a užitkovost slepic se s neustálým šlechtěním zvyšuje a vznikají i hybridy s kombinovanou užitkovostí. Šlechtění kura domácího je rychle se rozvíjejícím oborem. Pro svůj krátký generační interval a vysokou reprodukční schopnost je nejvíce rentabilní.

Slepice se chovají pro dvojí užitkovost – maso a vejce, proto jsou slepice děleny na užitkové typy: nosné a masné hybridy. Nosná slepice je lehčího rázu a je šlechtěna pro produkci vajec. Chov nosných slepic je ovlivněn jak legislativou, tak lidským smýšlením; někteří preferují vejce pouze z ekologických chovů, jiným nevadí chov klecový. Legislativa České republiky poslední roky hodně ovlivňuje chov slepic hlavně z hlediska pohody zvířat a jsou více prosazovány chovy alternativní (jako je například chov nosnic na podestýlce či chov volný). Klecové chovy jsou velmi diskutovaným typem chovu ohledně pohody.

Vejce je podstatnou složkou lidského stravování pro svou dobrou výživovou hodnotu a vysoký obsah bílkovin a také nejrozšířenější potravinářskou surovinou (například v pekařství, cukrářství, výroba těstovin). Vejce by se ke spotřebiteli měla dostat vždy nepoškozená s neporušenou skořápkou. Neporušená vejce při správné konzervaci mohou vydržet i několik měsíců.

Spotřeba vajec mírně rostla, nyní je v mírném poklesu, pravděpodobně způsobeno vznikajícími drobnochovy, které se do statistik dají vsunout pouze odhadem. Dobrochov slepic je také mírně na vzestupu a vznikají firmy specializované pro pomoc se založením vlastního chovu slepic.

Pro produkci vajec ve velkochovech jsou jednoznačnou volbou nosní hybridy, kteří jsou určeny pouze pro produkci vajec – nosnice téměř každý den snese jedno vejce. Užitkoví hybridy začínají být oblíbení i v drobnochovech, přestože jsou náchylnější k nemocem a náročnější na výživu. Nejznámějšími hybridy pro produkci vajec je ISA hnědá a Dominant. Čistokrevná plemena se nikdy nedostanou na roční produkci jako hybridy, kteří mají produkci i přes 300 vajec ročně. Nosnice můžeme dělit i z hlediska barvy skořápky na bělovaječné, hnědovaječné a pro drobnochovy zajímavé nosnice s krémovou skořápkou nebo zelenou.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

V chovu slepic nosného typu se využívají zejména hnědovaječné a bělovaječné slepic, nově i slepice kombinovaného typu. Genotypy slepic se liší užitkovostí i kvalitou vajec a pro výběr do chovu a dosažení vysoké užitkovosti je třeba znát zvláštnosti jednotlivých genotypů pro jejich zařazení do systému ustájení a při volbě délky snáškového cyklu.

Hypotéza: Předpokládá se, že když se hybridy liší užitkovostí a kvalitou vajec, budou pravděpodobně rozdílné ukazatele průběhu snášky a kvality vajec v první polovině snášky a také ve druhé fázi.

Cíl: Cílem práce je na základě testu posoudit rozdíly v ukazatelích snášky a fyzikálních parametrech vajec v první a druhé fázi snášky u vybraných genotypů slepic.

3 Literární rešerše

3.1 Genotypy slepic nosného typu

Chov drůbeže se specializuje jak na chov masa, tak na produkci vajec; dělíme slepice tedy na typ nosný a typ masný, kdy se oba užitkové typy liší jak vzhledem, tak genetikou. Nosný typ má základ v leghornce bílé a rodajlence červené, je to tedy lehčí typ slepice, jejíž váha se pohybuje kolem dvou kil, dospívá dříve než typ masný a má delší snáškový cyklus. Nosný typ se pak dále dělí na bělovaječné a hnědovaječné nosnice (Tůmová et al. 2019).

Bělovaječní hybridi byli vyšlechtěni právě z leghornky bílé (které jsou podobní), jsou náročnější na živiny a u nás se tak často nechovají. Patří sem například Dekalb bílý, jehož hmotnost se pohybuje mezi 1 300–1 725 g živé hmotnosti a za snáškový cyklus snese až 427 vajec s bílou barvou skořápky (Tůmová et al. 2019). Bělovaječní hybridi jsou oblíbenější spíše ve Spojených státech amerických, v Evropě se setkáme spíše s hybridy hnědovaječnými (Weimer et al. 2019). Bělovaječní hybridi mají obvykle pevnější skořápku (Tůmová et al. 2014).

Hnědovaječní hybridi se podobají, rodajlence červené (Tůmová et al. 2019). Jsou mohutnější oproti hybridům bělovaječným. Jejich hmotnost se pohybuje kolem 2,5 kg (Saláková 2014). U hnědovaječných hybridů se častěji vyskytují masové a krevní skvrny. Snáška se pohybuje až 420 vajec o hmotnosti 62-64,5 g (Tůmová et al. 2019).

Hnědovaječné hybridy lze rozdělit do třech kategorií, a to do lehčího typu, středně těžkého a těžkého. Lehčím hnědovaječným genotypem s vyšší užitkovostí (až 295 vajec o průměrné hmotnosti 63 gramů) je hybrid ISA hnědá, která dosahuje hmotnosti dvou kilogramů. Dalším hnědovaječným hybridem s podobnou užitkovostí je Hisex hnědý, který snáší kolem 290 vajec s hnědou skořápkou o průměrné hmotnosti 63 gramů (Saláková 2014). Mezi středně těžké patří Dominant a mezi těžké například Moravia.

Hnědovaječní hybridi jsou obecně těžší a odolnější s menší snáškou (Tůmová et al. 2019). Chovy s hnědovaječnými hybridy dominují hlavně v Evropě, a dokonce i v Austrálii (Mertens et al. 2010). Hlavním pigmentem hnědé skořápky je protoporfyrin, studie Samiullah & Roberts (2013) poukazuje na to, že většina protoporfyrinu je uložena ve vápenaté části skořápky a v kutikule jen z 13-20 %. Že jsou hnědovaječní hybridi oblíbení i u nás, svědčí produkce nosnic firmy DOMINANT CZ, která se specializuje na chov hybridů Dominant už od 1989 (www.domimant-cz.cz). Přestože u nás najdeme i hybridy bělovaječné, slepice s hnědou skořápkou u nich převazují.

Dalším hnědovaječným hybridem, který zaujme i svým vzhledem, je ISA Sussex – bílá slepice s černými znaky na krku, konci ocasu a konci křídel. Snese až 326 vajec o průměrné hmotnosti 62,1 gramů (www.integrazabcice.cz).

Svým žíhaným vzhledem zaujme i Moravia Barred, nosnice se snůškou až 303 vajec o průměrné hmotnosti 61,5 gramů s hnědou skořápkou. Nosnice dosahují hmotnosti až 2 385 g a je to odolný hybrid i pro drobnochovy (www.integrazabcice.cz).

Zajímavým genotypem je slepice Araucana, která je jedinečná svými tyrkysově zelenými vejci i běháky (Saláková 2014). Jak je již zmíněno, i u nás se můžeme setkat s nosnicemi se zelenou skořápkou v programu Dominant Greenshell, u kterých se hmotnost vajec pohybuje kolem 58 gramů a snáška těchto nosnic se pohybuje kolem 250 vajec (www.domimant-cz.cz). Taktéž se můžeme setkat s krémovou skořápkou (například Dominant Tinted D723), kdy se jedná o hybrida rodajlendky červené a leghornky bílé. U tohoto hybrida v roce 2016 dosáhl snášky 338 vajec (www.domimant-cz.cz). Další hybridy s krémovou skořápkou jsou například Dominant hnědý, Dominant koroptví, Dominant Sussex a Dominant Tricolor, kdy se nosnice pohybují kolem dvou kilogramů a snáška se pohybuje v rozpětí 310-320 vajec o průměrné hmotnosti 62 g (www.domimant-cz.cz). Dalším hybridem s krémovou skořápkou je Moravia BSL, černá nosnice s hnědou hlavou a dobrou snáškou; až 294 vajec o průměrné hmotnosti 64,5 g (www.integrazabcice.cz).

V posledních letech se rozšiřuje i nabídka kombinovaných genotypů, jako je ISA Dual či Lohnmann Dual, kdy jsou slepice robustnější a jejich hmotnost se může pohybovat až do 2,5 kg. U nosných hybridů se jednodenní kohoutci zpravidla utrácejí. U kombinovaných hybridů jsou kohoutci přesunuti do výkrmu a pro svůj nižší přírůstek jsou vhodné do chovů ekologických, kde je délka výkrmu alespoň 81 dní. Obecně řečeno, kohoutky nosných slepic utrácíme na prvním dni života (výjimkou jsou kohoutci pro chov šlechtitelský a rozmnožovací), zatímco u kombinovaných genotypů využíváme nosnice pro produkci vajec a kohoutky pro maso (Tůmová et al. 2019). ISA Dual snese za snášku až 304 vajec s hnědou skořápkou o průměrné hmotnosti 61,2 g. Kohouti nejsou na prvním dni utraceni, ale vykrmují se (www.integrazabcice.cz).

Kromě hybridních genotypů můžeme jako kombinovaný genotyp slepice považovat plemeno Plymutka Bílá, kdy nosnice dosahuje hmotnosti 3,5 kilogramů a jejíž snáška se pohybuje kolem 170 vajec s hnědou skořápkou o průměrné hmotnosti 60 gramů (Saláková 2014).

3.2 Geny ovlivňující užitek slepic

Vejce produkovaná komerčními nosnicemi jsou zdrojem cenově dostupných vysoce kvalitních bílkovin. Moderní nosnice produkují vejce přibližně každých 24 hodin. Každý genotyp nosnic má určitý potenciál pro řadu genetických kvantitativních znaků; kupříkladu existuje kombinace genů ovlivňující snášku (Bell et al., 2002).

