

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra speciální zootechniky



Vliv systému ustájení na kvalitu vaječné skořápky

Diplomová práce

Vedoucí práce: prof. Ing. Eva Tůmová, CSc.

Autor práce: Daniela Kačmárová

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv systému ustájení na kvalitu vaječné skořápky" 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 10.4.2015

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala prof. Ing. Evě Tůmové, CSc. za cenné připomínky a vedení diplomové práce.

Vliv systému ustájení na kvalitu vaječné skořápky

Souhrn

Vlivy působící na nosnice ovlivňují pohodu, snášku a kvalitu vajec, je proto možné předpokládat, že i různé systémy ustájení ovlivní kvalitu a strukturu skořápky, která je hlavní bariérou proti pronikání mikroorganismů do vejce. Cílem práce je porovnat základní charakteristické vlastnosti vajec při ustájení slepic v klecích, ve voliére a na podestýlce. Ve vlastním pokusu byla vejce odebírána ve 28 denním intervalu, vždy 2 dny po sobě všechna vejce ze všech systémů ustájení. Byly analyzovány hmotnost vejce, hmotnost skořápky, podíl skořápky, povrch skořápky, index skořápky, pevnost a tloušťku skořápky při ustájení slepic v klecích, ve voliére a na podestýlce. Sledování bylo u hybrida ISA hnědá od 20. do 60. týdne věku. Výsledky byly statisticky zpracovány programem SAS. Výsledky ukázaly největší hmotnost vajec z ustájení na podestýlce 61,62g ($P < 0,002$). Hmotnost skořápky nebyla statisticky průkazná. Největší podíl skořápky zaujímala vejce z klecových systémů 12,25% ($P < 0,001$) a největší povrch vejce z podestýlky $72,75\text{cm}^2$ ($P < 0,002$). Největší index skořápky ($P < 0,001$), pevnost skořápky ($P < 0,001$) i tloušťku vaječné skořápky ($P < 0,006$) měla vejce z klecových systémů ($10,27\text{g}/100\text{cm}^2$, $4773\text{ g}/\text{cm}^2$, $0,37\text{ mm}$). V závěru výsledky ukázaly, že nejvhodnějším systémem ustájení z hlediska kvality skořápky jsou obohacené klece. Tento výsledek je důležitý z hlediska bezpečnosti produkce vajec.

Klíčová slova: slepice, ustájení, hmotnost vajec, kvalita skořápky

The effect of housing system on egg shell quality

Summary

Factors affecting laying hens influence, welfare, egg production and egg quality, it is possible to assume that the various housing systems affect the quality, structure of the shell which is a main production of the egg against microorganisms. The aim of this thesis was to compare the basic characteristics of eggs, when hens are housed in cages, in the aviary and on litter. In the experiment eggs were collected in 28-day intervals, in 2 consecutive days all the eggs of each housing system. In eggs, egg weight, shell weight, shell percentage, shell surface, shell index, strength and thickness of the shell when housed hens in cages in the aviary and litter were analyzed. The study was carried out with hens ISA Brown from 20th to 60th week of age. The results were statistically processed by SAS program. The results showed the heaviest eggs of 61.62 g were laid, in hens housed on litter ($P < 0.002$). The egg shell weight was not statistically affected. The largest proportion of the egg shell was in cage systems 12.25% ($P < 0.001$) and the largest surface of the eggs was from the litter 72.75 cm² ($P < 0.002$). The largest egg shell index ($P < 0.001$), as well as strength ($P < 0.001$) and thickness ($P = 0.006$) had eggs from cage system (10.27 g / 100 cm², 4773 g / cm², 0.37 mm). In conclusion, the results showed that the best housing system was from point of view egg shell quality enriched cages. This result is important in relationship to safety of egg production.

Keywords: hen, housing, egg weight, shell quality

Obsah

1 Úvod.....	7
2 Hypotéza a cíl práce	8
3 Literární přehled.....	9
3.1 Systémy ustájení.....	9
3.1.1 Klecový chov	9
3.1.2 Alternativní systémy	10
3.2 Vaječná skořápka.....	13
3.2.1 Stavba skořápky.....	14
3.2.2 Vlastnosti skořápky.....	16
3.2.3 Faktory ovlivňující kvalitu skořápky.....	17
3.3 Vliv systému ustájení na kvalitu skořápky	19
4 Materiál a metodika.....	22
4.1 Technologická hodnota vajec	23
4.2 Statistické vyhodnocení	24
5 Výsledky a diskuze	25
6 Závěr.....	28
7 Seznam literatury	29
8 Samostatné přílohy	35

1 Úvod

Chov drůbeže je jedním z nejdůležitějších odvětví zemědělské výroby v České republice. Vejce jsou hlavním produktem chovu drůbeže. Ta jsou základní potravinou u nás i ve světě. Produkce vajec se v České Republice odhaduje na 2 mld. ks a jejich spotřeba je u nás o půl miliardy větší. Spotřeba se drží dlouhodobě okolo 250 vajec na osobu a rok.

Vejce hraje ve výživě lidí velmi důležitou roli. Je to potravinu bohatá na vysoce stravitelnou bílkovinu, mastné kyseliny, tuky, vitamíny i minerální látky. Vejce jsou důležitá pro správnou funkci lidského organismu. Jejich význam však nekončí pouze přímou výživou člověka, ale má využití v potravinářském (cukrářství, pekařství), farmaceutickém, sklářském nebo textilním průmyslu. Setkat se s vejci ale můžeme i jako pomůckou ve veterinární i humánní medicíně. Ve všech těchto oborech je pak velmi důležitá kvalita vajec. Zejména pro konzumní účely je zdravotní nezávadnost vajec nesmírně důležitá. Hlavní bariérou, která brání poškození či kontaminování obsahu vejce mikroorganismy, je skořápka. Na ní tedy závisí i samotná kvalita vajec a je to jedna z hlavních věcí ovlivňující celkovou jakost vajec.

Podíl vajec s poškozenou skořápkou je 6-10%, což představuje velké ekonomické ztráty pro chovatele. Kvalitu skořápky lze ovlivnit celou řadou faktorů od výživy, welfare, teplotě, světle ale i na systémech ustájení. Systémů ustájení je nyní na výběr několik a v posledních letech především klecové chovy prošly největší změnou. Z důvodu, že jsou slepice v běžných klecových systémech omezovány v přirozených projevech chování, byla vytvořena Evropskou unií směrnice EK 74/1999, která byla zařazena i do předpisů pro chov slepic jednotlivých členských zemí. Počínaje rokem 2012 byl vydán zákaz chovu v neobohacených klecích, které byly nahrazeny klecemi obohacenými. Klece obohacené umožňují lepší projev fyziologických projevů nosnic a dopřávají kvalitnější welfare. Názorů zda kvalita vajec se v těchto vylepšených klecích zlepšila nebo zhoršila je několik a často se rozcházejí. U ostatních systémech ustájení se neustále zjišťuje správný poměr mezi welfare nosnic a ekonomickou rentabilitou. Ceny vajec jsou totiž značně nestabilní a zavedení obohacených klecových systémů znamenalo jejich markantní zvýšení.

Právě nalezení rovnováhy mezi požadavky spotřebitelů, zachováním welfare a ekonomickou rentabilitou je dnes hlavním úkolem všech producentů vajec. Špatnou kvalitou skořápky, způsobenou šetřením na samotných nosnicích, by ale chovatel doznal mnohem větších dlouhodobých ztrát vlivem nespokojenosti zákazníků a ztráty dobrého jména.

2 Hypotéza a cíl práce

Hypotéza:

V produkci konzumních vajec jsou slepice chovány v různých systémech ustájení, které ovlivňují užitkovost a kvalitu vajec. V poslední době jsou zaznamenávány i rozdíly v podílu vajec s porušenou skořápkou a je tedy možné předpokládat, že systémy ustájení bude mít vliv i na strukturu skořápky.

Cíl práce:

Cílem práce je porovnat základní charakteristické vlastnosti vajec, hmotnost vejce, hmotnost skořápky, podíl skořápky, povrch skořápky, index skořápky, pevnost a tloušťku skořápky při ustájení slemic v klecích, ve voliére a na podestýlce.

3 Literární přehled

3.1 Systémy ustájení

V současné době se v chovu nosnic používají různé systémy ustájení, klece neobohacené a obohacené, a chov alternativní, do něhož spadá chov na podestýlce, aviary a výběhový chov. V následujících odstavcích jsou popsány jejich výhody, nevýhody a parametry jednotlivých způsobů chovu.

3.1.1 Klecový chov

Do klecového chovu patří klece neobohacené, které jsou od roku 2012 v EU zakázané a klece obohacené, které jsou více uzpůsobeny potřebám nosnic.

Neobohacené klece

Konvenční klece poskytují slepicím jen malý prostor. Jsou vybaveny pouze napáječkami, krmítkem, systémem na odklíz trusu a na sběr vajec. Jsou sestaveny z pletiva s prostorem 550 cm² podlahové plochy na slepici (Ledvinka et al., 2008). Takto malý prostor neumožňuje řadu projevů typických pro nosnou slepici, omezuje termoregulační chování, omezuje se možnost obrušování drápů a zobáku (Lay et al., 2011). Způsobuje ztrátu peří a zvyšuje zranění. V roce 2003 byly zpřísněny předpisy pro stavbu konvenční klece, např. délka krmítka, sklon podlahy, výška klece atd. Zákaz těchto klecí zapříčinila i laická veřejnost (Ledvinka et al., 2008).

