

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů
Katedra chovu hospodářských zvířat



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Oplozenost a líhnivost vajec drůbeže

Bakalářská práce

Barbora Jonáková
Chov hospodářských zvířat

doc. Ing. Lukáš Zita, Ph.D .

© 2023 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Oplozenost a líhnivost vajec drůbeže" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 21.4 .2023

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Lukáši Zitovi, Ph.D., za trpělivost, ochotu, podnětné připomínky a podporu během zpracování této bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat mé rodině a příteli, kteří mi studium na této škole svou podporou umožnili a také svým přátelům, kteří učinili má studijní léta přínosnými nejen po stránce vzdělání a vědomostí.

Oplozenost a líhnivost vajec drůbeže

Souhrn

Předmětem bakalářské práce je problematika reprodukce drůbeže s ohledem na oplozenost a líhnivost vajec a faktory, které ovlivňují jejich úspěšnost. Chov drůbeže je rozšířeným odvětvím živočišné výroby a reprodukce zde hraje klíčovou roli. Pro pochopení principů oplození vejce a průběhu vývoje zárodku drůbeže je důležité znát anatomii a fyziologii reprodukční soustavy samců i samic. Pohlavní orgány jednotlivých druhů drůbeže mají nepatrné morfologické odlišnosti, ze kterých vyplývají i různé požadavky na podmínky chovu. Způsob reprodukce se u jednotlivých druhů významně liší, např. délkou inkubace vajec, parametry mikroklimatu během inkubace nebo způsobem odchovu mláďat, stejně tak se u jednotlivých druhů drůbeže liší faktory, které ovlivňují následnou oplozenost a líhnivost vajec. Drůbež se základně dělí na dvě skupiny - hrabavou a vodní, dle toho jsou také specifické podmínky inkubace a faktory, které mohou ovlivňovat její úspěšnost. Úspěšnost líhnutí se dále hodnotí procentem líhnivosti, které popisuje buď počet mláďat vylíhnutých z počtu všech vajec nasazených do líhně, nebo ze všech oplozených vajec. Líhnivost úzce souvisí s kvalitou nasadových vajec a optimální technikou umělého líhnutí. Zásadním parametrem je oplozenost vajec. Oplozenost je ovlivněna vnějšími i vnitřními faktory, které zahrnují například roční období, délku světelného dne, druh a plemeno drůbeže, výživu a věk rodičovského hejna a v neposlední řadě také typem chovu a způsobem reprodukce

Přístup k reprodukci drůbeže se významně liší v závislosti na typu chovu. V důsledku zušlechťování a hybridizace drůbeže dále využívaných pro intenzivní produkci masa nebo vajec došlo k potlačení reprodukčních schopností u některých plemen a druhů drůbeže, proto muselo být přistoupeno k využití umělé inseminace, umělé inkubace vajec a následnému odchovu mláďat. V dnešní době se čím dál více využívá metody umělého líhnutí vajec, kdy jsou vejce uměle inkubována v líhních a mláďata následně odchovávána v odchovnách. Tímto způsobem se několikanásobně zvýšila produkce mláďat z důvodu maximální optimalizace podmínek potřebných pro co nejvyšší líhnivosti vajec. V malochovech a domácích podmínkách se využívá převážně přirozeného líhnutí mláďat a jejich následného odchovu, nicméně také u některých druhů drůbeže chovaných v malochovech byla způsobena vlivem šlechtění ztráta mateřských schopností, například u perliček nebo křepelek, tudíž je jejich odchov možný pouze za využití metod umělé inkubace nebo náhradní matky jiného druhu drůbeže.

Oplozenost a líhnivost vajec hraje klíčovou roli v celém procesu reprodukce drůbeže. Pochopení základních principů oplození, vývoje zárodku a fyziologických pomínek nutných pro vývoj zárodku, je nezbytné pro úspěšnou produkci drůbeže, a tím i produkci všech živočišných produktů, které drůbež poskytuje. Do budoucna se předpokládá, že bude čím dál více nahrazena lidská síla moderními technologiemi, které budou schopné zajistit a udržet optimální podmínky pro inkubaci vajec a tím maximalizovat líhnivost a produkci kvalitních mláďat drůbeže.