Geny, které ovlivňují snášku, taktéž mohou ovlivňovat exteriér nosnic, na což upozorňuje studie Fathi et al. (2022), která uvádí, že plemena nosnic holokrčky a kadeřavé nosnice mají vyšší hodnoty plodnosti, dokonce i líhivosti a hmotnosti kuřat při vylíhnutí ze všech původních plemen. Vícenásobná regresní analýza odhalila, že hmotnost vajec a úbytek hmotnosti vajec během inkubace jsou hlavními faktory ovlivňujícími relativní hmotnost vylíhnutých kuřat všech genotypů. Vztahu mezi fenotypem a snáškou se věnoval i výzkum Cai et al. (2023). Jejich studie prokázala, že produkce vajec a reprodukční hormony byly významně odlišné u nosnic se vzpřímeným hřebínkem a nosnic s hřebínkem převislým.

V poslední době bylo díky pokroku v molekulární genetice provedeno mnoho studií, které měly určit vztah mezi genomem ptáků a kvalitou vajec (Wolc et al. 2014). Mnoho genů pak ovlivňuje kvalitu vajec. Toto zjištění může být užitečné při produkci vajec lákavějších pro spotřebitele, např. s vyšší hladinou polynenasycených mastných kyselin nebo nízkou hladinou cholesterolu. Specifické rysy lze efektivně identifikovat mezi regionálně vyvinutými plemeny po celém světě (Calik 2016), například rozdíly v barvě skořápky mezi plemeny (Zhang et al. 2021). Barva skořápky je důležitou vnější vlastností vajec; ačkoli hlavní barvy skořápky běžně chovaných genotypů nosnic jsou hnědá a bílá, v některých zemích jsou požadavky na vejce s modrou nebo dokonce zelenou skořápkou (Guyonnet 2022). Je dobře známo, že pigmenty produkované v děloze během tvorby skořápky, včetně protoporfyrinu, biliverdinu a zinkového chelátu biliverdinu, jsou zodpovědné za různé barvy vaječných skořápek (Samiullah et al. 2015; Bi et al. 2016). Hnědá barva skořápky je způsobena ukládáním protoporfyrinu-IX na vnější vrstvě základní bílé matrice skořápky, zatímco modrozelené zbarvení je způsobeno především biliverdinem (produkt oxidační degradace hemu) (Kennedy & Vevers 1973; Lang & Wells 1987; Ryter & Tyrrell 2000; Zhao et al. 2006; Wang et al. 2007; Wang et al.; 2009). Fenotyp zbarvení vaječné skořápky každé slepice je poměrně stabilní, odráží individuální genotyp slepice i negenetické vlivy, jako je věk, výživa a nemoci (Bi et al. 2018). Uváděné průměrné odhady dědičnosti pro barvu vaječných skořápek (Zhang et al. 2005; Mulder et al. 2016) naznačují přítomnost genetické variace v rámci populace, a to i v rámci běžně chovaných genotypů hnědovaječných nosnic (Cavero et al. 2012). Pro uspokojení

poptávky spotřebitelů, kteří preferují tmavě hnědá vejce, byly úspěšně vybrány komerční linie hnědovaječných nosnic pro tmavší vejce (Cavero et al. 2012). Ve srovnání s jednobarevnou variací od světle po tmavě hnědou je však variace v populacích nosnic snášejících modrozelenou barvu skořápky složitější, protože vykazují vícebarevné souvislé variace, od velmi světlých přes odstíny modré, zelené a olivově zelené (Nowaczewski et al. 2013; Wang et al. 2023). I u nás se již můžeme setkat s vejci se zelenou skořápkou, jedná se o nosnice z programu Dominant Greenshell, u kterého zatím ještě není stoprocentní snáška zelených či modrých vajec (www.domimant-cz.cz).

3.3 Snáška

Snáška je definována jako počet snesených vajec za určité časové období a úzce s ní souvisí pojem nosnost, což je nejpodstatnější užitková vlastnost nosnic (Matoušek et al. 2013).

Šlechtěním se snáška zvýšila i prodloužila (Halaj & Golian 2011) a začíná prvním sneseným vejcem (Tůmová et al. 2014). Probíhá v sériích, což je počet dní, kdy každý den slepice snese vejce. Taková série je ovlivněna ovulačním cyklem. Ovulace se v sérii pomalu prodlužuje, tedy každé další vajíčko (žloutek) je ovulováno později (Tůmová et al. 2014), dokud nedojde ke zpoždění 8–10 hodin (Johnston & Gous 2003) mezi sériemi. Taková přestávka je nazývána interval, což je počet dní, kdy nosnice vejce nesnáší (Tůmová et al. 2014). Během intervalu se organismus slepice regeneruje (Halaj & Golian 2011). Během snášky můžeme pozorovat rytmus (pravidelnost sérií a intervalů), ranost i intenzitu snášky. Intenzita snášky vyjadřuje procentuální výšku snášky, což je počet vajec za určité časové období (Halaj & Golian 2011). Snášku můžeme hodnotit poměrem vajec ku počtu slepic během daného časového období, nebo absolutně, což je počet vajec za dané časové období (Halaj & Golian 2011).

Věk prvního vejce u nosnice neboli ranost snášky (Halaj & Golian 2011) může do určité míry ovlivnit produkci vajec v raném věku, a dokonce i během celého života, je proto důležitou ekonomickou vlastností, která ovlivňuje efektivitu produkce (Chen et al. 2024).

Počet vajec, které je schopna nosnice snést během svého reprodukčního cyklu závisí na genetice, věku i hmotnosti vajec (Johnston & Gous 2003). Robinson et al. (1990) pozorovali, že v počátku snášky slepice nesou v krátkých sériích; vrchol snášky se tedy může lišit v závislosti na genotypu, velikosti a počtu vajec. Výsledky studie Tůmové et al. (2017)

poukazují na souvislost genotypu i věku nosnice; nejvyšší produkce vajec byla spojena s nejdelšími sekvencemi na začátku snáškového cyklu.

Nosnice snáší nejvíce vajec během prvního roku pohlavní dospělosti, zatímco v druhém roce snáší vajec méně a ve třetí a čtvrtém roce života snáška značně poklesne. Většina slepic v pátém roce života již vejce není schopna snášet (Greenacre 2015).

Že je snáška ovlivněna hlavně genotypem, je ze studie Tůmové et al. (2017) zřetelné – prokázali významné interakce genotypu a věku hlavně ve střední dobu snášky. Pokud jde o věk, průměrná doba snášky se zvyšovala s postupujícím věkem a zvyšovala se i průměrná hmotnost. Pearsonovy korelace vykazují nízké hodnoty korelací v produkčních parametrech rychlosti snášky a střední délky sekvence, délky primární sekvence a střední doby snášky. U všech genotypů byly pozorovány velmi vysoké signifikantní korelace mezi mírou snášky a snáškovým cyklem. Podobně byly u všech genotypů pozorovány negativní střední korelace mezi průměrnou délkou sekvence a průměrnou dobou snášky.

Krom toho se ukázalo ve studii Makanjoula et al. (2023), že používání různých míst ve voliére se slepicemi ovlivňuje snášku a kvalitu vajec. Například u slepic, které trávily delší dobu v hnízdě během snášky, byla pozorována snáška nižší. Z této studie je zřejmé, že etologie má značný vliv na ovlivnění snášky. Etologie a genotyp však sami snášku neovlivňují, Patterson (1997) poukazuje na vztah snášky a denního cyklu.

Dále může být snáška ovlivněna ročním obdobím, světlem, teplem, podmínkami chovu, věkem nosnic, kdy snáška nosných hybridů začíná průměrně mezi 18-20 týdnem věku (Halaj & Golian 2011).

3.4 Vejce a jejich charakteristiky

Vejce jsou stále jedním z hlavních drůbežích produktů a jejich výsledná kvalita hraje důležitou roli nejen pro výrobce ale i pro spotřebitele (Hernandez et al. 2005). Kvalitu vajec ovlivňuje mnoho vnitřních i vnějších faktorů. Genotyp, systém ustájení a věk jsou jedny z nejpodstatnějších (Sokołowicz et al. 2019). Téma systémů ustájení je navíc v současné době velmi aktuální kvůli rostoucím obavám široké veřejnosti o pohodu zvířat (welfare) a podmínky ustájení hospodářských zvířat (Rahmani et al. 2019).

V posledních desetiletích se podstatně zvýšil počet vyprodukovaných vajec na jednu ustájenou slepici. Toto zvýšení počtu vajec je z velké části způsobeno prodlouženými produkčními cykly, kterých bylo dosaženo jak genetickou selekcí, tak zlepšenými postupy

řízení (Bain et al. 2016). Jak slepice stárnou, často dochází k nerovnováze, při které dochází k narušení absorpce a využití vápníku a fosforu, což vede ke snížení integrity kostí a kvality vaječných skořápek (Al-Batshan et al. 1994; Alfonso-Carrillo et al. 2021; Benavides – Reyes et al. 2021).

Vlastnosti vajec jsou důležité nejen pro výživu, ale i pro přepravu, jak uvádí Tůmová et al. (2014). Například tvar vajec je důležitý hlavně pro jejich přepravu – transport nevyrovnaných vajec způsobuje větší ztráty. Tvar vajec je však určen hlavně podle fáze snáškového cyklu, kdy na začátku jsou vejce spíše kulatější a s postupujícím cyklem se vejce prodlužují a získávají tak typický vejčitý tvar. (Tůmová et al. 2014). S tím souvisí i hmotnost vajec, která se snáškového cyklu postupně zvyšuje (Park & Sohn 2018). Johnston & Gous (2003) změnu hmotnosti potvrzují, z jejich výzkumu je zřejmé, že hmotnost vajec byla větší, když byla snáška dříve během dne, než když byla snáška uprostřed dne nebo později. Standardní rozměry vejce jsou šířka 42 milimetrů a délka 57 milimetrů, častěji se však setkáme s údajem zvaným index tvaru, což je poměr šířky a délky (Halaj & Golian 2011).

Genotypem je ovlivněna většina ukazatelů kvality vajec. Kupříkladu barva skořápky, podíl bílku nebo i hmotnost vejce (Tůmová et al. 2014). Hmotnost se zpravidla pohybuje kolem 60 gramů, je však velmi proměnlivá a může se pohybovat od 30 gramů do 80 gramů. Velikost vajec může být však ovlivněna nejen genetickými faktory, ale i věkem nosnice, částí snáškového cyklu nebo i ročním obdobím či výživou (Saláková 2014). Se stářím slepice roste i hmotnost vajec, s čímž se spojuje horší kvalita bílku i skořápky. Mírně zhoršení kvality vajec je možné pozorovat už kolem 35. týdne věku a k rapidnímu zhoršení dochází kolem 9. měsíce snášky, kdy se začínají objevovat vejce s nepravidelným tvarem (Halaj & Golian 2011).