Hlavním nedostatkem neobohacených klecí byl nedostatek prostoru pro nosnici, který zamezoval přirozené chování. Na nosnicích se na vrcholu snášky občas projevovala paralýza (klecová únava nosnic). Menší pevnost kostí, nemožnost najít hnízdo na snášku a přerůstání drápů (Brouček et al., 2011). Přes všechny nevýhody konvenční klece, byla výhodou dobrá ekonomika, vysoká užitkovost a nejsnadnější a nejkvalitnější hygiena chovu nosnic, kdy malé skupiny umožňují optimalizaci počtu slepic (Lay et al., 2011).

Tůmová (2007) ve svých pokusech dosáhla užitkovosti 319 kusů vajec, ale ve srovnání s aviary byla nižší o 3 vejce na nosnici. Užitkovost v klecí je jedna z největších, kdy dosáhla až 329 vajec na nosnici (Ledvinka et al., 2008). Podobných výsledků dosáhl i Gerzilov et al. (2012) kdy užitkovost byla 336 vajec za snáškový cyklus. Dodává ale, že ve srovnání s ostatními systémy nebyla nejvyšší.

Obohacené klece

Obohacené klece spojují využití klecí a zároveň respektování základních potřeb nosnic. Každá obohacená klec musí obsahovat hřady, snášková hnízda, zařízení na obrus drápů a popeliště. Na každou nosnici je prostor 750 cm^2 s využitelným prostorem minimálně 600 cm^2 zbylých 150 cm^2 je popeliště a snáškové hnízdo. Předpisy pro obohacené klece přesně určují parametry klece. Výška klece nesmí být menší než 45 cm, sklon podlahy nesmí přesáhnout 14%. Každá nosnice musí mít krmný prostor minimálně 12 cm a v dosahu minimálně 2 napáječky, ať už kalíškové nebo kapátkové. Celková plocha klece nesmí být menší než 2000 cm^2 (Gerzilov et al., 2012).

Užitkovost v obohacených klecích je ovlivněna počtem nosnic v kleci. V zásadě platí, že s menším počtem nosnic na jednu klec lze dosáhnout užitkovosti jako v neobohacených klecích. Při počtu 60 nosnic v jedné kleci, jsou uváděny menší počty snesených vajec. Většinou je počet snesených vajec v obohacené kleci nejvyšší ze všech systémů. Ve výzkumu Gerzilova et al. (2012) je snáška až 339 kusů vajec na nosnici. Tyto výsledky se liší od výzkumu Ledvinky et al. (2008), kde v tomto klecovém systému činila snáška jen 287 vajec na nosnici.

3.1.2 Alternativní systémy

Alternativní ustájení zahrnují všechny ostatní způsoby chovu nosnic kromě klecí (Ledvinka et al., 2008). Alternativní ustájení umožňují plný repertoár pohybů, slepice mají tendenci vyhledávat krmění (i přesto že ho mají mnohdy ad libitum), systém poskytuje přirozenější prostředí, vhodné podmínky a typické chování nosnic (Lay et al., 2011). V alternativních systémech by měla nosnice mít možnost využití popeliště, prostor pro běhání a létání, hřadování, hrabání, snášky vajec ve snáškových hnízdech a především dostatek prostoru a možností využít krmítka a napáječky. V alternativních systémech je horší ekonomika chovu, nižší snáška, vyšší spotřeba krmiva a vyšší úhyn (Ledvinka et al., 2008).

Od roku 2007 nesmí hustota přesáhnout 9 ks na m^2 podlahové plochy, při řetězových krmítkách musí každá slepice mít krmný prostor 10 cm, u talířových minimálně 4 cm. Na jednu napáječku připadá 10 nosnic a jedno snáškové hnízdo je pro minimálně 7 nosnic. Hřady při délce 15 cm na jednu slepici, kdy vzdálenost hřad od sebe je 20 cm. Alternativní systémy se dále rozdělují na aviary, ustájení na podestýlce, výběhové systémy (Ledvinka et al., 2008).

Aviary

Tento systém představuje kombinaci volného pohybu a několika etáží s chovem na hluboké podestýlce a umožňuje zvýšit hustotu obsazení haly až na 20 nosnic na 1 m². Jedná se zpravidla o 2 až 4 podlažních baterií, různě řešených konstrukcí bez dělicích přepážek a dvířek. V uličkách mezi dvěma řadami konstrukcí je nastlaný různý materiál, sloužící nosnicím k hrabání. Prostor na hrabání může být umístěn i v krytých přístavbách po stranách haly. Podlaha voliér bývá tvořena nejčastěji z plastu nebo z drátěného roštu. V každém podlaží jsou zpravidla instalována krmítka, napáječka a hřady. V některém podlaží mohou být umístěna i snášková hnízda. U některých typů jsou hnízda umístěna mezi dvěma řadami jejich konstrukcí, případně i na bočních stěnách haly. Šikmá podlaha hnízda snižuje nebezpečí styku sneseného vejce s trusem a umožňuje vykutálení vajec na sběrný pás, kterým jsou dopravována na sběrný stůl nebo třídičku vajec. Trus propadává děrovanou podlahou na pásový dopravník umístěný pod každým podlažím, kterým je zpravidla v několikahodinových 41 intervalech dopravován na přistavený dopravní prostředek. U některých typů voliér je řešené provzdušňování a tím i vysušování trusu. V horním podlaží voliér, které často představuje odpočinkovou zónu, jsou většinou umístěny jen hřady, zřídka i napáječky (Brouček et al., 2011).

V počátku tohoto ustájení byla koncentrace 15-20ks slepic/m² na maximálně 4 etážích, především ve Velké Británii. Později se počet etáží postupně snižoval až a dvě, kdy podle současných požadavků má být v aviarech 18ks/m² podlahové plochy haly, tzn. 9 ks/m² v každé etáži (Ledvinka et al., 2008).

Brouček et al. (2011) popsal výhody tohoto způsobu chovu, zpevnění kostry díky umožnění pohybu, menší lámání kostí, zabránění přerůstání pařátů a snížení oděru peří. Přirozené chování nosnic. Mezi hlavní nevýhodu patří kontakt nosnic s trusem, který je vhodný prostředí pro bakterie, viry a parazity. Vysoká prašnost a přímý styk s ostatními nosnicemi umožňuje rychlejší rozšíření infekčních nemocí. Hrozí snášení vajec mimo snášková hnízda, nestabilní sociální pořadí, kanibalismus, ozobávání peří. Výrobní náklady na vejce jsou v porovnání s klecovým chovem jsou vyšší, vyšší je i úhyn a investiční náklady (Brouček et al. 2011). Lepší využití krmiva a vyrovnanější snáška vajec umožňuje snášku až 325 ks/nosnici (Tůmová, 2007). Ve výzkumu Ledvinky et al. (2008) se dosáhlo snášky 268 vajec.

Ustájení na podestýlce

Jedná se o tradiční způsob chovu, při kterém je povoleno až 9 ks/m² podlahové plochy. Nevýhoda tohoto systému je obtížnost udržení optimálních podmínek kdy v zimě je nutno

využívat vytápění. Snášková hnízda jsou obvykle podél stěn nebo uprostřed, je třeba hlídat aby vejce byla snášena do hnízd jinak se kvalita vajec zhoršuje. Hřady jsou rovnoměrně rozmístěné (Ledvinka et al., 2008).

Mezi výhody patří volný pohyb nosnic, mávání křídly, poskakování, popelení, tedy možnost vykonávat přirozené instinkty, zpevňování kostry a hrabání řeší obrušování drápů. Velký prostor nezpůsobuje mechanický oděr peří. Při velkém podílu roštové podlahy, na které si nosnice očistí běháky, při uzavíratelných hnízdech s pečlivou kontrolou jejich čistoty a mechanizovaném sběru vajec v průběhu dne je kvalita vajec lepší než z výběhových chovů. Nevýhody jsou zřejmé. V halách s dřevěnou konstrukcí, s rošty a obtížně čistitelnými hnízdy dochází k výskytům vnějších parazitů. Velké skupiny nosnic, zvýšená prašnost s vyšší produkcí amoniaku a přímý kontakt s trusem zvyšují riziko rychlého rozšíření infekčních nemocí, postihujících hlavně zažívací a dýchací aparát, rozmnožení střevních cizopasníků, a tím i nutnost častějšího podávání léků. Dochází k ozobávání peří a ke kanibalismu. Kvalita vajec může být ovlivněna i počtem vajec snesených mimo hnízdo. Vejce snesená do podestýlky v ní mohou být zahrabaná i několik dní. Pronikání plísní a bakterií do vnitřního obsahu vejce zvyšuje riziko vzniku onemocnění u lidí. V porovnání s vejci vyrobenými v klecových chovech jsou výrobní náklady z podestýlkových systémů vyšší v důsledku vyšší spotřeby krmiva na produkci vajec (Lay et al., 2011).

Hulzebosch (2006) uvádí ve svém pokusu, kde porovnával užitek v klecích, na podestýlce, v aviarech a v ekochovu, užitek 316 vajec v ustájení na podestýlce. Ve výzkumu Ledvinky et al. (2008) byla užitek 198 vajec na nosnici a v dalším pokusu 198 kusů vajec. Nižší užitek je ovlivněna zvýšeným počtem naklovaných a nestandardních vajec, vyšším podílem hůře zpeněžitelných vajec, zvýšeným úhynem, nižší produktivitou práce apod. (Brouček et al., 2011). A Gerzilov (2012) dokonce 331 vajec na nosnici za snáškový cyklus.