Klíčová slova: vejce, reprodukce, odchov, líhnivost, oplozenost, drůbež

Fertilization and hatchability of poultry eggs

Summary

The subject of the bachelor thesis is the reproduction of poultry with regard to fertilization and hatchability of eggs and factors that affect their success. Poultry rearing is a widespread branch of livestock production and reproduction plays a key role here. To understand the principles of egg fertilisation and the process of embryo development in poultry, it is important to know the anatomy and physiology of the reproductive system of both males and females. The sexual organs of the different poultry species have slight morphological differences, which result in different requirements for rearing conditions. The method of reproduction varies considerably from species to species, e.g. the length of incubation of eggs, the microclimate parameters during incubation or the method of rearing chicks, and the factors affecting subsequent fertilisation and hatchability of eggs also vary from species to species. Poultry are basically divided into two groups, rakes and waterfowl, and the specific conditions of incubation and the factors that may influence its success are also specific. Hatching success is further evaluated by the hatching percentage, which describes either the number of chicks hatched from the number of all eggs laid in the hatchery or from all eggs fertilised. Hatchability is closely related to the quality of the hatching eggs and the optimum artificial hatching technique. The essential parameter is the fertilisation rate of the eggs. Fertility is influenced by external and internal factors, including the season, the length of the day, the species and breed of poultry, the nutrition and age of the parent flock and, last but not least, the type of rearing and the method of reproduction.

The approach to poultry reproduction varies significantly depending on the type of rearing. As a consequence of the improvement and hybridisation of poultry used for intensive meat or egg production, the reproductive capacity of some breeds and species of poultry has been suppressed, and artificial insemination, artificial egg incubation and subsequent rearing of chicks have had to be resorted to. Nowadays, the method of artificial egg hatching, where eggs are artificially incubated in hatcheries and chicks are subsequently reared in nurseries, is increasingly used. In this way, the production of chicks has increased several times due to the maximal optimisation of the conditions needed for the highest hatchability of eggs. Natural hatching and subsequent rearing of the chicks is mainly used in smallholdings and in domestic conditions, but some species of poultry reared in smallholdings have also lost their maternal capacity due to breeding, for example guinea fowl or quail, and can therefore only be reared using artificial incubation methods or a surrogate mother of another species of poultry.

The fertilization and hatchability of eggs plays a key role in the whole process of poultry reproduction. Understanding the basic principles of fertilization, embryo development and the physiological conditions necessary for embryo development is essential for successful poultry production and thus the production of all animal products that poultry provide. In the future, it is expected that human labour will increasingly be replaced by modern technologies capable of providing and maintaining optimum conditions for egg incubation, thereby maximising hatchability and the production of quality poultry chicks.

Keywords: eggs, reproduction, breeding, hatching, fertilization, poultry

Obsah

1 Úvod.....	7
2 Cíl práce.....	8
3 Literární rešerše.....	9
3 . 1 Pohlavní soustava ptáků	9
3 .1 .1 Pohlavní soustava samic	9
3 .1 .2 Pohlavní soustava samců.....	12
3 .2 Tvorba a složení vejce	14
3 .3 Hormonální řízení reprodukce.....	19
3 .4 Násadová vejce.....	20
3 .4 .1 Kvalita násadových vajec	20
3 .4 .2 Skladování násadových vajec.....	21
3 .5 Oplozenost vajec a vybrané faktory ji ovlivňující.....	22
3 .6 Líhivost vajec a vybrané faktory ji ovlivňující	24
3 .7 Líhnutí drůběže.....	27
3 .7 .1 Přirozené líhnutí	27
3 .7 .2 Umělé líhnutí	29
3 .8 Vývoj zárodku	30
3 .8 .1 Vývoj zárodku kuřete	31
3 .9 Biologická kontrola líhnutí a příčiny nedostatků v líhnutí	33
4 Závěr	36
5 Literatura.....	37
6 Seznam obrázků a tabulek.....	I
7 Samostatné přílohy.....	II