3.4.1 Vznik vejce

Vajíčko je buňka ve vaječníku kulatého tvaru, postupným zvětšováním pak může být i viditelné okem. Ve vaječníku je vajíčko obaleno ještě žlutkovou blánou, která je bohatá na krevní cévy. K ovulaci vajíčka dochází zhruba za půl hodiny od snesení vejce. Z nálevky vejcovodu je pak žloutek peristaltickým pohybem posunut dále do vejcovodu, kde se mechanickým drážděním začne ze žláz vylučovat bílkovinná hmota. V krčku vejcovodu pak dále vznikají podskořápeční blány. Skořápka pak začíná vznikat v krčku vejcovodu a v části mezi krčkem a dělohou. Na vnější podskořápeční bláně vznikají krystalizační centra, na kterých dochází k tvorbě anorganických krystalů. Kutikula je poslední vrstvou vznikající v děloze, je tvořena bílkovinami a zakrývá póry skořápky (Saláková 2014).

3.4.2 Žloutek

Vaječný žloutek je zdrojem cholesterolu a obsahuje přibližně 200 mg. Role cholesterolu v lidské výživě je obrovská. Má funkční dopad na steroidní hormony, vitamín D a je také prekurzorem žluči k absorpci a trávení tuku (Zaheer 2015). Velikost žloutku bývá kolem 40 mm, jedná se tak o největší biologickou buňku (Elkin et al. 2003), jejíž tvar je čerstvě po snesení kulatý (Saláková 2014), poté mírně zploštělý tvar. Na povrchu je slabá blanka (též zvaná vitelinní membrána) chránící žloutek (Elkin et al. 2003). Tuto blánu tvoří mucinová vrstva propletená kolagenními vlákny (Saláková 2014). Saláková (2014) dělí žloutek na světlý a tmavý, kdy vrstvy tmavého žloutku vznikají za světelného dne, kdy má nosnice dostatek krmiva obsahující pigmenty. Tyto vrstvy se tvoří ještě ve vaječnicku. Při nadbytku pigmentů v krmivu se žloutkové vrstvy nemusí utvořit.

Žloutek by měl mít po rozklepnutí tvar zploštěné koule, měl být tuhý obalený pružnou blánou. Kvalitu žloutku můžeme určit pomocí indexu žloutku, tedy poměru výšky a průměru žloutku. Index se pohybuje od hodnoty 20 (starší vejce) po hodnotu 45 (čerstvá vejce) (Halaj & Golian 2011).

Saláková (2014) také popsala chemické složení žloutku, kdy se energetická hodnota vaječného žloutku pohybuje kolem 1300 kJ na 100 g. Obsah lipidů v sušině vaječného žloutku je asi 75 %, zbytek tvoří bílkoviny, což je asi 16 g bílkovin na 100 g žloutku a 26 g tuků na 100 g vaječného žloutku. Obsah sacharidů ve žloutku je asi 1 %. Z minerálních látek se zde vyskytuje například fosfor a železo.

Žloutek není rozpustný ve vodě, k tomu dochází až po přidání soli (Halaj & Golian 2011). Žloutek tvoří asi 30 % celkové hmotnosti vajec, což je při průměrné hmotnosti vejce asi 20 g (Saláková 2014). Dále se hodnotí i barva žloutku, která je ovlivnitelná krmivem (například kukuřicí či mrkví). K hodnocení barvy se používá stupnice Hoffman La Roche (°HLR), kdy při krmení běžnou směsí se barva žloutku pohybuje kolem 7 °HLR (Halaj & Golian 2011). Hmotnost žloutku se pohybuje v rozmezí 12-20 g (Zita et al. 2009). Index žloutku zjistíme poměrem výšky a šířky žloutku ((Halaj & Golian 2011) a u čerstvých vajec se pohybuje od 45 % do zhruba 48 % (Zita et al. 2009) a u starších vajec se pohybuje kolem 20 % (Halaj & Golian 2011).

3.4.3 Bílek

Kvalita bílku a žloutku se týká především spotřebitelů (Tolimir et al. 2017) a obvykle se vyjadřuje podílem a indexem (Zita et al. 2009; Hanusová et al. 2015; Kraus et al. 2019). Haughovy jednotky jsou základním parametrem kvality bílku, který určuje celkovou kvalitu obsahu vajec a čerstvost vajec (Narushin et al. 2020). Bílek pak vyplňuje zbytek prostoru vejce a je viskózní tekutinou, která je obecně tvořena z 88 % z vody a z 12 % vaječných bílkovin (Sim 2000).

Průměrná výška bílku bývá 4-8 milimetrů a jeho šířka 70-90 milimetrů. Pomocí těchto parametrů můžeme zjistit index bílku, který je ukazatelem čerstvosti vajec. U čerstvého vejce je tuhý bílek snadno rozeznatelný. Index bílku se zpravidla pohybuje od 55 milimetrů do 85 milimetrů a pokud index klesne pod 50 je nutno jej vyskladnit a spotřebovat (Halaj & Golian 2011).

Saláková (2014) uvádí, že bílek se skládá ze čtyř vrstev. Řídký bílek tvoří rovnou dvě vrstvy, dále tu je vrstva tuhého bílku a vrstva chalázového bílku. Chalázový bílek představuje asi 3 % celkového objemu bílku a obaluje žloutek, může žloutkovou blánou téměř splynout. Chalázový bílek plynule přechází v chalázy (bílkovinné provazce), které se upínají k pólům vejce. Chalázy udržují žloutek v jedné poloze. Jak bylo řečeno výše, řídký bílek tvoří hned dvě vrstvy, první vrstva je vnitřní řídký bílek, který tvoří asi 20 % bílku. Mezi vnitřním řídkým bílkem a vnějším řídkým bílkem je bílek tuhý, který tvoří asi 60 % celkového objemu bílku. Vnější řídký bílek tvoří asi 17 % bílku a složeným se podobá vnitřnímu řídkému bílku. Všechny vrstvy bílku obsahují přes 80 % vody, kdy vnější řídký bílek obsahuje skoro 89 % vody, naopak chalázový bílek obsahuje vody nejméně – asi 84 %.

U zdravích nosnic je kvalita bílku u čerstvě snesených ovlivňována věkem, s tím úzce souvisí i kvalita albuminu, která je důležitá i pro šlehatelnost (Vlčková et al. 2019). Čerstvý bílek je čirý, svou bílou barvu dostává až po tepelné úpravě, kdy se vysráží bílkoviny. Bílek se začíná srážet při teplotě 57 °C, zřetelně se sráží při teplotě 60 °C. Stejně jako žloutek, i bílek mrzne při teplotách mírně pod nulou, ovšem na rozdíl od žloutku je bílek ve vodě rozpustný. Hodnota pH bílku se čerstvě po snesení pohybuje kolem hodnoty 7, poté se zvyšuje na hodnotu mírně přes 9. U bílku je důležitá i pěnivost využívána hlavně cukrářském odvětví. Zde lze použít index pěnivosti, tedy poměr bílkové pěny objemu bílku před vyšleháním. Zajímavostí je, že starší vejce se hůře vyšlehává, trvanlivost pěny je však lepší (Halaj & Golian 2011).

3.4.4 Podskořápeční blány

Podskořápeční blány se dělí na vnitřní bānu, která je slabší, a vnější, která je pevnější a je spojena se skořápkou. Mezi těmito blánami vzniká komůrka (Bell et al. 2002). Blány tvoří asi 5 % celkové hmotnosti skořáčky a obě blány na sobě lpí, výjimkou je výše zmíněná komůrka, kterou nalezneme na tupém konci vejce. Po zhruba 24 hodinách může komůrka (též zvaná bublina) dosahovat výšky 2 milimetrů a šířce až 15 milimetrů (Saláková 2014).

3.4.5 Skořápka

Skořápka je na povrchu vejce a její parametry jsou důležité z několika důvodů. Z ekonomického hlediska je žádoucí produkovat vejce s pevnými skořápkami bez prasklin. Pevnost skořáčky je ovlivněna dalšími parametry, jako je tvar vejce, velikost vejce nebo tloušťka skořáčky (Sapkota et al. 2017). Další funkcí skořáčky je ochrana před kontaminací vnitřního obsahu vajec, takže z hlediska bezpečnosti potravin hraje důležitou roli i kvalita skořáčky (Vlčková et al. 2018). Poškozená skořápka snižuje biologickou bezpečnost vejce i snižuje jeho tržní hodnotu (Halaj & Golian 2011).

Šířka vaječné skořáčky se pohybuje od 0,2 – 0,8 milimetrů a pevnost získává klenbovou stavbou (Saláková 2014). Skořápka představuje asi 10 % celkové hmotnosti vejce (bílek představuje asi 60 % a žloutek asi 30 % celkové hmotnosti). Vaječná skořápka se dá rozdělit na organickou část a na část minerální, která převládá. Skořápka by měla být hladká, u vajec čerstvých průsvitná, u vajec starších matná (Saláková 2014).

Povrch skořáčky by měl být hladký, bez různých výrůstků, zvráštění, bez krvavých skvrn. Kvalita skořáčky je nedůležitější vlastností – určuje jeho tržní hodnotu i biologickou bezpečnost. Zhoršení kvality skořáčky může být způsobeno věkem, špatnou výživou nebo velikostí vejce. Skořápka je pevná, křehká. Elasticitu doplňují podskořápeční blány. Pevnost skořáčky se zjišťuje destruktivně, kdy se na vejce vyvíjí tlak, dokud skořápka nepraskne – tato hodnota se pohybuje mezi 17-85 N/m², což je ekvivalent asi 1,5 – 5,8 kg/cm² (Halaj & Golian 2011).

Se skořápkou úzce souvisí i kutikula (mucinový hlen), která dle Salákové (2014) vzniká asi 30 minut před samotným snesením. Kutikula sama o sobě je spíše vlhká a usnadňuje snesení vejce.