Výběhové systémy

Výběhové systémy umožňují přístup slepicím i mimo halu. V hale jsou krmítka, napáječky a snášková hnízda. Ve výběhu je potřeba zajistit dobrý úkryt před predátory a nadměrným slunečním zářením (Ledvinka et al., 2008). Jako stín lze využít vysazený strom nebo keř. Výhodou je možnost vyhledávání potravy (semínka, žížaly, kamínky), mohou se popelit venku (Lay et al., 2011). Nevýhodou jsou vysoké investiční náklady, špatná údržba na hygienu, nízká snáška jen 294ks, vyšší spotřeba krmiva, při intenzivním slunečním osvětlení dochází k vyššímu kanibalismu (Ledvinka et al., 2008). Kanibalismus a klovaní peří se může

objevit i vlivem vysokého počtu slepic pohromadě, což zvyšuje stres slepic (Lay et al., 2011). Koncentrace je do 7 ks/m² podlahové plochy. Vybavení systému je stejné jako u ustájení na podestýlce. Náklady na vejce jsou nejvyšší ze všech systému ustájení.

Specifikou jsou tzv. „wintergarden“, kde je krytý výběh navazující na halu. Nosnice tady mají lepší podmínky s porovnáním s klasickým výběhovým systémem (Ledvinka et al., 2008).

Aktuální intenzivní produkce vajec má za cíl maximalizovat zisk a tak nabízejí stále nová technologická řešení, která usnadňují práci a zvýšení produktivity. Tyto systémy však ne vždy odpovídají přirozeným potřebám nosnic. Ignorování dobrých životních podmínek zvířat není jen etický problém, ale i praktický problém, protože pohoda a komfort systémů ustájení zlepšují přírůstky hmotnosti, zdraví a produktivitu nosnic. V současné době je široká možnost systému ustájení a každý systém má své technické řešení a je spojen s určitými problémy, jako je sociální stres, vliv nepříznivých teplotních a vlhkostních podmínek, neschopnost vyjádřit přirozené chování (Sosnowka-Czajka et al., 2010).

V práci Lay et al. (2011) je shrnuté předpokládané chování v různých systémech ustájení. Za zmínku stojí krmení, které se téměř nemění, z čehož vyplývá, že různé systémy ustájení nemají tak velký vliv na příjem potravy jak by se dalo očekávat. Na rozdíl od krmení se značně mění míra kanibalismu, který přímo ovlivňuje pohodu nosnic ve skupině a čím „alternativnější“ systém chovu, tím větší kanibalismus. V klecích je relativně nízký projev tohoto chování, zatímco např. u aviáru je projev vysoký. A i takto způsobená nepohoda nosnic se projeví v kvalitě vajec.

3.2 Vaječná skořápka

Vaječná skořápka je velmi důležitá struktura hned ze dvou důvodů. Zaprvé tato struktura formuje místo, kde se embryonálně vyvíjí budoucí kuře, poskytuje mechanickou ochranu a funguje jako výměna plynů mezi zárodkem a vnějším prostředím. Zadruhé je to obal pro vajíčka v obchodech, jež má za úkol hlavně ochránit obsah uvnitř skořápky a navíc se jedná o velmi hodnotné jídlo (Hunton, 2005). Vaječná skořápka je produktem žláz dělohy a tvoří pevný obal vejce (Marvan et al., 1992). Vaječná skořápka tvoří přibližně 10 % z celkové hmotnosti vejce (bílek tvoří asi 60 %, žloutek asi 30 %), což představuje v průměru 6 g (Nedomová, 2012).

3.2.1 Stavba skořápky

Základní rozdělení vaječné skořápky je na podskořápečné blány, vlastní skořápku a kutikulu (Ledvinka et al., 2011).

V krčku vejcovodu probíhá současně s tvorbou vnějšího řídkého bílku i tvorba podskořápečných blan. Ve vejci se nachází vnitřní podskořápečná blána o tloušťce 15 μm a vnější podskořápečná blána o tloušťce 45 μm , které chrání vaječný obsah a svou pružností vyrovnávají křehkost skořápky (Nedomová, 2012). Po dobu, kdy je vejce v pohlavním ústrojí jsou k sobě přimknuté. Po snesení vejce, vlivem nižší teploty vnějšího prostředí, dochází k oddálení vnitřní a vnější podskořápečné blány na tupém konci vejce tzv. vzduchová bublina sloužící jako rezervoár vzduchu pro vyvíjející se zárodek v poslední fázi líhnutí. Podle velikosti vzduchové bubliny, která závisí na propustnosti skořápky, teplotě a vlhkosti prostředí, zjistíme čerstvost vejce. (Simeonovová et al., 1999). Podskořápečkové blány jsou složeny zejména z látek organických (kolem 80 %) – z bílkovin je to zejména kreatin a mucin, z polysacharidů dermatan sulfát, zbytek tvoří stopy látek minerálních (Nedomová, 2012).

Vlastní skořápka je pevný vápenatý obal typický pro všechny ptáky (Hincke et al., 2012). představuje pevný poslední ochranný obal vaječného obsahu, který mimo jiné určuje tvar vejce. K tvorbě skořápky dochází už v krčku vejcovodu nebo mezi krčkem a dělohou. Vytváří se zde kruhová krystalizační centra a kolem nich krystaly kalcitu (Kříž, 1997). Spojení mezi vnější podskořápečnou blánou a skořápkou je umožněno bílkovinou, která tvoří střed krystalizačních center, v mamilární vrstvě skořápky. Bílkovina je spojena fibrózními vlákny, vybíhající z vnější podskořápečné vrstvy, čímž je vytvořeno poměrně pevné spojení této blány se skořápkou (Špaček et al., 1980). Skořápka je složena ze 2 vrstev. Mamilární vrstva vzniká krystalizací a je tvořena řadou kuželů s jádrem z koncentrovaného organického materiálu. Jednotlivá vlákna vnější skořápky jsou prorostlá s mamilárními kužely, mezi sebou vytváří prostor k průchodnosti skořápky. Druhá vrstva je palisádová, která se skládá ze skupin sloupců, které jsou kolmé na povrch skořápky a protahují se směrem ven od mamilárních kuželů. Vnější část palisádové vrstvy má krystalickou strukturu a je tvořena krystalky uhličitanu vápenatého. Tato vrstva je pevná a směrem k povrchu se její pevnost zvyšuje (Hincke et al., 2012).

Pórů bývá u slepičího vejce v počtu 7 000 až 17 000 a slouží k výměně plynů a vody na principu pasivní difúze (Nedomová, 2012). Póry jsou rozmístěné nerovnoměrně, nejvíce je jich na tupém konci, nejméně na špičce (Tuláček, 2002). Póry umožňují přechod plynů a vodních par. Na povrchu skořápky je zaschlý hlen - kutikula (Marvan et al., 1992).

Sušina skořápky činí asi 98,4 %, obsah bílkovin je 3,3%, tuky jsou obsaženy pouze ve stopách, cukry ve skořápce nejsou a podíl minerálních látek je 95,1%. Z minerálních látek připadá většina na vápník ve formě CaCO_3 , a obsah vápník směrem dovnitř klesá (Abdel-Salam et al., 2006). Ve skořápce průměrného slepičího vejce jsou 2g Ca, tj. 2,5% veškerého Ca v těle slepice. V samotné skořápce je z minerálních látek přítomný Mg (0,9%), P (0,9%), 98,2% Ca a C, z mikroprvků zejména Zn, Mn, J, Fe (Abdel-Salam et al., 2006).

Barva skořápky je kvantitativní, polyfaktoriální vlastnost, která je významně ovlivněna faktory vnějšího i vnitřního charakteru. Jedním z vnitřních faktorů ovlivňujících zbarvení vajec je genotyp jedince, ale i zde může být proměnlivost odstínů a to nejen v rámci jednoho plemene, ale i v rámci jedince. Barvu skořápky určují její chemické složky. Jedná se o pigmenty skořápky – polykrystalické komplexy, které se ukládají v kutikule a ve vnitřní vrstvě. Zbarvení skořápky hnědých vajec u slepic je způsobena pigmenty ze skupiny porfyrinů (ovoporfyriny; Bězděková, 2007). Porfyriny jsou blízké krevnímu hemoglobinu, který dávají skořápce červené nebo hnědé zbarvení (Liu et Cheng, 2010).

Propustnost skořápky je dále závislá na organicky bohaté vrstvě, kutikule. Kutikula pokrývá nerovnoměrně vnější povrch skořápky a je s ní pevně spojená i přes vyústění pórů (Rodríguez-Navarro et al., 2013). Kutikula je asi 10 μm tenká a vzniká 30 min před snesením vejce (Nedomová, 2012). Kutikula je složena z 85-90% bílkovin (hlavně glykoproteiny), dále polysacharidy (4%), lipidy (3%) a porfyrinů v hnědých vejcích, dále je kutikula bohatá na fosfor. Kutikula tvoří fyzickou bariéru proti invazi mikroorganismů a kontaminace obsahu vajec. Vejce s chybějící nebo částečně odstraněnou kutikulu, jsou náchylnější k bakteriální kontaminaci. K odstranění dochází omytím, kdy se rozpouští mucin z kutikuly. Antimikrobiální aktivitu mají nejen lipidové složky extrahované z kutikuly, ale i proteiny (např. lysozym C, ovotransferrin, ovocalyxin-32, a ovocleidin-17; Rodríguez-Navarro et al., 2013).