1 Úvod

Chov drůbeže je velmi rozšířeným odvětvím živočišné produkce. Mezi hlavní produkty chovu drůbeže se řadí maso a vejce. Drůbež vyniká zejména vysokou intenzitou růstu a reprodukční schopností, ale také adaptabilitou na nové prostředí a nenáročností na podmínky chovu. Drůbeží maso vyniká zejména lehkou stravitelností, vysokým obsahem bílkovin, vitamínů a minerálních látek. Drůbeží maso se dále dělí na maso bílé, do kterého se řadí maso kuřecí a krůtí, a maso červené, kam patří maso pocházející z vodní drůbeže, holubů a perliček. Dalším významným produktem chovu drůbeže jsou vejce. Vejce jsou v lidské výživě jednou z nejhodnotnějších potravin, a to především kvůli jejich vysokému obsahu plnohodnotných bílkovin, vitamínů a minerálních látek. V České republice jsou jako konzumní produkována pouze vejce kura domácího. Vedle vajec konzumních jsou produkována také vejce násadová, která jsou oplozená a slouží k líhnutí další drůbeže. Násadová vejce jsou v intenzivních chovech získávána z tzv. rodičovských rozmnožovacích chovů, kde se produkují násadová vejce na základě budoucí užitekosti potomků – nosní nebo masní hybridy.

V roce 2022 činil stav drůbeže v České republice 23 763 508 kusů, z toho 4 776 261 nosnic. Oproti roku 2021 činí snížení celkového stavu drůbeže zhruba o 2 milióny kusů, stejně tak bylo zaznamenáno snížení v roční produkci konzumních vajec, která v roce 2022 činila 1 529 378 000 kusů, ale v roce 2021 to bylo o 588 000 000 více. Naopak produkce jatečné drůbeže se v roce 2022 zvýšila oproti předchozímu roku o 1 245 tun živé hmotnosti na 258 505 tun živé hmotnosti. Produkce násadových vajec vložených do líhně činila v roce 2022 39 928 000 kusů vajec nosného typu kura domácího a 268 108 000 kusů vajec masného typu. Z tohoto počtu vajec vložených do líhně bylo vylíhnuto 13 880 000 kusů kuřat nosného typu, z toho 9 946 000 bylo vyvezeno a 4 641 000 bylo využito v České republice. Kuřat masného typu bylo vylíhnuto 209 594 000 kusů, z toho 78 447 000 bylo vyvezeno, 2 473 000 bylo dovezeno a 133 620 bylo využito v České republice. U kachen v intenzivních chovech činila produkce násadových vajec 20 394 000, z toho bylo vylíhnuto 14 908 000 kusů mládřat, vyvezeno bylo 10 576 000 kusů mládřat, dovezeno bylo 82 000 kusů a využito v České republice bylo 4 413 000 kusů mládřat. U hus činila produkce násadových vajec 211 000 kusů, z toho bylo vylíhnuto 139 000 kusů mládřat, z tohoto počtu bylo 16 000 kusů mládřat vyvezeno a 124 000 kusů mládřat bylo využito v České republice. U krůt nebyla v roce 2022 vyprodukována žádná násadová vejce, bylo dovezeno 324 000 kusů jednodenních krůťat určených pro odchov v České republice.

Základním aspektem úspěšnosti chovu drůbeže je způsob reprodukce. V dnešních podmínkách intenzivních velkochovů se čím dál více využívá metod umělé inseminace, líhnutí a odchovu mládřat. Tím se výrazně zvýšila ekonomická efektivita chovu drůbeže, ale také možnost zušlechťování a hybridizace některých plemen. V důsledku šlechtění a selekce u některých druhů vymizela schopnost přirozené reprodukce, proto je jedinou možností jejich chovu umělá inkubace vajec a následný odchov mládřat. Umělá inkubace vajec v České republice probíhá v líhňařských podnicích, kde se násadová vejce inkubují v komorových líhních, kde jsou všechny faktory mikroklimatu a veškeré operace technologického postupu líhnutí plně mechanizovány a automatizovány. Kapacita těchto líhní může být až 100 tisíc kusů násadových vajec.

2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je soustředit odbornou vědeckou literaturu týkající se problematiky reprodukce drůbeže, zejména oplozenosti a líhnivosti vajec drůbeže.