Studie Sirri et al. (2022) se věnovala výzkumu vztahu mezi genotypem nosnic a jejich věkem co se týče kutikuly a skořáčky. Z jejich studie vyplynulo, že genotyp nosnic a v menší míře i věk nosnic významně ovlivňují kvalitu a stupeň pokrytí kutikuly a také barevný profil

vaječné skořápky. Současná studie na Hejdysz et al. (2024) ukazuje, že genotyp nebo linie slepic může ovlivnit jak parametry kvality vajec, tak chemické složení vajec. Intenzivní selekce slepic tak přispívá ke zlepšení kvality vajec v mnoha parametrech, jak je patrné z rozdílů mezi hnědovaječnými hybridy ve srovnání s čistokrevnými slepicemi. Barva skořápky je ovlivněna hlavně genotypem, kdy bělovaječní hybridy pocházejí z původních plemen oblasti Středozemního moře a s hnědou (případně zelenou či modrou) pocházejí z plemen asijských (Halaj & Golian 2011).

3.5 Vliv genotypu na snášku a kvalitu vajec

Každý genotyp se vyznačuje vlastními jedinečnými produkčními vlastnostmi (Tůmová et al. 2017). Plemenná příslušnost nosnic (i typ hybridu) ovlivňuje hmotnost vajec, kdy například typ leghornka má vejce obecně menší než typ rodajlenský. Stejně tak je ovlivněn i poměr hustého a řídkého bílku k celkové hmotnosti vejce. Nejméně je genotypem ovlivněn žloutek (Halaj & Golian 2011).

Obecně platí, že kvalita vajec je určena především genetickými faktory. Hanusová et al. (2015) uvádí, že je geneticky ovlivněna jak skořápka, tak hmotnost vajec a ve svém pokusu s oravkou a rodajlenskou červenou uvádí, že oravka měla vyšší hmotnosti vejce, zatímco rodajlenska měla tmavší žloutky. Čím je vejce větší, tím se však pevnost skořápky snižuje (Kocevski et al. 2011). Tůmová & Gous (2012) zjistili, že slepice nosného typu obecně snášejí lehčí vejce oproti hybridům masného typu.

Výskyt genu pro rychlost růstu peří (využíváno při sexaci jednodenních kuřat) ovlivňuje průměrnou hmotnost vajec, ukazatele kvality skořápky i barvu skořápky. Například v případě slepic Barred Plymouth Rock ve věku 27 týdnů byla nejvyšší hmotnost vajec zaznamenána u kmene s pomalým opeřením, zatímco ve věku 56 týdnů totéž bylo zaznamenáno u kmene s rychlým opeřením. Stejná situace byla pozorována u kříženců první generace, kdy slepice s pomalým opeřením vykazovaly nejvyšší hmotnost vajec ve věku 27 týdnů, ale mnohem nižší ve věku 56 týdnů (Ledvinka et al. 2011).

Ketta et al. (2019) zjistili, že se genotypy nosnic liší i ve využití vápníku z krmiva; pro udržení vyšší produkce vajec vyžadovali nosnice Bovans Brown a Moravia BSL vyšší hladinu vápníku.

Tůmová et al. (2017) uvádějí, že jsou významné interakce mezi genotypy hlavně ve střední době oviopozice, kdy genotyp Moravia BLS měl zpoždění více než tři hodiny,

zatímco genotyp Bovans Brown měl zpoždění pod hodinu. Hybridi nosného typu snášejí vejce v průměru o hodinu dříve oproti hybridům masného typu (Tůmová & Gous 2012).

3.6 Vliv věku na snášku a kvalitu vajec

Nosnice snáší nejvíce vajec během prvního roku pohlavní dospělosti, poté se snáška snižuje (Greenacre 2015). Při stárnutí se produkce vajec snižuje a každý snáškový cyklus je ukončen přepeřením (Berry 2003).

Tůmová et al. (2017) uvádí, že věk nosnice ovlivňuje mimo jiné i hmotnost vajíčka, kdy se hmotnost vajec s cyklem snášky mírně zvyšuje (Tůmová et al. 2017) a s tím roste i podíl žloutku, kvalita bílku mírně klesá, stejně jako klesá kvalita skořápky (Roberts 2004). Věk ovlivňuje i kvalitu žloutkové membrány, kdy se s vyšším věkem tato membrána stává křehčí (Roberts 2004). To potvrzuje i Gu et al. (2021), kdy byl pozorován u stárnoucích nosnic nižší podíl bílku, což může částečně vysvětlovat nižší čerstvost vajec u starých nosnic. I skořápka vykazovala nižší pevnost a tloušťku. S věkem klesá i hmotnost vejce, což je pravděpodobně v důsledku zhoršení kvality skořápky (Tůmová & Gous 2012).

Johnston & Gous (2003) uvádí ve své studii, že se reprodukční stárnutí projevuje mimo jiné i zvýšením intervalů ovulace vajíček, poukazuje i na to, že na začátku období snášky měly některé nosnice schopnost snášet rychlostí vyšší než jedno vejce za 24 hodin. Vejce produkovaná staršími hejny snášejí v průměru později během dne (Zakira et al. 2005). Věkem se může měnit i tvar vejce, starší nosnice budou produkovat spíše delší vejce (Tůmová & Gous 2012).

4 Materiál a metodika

Diplomová práce byla zpracována na základě pokusu se slepicemi nosného typu. Pokus se 4 genotypy byl proveden na zkušební stanici Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského v Havlíčkově Brodě a byl schválen Etickou komisí ÚKZÚZ a Ústřední komisí pro ochranu zvířat při Ministerstvu zemědělství České republiky. Celkem bylo v pokusu zařazeno 80 nosnic ustájených individuálně v klecích (550 cm² na nosnici) ve střední etáži třípatrového klecového systému. Slepičky byly rozděleny do čtyř skupin podle genotypu. Byly zde hnědovaječné nosnice ISA Dual s kombinovanou užitkovostí, ISA Sussex, nosnice bělovaječné Dekalb White a nosnice s krémovou skořápkou Moravia Barred. Každý genotyp zahrnoval 20 nosnic a každá nosnice byla považována za experimentální jednotku. Nosnice byly umístěny do klecí ve věku 16 týdnů až do konce experimentu ve věku 80 týdnů. Před experimentem byly kuřice chovány ve stejných podmínkách. Během období odchovu se světelný režim skládal z 19 hodin světla v prvním týdnu věku a poté poklesl na 9 hodin ve věku šesti týdnů. Devět hodin světla bylo udržováno mezi 6. a 15. týdnem věku, poté se ve 20. týdnu věku postupně zvýšil na 16 hodin světla. Začátek experimentu byl ve věku 20 týdnů. Cyklus snášky byl rozdělen do dvou experimentálních období po sedmi týdnech: začátek snášky byl mezi 20. a 26. týdnem věku a konec snášky byl mezi 75.-80. týdnem věku. Během experimentu byly nosnice krmeny stejnou komerční krmnou směsí N1 (176 gramů hrubého proteinu, 11,0 MJ metabolizovatelné energie a 33,2 gramů vápníku) po dobu 20-56 týdnů a N2 (156 gramů hrubého proteinu, 9,9 MJ metabolizovatelné energie a 36,8 gramů vápníku) od 57. týdne věku do ukončení experimentu. Krmivo a voda byly k dispozici *at libitum*. Denní fotoperioda se skládala z 16 hodin světla a 8 hodin tmy, přičemž světla se zapínala ve 3:00 hod. Mikroklimatické podmínky byly v souladu s potřebami nosnic (Skřivan et al. 2015).

4.1 Ukazatele snášky

Produkce vajec a mortalita pro základní genotypovou charakteristiku byla zaznamenávána denně. Průměrný věk při snesení prvního vejce byl měřen jako počet dní od vylíhnutí do snesení prvního vejce. Intenzita snášky (%) byla vypočtena jako podíl snesených vajec za experimentální období dělený počtem slepičích dnů v období (Tůmová et al. 2016). Délka série byla počítána jako počet dní, kdy bylo vejce sneseno před přestávkou. Nejdelší série v každém období byla považována za hlavní sérii. Pro každé období byl vyhodnocen počet sérií. Doba snesení vajec byla odhadnuta jako doba, kdy bylo vejce sneseno po rozsvícení. Průměrná délka vnitřního cyklu (internal cycle length = ICL) byla vypočtena

pomocí rovnice od Ferreira et al. (2016): $ICL = (DL/LP) \times 100$, kde DL (day length) je délka dne a LR (the rate of lay) je snáška (%). Hmotnost vajec byla hodnocena ze dvou důvodů, pro základní genotypovou charakteristiku byla hmotnost vajec v každém období stanovena denním vážením.

4.2 Ukazatele kvality vajec

Vejce pro analýzy byla sbírána dva poslední dny sledovaného období, vždy 35 vajec od každého genotypu a období, tj. 70 vajec za genotyp.

Hmotnost každého vejce byla zjišťována na standardních laboratorních vahách Ohaus (TSS, York, England). Index tvaru vejce byl spočítán jako maximální šířka (mm) / maximální délka (mm) x 100, kde délka a šířka byla měřena posuvným měřítkem (Anderson, 2004). Z ukazatelů kvality bílku byly sledovány Haughovy jednotky byly měřeny přístrojem QCH (TSS, York, England), index bílku, který byl vypočítán jako (výška bílku (mm) / [délka bílku (mm) + šířka bílku (mm) / 2] x 100), kde výška tuhého bílku byla změřená mikrometrickou hlavicí QCH (TSS, York, England). Šířka a délka tuhého bílku byla měřena kolmo na sebe posuvným měřítkem. Dále byl sledován podíl bílku, který byl vypočítán z rozdílu hmotností vejce, žloutku a skořápky a pH bílku bylo zaznamenáno pomocí pH-metru (pH 330i WTW, Weilheim, Germany).

Žloutek byl hodnocen na základě indexu žloutku (výška žloutku (mm) / diametr žloutku (mm) x 100), kde výška žloutku byla změřena pomocí mikrometrické hlavice QCH (TSS, York, England) a šířka žloutku byla měřena kolmo na sebe posuvným měřítkem. Podíl žloutku byl stanoven z rozdílu hmotností vejce, žloutku a skořápky. Barva žloutku byla stanovena pomocí kolorimetru QCC (TSS, York, England).

Z charakteristik kvality skořápky byla sledována hmotnost skořápky, která byla zvážena po vysušení. Dále byla sledována tloušťka skořápky v ekvatoriální rovině po odstranění podskořápečných blan, a to pomocí mikrometru QCT (TSS, York, England). Pevnost skořápky byla sledována na zařízení QC – SPA (TSS, York, England). Podíl skořápky byl vypočítán z hmotností vejce a skořápky.