Tvorba vaječné skořápky trvá asi 18 hodin

Joly (2001) uvádí, že doba kalcifikace je definovaná okamžikem snesení vejce. A rozděluje tvorbu skořápky do 5 stádií:

1. Ovulace startuje během 10 minut po snesení vejce.
2. Vejce vstoupí do uteru 5 hodin po ovulaci. Bylo dokázáno že tuto dobu nelze ovlivnit selekcí.
3. Navýšení albuminu a tvorba maxilárních jader se objeví během následujících pěti hodin.
4. Kalcifikace (fáze rychlého růstu skořápky) nastává po více než dvanácti hodinách, tj. asi 10 až 22 hodin po ovulaci nebo snesení vejce. Během tvorby skořápky, žaludek trvale vylučuje roztok bohatý na kyselinu chlorovodíkovou která kalcium rozpustí. Předžaludek pravidelně kontrahuje čímž vytlačuje roztok bohatý na kalcium. Váha skořápky roste lineárně rychlostí asi 0,45 [g] za hodinu a to během dvanáctihodinového trvání kalcifikačního procesu. Tato rychlost je dnes vyšší než v minulosti. Jsou-li zásoby kalcia příliš nízké na konci noci, poškodí to kvality skořápky.
5. Proces pigmentace startuje na konci kalcifikace a kutikula se tvoří během 90 minut před snesením vejce (Joly, 2001)

Hernández-Hernández et al. (2008) popisují tvorbu vaječné skořápky u slepic v třístupňového procesu:

1. fáze - nukleace krystalů kalcitu.
2. fáze - fáze aktivního růstu (lineární depozice)
3. fáze - terminální fáze (inhibice tvorby krystalů)

V průběhu těchto fází, se různé proteiny ukládají do děložní tekutiny. Předpokládá se, že některé z nich slouží k regulaci mineralizace skořápky a zejména růstu krystalů (Hernández-Hernández et al., 2008).

3.2.2 Vlastnosti skořápky

Vlastnosti skořápky ovlivňují kvalitu celého vejce. Kvalita skořápky má z velké části význam pro chovatele z hlediska ekonomiky produkce (Rodríguez-Navarro et al., 2013). Rozbité vejce způsobí ekonomickou ztrátu z důvody nemožnosti vejce prodávat v první jakostní třídě a zejména nebezpečí kvality vejce kvůli zvýšené bakteriální kontaminaci (Mertens et al., 2006). Kvalita skořápky je dána zejména hmotností, tloušťkou a pevností skořápky (Ledvinka et al., 2011).

Hmotnost skořápky může být vyjádřena jako podíl z hmotnosti vajec a je přímo úměrný velikosti vejce a tloušťce skořápky. Hmotnost skořápky se zjišťuje pomocí klasického zvážení na laboratorních vahách (Ledvinka et al., 2011). Skořápka váží asi 5g a obsahuje asi 2,2g vápníku, což představuje přibližně asi 38% jeho hmotnosti (Rayan et al., 2010).

Tloušťka skořápky se u slepic pohybuje kolem 0,30-0,42 mm (Ledvinka et al., 2011). Tloušťka se měří ve třech různých místech ve střední části vejce za použití mikrometru (Rayan et al., 2010).

Pevnost vaječné skořápky bezprostředně souvisí s její stavební strukturou. Skořápka musí být natolik pevná, aby udržela hmotnost nosnice a současně dostatečně křehká, aby umožnila klubání kuřat. Obecně udávaná pevnost skořápky vejce by se měla pohybovat v rozmezí od 25 do 30 N. Mimo ekonomické ztráty představují vejce s porušenou skořápkou i značné hygienické riziko, protože skořápka vejce tvoří přirozenou bariéru prostupu mikroorganismů z povrchu vejce do vaječného obsahu – u vajec s porušenou skořápkou bývá několika násobně vyšší kontaminace mikroorganismy než u vajec s neporušenou skořápkou. Dalším nevýhodou vajec s porušenou nebo nedokonalou skořápkou je mnohem rychlejší ztráta jejich čerstvosti při skladování (Nedomová, 2012). Pevnost skořápky se obvykle měří buď pomocí přímých testů, mezi které patří metody destruktivní a nedestruktivní. Destruktivní metoda se měří pomocí síly, která je potřebná k prasknutí skořápky. Za nedestruktivní metodu se považuje metoda, při které se měří deformace při různém zatížení. U nepřímých testů se vypočítá pevnost skořápky pomocí jiných parametrů. Například díky tloušťce, struktuře nebo podle hmotnosti skořápky (Mertens et al., 2006).

Coucke (1998) zavedl rychlou, objektivní a nedestruktivní metodu pro stanovení pevnosti skořápky a to na základě akustické rezonance. Tato metoda měří rezonanční frekvenci vejce a jeho útlum. Na základě rezonanční frekvence a hmotnosti vejce, byla definována dynamická pevnost skořápky. Tuto metodu lze využít i pro detekci trhlin ve vaječných skořápkách (Mertens et al., 2006).

3.2.3 Faktory ovlivňující kvalitu skořápky

Mezi faktory ovlivňující kvalitu skořápky patří výživa, způsob chovu, zdravotní stav nosnice a v neposlední řadě je kvalita skořápky ovlivněna také stresem a genetickou výbavou (Nedomová, 2012).

Joly (2001) uvádí, že vejce snesená na konci ranní periody mají lepší kvalitu. Oproti tomu Roberts et al. (2013) zjistili, že vejce snesená kolem poledne měla nejsilnější skořápku.

Skořápka je silnější a vybarvenější protože nosnice mají k dispozici potravu a kalcium v režimu svícení. Dále uvádí, že skořápka hnědých vajec má vyšší hmotnost, tloušťku i pevnost oproti bílým skořápkám (Joly, 2001). I věk nosnice ovlivňuje kvalitu, kdy s věkem se snižuje opět hmotnost, tloušťka i pevnost skořápky (Roberts et al., 2013). Věkem se mění i složení skořápky, kdy snižující kvalita může být částečně zapříčiněna snížením střešní absorpce vápníku, ale i zvětšením vejce (Joly, 2001). S nízkým věkem je nízká i pružnost skořápky (Roberts et al., 2013).

Jeden z nejdůležitějších faktorů ovlivňujících kvalitu skořápky je výživa a optimální poměr živin. Nedostatek vápníku snižuje pevnost vaječné skořápky, jeho nadbytek ale způsobuje snížení využitelnosti ostatních živin z krmiva. Nadbytek fosforu a vápníku, vytváří v trávicím traktu těžko rozpustné fosforečnany (Kulíková, 2007). Ke snížení hmotnosti skořápky dochází při přebytku fosforu v krmné dávce. Vápník a fosfor jsou důležité minerální látky pro kvalitu skořápky, proto je nezbytné dodržovat jejich optimální poměr mezi sebou, který se s věkem nosnice snižuje (Klecker et Zeman, 2002). I Sluis (2012) zdůrazňuje důležitost s vyváženým poměrem krmné dávky (Sluis, 2012). Dále ke snížení hmotnosti skořápky dochází při nedostatku manganu, což může potvrzovat hypotézu o důležitosti manganu jako kofaktoru enzymu při syntéze mukopolysacharidů (Klecker et Zeman, 2002). Vedle minerálních látek má u vaječné skořápky důležitou úlohu i vitamín C, zlepšuje kalcifikaci procesu a tím i kvalitní strukturu skořápky, která umožní dobrou respiraci, výměnu plynů a prevenci infekcí způsobených mikroorganismy (Dhawale, 2008). Jelínek (1996) popisuje, že je důležitá i pitná voda a její množství NaCl, které vede k signifikantnímu zhoršení kvality skořápky. Již 600 mg NaCl na 1 l vody snižuje pevnost skořápky, aniž by došlo k ovlivnění celkové produkce a hmotnosti vajec. U obsahu NaCl 2 g/l pitné vody došlo ke vzniku defektních skořápek až u 50 % nosnic (Jelínek, 1996).

Optimální teplota prostředí je 20-22°C a už teploty nad 25°C přispívají ke zhoršení kvality vaječné skořápky. Dochází ke snížení příjmu krmiva a ke zvýšení potřeby pitné vody. V případě nedostatečného příjmu denních živin a energie nosnicí, nastávají problémy s tělesnou hmotností, produkcí vajec, velikostí vajec a pevností skořápky. Na pevnost skořápky působí teplota prostředí i po snesení vejce. Je známo, že po sběru je nutné vejce ochladit a to nejen z důvodu udržení kvality vaječných hmot, ale i pro udržení kvality skořápky, která klesá se stoupající teplotou prostředí (Ledvinka et Klesalová, 2003). I Tůmová et al. (2014) ve svém výzkumu zjistili pokles kvality skořápky ve vyšších teplotách.

I stresové faktory ovlivňují kvalitu skořápky. Při stresu se mění doba průchodu vejce vejcovodem, z čehož vyplývají i negativní změny v kalcifikaci vaječné skořápky (Jelínek,

1996). Stres zvyšuje hladinu adrenalinu v krvi a tím zkracují dobu tvorby vejce. Pod tlakem vejcovod přestává normálně pracovat, masové skvrny přibývají a skořápka se trvale ztenčuje (Solomon, 2009).