3 Literární řešerše

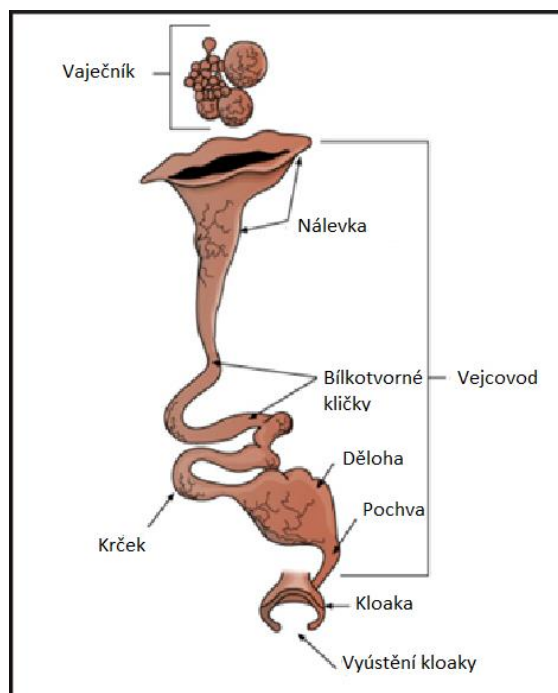
3.1 Pohlavní soustava ptáků

3.1.1 Pohlavní soustava samic

Reprodukční soustava samic drůbeže byla uzpůsobena tak, aby vyhovovala rizikům spojeným s potenciálními predátory jako jsou například dravci. Ptáci se nacházejí na nízké pozici v potravním řetězci, proto vyžadují specifickou reprodukční strategii. U většiny samic toto zahrnuje produkci většího počtu potomků najednou a krátkou dobu péče o potřeby potomků. Množství času, které samice věnují péči o mláďata, závisí na tom, zda se jedná o prekociální nebo altriciální ptáky, přičemž altriciální vyžadují vyšší úroveň rodičovské péče po vylíhnutí. Další reprodukční strategií je například vývoj mláďat, který probíhá mimo tělo matky ve vejcích. Všechny živiny potřebné pro vývoj embrya jsou ve vejci obsaženy již před jeho snesením, z tohoto důvodu jsou vejce pro člověka tak výživná (Jacob 2020).

Reprodukční systém samic drůbeže se skládá z vaječníku a navazujícího vejcovodu. Zatímco v době embryonálního vývoje má samice dva vaječníky i vejcovody, plné funkčnosti a schopnosti produkce vajíček jsou schopny pouze reprodukční orgány na levé straně. Levý vaječník se nachází těsně před ledvinou v břišní dutině a je pevně připevněn ke stropu břišní dutiny. Vaječník je dobře vybaven krevními cévami, aby byl zajištěn dostatečný transport živin do vyvíjejícího se vajíčka (Kavoi 2013). Orgány na pravé straně se mohou objevit jako rudimenty, ale ve výjimečných případech mohou být funkční (Watson et al. 2016). Viz obrázek č. 1.

Kromě produkce vajíček produkuje samičí reprodukční systém také hormony, které pomáhají při kontrole tělesných funkcí. Patří mezi ně androgen, estrogen a progesteron. Androgen u samic způsobuje například růst hřebene jako znak dosažení pohlavní dospělosti a má vliv na tvorbu albuminu. Estrogen způsobuje růst samičího opeření, ovlivňuje páření a hnízdění, vývoj vejcovodů spolu s přísunem živin do vaječníku a vejcovodu pro tvorbu vajíček (Mishra 2019). Progesteron s androgenem se podílí na produkci albuminu a přenosu zprávy do hypofýzy, kde řídí uvolňování luteinizačního hormonu a tím řídí ovulaci. Samičí reprodukční systém zůstává neaktivní u mladých a rostoucích samic, až do věku pohlavní dospělosti, kdy se tyto orgány začnou připravovat na normální produkci vajec. Jedním z prvních příznaků jejich rozvíjející se funkce je například změna ve vývoji hřebene u slepic, ten začíná růst a nabývá červeného odstínu, protože hormony produkované nyní funkčním vaječníkem začínají působit (Jeong et al. 2013).