Kutikula je hlavní obranou vrstvou proti pronikání mikroorganismů do vejce, a proto je důležitá její celistvost a tloušťka. Kutikula se stanovuje spektrofotometricky a vypočítává se parametr ΔE^*ab , který vyjadřuje pokrytí skořápky kutikulou (Ketta & Tůmová 2018).

4.3 Statistické hodnocení

Data byla analyzována pomocí analýzy variace programem ANOVA (SAS 2013). Výsledky vajec byly vypočteny jednoduchou analýzou variace a významnost byla hodnocena pomocí Duncanova testu. P-hodnota $\leq 0,05$ byla považována za významnou pro všechna měření.

5 Výsledky a diskuse

5.1 Charakteristika snášky ve věku 20-28 týdnů

Produktivita nosnic se stanovuje intenzitou snášky. Z Tabulky 1 je zřejmé, že nebyla genotypem průkazně ovlivněna, což uvádí i Gunaeardana et al. (2007), podle něhož genotyp intenzitu snášky neovlivňuje. Arulnathan et al. (2014) se s hodnotami intenzity snášky pohybuje kolem 80 %, což odpovídá hodnotám Tabulky 1, kdy Dekalb bílý dosahoval v začátku snášky přes 82 % a ve studii Arulnathana přes 86 %, také průměrná délka cyklu taktéž nebyla průkazně ovlivněna. Johnston & Gous (2003) zjistili, že počáteční vzestup produkce vajec k maximální snášce je ovlivněn věkem pohlavní dospělosti a délkou jednotlivých sekvencí. Perzistence snášky bude dána rychlostí, jakou se v průběhu času zkracují délky sekvencí jednotlivých slepic, a také délkou intervalu.

Doba snesení vejce byla nejdelší u genotypu Moravia Barred a ze sledovaných genotypů nejdříve snášely nosnice ISA Sussex. Genotypem byla ovlivněna i délka série, kdy nejdelší byla u ISA Sussex. Zatímco nejnižší u Dekalb bílý, který měl sice nejkratší délku série, ale největší počet sérií samotných. Podobnou délku série uvádí i Tůmová et al. (2017), kdy hybrid ISA Sussex byl genotyp s nejvyšším průměrným počtem vajec i nejdelšími sekvencemi. Průměrná délka vnitřního cyklu je v práci Tůmové et al. (2017) u hybridů Dekalb White a ISA Sussex velmi podobná.

Délka intervalu byla u všech hybridů podobná, kolem jednoho dne, výjimkou byl kombinovaný hybrid ISA Dual, kdy se délka intervalu dostala na skoro dva dny. Reis et al. (2023) uvádí, že interval je doba mezi snesením dvou vajec, a když je vejce sneseno po 16:00 hodině, následující série začíná o dva dny později, čemuž odpovídá délka intervalu Tabulce 1.

Tabulka 1 Výsledky charakteristik snášky, začátek snášky 20-28 týdnů věku

Hybrid	Intenzita snášky (%)	ICL (h)	Doba snesení vejce (h)	Délka série (dny)	Počet sérií	Délka intervalu (dny)
ISA Dual	83,74	31,01	4,41 ^b	9,41 ^b	2,54 ^c	1,68
ISA Sussex	88,21	27,38	3,41 ^c	20,62 ^a	1,67 ^d	1,11
Moravia Barred	84,96	28,53	4,79 ^a	8,71 ^c	2,90 ^b	1,19
Dekalb White	82,11	30,02	4,56 ^{ab}	7,21 ^d	3,26 ^a	1,20
průkaznost	0,056	0,199	0,001	0,001	0,001	0,177

5.2 Charakteristiky vajec na začátku snášky

Hmotnost vajec nebyla průkazně genotypem ovlivněna, což odpovídá hodnotám například ve studii Ledvinka et al. (2011), kde se průměrná hmotnost v počátku snášky pohybovala mezi 53-55 g. Nižší hmotnost vajec kolem v počátku snášky uvádí i Zita et al. (2009), Tůmová & Gous (2012), u kterých se hmotnost vejce pohybovala kolem 60 g.

Index tvaru vejce byl genotypem průkazně ovlivněn, kdy nejvyšší hodnoty měl hybrid ISA Sussex a nejnižší ISA Dual, ovlivnění genotypem zjistili i Zita et al (2009).

Hmotnost i podíl bílku však genotypem průkazně ovlivněn nebyly. Haughovy jednotky byly průkazně ovlivněny genotypem, průkazné ovlivnění genotypem v kvalitativních charakteristikách bílku je pouze u Haughových jednotek (Tůmová et al. 2007, Tůmová et al. 2009, Tůmová et al. 2017). V této práci je vidět i pokles Haughových jednotek i s věkem, kdy nejvyšší pokles byl u genotypu Dekalb White (pokles o 15,38 Haughových jednotek). Tůmová et al. (2009) pozorovali pokles Haughových jednotek i během doby snesení vejce, kdy nejvyšším hodnoty byla vajec snesených ráno, nižší kvalitu vajec snesených odpoledne Tůmová et al. (2017) přisuzuje absorpci vody během tvorby vajec.

Podíl žloutku nebyl průkazně ovlivněn genotypem, U genotypu ISA Dual byl však podíl žloutku nejvyšší a u genotypu ISA Sussex nejnižší. Tůmová et al. (2017) zjistili, že podíl žloutku může být ovlivněn i časem snesení vajec, kdy vejce nosnic v klecích snesená v ranních hodinách měla podíl žloutku vyšší než vejce snesená odpoledne. Barva žloutku nebyla průkazně genotypem ovlivněna. Halaj & Golian zjistili, že může být barva žloutku ovlivněna i krmivem a při použití běžných krmiv se barva žloutku pohybuje mezi hodnotami 6-8, a protože zde byla použita u všech genotypů stejná krmná směs, ovlivnění barvy žloutku krmivem není stanoveno. Nejsytější barvu měl však žloutek u genotypu Moravia Barred, stejně tak i ve studii Tůmové et al. (2009).

Index žloutku i jeho hmotnost nebyly genotypem průkazně ovlivněny ani ve studii Tůmové et al (2007). Tůmová et al. (2009) pozorovali hodnoty hmotnosti žloutku kolem 16 g, což jsou blízké hodnoty, které byly pozorovány i zde. U Tůmové et al. (2009) měl nejtěžší žloutky genotyp Moravia, v této práci měl genotyp Moravia Barred hmotnost žloutku nejnižší (14,15 g).

Tabulka 2 Výsledky celého vejce a vnitřní kvality na začátku snášky

Hybrid	Hmotnost vejce (g)	Index tvaru vejce (%)	Hmotnost bílku (g)	Podíl bílku (%)	Index bílku (%)	Haughovy jednotky	Hmotnost žloutku (g)	Podíl žloutku (%)	Index žloutku (%)	Barva žloutku
ISA Dual	55,13 ^c	77,85 ^c	34,46 ^c	62,54	8,98 ^b	83,85 ^c	14,95	27,09	46,05 ^b	4,70
ISA Sussex	56,07 ^b	83,00 ^a	35,93 ^b	64,03	10,31 ^a	87,91 ^a	14,24	25,44	47,23 ^a	5,00
Moravia Barred	55,65 ^c	78,58 ^c	36,16 ^b	64,91	8,37 ^c	80,56 ^d	14,15	25,48	46,87 ^b	5,72
Dekalb White	58,69 ^a	79,05 ^b	37,81 ^a	64,35	9,06 ^b	83,73 ^c	15,12	25,81	47,65 ^a	4,75
průkaznost	0,003	0,001	0,005	0,057	0,001	0,001	0,113	0,277	0,023	0,062

5.3 Charakteristika skořápky na začátku snášky

Barva skořápky byla průkazně ovlivněna genotypem, stejně jak uvádí ve svém výzkumu Ledvinka et al. (2010). Genotypy slepic dělíme nosnice na bělovaječné a hnědovaječné, jak bylo zmíněno dříve, barva skořápky může být i tyrkysová nebo krémová (Saláková 2014; Tůmová et al. 2019).

Hmotnost skořápky byla průkazně ovlivněna genotypem a u genotypu ISA Sussex byla hmotnost průměrně nejvyšší a u genotypu Moravia Barred nejnižší (5,89 g vs 5,35 g). Vlivu genotypu na hmotnost skořápky si všimá i Ledvinka et al. (2010).

Podíl skořápky se pohyboval kolem 10 % u všech genotypů a nebyl průkazně ovlivněn genotypem, čehož si všimli i Ledvinka et al. (2011), kde se podíl skořápky u použitých hybridů pohyboval také kolem 10 %.

Pevnost skořápky však již byla průkazně genotypem ovlivněna. Nejpevnější skořápka byla u genotypu ISA Sussex, který měl i hmotnost skořápky nejvyšší, nejnižší pevnost byla u genotypu Dekalb White, který měl nejnižší podíl skořápky. Lewko (2021) uvádí, že existují významné rozdíly skořápky vajec mezi genotypy, což je v rozporu s údaji v Tabulce 2.

Tloušťka skořápky, která se pohybovala od 0,321 mm (Dekalb White) do 0,374 mm (ISA Sussex), byla genotypem průkazně ovlivněna, stejně jako u studie Zita et al (2009), Ledvinka et al. (2010) či Ledvinka et al. (2011). Nejsilnější byla u genotypu ISA Sussex, což pravděpodobně souvisí s hmotností skořápky, a nejslabší byla u genotypu Dekalb White, u kterého může být souvislost s nejnižším podílem skořápky.

Parametry skořápky, jako je barva skořápky, její hmotnost, pevnost, tloušťka, byly průkazně ovlivněny genotypem a také index skořápky. Nejvyšších hodnot dosahoval genotyp ISA Dual a nejnižších Moravia Barred.

Kutikula však nebyla průkazně genotypem ovlivněna, což nesouhlasí s prací Sirri et al. (2022), kteří udávají, že genotyp má na kutikulu vliv a ukládání kutikuly u hnědých vajec je významně ovlivněno věkem nosnic. Rodríguez-Navarro et al. (2013) ve své studii poukazuje na značný vliv věku nosnice na kvalitu kutikuly.