Zvyšujícím se věkem nosnic obvykle klesá tloušťka vaječné skořápky. Starší nosnice snáší větší vejce, která mají křehčí skořápku. Nosnice ztrácí schopnost mobilizovat vápník z kostí, a tím jsou méně schopné produkovat uhličitán vápenatý potřebný pro tvorbu vaječné skořápky. Absorpce a mobilizace vápníku klesá pod 50 % od normálu po 40. týdnů věku (Coutts et Wilson, 2007).

3.3 Vliv systému ustájení na kvalitu skořápky

Systémy ustájení mají vliv na kvalitu skořápky. Gálík et al. (2006) dělali výzkum na rozdílnou kvalitu skořápky v konvenčních klecích a obohacených klecích. Porovnávali kvalitu skořápky, její hmotnost a deformace. Prostřednictvím porovnání dvou klecových technologií bylo zjištěno, že rozdíl v hmotnosti skořápky z konvenčních a obohacených klecích je nevýznamný ($P > 0,05$), a byla hodnocena jako náhodný. Ve stejné době, bylo pozorován zanedbatelný rozdíl ($P > 0,05$) mezi deformací vaječných skořápek z konvenčních a obohacených klecí. Podle těchto výsledků nahrazení obohacených klecích za konvenční nebude mít pravděpodobně žádný vliv na kvalitu skořápky.

Pokludová et al. (2003) prováděli pokus, kde srovnávali konvenční klece, obohacené klece a ustájení na podestýlce. Zkoumali hmotnost skořápky, kde rozdíl mezi všemi druhy ustájení byly statisticky hodnoceny jako neprůkazné a hmotnost skořápky se pohyboval v rozmezí 6,3g - 6,32g. Dále porovnávali pevnost skořápky, která se pohybovala v rozmezí 31,36 - 32,18 N/cm², ale i u tohoto pokusu byly rozdíl statisticky neprůkazné. Jako poslední hodnotili tloušťku skořápky, její rozmezí bylo 0,392 – 0,396 mm a rozdíl opět nebyly statisticky průkazné. Z výsledků vyplývá, že chov slepic v klecích nebo na podestýlce, které jsou považovány za vhodnější z hlediska welfare, nedošlo k výraznému ovlivnění kvality vajec.

Karkulín (2006) na základě porovnání účinku konvenčních a obohacených klecových technologií podle pozorovaných indexů může tvrdit, že obohacené technologie pozitivně ovlivňují kvalitu skořápky a peří nosnic. Rozšířená obohacená klec nosnici poskytuje vyšší možnost svobodně se pohybovat při nižší koncentraci nosnic. Pohyb vyvolává lepší využití vápníku v těle, vaječná skořápka má v důsledku toho větší tloušťkou a kompaktnost, což se

projevuje zejména ve druhé polovině snášky. Menší hustota také zlepšuje kondici a snižuje relativní agresivní vyklovávání peří.

Ledvinka et al. (2008) prováděli řadu pokusů na kvalitu vajec a jejíž součástí byla i kvalita skořápky. První pokus byl prováděn u slepic snáškového hybrida ISA Brown, kde nosnice byly ustájené v třítážové klecové baterii a v hale na podestýlce. Druhý pokus byl prováděn u nosnic Hisexe hnědého. Sledovalo se v konvenčních klecích, v obohacených klecích, na podestýlce a ve voliérách. V třetím pokusu byly sledovány nosnice hybrida ISA Brown, hodnotila se užitkovost, kvalita vajec a mikrobiální znečištění skořápky při ustájení v konvenčních klecích, voliére a podestýlkovém chovu. Ze všech pokusů nelze vyvodit, že by systémy ustájení zásadně ovlivňovaly technologickou hodnotu skořápky, i přes průkazné výsledky některých ukazatelů. Zatímco u mikrobiální kontaminace výsledky jednoznačně dokazují, že v klecových systémech je mnohonásobně nižší kontaminace skořápky na rozdíl od chovu na podestýlce.

De Reu et al. (2008) uvádějí vyšší kontaminaci skořápek s aerobními bakteriemi obecně u neklecových systémů oproti klecovým chovům.

Velké rozdíly nebyly zjištěné ani u pokusu Sekeroglu et al. (2010). Výzkum se prováděl na hluboké podestýlce, volném výběhu a klecových systémech, průkazné nebyly výsledky u snášky, indexu vejce ani u barvy.

Sekeroglu et al., (2010), v důsledku své studie zjistili, že neexistuje žádný velký rozdíl mezi ustájením na hluboké podestýlce a klecovým systémem.

Mertens et al. (2006) dělal výzkum, kde srovnával pevnost skořápky a nebezpečí rozbití vajec v celém výrobním řetězci až po vyskládání na pult. Hned po balení byl nejzásadnější faktor pevnost skořápky. Uvádí, že pevnost skořápky by mohla být dobrá predikční příležitost jak poškození vajec omezit. Nejsilnější byla skořápka z vajec od nosnic z voliér a klecových systémů.

Englmaierová et al. (2014) při výzkumu na kvalitu vajec došla k závěru, že vyšší kvalita vajec je v klecových systémech a voliérách, než u ustájení na podestýlce. V alternativních systémech je vyšší bakteriální kontaminace vaječných skořápek. Uvádí obohacené klece jako vhodnou alternativu systému ustájení v poměru dobré kvality a vysoké snášky.

Lolli et al. (2013) ve svých výzkumech potvrdil nejvyšší užitkovost nosnic v klecových systémech, nicméně i v alternativních systémech se mu povedlo dosáhnout stejně vysoké snášky. V alternativních systémech vaječnou skořápku velmi ovlivňoval věk nosnic, zatímco v klecových systémech byla pevnost a tloušťka stabilní.

Facchinelli et al. (2013) uvádí, že ne každé plemeno nosnic se hodí pro všechny systémy ustájení z hlediska produkce a kvality vajec. Jeho výzkum byl nedostačující, protože výsledky byly neprůkazné. Dodává, že je nutné provést další studie, které určí adaptabilitu plemen nosnic na různé systémy a zjistit, ve kterém systému ustájení je skořápka vajec nejkvalitnější.

Ahammed et al. (2014) zaznamenali rozdíly ve výsledcích kvalitativních parametrů vajec, ale nebyly statisticky průkazné.

Pokus Pokludové et al. (2003) sloužil k porovnání vlivu technologických systémů používaných v chovu nosnic na kvalitu jejich vajec. Z výsledků vyplývá, že chov slepic v komfortních klecích nebo na podestýlce, které jsou považovány za vhodnější z hlediska welfare, nedošlo k výraznému ovlivnění kvality vajec. Nižší hmotnost vajec u klasické klecové technologie je vyrovnána vyšší intenzitou snášky.

4 Materiál a metodika

Pro sledované kvality skořápky byl realizován pokus v demonstrační stáji ČZU v Praze a pokusné stáji VÚŽV v Uhřetěvsi. V pokusu bylo zařazeno 172 nosnic ISA hnědá od 20. do 60. týdne věku. Slepice byly rozděleny do 3 skupin podle způsobu ustájení, 72 slepic v obohacené kleci (750 cm²), 60 na podestýlce (7 nosnic/m²) a 40 ve voliére (9 nosnic/m²). Během sledování byly slepice krmeny obchodní krmnou směsí pro slepice N1, která byla podávána do 40. týdne a N2, podávána do 60. týdne. Podmínky vnějšího prostředí odpovídaly běžným požadavkům, použil se světelný režim pro hybrida ISA hnědá (světelný den s 15 hodinami světla). Napájení a podávání krmné směsi ad libitum.

Tabulka č. 1.: Složení krmných směsí N1 (do 40. týdne věku) a N2 (do 60. týdne věku) pro nosnice.

Komponent	Směs (%)	
	N1	N2
Pšenice	34,38	35,5
Kukuřice	28,3	30,3
Sojový extrahovaný šrot	17,5	15,5
Rybí moučka	1,5	1,5
Kvasnice	1,5	-
Pšeničné otruby	2	2,5
Sušená vojtěška	2	2
Řepkový olej	3	3
Mletý vápenec	8	8
Dikalciumpfosfát	1	1
Krmná sůl	0,2	0,2
Aminovitan SK	0,5	0,5
Methionin 50	0,12	-

Tabulka č. 2.: Kalkulovaný obsah živin u krmných směsí N1 (do 40. týdne věku) a N2 (do 60. týdne věku).

Kalkulovaný obsah živin		
Směs	N1	N2
NL	16,66	15,37
ME (MJ)	11,4	11,48
MET	0,32	0,27
LYS	0,8	0,77
Ca	3,48	3,48
P (celkový)	0,56	0,56

4.1 Technologická hodnota vajec

Vejsce k rozborům technologické hodnoty vajec byla odebírána ve 28 denním intervalu, vždy 2 dny po sobě všechna vejce ze všech systémů ustájení. Rozbory se realizovaly v laboratoři katedry speciální zootechniky ČZU v Praze. Celkem bylo hodnoceno 2522 vajec.