Tabulka 3 kvalita vaječné skořápky na začátku snášky

Hybrid	Barva skořápky (%)	Hmotnost skořápky (g)	Podíl skořápky (%)	Pevnost skořápky (N)	Tloušťka skořápky (mm)	Povrch skořápky (cm ²)	Index skořápky (g/100cm ²)	Kutikula (ΔE^*ab)
ISA Dual	27,55 ^b	5,72 ^{ab}	10,37 ^a	46,25 ^b	0,363 ^b	67,62 ^c	8,46 ^{ab}	54,52 ^a
ISA Sussex	20,36 ^c	5,89 ^a	10,53 ^a	53,99 ^a	0,374 ^a	68,38 ^b	8,62 ^a	48,30 ^d
Moravia Barred	28,66 ^b	5,35 ^c	9,61 ^c	41,50 ^c	0,326 ^c	68,05 ^b	7,85 ^c	50,79 ^c
Dekalb White	45,91 ^a	5,76 ^b	9,84 ^b	39,18 ^d	0,321 ^c	70,50 ^a	8,18 ^b	52,02 ^b
průkaznost	0,001	0,001	0,015	0,001	0,001	0,003	0,001	0,023

5.4 Charakteristika snášky ve věku 75-80 týdnů

Z Tabulky 4 je zřejmé, že intenzita snášky nebyla genotypem ovlivněna podobně jako na začátku snášky. Hodnoty oproti údajům z Tabulky 1 jsou však nižší, u genotypů ISA Dual a Dekalb White jsou nižší zhruba o 20 %, což naznačuje, že intenzita snášky bude více ovlivněna věkem než genotypem. Na pokles intenzity snášky věkem poukazuje i Johnston & Gous (2003), Zakara et al. (2005), Gunawardana et al (2007), Tůmová et al. (2012) Greenacre (2015), Tůmová et al. (2017), kdy intenzita snášky klesala a výsledný rozdíl mezi mladými nosnicemi a staršími nosnicemi činil asi 20 %, což koresponduje s hodnotami u ISA Dual a Dekalb White.

Hodnoty ICL jsou znatelně vyšší, nicméně nebyly průkazné rozdíly mezi genotypy, proto se dá usuzovat, že ICL bude souviset s věkem. Doba snesení vejce koresponduje s ICL a jako v Tabulce 1, nejdříve snášeli hybridi ISA Sussex, s čímž souhlasí i studie Tůmové et al. (2017), u které taktéž první snášel genotyp ISA Sussex a která poukazuje na čas snesení vejce, který se postupně s věkem prodlužoval. Tyto údaje jsou velmi blízké údajům z Tabulky 1 a Tabulky 4.

Délka série byla průkazně ovlivněna genotypem a vzhledem k hodnotám výrazně nižším, bude i délka série více souviset s věkem nosnic a s tím souvisí i počet sérií, které se zkrátily a jejich počet se zvýšil. Zkracování délky série uvádějí i Tůmová et al. (2017), délka sekvence byla kratší zhruba o 13 dní. Tomu se nejvíce přiblížil genotypem ISA Sussex s poklesem série o necelých 12 dní. Nejnižší pokles byl pozorován u genotypu Dekalb White (pokles o 2,9 dní).

Délka intervalu opět nebyla průkazně ovlivněna genotypem, a i ke konci snášky trval interval průměrně den a půl. Reis et al. (2023) ve svém modelu předpokládá, že první vejce sekvence je sneseno v 08:00 h. Následující vejce v sekvenci jsou snesena postupně později a později. Když nosnice snesou vejce v 16:00, následující slepice nesnáší a nová série znovu začíná o dva dny později, čemuž by hodnoty délky intervalu v Tabulce 1 i Tabulce 4 odpovídaly. Nejkratší interval na konci snášky měl genotyp Moravia Barred, oproti tomu genotyp ISA Sussex měl nejkratší interval na začátku snášky a ke konci jej měl nejdelší.

Tabulka 4 Výsledky charakteristik snášky, 75-80 týdnů věku

Hybrid	Intenzita snášky (%)	ICL (h)	Doba snesení vejce (h)	Délka série (dny)	Počet sérií	Délka intervalu (dny)
ISA Dual	62,96	91,60	6,05 ^b	3,22 ^c	3,74 ^{ab}	1,52
ISA Sussex	80,56	48,48	4,15 ^c	8,70 ^a	2,03 ^c	1,65
Moravia Barred	81,79	29,64	6,77 ^a	4,41 ^b	3,27 ^b	1,15
Dekalb White	66,36	43,01	6,36 ^{ab}	2,90 ^d	3,89 ^a	1,51
Průkaznost	0,151	0,421	0,001	0,001	0,001	0,793

5.5 Charakteristiky vajec na konci snášky

Hmotnost vajec nebyla průkazně ovlivněna genotypem, ale především věkem. Oproti Tabulce 2 se zde hodnoty zvýšily a hmotnost vajec se pohybovala od 62 g do 70 g, což koresponduje se studiemi Zita et al. (2009), Ledvinka et al. (2011), Tůmová et al. (2017). Zvýšení hmotnosti vajec v souvislosti s věkem uvádí ve své studii i Sirri et al. (2022).

Index tvaru vejce měl průkazně nejvyšší hodnoty genotyp ISA Sussex podobně jako na začátku snášky. Ledvinka et al. (2011) poukazují na změny indexu tvaru vajec v souvislosti s věkem i genotypem. Index tvaru vejce kolem 75 % pozorovali i Hejdysz et al. (2024), kde zaznamenali, že index tvaru vejce je genotypem ovlivněn, což je v souladu s výsledky z Tabulky 2 a Tabulky 5.

Podíl bílku byl mírně nižší než na začátku snášky, ale genotypem nebyl průkazně ovlivněn, stejně tak i hmotnost bílku, která se mírně zvýšila oproti začátku snášky, pravděpodobně v souvislosti s většími vejci. Index bílku byl genotypem průkazně ovlivněn pouze na začátku snášky, ale nikoliv na jejím konci. Vliv věku je zde velmi výrazný, hodnoty oproti Tabulce 2 jsou zcela jiné, průměrně o 3 % nižší. Na změnu charakteristik bílku poukazuje i Ledvina et al. (2011), kdy se hmotnost bílku mírně zvedla, jeho podíl a index však klesl.

Haughovy jednotky byly průkazně genotypem ovlivněny na začátku snášky, ke konci snášky již nebyly a snižovaly se s věkem nosnic, což uvádějí i Zita et al. (2009), Ledvinka et al. (2010), Tůmová & Gous (2012).

Hmotnost žloutku nebyla průkazně genotypem ovlivněna, oproti začátku snášky se však zvedla, což naznačuje ovlivnění věkem, které je zřejmé i u Zita et al. (2009). Ledvinka et al. (2010) uvádí, že Haughovy jednotky jsou ovlivněné věkem, což koresponduje s údaji v Tabulce 2 a Tabulce 4.

Podíl žloutku mírně vzrostl na udávaných 30 % (Saláková 2014; Halaj & Golllian 2011; Tůmová et al. 2019). Nebyl však průkazně genotypem ovlivněn, i když největší byl u genotypu ISA Dual a nejnižší u Moravia Barred. Na rostoucí podíl žloutku poukazují i Zita et al. (2009), kdy se hodnoty na začátku snášky pohybovaly kolem 23 %, poté vzrostly na průměrných 29 %, což jsou hodnoty podobné hodnotám v Tabulce 2 a Tabulce 4.

Také index žloutku byl genotypem průkazně ovlivněn a nejvyšších hodnot dosahoval u genotypu Dekalb White s hodnotou 43,1 % a nejnižších ISA Dual s průměrnou hodnotou 40,4 %. Hodnoty kolem 40 % najdeme i ve studii Hejdysz et al. (2024). Ledvina et al. (2010) ve své studii pozoruje hodnoty mírně vyšší (od 45,2 % do 47,3 %) a uvádí, že index žloutku je ovlivněn genotypem.

Oproti začátku snášky se však hodnota indexu žloutku u všech genotypů snížila. Nevýraznější pokles byl pozorován u genotypu ISA Dual (46,05 % vs 40,4 %), nejmenší rozdíl byl pak pozorován u genotypu Moravia Barred (46,87 % vs 43,00 %). Tůmová et al. (2009) uvádějí pokles indexu žloutku i během dne, kdy nevyšší hodnoty dosahovali vejce snesená v ranních hodinách. Ovlivnění genotypem uvádějí ve své studii i Tůmová et al. (2007), kde u některých genotypů byl v průběhu dne také pozorován pokles indexu, vymyká se však genotyp Blue Strain, který měl nevyšší hodnoty v poledních hodinách, odpolední však byly nižší než ranní.

Tabulka 5 Výsledky celého vejce a vnitřní kvality 75. – 80. týden věku

Hybrid	Hmotnost vejce (g)	Index tvaru vejce (%)	Hmotnost bílku (g)	Podíl bílku (%)	Index bílku (%)	Haughovy jednotky	Hmotnost žloutku (g)	Podíl žloutku (%)	Index žloutku (%)
ISA Dual	67,2 ^b	75,0 ^c	40,5	60,2	5,63 ^b	66,9 ^d	20,4 ^b	30,3	40,4 ^b
ISA Sussex	63,9 ^c	78,8 ^a	38,7	60,6	7,00 ^a	74,8 ^a	18,9 ^c	29,6	42,9 ^a
Moravia Barred	62,7 ^c	73,4 ^d	39,1	62,2	5,59 ^b	72,2 ^b	17,9 ^d	28,6	43,0 ^a
Dekalb White	70,7 ^a	76,4 ^b	43,6	61,6	5,78 ^b	68,4 ^c	21,1 ^a	29,9	43,1 ^a
Průkaznost	0,038	0,001	0,070	0,155	0,013	0,011	0,007	0,086	0,001

5.6 Charakteristika skořápky na konci snášky

Jak již bylo zmíněno, barva skořápky je genotypem ovlivněna (Saláková 2014; Halaj & Gollian 2011; Tůmová et al. 2019). Hodnoty u všech genotypů mírně zvedly oproti začátku snášky, což potvrzuje i Ledvinka et al. (2011). Lewko et al. (2021) udávají, že věk nosnic neměl významný vliv na změnu barvy skořápky, naopak Sirri et al. (2022) uvádějí vliv věku, což koresponduje s daty v Tabulce 3 a v Tabulce 6, kdy se hodnoty vajec u všech genotypů mírně zvýšily.

Hmotnost skořápky ani na konci snášky nebyla genotypem průkazně ovlivněna, v souvislosti věkem se však mírně zvedla, což může souviset i s větší velikostí vejce. Podíl skořápky se mírně snížil, z 10 % na 9 % a u hybrida Dekalb White až na 8 %. Podíl však nebyl průkazně ovlivněn genotypem. Nejpevnější skořápku měl genotyp ISA Sussex a nejnižší Dekalb White, což může souviset s podílem skořápky, který se věkem u genotypu Dekalb White snížil na 8 %. Pevnost skořápky, stejně jako podíl skořápky nebyl průkazně genotypem ovlivněn. Zhoršení kvality skořápky ovlivněné věkem zmiňuje i Wistedt et al. (2012) a Lewko et al. (2021). Mírné snížení hmotnosti skořápky a pokles jejího podílu pozorovali Lu et al. (2024).

Tloušťka skořápky na konci snášky genotypem nebyla průkazně ovlivněna, což je v rozporu se začátkem snášky (Tabulka 3). Nejvyšší hodnoty byly opět u ISA Sussex a nejnižší u Dekalb White. Podobné hodnoty tloušťky skořápky uvádějí Lewko et al. (2021). Index skořápky se mírně snížil, rozdíly nebyly tak velké, což je opakem výsledů na začátku snášky (Tabulkou 3).

Kutikula taktéž nebyla genotypem průkazně ovlivněna, hodnoty jsou oproti začátku snášky (Tabulka 3) nižší, proto tam bude pravděpodobně souvislost s věkem. Sirri et al. (2022) uvádí, že kutikula je sice ovlivněna genotypem, výsledky ale naznačují, že syntéza kutikuly u hnědovaječných nosnic je významně ovlivněna věkem. Rodríguez-Navarro et al. (2013) zjistili, že složení kutikuly je variabilní a závisí na věku slepice, koresponduje s údaji na začátku snášky (Tabulka 3) a na konci snášky (Tabulka 6).

Tabulka 6 Kvalita vaječné skořápky 75. – 80. týden věku

Hybrid	Barva skořápky (%)	Hmotnost skořápky (g)	Podíl skořápky (%)	Pevnost skořápky (N)	Tloušťka skořápky (mm)	Index skořápky (g/100cm ²)	Kutikula (ΔE^*ab)
ISA Dual	30,6 ^c	6,33	9,45 ^a	41,9	0,361	8,21	48,5
ISA Sussex	27,1 ^d	6,24	9,78 ^a	47,3	0,389	8,37	46,7
Moravia Barred	34,5 ^b	5,79	9,23 ^a	38,9	0,345	7,84	50,3
Dekalb White	49,4 ^a	5,90	8,34 ^b	37,6	0,325	7,39	48,6
průkaznost	0,001	0,587	0,034	0,034	0,105	0,134	0,307

6 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo posouzení rozdílů ukazatelů snášky a fyzikálních parametrů vajec v první a druhé fázi snášky u vybraných genotypů slepic. Práce hodnotila čtyři odlišné genotypy: ISA Dual jako zástupce kombinovaných genotypů, ISA Sussex jako zástupně hnědovaječného hybridu, Moravia Barred jako zástupce nosnic s krémovou barvou skořápky a Dekalb White jako zástupce bělovaječných nosnic.

Intenzita snášky nebyla genotypem ovlivněna, ale věkem. U genotypu Moravia Barred byl mírný pokles z 84,96 % na 81,79 %. Větší pokles byl v důsledku věku u genotypu ISA Sussex (z 88,21 % na 80,56 %). Oproti tomu genotypy Dekalb White a ISA Dual vykazovaly věkem pokles snášky o 20 %, konkrétně u genotypu ISA Sussex byl pokles téměř 21 % (z 83,74 % na 62,96 %) a u genotypu Dekalb White byl pokles o takřka 16 % (z 82,11 % na 66,36 %). Intenzita snášky souvisí s délkou tvorby vejce. Vnitřní délka cyklu nebyla genotypem průkazně ovlivněna, rozdíly souvisely s věkem nosnic. Genotyp Moravia Barred měl vnitřní délku cyklu v obou případech nejkratší a ISA Dual nejdelší. Největší prodloužení cyklu bylo pozorováno u genotypu ISA Dual, kdy se z původních 31,01 h dostal až na 90,6 h. Doba snesení vajec byla průkazně nejvyšší u Moravia Barred. Délka i počet sérií byly průkazně ovlivněné genotypem v začátku i na konci snášky. Nejméně sérií měl opět genotyp ISA Sussex a nejvíce Dekalb White. Délka sérií se postupně zkracovala, nejdelší měl však na začátku i na konci opět genotyp ISA Sussex, kdy z původních 20,62 dní poklesla délka série na 8,7 dnů.

Hmotnost vajec se pomalu zvyšovala s věkem a největší nárůst hmotnosti byl pozorován u genotypu ISA Dual (o 12,07 g) a Dekalb White (o 12,01 g). Genotyp ISA Sussex měl nárůst hmotnosti o 7,83 g a Moravia Barred měla nárůst hmotnosti nejmenší, o 7,05 g. Hmotnost nebyla průkazně ovlivněna genotypem. Hmotnost a podíl bílku nebyly průkazně ovlivněny genotypem ani na začátku snášky ani na jejím konci. Index bílku byl na začátku genotypem průkazně ovlivněn, na jejím konci již nebyly mezi genotypy rozdíly. Podobný průběh měly i změny Haugových jednotek. Podíl žloutku nebyl genotypem průkazně ovlivněn ani na začátku snášky a ani na jejím konci, stejně tak i hmotnost žloutku. Nejsytější barvu měl v začátku snášky genotyp Moravia Barred, ale ani barva žloutku byla průkazně ovlivněna genotypem. Hmotnost skořápky byla průkazně genotypem ovlivněna jen na začátku snášky. Nárůst hmotnosti skořápky souvisel se zvyšováním hmotnosti celého vejce s věkem nosnice. Pevnost skořápky, tloušťka skořápky a index skořápky byly průkazně ovlivněny genotypem, ale pouze na začátku

snášky. Pokrytí vajec kutikulou nebylo průkazně ovlivněn genotypem, ale s věkem se snižovalo.

Výsledky diplomové práce ukazují genotypové rozdíly. Zejména horší výsledky u genotypu s kombinovanou užitkovostí, kde je slepice chována pro vejce a kohout pro maso. U specializovaných prošlechtěných hybridů byly příznivější ukazatele snášky i kvality vajec ve srovnání s méně prošlechtěným hybridem Moravia Barred.

7 Literatura

Al-Batshan HA, Scheideler SE, Black BL, Garlich JD, Anderson KE. 1994. Duodenal calcium uptake, femur ash, and eggshell quality decline with age and increase following molt. *Poultry Science* **73**: 1590-1596.

Alfonso-Carrillo C, Benavides-Rexes C, de Los Mozos J, Dominiguez-Gasca N, Sanchez-Rodriguez E, Garcia-Ruiz AI, Rodriguez-Navarro AB. 2021. Relationship between bone quality, egg production and eggshell quality in laying hens at the end of an extended production cycle (105 weeks). *Animals* **11**:1-12.

Arulnathan V, Turner I, Bamber N, Ferdous J, Grausser F, Doyon M, Pelletier N. A systematic review of potential productivity, egg quality, and animal welfare implications of extended lay cycles in commercial laying hens in Canada. *Poultry Science*: **103**.

Bain MM, Nys Y, Dunn IC. 2016. Increasing persistency in lay and stabilizing egg quality in longer laying cycles. What are the challenges? *British Poultry Science* **57**: 330-338.

Bell DD. 2002. *Commercial Chicken Meat and Egg Production*. Kluwer Academic Publishers. USA.

Berry WD. 2003. The physiology of induced molting. *Poultry Science* **82**: 971-980.

Bi HJ, Li GQ, Yang N. 2016. Genetic research progress of eggshell color. *Acta Veterinaria Et Zootechnica Sinica* **47**: 2325-2330.

Bi HJ, Liu Z, Sun CJ, Li GQ, Wu GQ, Shi FY, Liu AQ, Yang N. 2018. Brown eggshell fading with layer ageing: dynamic change in the content of protoporphyrin IX. *Poultry Science* **97**: 1948-1953.

Cai D, Wang Z, Zhou Z, Lin D, Ju X, Nie Q. 2023. Integration of transcriptome sequencing and whole genome resequencing reveal candidate genes in egg production of upright and pendulous-comb chickens. *Poultry Science* **102**.

- Calik J. 2016. Assessment of content of selected chemical components in hen eggs depending on their production cycle (in Polish). *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość* **3 (106)**: 54-63.
- Cavero D, Schmutz M, Icken W, Preisinger R. 2012. Attractive eggshell color as a breeding goal. *Lohmann Information* **47**: 15-21.
- DOMINANT GENETIKA s.r.o. 2024. Programy DOMINANT. Available from www.dominant-cz.cz (accessed January 2024).
- Fathi M, Abou-Emera O, Al-Homidan I, Galal A, Rayan G. 2022. Effect of genotype and egg weight on hatchability properties and embryonic mortality pattern of native chicken populations. *Poultry Science* **101**.
- Gu YF, Chen YP, Jin R, Wang C, Wen C, Zhou YM. 2021. A comparison of intestinal integrity, digestive function, and egg quality in laying hens with different ages. *Poultry Science* **100**.
- Gunawardana WG, Bryant MM, Viotle RA, Roland DA. 2021. Effect of Molting Method and Dietary Energy on Postmolt Performance, Egg Components, Egg Solid, and Egg Quality in Bovans White and Dekalb White Hens During Second Cycle Phases Two and Three. *Poultry Science* **183**: 869-876.
- Guyonnet V. 2022. Does eggshell color really matter? *WATT Poultry International* **61**: 22-23.
- Greenacre ChB. 2015. Reproductive Diseases of the Backyard Hen. *Journal of Exotic Pet Medicine* **24**:164-171.
- Halaj M, Gollian J. 2011. Vajce biologické, technické a potravinárske využitie. Garmond Nitra. Nitra.
- Hanusová E, Hrnčár C, Hanus A, Oravcová M. 2015. Effect of breed on some traits of egg quality in laying hens. *Acta fytotechnica et zootechnica* **18**: 20-24.