Z ukazatelů technologické hodnoty byla zjišťována:

- hmotnost vajec - měřena pomocí digitálních vah s přesností na dvě desetinná místa,
- hmotnost skořápky - měřena pomocí digitálních vah po očištění, oddělení od žloutku a bílku a vysušení, s přesností na dvě desetinná místa,
- tloušťka skořápky - měřena digitálním posuvným měřítkem s přesností na dvě desetinná místa, tloušťka byla zjišťována ve střední rovině po odstranění podskořápečných blan
- pevnost skořápky - destruktivní metodou, přístrojem QC-SPA firmy TSS, England
- povrch skořápky - vypočten pomocí vzorce s přesností na dvě desetinná místa

$$S = 4.68 \times EW^{2/3} \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$EW = \text{hmotnost vejce (g) (Thompson et al., 1985)}$$
- index skořápky - vypočten pomocí vzorce s přesností na dvě desetinná místa

$$SI = (SW/S) \times 100 \text{ (\%)}$$

$$SW = \text{hmotnost skořápky (g), S = povrch skořápky (cm}^2\text{; Ahmed et al., 2005)}$$

4.2 Statistické vyhodnocení

Výsledky byly vyhodnoceny analýzou variance programem SAS 2003 (Statistical Analysis System). Byla použita metoda ANOVA (Analysis of Variance). Pro srovnání průkaznosti diferencí mezi systémy ustájení byl použit Scheffeho test. Hodnoty průkaznosti byly posuzovány na hladině významnosti $P < 0,05$.

5 Výsledky a diskuze

Z tabulky 3 je zřejmý průkazný vliv ustájení na hmotnost vajec ($P \leq 0,002$). Nejvyšší hmotnost vajec byla na podestýlce (61,62g) a nejmenší v klecovém chovu (60,53 g). Tento výsledek se shoduje s výzkumem Pištěkové et al. (2006), kde byl rozdíl mezi těmito dvěma ustájeními 62,02 g ustájení na podestýlce a 60,63 g klecové chovy. Lolli et al (2013) zjistili také průkazně vyšší hmotnost vajec u nosnic ustájených na podestýlce (66 g), oproti hmotnosti vajec z klecového chovu (62,9 g). Zatímco ve výzkumu Sekeroglu et al. (2010) významně lépe dopadly klecové chovy na rozdíl od ustájení na podestýlce (64,44 g klecový chov, 60,91 g na podestýlce). Stejného výsledku dosáhli i Varguez-Montero et al. (2012), kde průměrná hmotnost vejce z klecového chovu byla 57,16 g a z ustájení na podestýlce 53,76 g. Hulzebosch (2006) uvedl hmotnost ve voliére (62,6 g) druhá nejvyšší po ekologickém chovu 63,7 g. Hmotnost vajec důležitá zejména pro pevnost skořápky. Nevýhodou vysokých hmotností je horší pevnost skořápky, což je spojené s vyšším výskytem křapů (Rayan et al., 2010).

Rozdíl v hmotnosti skořápky byl 0,05g mezi voliérou (6,18 g) a klecovým chovem (6,13 g). Tyto rozdíly nebyly statisticky průkazné. Také Gálík et al., (2006) shledali rozdíl mezi ustájením na podestýlce a chovu v klecích nevýznamný, a byl hodnocen jako náhodný. Rozdíl mezi podestýlkou a klecovým chovem byl statisticky významný ve výzkumu Pištěkové et al. (2006), kde hmotnost skořápky u klecového chovu byla 7,48 g a u ustájení na podestýlce 7,28 g. Kurkulín (2006) porovnával hmotnost skořápky v obohacené (6,59 g) a neobohacené kleci (6,57 g), výsledky nebyly statisticky průkazné. Největší hmotnost skořápky ve voliérách vyšla ve výzkumu Engelmaierové et al. (2014), kde hmotnost vaječné skořápky ve voliére byla 6,66 g, zatímco v ustájení na podestýlce pouze 6,28 g.

Průkazně nejvyšší podíl skořápky ($P \leq 0,001$) byl u klecového chovu (12,25%), zatímco na podestýlce a ve voliére byl téměř srovnatelný (11,95%, 11,92%). Podobných výsledků dosáhli i Hidalgo et al. (2008), kteří největší podíl skořápky zaznamenali u klecového chovu v porovnání s ustájením na podestýlce. Lolli et al. (2013) neměl statisticky průkazný rozdíl, ale průměrný podíl skořápky byl vyšší u vajec od nosnic ustájených na podestýlce (11%) oproti podílu skořápky z klecového chovu (10,9%). Vyššího podílu u ustájení na podestýlce a ve voliérách (10,7%) zjistili i Englmaierová et al. (2014), kde v obohacených klecích byl podíl skořápky průkazně nižší (10,5%).

Rozdíl v povrchu skořápky byl průkazný ve všech třech systémech ustájení ($P \leq 0,002$), kdy největší byl u ustájení na podestýlce ($72,75 \text{ cm}^2$) a nejmenší u klecového chovu ($71,89 \text{ cm}^2$). Stejného výsledku dosáhli a statisticky prokázali i Lolli et al. (2013), kde největší povrch zaujímal vejce z ustájení na podestýlce ($75,8 \text{ cm}^2$), zatímco vejce z klecového chovu měla povrch pouze $73,5 \text{ cm}^2$. Englmaierová et al. (2014) ve svém pokusu došli k výsledkům, kde největší povrch měla vejce z voliér ($73,2 \text{ cm}^2$). Statisticky nevýznamný rozdíl byl mezi voliérou a ustájením v obohacených klecích ($72,9 \text{ cm}^2$), ale statisticky průkazný byl rozdíl mezi těmito dvěma systémy ustájení a ustájením na podestýlce ($70,6 \text{ cm}^2$).

Index skořápky byl průkazně nejvyšší ($P \leq 0,001$) u klecového chovu ($10,27 \text{ g}/100\text{cm}^2$) a lišil se od podestýlky a voliéry ($10,07 \text{ g}/100\text{cm}^2$, $10,03 \text{ g}/100\text{cm}^2$). Lolli et al. (2013) dosáhli vyššího indexu skořápky u vajec od nosnic ustájených na podestýlce $9,5 \text{ g}/100\text{cm}^2$, kde statisticky průkazně nižší byl index u klecového chovu $9,2 \text{ g}/100\text{cm}^2$. Nejvyššího indexu skořápky u vajec z voliér dosáhli Englmaierová et al. (2014), kde index činil $9,1 \text{ g}/\text{cm}^2$, index vajec z podestýlky a z klecového chovu byl shodný - tedy $8,9 \text{ g}/\text{cm}^2$.

Skořápka musí být natolik pevná, aby udržela hmotnost nosnice a současně dostatečně křehká, aby umožnila klubání kuřat. Proto je pevnost jedna z nejdůležitějších vlastností skořápky (Nedomová, 2012). Pevnost skořápky byla nejvyšší u klecového systému ($4773 \text{ g}/\text{cm}^2$) a nejnižší u ustájení na podestýlce ($4598 \text{ g}/\text{cm}^2$). Statisticky průkazné rozdíly byly ve všech třech systémech ustájení ($P \leq 0,001$). Ve výsledcích se tedy lišíme od práce Pištěkové et al. (2006), kde nebyl zaznamenán u pevnosti skořápky žádný statisticky významný rozdíl mezi různými systémy ustájení. Statisticky průkazný rozdíl byl ve výzkumu Lolli et al. (2013), kde vyšší pevnost byla u vajec z ustájení na podestýlce. V práci Englmaierové et al. (2014) byla nejpevnější skořápka u vajec od nosnic ustájených na podestýlce ($4794 \text{ g}/\text{cm}^2$) a nejméně pevná byla vejce z voliér ($4665 \text{ g}/\text{cm}^2$). Mertens et al. (2006) pak uvádějí větší pevnost u vajec z voliér oproti vejcům od nosnic chovaných v klecích.

Tloušťka skořápky se lišila pouze u ustájení na podestýlce ($0,36 \text{ mm}$), kde byla statisticky průkazně ($P \leq 0,006$) menší než ve zbylých systémech ($0,37 \text{ mm}$). Ve voliére a v klecích pak byla tloušťka skořápky shodná. Sekeroglu et al., (2010) ve svém výzkumu uvedl tloušťku skořápky shodnou v klecovém chovu i u ustájení na podestýlce ($0,36 \text{ mm}$). Englmaierová et al. (2014) pak ve svém výzkumu zjistili, že nejsilnější skořápky byly u

vajec od nosnic z voliér (0,387 mm). Ustájením na podestýlce nosnice snášely vajíčka s tloušťkou skořápky průměrně 0,376 mm a v klecovém chovu 0,379 mm. Mezi těmito dvěma systémy pak nebyl statisticky průkazný rozdíl. Lolli et al. (2013) naopak uvádí nejsilnější skořápku u vajec z klecových chovů (0,463 mm) a nejmenší u vajec od nosnic z podestýlky (0,456 mm). Tento výsledek byl statisticky průkazný. Tloušťka skořápky přímo souvisí s pevností skořápky. Silnější skořápka je pevnější, ale zároveň moc tlustá skořápka je nevhodná pro klubání kuřat (Nedomová, 2012).

Tabulka č. 3.: Vliv systému ustájení na technologickou hodnotu skořápky.