Hejdysz M, Nowaczewski S, Perz K, Szablewski T, Stuper-Szablewska K, Cegielska-Radziejewska R, Tomczyk Ł, Przybylska-Balcerek A, Buśko M, Kaczmarek SA, Ślósarz P. 2024. Influence of the genotype of the hen (*Gallus gallus domesticus*) on main parameters of egg quality, chemical composition of the eggs under uniform environmental conditions. *Poultry Science* **103**.

Hernandez JM, Beardsworth P, Weber G. 2005. Egg quality – meeting consumer expectations. *International Poultry Production* **13**: 20-23.

Chen A, Zhao X, Wen J, Zhao Y, Wang G, Zhang X, Ren X, Zhang Y, Cheng X, Yu X, Mei X, Wang H, Guo M, Jinag X, Wei G, Wang X, Jiang R, Guo X, Ning Z, Qu L. 2024. Genetic parameter estimation and molecular foundation of chicken egg-laying trait. *Poultry Science* **103**.

INTEGRA, a.s. 2024. Programy. Avabile from www.ingerazabcice.cz (accessed 2024).

Johnston SA, Gous R. 2003. An improved mathematical model of the ovulatory cycle of the laying hen. *British Poultry Science* **44(5)**: 752-760.

Kennedy GY, Vevers HG. 1973. Eggshell pigments of the Araucano Fowl. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry* **44B**: 11-25.

Ketta M, Tůmová E. 2018. Eggshell characteristics and cuticle deposition in three laying hen genotypes housed in enriched cages and on litter. *Czech Journal of Animal Science* **63**: 11-16.

Ketta M, Tůmová E, Chodová D. 2019. Response of three laying hen genotypes to two feed calcium levels. *Czech Journal of Animal Science* **64**: 504–510.

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

Kraus A, Zita L, Krutn O. 2019. The effect of different housing system on quality parameters of eggs in relationship to the age in brown egg-laying hens. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* **25**: 1246-1253.

Lang MR, Wells JW. 1987. A review of eggshell pigmentation. *World's Poultry Science Journal* **43**: 238-246.

Ledvinka Z, Tůmová E, Englmaierová M, Podedníček M. 2010. Egg quality of three laying hen genotypes kept in conventional cages and on litter. *European Poultry Science* **76**: 38- 43.

Ledvinka Z, Zita L, Hubený M, Tůmová E, Tyller M, Dobrovolný P, Hruška M. 2011. Effect of genotype, age of hens and K/k allele on eggshell quality. *Czech Journal of Animal Science* **56**: 242-249.

Lewko L, Krawczyk J, Calik J. 2021. Effect of genotype and some shell quality traits on lysozyme content and activity in the albumen of eggs from hens under the biodiversity conservation program. *Poultry Science* **100**.

Lu J, Jiang DC, Ma M, Wang Q, Guo J, Wang XG, Dou TC, Li YF, Hu YP, Wang KH, Qu L. 2024. Effects of manganese glycine on eggshell quality, eggshell ultrastructure, and elemental deposition in aged laying hens. *Animal* **18**.

Matoušek V a kol. 2013. Chov hospodářských zvířat II. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. České Budějovice.

Mulder HA, Visscher J, Fablet J. 2016. Estimating the purebred-crossbred genetic correlation for uniformity of eggshell color in laying hens. *Genetics Selection Evolution* **48**: 39.

Nowaczewski S, Szablewski T, Cegielska-Radziejewska R, Stuper-Szablewska K, Rudzinska M, Lesnierowski G, Konrecka H, Szulc K. 2013. Effect of housing system and eggshell colour on biochemical and microbiological characteristics of pheasant eggs. *Archiv fur Geflugelkunde* **77**: 226–233.

Patterson PH. 1997. The Relationship of Oviposition Time and Egg Characteristics to the Daily Light:Dark Cycle. *Journal of Applied Poultry Research* **6**: 381-390.

Park JA, Sohn SH. 2018. The influence of hen aging on eggshell ultrastructure and shell mineral components. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* **38**: 1080-1091.

Rahmani D, Kallas Z, Pappa M, Gil JM. 2019. Are consumers' egg Preferences influenced by animal-welfare conditions and environmental impacts? *Sustainability* **11**: 23.

Reis MP, Ferreira NT, Gous RM, Sakomura NK. 2023. Update and evaluation of the egg production model in laying hens. *Animal* **17**.

Robinson FE, Hardin RT, Robblee AR. 1990. Reproductive senescence in domestic fowl: effects on egg production, sequence length and inter-sequence pause length. *British Poultry Science* **31**: 871–879.

Rodríguez-Navarro AB, Domínguez-Gasca N, Muñoz A, Ortega-Huertas M. 2013. Change in the chicken eggshell cuticle with hen age and egg freshness. *Poultry Science* **92**: 3026-3035.

Ryter SW, Tyrrell RM. 2000. The heme synthesis and degradation pathways: role in oxidant sensitivity: heme oxygenase has both pro – and antioxidant properties. *Free Radical Biology and Medicine* **28**: 289-309.

Saláková A. 2014. Hygiena a technologie drůbeže, vajec a zvěřiny. *Veterinární a farmaceutická univerzita Brno*. Brno.

Samiullah S, Roberts JR. 2013. The location of protoporphyrin in the eggshell of brown-shelled eggs. *Poultry Science* **92**: 2783-2788.

Samiullah S, Roberts JR, Chousalkar K. 2015. Eggshell color in brown-egg laying hens – a review. *Poultry Science* **94**: 2566–2575.

Sapkota S, Kolachhapati MR, Devkota NR, Gorkhali NA, Bhattarai N. 2017. Evaluation of egg laying and egg quality parameters of local chicken Sakini (*Gallus gallus domesticus*) of Nepal. *Journal of Agriculture and Forestry University* **1**: 181-188.

Sirri F, Zampiga M, Berardinelli A. 2022. Effects of genotype and age on eggshell cuticle coverage and color profile in modern laying hen strains. *Poultry Science* **101**.

Sokołowicz Z, Dykiel M, Krawczyk J, Augustyńska-Prejsnar A. 2019. Effect of layer genotype on physical characteristics and nutritive value of organic eggs. *Cyta – Journal of food* **17**: 11-19.

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, Skřivan M, Englmaierová M, Zita L. 2009. The effect of genotype, housing system and egg collection time on egg quality in egg type hens. *Czech Journal of Animal Science* **54**: 17-23.

Tůmová E, Gous RM. 2012. Interaction of hen production type, age, and temperature on laying pattern and egg quality. *Poultry Science* **91**: 1269-1275.

Tůmová E, Chodová D, Kaplan J, Martinec M, Mátlová V, Pavel I, Svobodová J, Uhlířová L, Volek Z. 2014. Genetické zdroje králíků, drůbeže a nutrií, jejich užitkové vlastnosti a možnosti využití. Výzkumný ústav živočišné výroby v.v.i. Praha.

Tůmová E, Uhlířová L, Tůma R, Chodová D, Máchal L. 2017. Age related changes in laying pattern and egg weight of different laying hen genotypes. *Animal Reproduction Science* **183**: 21-26.

Tůmová E, Vlčková J, Chodová D. 2017. Differences in Oviposition and Egg Quality of Various Genotypes of Laying Hens. *Czech Journal of Animal Science* **62**: 377–383.

Tůmová E, Englmaierová M, Chodová D, Lichovníková M. 2019. Chov drůbeže II. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha.

Vlčková J, Tůmová E, Ketta M, Englmaierová M, Chodová D. 2018. Effect of housing system and age of laying hens on eggshell quality, microbial contamination, and penetration of microorganisms into eggs. *Czech Journal of Animal Science* **63**: 51-60.

Vlčková J, Tůmová E, Mílková K, Englmaierová M, Okrouhlá M, Chodová D. 2019. Changes in the quality of eggs during storage depending on the housing system and the age of hens. *Poultry Science* **98**: 6187-6193.

Wang HH, Ge Y, Zhang L, Wei YH, Li QH, Zhang XD, Pan YC. 2023. The pigments in eggshell with different colour and the pigment regulatory gene expression in corresponding chicken's shell gland. *Animal* **17**.

Wang XT, Deng XM, Zhao CJ, Li JY, Xu GY, Lian LS, Wu CX. 2007. Study of the deposition process of eggshell pigments using an improved dissolution method. *Poultry Science* **86**: 2236-2238.

Wang XT, Zhao CJ, Li JY, Xu GY, Lian LS, Wu CX, Deng XM. 2009. Comparison of the total amount of eggshell pigments in Dongxiang brown-shelled eggs and Dongxiang blue-shelled eggs. *Poultry Science* **88**: 1735-1739.

Weimer SL, Robison CI, Tempelman RJ, Jones DR, Karcher DM. 2019. Laying hen production and welfare in enriched colony cages at different stocking densities. *Poultry Science* **98**: 3578-3586.

Wistedt A, Ridderstråle Y, Wall H, Holm L. 2012. Effects of phytoestrogen supplementation in the feed on the shell gland of laying hens at the end of the laying period. *Animal Reproduction Science* **133**: 205-213.

Wolc A, Arango J, Jankowski T, Dunn I, Settari P, Fulton JE, O'Sullivan NP, Preisinger R, Fernando RL, Garrick DJ, Dekkers JCM. 2014. Genome-wide association study for egg production and quality in layer chickens. *Journal of Animal Breeding and Genetics* **131**: 173-182.

Zhang LC, Ning ZH, Xu GY, Hou ZC, Yang N. 2005. Heritabilities and genetic and phenotypic correlations of egg quality traits in brown-egg dwarf layers. *Poultry Science* **84**: 1209-1213.

Zhang HD, Zhao XF, Ren ZZ, Tong MQ, Chen JN, Li SY, Chen H, Wang DH. 2021. Comparison between different breeds of laying hens in terms of eggshell translucency and its distribution in various ends of the eggshell. *Poultry Science*: **100**.

Zhao R, Xu GY, Liu ZZ, Li, JY, Yang N. 2006. A study on eggshell pigmentation: biliverdin in blue-shelled chickens. *Poultry Science* **85**: 546–549.

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

8 Seznam použitých zkratek a symbolů

°C	stupně Celsia
vs	versus
%	procento
mm	milimetr
h	hodina
g	gram
kg	kilogram
N	Newton
cm ²	centimetr čtverečný
g/cm ²	gram na centimetr čtverečný
MJ	megajoul
kJ	kilojoul