U	Statistika	Klecový chov	Podestýlka	Voliéra	Průkaznost
Hmotnost vejce (g)	\bar{x}	60,53 ^c	61,62 ^a	61,22 ^b	0,002
	s _d	6,63	6,98	6,41	
Hmotnost skořápky (g)	\bar{x}	6,13	6,15	6,18	0,421
	s _d	0,7	0,81	0,62	
Podíl skořápky (%)	\bar{x}	12,25 ^a	11,95 ^b	11,92 ^b	0,001
	s _d	1,35	1,2	1,18	
Povrch skořápky (cm ²)	\bar{x}	71,89 ^c	72,75 ^a	72,45 ^b	0,002
	s _d	5,3	5,6	5,09	
Index skořápky (g/100cm ²)	\bar{x}	10,27 ^a	10,07 ^b	10,03 ^b	0,001
	s _d	1,06	0,93	0,82	
Pevnost (g/cm ²)	\bar{x}	4773 ^a	4598 ^c	4719 ^b	0,001
	s _d	899,04	1016,38	909,63	
Tloušťka (mm)	\bar{x}	0,37 ^a	0,36 ^b	0,37 ^a	0,006
	s _d	0,03	0,04	0,03	

^{a,b,c} Průkazné difference mezi průměry

6 Závěr

Kvalita vaječné skořápky sehrává významnou roli jak pro chovatele, tak pro konečného spotřebitele. Zatímco spotřebitel od vaječné skořápky očekává pouze její čistotu a neporušenost, pro chovatele je kvalita vaječné skořápky jedním z nejdůležitějších faktorů při produkci vajec. Pouze vejce s pevnou a silnou skořápkou jsou schopna se v produkčním řetězci dostat od nosnice až ke spotřebiteli. Právě tyto charakteristiky nejvíce ovlivňují systémy ustájení nosnic. Cílem práce bylo porovnat základní fyzikální vlastnosti skořápky, hmotnost skořápky, podíl skořápky, povrch skořápky, index skořápky, pevnost a tloušťku skořápky a hmotnost vejce při ustájení slepic v klecích, ve voliére a na podestýlce a tím posoudit vliv na strukturu a kvalitu skořápky.

Z výsledků této práce vyplývá, že různé systémy ustájení ovlivňují kvalitu skořápky. Obohacené klece se ukazují být nejvhodnějším způsobem ustájení. Jsou vhodným kompromisem mezi užítkovostí a welfare nosnic. V obohaceném klecovém systému je vysoká snáška nosnic, minimální stres a vysoká kvalita skořápky. Výsledky ukázaly, že průměrná pevnost skořápky a průměrná tloušťka skořápky byly nejvyšší u obohacených klecích. Všechny tyto faktory vedou ke kvalitním a zdravotně nezávadným vejcím. Alternativní způsoby chovů jsou kvůli vysokým nárokům na prostor méně ekonomicky výhodné. I tyto systémy však mají své výhody, kdy např. hmotnost vajec byla v průměru nejvyšší v ustájení na podestýlce, zatímco pevnost skořápky byla v tomto systému nejmenší. Voliéry měly ve sledovaných znacích spíše průměrné hodnoty. Hmotnost skořápky byla největší a tloušťka skořápky pak srovnatelná s klecovým chovem. V tomto systému pak skořápky v porovnání s ostatními měly nejmenší podíl z hmotnosti vejce a nejmenší index skořápky.

Význam různých systému ustájení je patrný, na základě výsledků je zřejmé, že různé systémy ovlivňují fyzikální vlastnosti skořápky a tady mají vliv i na strukturu skořápky jejíž funkcí jsou právě fyzikální ukazatele kvality. Vejce z obohacených klecí měly kvalitní skořápku. Bylo by vhodné následující kroky směřovat k plošné osvětě, aby i laická veřejnost věděla, že vejce z klecových systémů jsou kvalitní. Dále pak i na základě výsledků odbourat všeobecné mýty a dokázat, že i nosnice z těchto systémů ustájení mají dostatečný welfare a životní pohodu s minimálním stresem, který by se projevil na vejcích.

7 Seznam literatury

Abdel-Salam Z. A., Abdou A. M., Harith M. A. 2006. Elemental and Ultrastructural Analysis of the Eggshell: Ca, Mg and Na Distribution During Embryonic Development via LIBS and SEM Techniques. *International Journal of Poultry Science*. 5 (1). p. 35-42.

Ahmed A. M. H., Rodriguez-Navarro A. B., Vidal M. L., Gautron J., Garcia-Ruiz J. M., Nys Y. 2005. Changes in eggshell mechanical properties, crystallographic texture and in matrix proteins induced by moult in hens. *British Poultry Science*. 46. 268–279.

Ahammed M., Chae B. J., Lohakare J., Keohavong B., Lee M. H., Lee S. J., Kim D. M., Lee J. Y., Ohh S. J. 2014. Comparison of Aviary, Barn and Conventional Cage Raising of Chickens on Laying Performance and Egg Quality. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 27 (8). 1196-1203.

Bezděková J. 2007. Colorimetric analysis of the colour characters of the pheasant eggshell in dependence on the laying period. *Folia venatoria*. 36-37.

Brouček J., Benková J., Šoch M. 2011. Technologie a technika chovu drůbeže při splnění podmínek welfare. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta. s.115. ISBN: 978-80-7394-337-0.

Coucke P. 1998. Assessment of some physical egg quality parameters based on vibration analysis. Katholieke Universiteit Leuven. Belgium.

Coutts J. A., Wilson G. C. Optimum Egg Quality - A Practical Approach [online]. 2007. [cit. 2015-03-03]. Dostupný z: <<http://www.thepoultrysite.com/publications/1/egg-quality-handbook>>.

De Reu K., Messens W., Heyndrickx M., Rodenburg T. B., Uyttendaele M., Herman L. 2008. Bacterial contamination of table eggs and the influence of housing systems. *World's Poultry Science Journal*. 64 (1). p. 5-19.

Dhawale A. 2008. Abnormal eggs cause subnormal profits. *World Poultry*. 24 (6). p 20-23.

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

Facchinelli L., Valerio L., Ramsey J. M., Gould F., Walsh R. K., Bond G., Robert M. A., Lloyd A. L., James A. A., Alphey L., Scott T. W. Field Cage Studies and Progressive Evaluation of Genetically-Engineered Mosquitoes. *Public Library of Science*. [online]. 2013. [cit. 2015-03-02]. Dostupný z <<http://journals.plos.org/plosntds/article?id=10.1371/journal.pntd.0002001>>.

Gálík R., Švenková J., Karkulín D. 2006. The Influence of Various Technological Systems of Layers Stabling on some Characteristics of Egg Shells. *International Scientific Conference*. s. 15-18.

Gerzilov V., Datkova V., Mihaylova S., Bozakova N. 2012. Effect of Poultry Housing Systems on Egg Production. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 18 (6). 953-957.

Hernández-Hernández A., Gómez-Morales J., Rodríguez-Navarro A.B., Gautron J., Nys Y., García-Ruiz J. M. 2008. Identification of Some Active Proteins in the Process of Hen Eggshell Formation. *Crystal Growth Deign*. 8 (12). p 4330–4339.

Hidalgo A., Rossi M., Clerici F., Ratti S. 2008. A market study on the quality characteristics of eggs from different housing systems. *Food Chemistry*. 106 (3). 1031–1038.

Hincke M. T., Nys Y., Gautron J., Mann K., Rodriguez-Navarro A. B., McKee M. D. 2012. The eggshell: structure, composition and mineralization. *Frontiers in Bioscience*. 17. 1266-1280.

Hulzebosch J. 2006. Wide range of housing options for layers. *World's Poultry*. 22. 20-22.

Hunton P. 2005. Research on eggshell structure and quality: An historical overview. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 7 (2). 67-71.

Jelínek K. 1996. Defektní skořápka – jeden z problémů v produkci vajec. *Živočišná výroba*. 41(8). s. 375-379.

Joly P. Kvalita vaječné skořápky – důležitost krmení a světelných programů [online]. 2001 [cit. 2015-03-02]. Dostupný z <<http://www.integrazabcice.cz/data/kvalitaskorapky.pdf>>.

Karkulín D. 2006. Influence of two Different Cage Technologies on the Eggshell Quality and the Feather Cover of Laying Hens. *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara*. 3. 218-222.

Kříž L. 1997. Zpracování a ošetření drůbežích produktů. Institut výchovy a vzdělávání MZe. s. 29. ISBN 80-7105-160-8.

Klecker D., Zeman L. 2002. Minerální výživa pro kvalitní skořápku vajec. *Krmivářství*. 6. s. 13-16.

Kulíková L. *Klinika chorob ptáků, plazů a drobných savců* [online]. 2007. [cit. 2015-03-03]. Dostupný z: <http://fv1.vfu.cz/export/aviarni-medicina-LS-2007/Zdravotni_problematika_nosnic.pdf>.

Lay D. C., Fulton R.M., Hester P. Y., Karcher D. M., Kjaer J. B., Mench J. A., Mullens B. A., Newberry R. C., Nicol C. J., O'Sullivan N. P., Porter R. E. 2011. Hen welfare in different housing systems. *Poultry Science*. 90. 278–294.

Ledvinka Z., Klesalová L. 2003. Faktory vnějšího prostředí ovlivňující kvalitu vajec. *Náš chov*. 9. s. 45.

Ledvinka Z., Tůmová E., Štolc L. 2008. Užitek nosnic a kvalita vajec v různých systémech chovu. s. 50. ISBN: 978-80-213-1831-1.

Ledvinka Z., Tůmová E., Zita L., Skřivanová E. 2011. Chov drůbeže I. s. 143. ISBN: 978-80-213-2164-9.

Liu H-Ch., Cheng W. 2010. Eggshell pigmentation: a review. *Journal of the Chinese Society of Animal Science*. 39 (2). 75-89.

Lolli S., Hidalgo A., Alamprese C., Ferrante V., Rossi M. 2013. Layer performances, Eggshell Characteristics and Bone Strength in three Different Housing Systems. *Biotechnology in Animal Husbandry*. 29 (4). 591-606.

Marvan F., Hampl A., Hložánková E., Kresan J., Massanyi L., Vernerová E. 1992. *Morfologie hospodářských zvířat*.s. 328. ISBN: 80-209-0226-0.

Mertens K., Bamelis F., Kemps B., Kamers B., Verhoelst E., De Ketelaere B., Bain M., Decuypere E., De Baerdemaeker J. 2006. Monitoring of Eggshell Breakage and Eggshell Strength in Different Production Chains of Consumption Eggs. *Poultry Science*. 85 (9). 1670-1677.

Nedomová Š. Vaječná skořápka jako bariéra chránící drahocenný obsah. Chempoint. [online]. Duben 2012. [cit. 2015-03-02]. Dostupné z <<http://www.chempoint.cz/vajecna-skorapka-jako-bariera-chranici-drahocenny-obsah> >.

Pišťěková V., Hovorka M., Večerek V., Straková E., Suchý P. 2006. The quality comparison of eggs laid by laying hens kept in battery cages and in a deep litter system. *Czech Journal of Animal Science*. 51 (7). 318–325.

Pokludová M., Hrouz J., Klecker D. 2003. Vliv jednotlivých technologických systému na vybrané kvalitativní ukazatele vajec. Ústav chovu hospodářských zvířat, Agronomická fakulta, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.

Rayan G. N., Galal A., Fathi M. M., El-Attar A. H. 2010. Impact of Layer Breeder Flock Age and Strain on Mechanical and Ultrastructural Properties of Eggshell in Chicken. *International Journal of Poultry Science* 9 (2). 139-147.

Roberts J. R., Kapil Chousalkar, Samiullah. 2013. Egg quality and age of laying hens: implications for product safety. *Animal Production Sciences*. 53. p. 1291-1297.

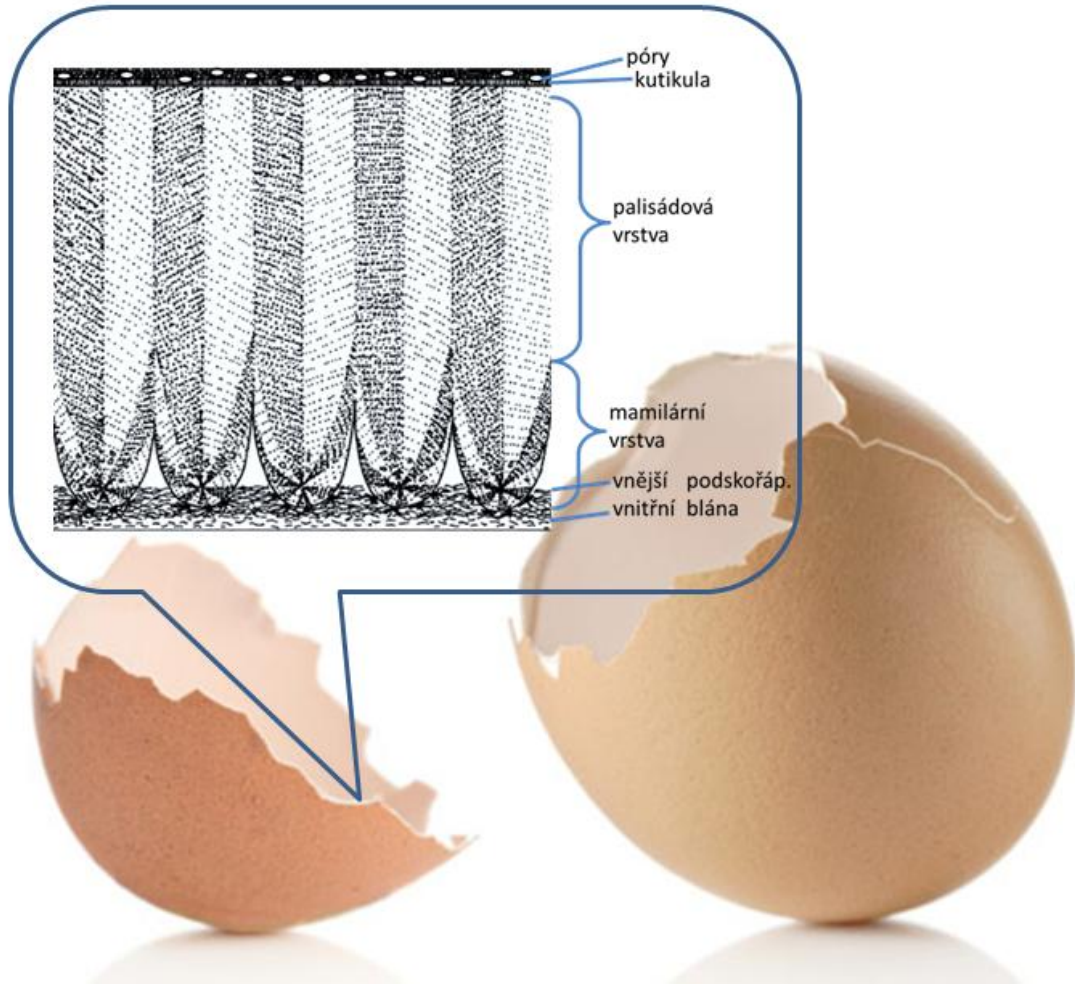
- Rodríguez-Navarro A. B., Domínguez-Gasca N., Muñoz A., Ortega-Huertas M. 2013. Change in the chicken eggshell cuticle with hen age and egg freshness. *Poultry Science*. 92. 3026-3035.
- Simeonovová J., Míková K., Kubišová S., Ingr S. 1999. *Technologie drůbeže, vajec a minoritních živočišných produktů*, s. 83. ISBN 80-7157-405-8.
- Sekeroglu A., Sarica M., Demir E., Ulutas Z., Tilki M., Saatci M., Omed H. 2010. Effects of Different Housing Systems on Some Performance Traits and Egg Qualities of Laying Hens. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 9 (12). s. 1739-1744.
- Sluis W. 2012. Knowing what influences egg quality. *WorldPoultry*. [online]. Srpen 2012. [cit. 2015-03-02]. Dostupné z <<http://www.worldpoultry.net/Home/General/2012/8/Knowing-what-influences-egg-quality-WP010751W/>>.
- Solomon S. E. 2009. Foundation is key for eggshell quality. *World Poultry*. 25 (9). s. 16-18.
- Sosnowka-Czajka E., Herbut E., Skomorucha I. 2010. Effect of different housing systems on productivity and welfare of laying hens. *Annals of Animal Science*. 10 (4). 349–360.
- Špaček F., Grom A., Rous J., Kukla F., Skřivan M., Jirásek J., Kálal L., Krupauer V., Sedlár J. 1980. *Speciální chov hospodářských zvířat – 2*. s. 591.
- Thompson B. K., Hamilton R. M. G., Grunder A. A. 1985. The relationship between laboratory measures of egg shell quality and breakage in commercial egg washing and candling equipment. *Poultry Science*. 64. 901-909.
- Tuláček F. 2002. *Chov hrabavé drůbeže*. s. 176. ISBN: 80-209-0309-7.
- Tůmová E. 2007. Vliv systému ustájení a výživy na kvalitu masa a vajec drůbeže. *Vědecký výbor výživy zvířat*. s. 53.

Tůmová E., Gous R. M., Tyler N. 2014. Effect of hen age, environmental temperature, and oviposition time on egg shell quality and egg shell and serum mineral contents in laying and broiler breeder hens. *Czech Journal of Animal Science*. 59 (9). p. 435–443.

Varguez-Montero G., Sarmiento-Franco L., Santos-Ricalde R., Segura-Correa J. 2012. Egg production and quality under three housing systems in the tropics. *Tropical Animal Health and Production*. 44 (2). 201-204.

8 Samostatné přílohy

Obrázek č. 1.: Struktura vaječné skořápky (Dostupné z <<http://www.chempoint.cz/vajecna-skorapka-jako-bariera-chronici-drahocenny-obsah>>).



Obrázek č. 2.: Možnost projevů jednotlivých typů chování v závislosti na typu ustájení (Lay et al., 2011).

Behaviorální možnosti	Konvenční klece	Typ klece		Alternativní systémy (halové)		Venkovní výběhy
		Malá	Velká	Na podestýlce	Aviary	
Létání	+	+	+	++++	++++	++++
Běhání	+	+	++	++++	++++	++++
Chození	++	++	+++	++++	++++	++++
Mávání křídlů	+	++	++	++++	++++	++++
Protahování	++	+++	+++	++++	++++	++++
Čechránění peří	+++	++++	++++	++++	++++	++++
Stání	++++	++++	++++	++++	++++	++++
Sezení	+++	++++	++++	++++	++++	++++
Krmení	+++	+++	++++	++++	++++	++++
Napájení	+++	+++	++++	++++	++++	++++
Hledání potravy	+	++	++	+++	+++	++++
Popelení	+	++	++	++++	++++	++++
Sezení v hnízdách	+	+++	+++	++++	++++	++++
Sezení na vejcích	+	+	+	+	+	+
Hřadování	+	++	++	+++	+++	+++
Páření	+	+	+	+	+	+
Stereotypní chování	++++	++	++	++	++	++
Kanibalismus a klování peří	++	++	+++	++++	++++	++++
Agrese ve skupině	++	+++	+++	++	++	++
Zadušení	++	++	+++	++++	++++	+++

+ = projev chování není, ++ = relativně nízký projev chování, +++ = střední projev chování,
 ++++ = plný nebo relativně vysoký projev chování