Obr. č . 1 – Pohlavní orgány samice drůbeže (dostupné z : Female reproductive tract and egg development - <http://agadventures.weebly.com/>)

Nejvýznamnější částí reprodukční soustavy samic ptáků je vaječník. Vaječník je umístěn pod stropem tělní dutiny a dorzálně přiléhá k jejímu okraji. U dospělých samic do vaječníku částečně vrůstá levá nadledvinka. V době pohlavního dospívání a zejména v době snášky se zvětšuje a získává hroznovitý tvar. Zralý folikul obsahuje oocyt, který v době ovulace prochází zracím dělením a vzniká vajíčko – ovum (Kavoi 2013).

Vaječník je ke stěně břišní dutiny připojen mezo-ovariálním vazem. Na svém povrchu nese mezi 2 000 až 12 000 malých vajíček uložených ve folikulech a také buňky produkující pohlavní hormony. Vaječník se vyvíjí se od 3. do 5. – 6. dne inkubace, kdy dochází k diferenciaci pohlaví, jako párový orgán, později se vyvíjí pouze levý vaječník (Mishra 2019).

Jednotlivá vajíčka rostou ve vaječníku postupně, takže lze pozorovat vedle vajíček téměř mikroskopické velikosti i úplně vyvinuté žloutky. Velikost a tvar vaječníku se mění podle toho, zda je nosnice ve snášce nebo v období klidu (Scanes et al. 2020). Doba vývoje vajíčka ve folikulu je zhruba 10 dní. Vývoj folikulů a vajíček v nich uložených je stimulován folikuly stimulačním hormonem (FSH) produkovaným předním lalokem hypofýzy (Adegbenjo et al. 2020).

Mishra (2019) uvádí dvě funkce vaječníku:

1. Gametogeneze (oogeneze) začíná již během embryonálního vývoje. Později dochází k tzv. zracímu dělení, které je ukončeno přibližně 2 hodiny před ovulací. Ovulace vajíčka je podmíněna luteinizačním hormonem.
2. Produkce hormonů – vaječník produkuje hormony androgen, estrogeny a progesteron. Androgen působí na růst kostí a retenci vápníku. Estrogeny ovlivňují délku vejcovodu, obsah vápníku v krevní plazmě, růst peří a vývoj sekundárních pohlavních znaků. Progesteron reguluje ovulační cyklus a vývoj vaječníku.

Na vaječník dále přímo navazuje vejcovod. Vejcovod má vzhled dlouhé tlustostěnné trubice, která vytváří četné kličky. V tělní dutině je upevněn dorzálním a ventrálním vazem (Marvan 2017). Jeho nálevkovitý horní konec vyčnívá do břišní dutiny k vaječníku, druhý konec ústí do kloaky. Ve vejcovodu se vytváří asi 2/3 celkové hmotnosti vejce. Ústí vejcovodu směrem k vaječníku tvoří tzv. nálevka (infundibulum) vejcovodu, která se při ovulaci přikládá k uvolňovanému žloutku. V této části vejcovodu dochází k oplození vejce (Scanes et al. 2020).

Podobně jako vaječník je i vejcovod vyvinutý pouze levý. V době snášky, kdy vejcovod dosahuje plné funkčnosti, se skládá z níže pojmenovaných segmentů, přičemž jeden konec navazuje na vaječník a druhý vstupuje do kloaky (Více popsáno v kapitole Tvorba a složení vejce). Vejcovod je dlouhý přibližně 70 cm a je velmi žláznatý. Žlázy různých segmentů produkují zbývající části vejce. Díky své funkci je vejcovod velmi dobře zásobován krevními cévami (Sah & Mishra 2018). Vejcovod vyúsťuje do kloaky, což je prostor společného vyústění trávicí, pohlavní a vylučovací soustavy drůbeže (Zapletal & Macháček 2015).

Kavoi (2013) uvádí, že vejcovod je tvořen 5 částmi:

Nálevka vejcovodu (*infundibulum*)

Nálevka vejcovodu je první částí vejcovodu, má nálevkovitý tvar a navazuje na vaječník. U nosnice je až 9 centimetrů dlouhá. Funkcí nálevky je vyhledat a zachytit oocyt, který byl právě uvolněn z folikulu. Žloutek zůstává v nálevce asi 15 minut a právě zde dochází k oplození (Jeong et al. 2013). Dochází zde také k tvorbě chalázového bílku, jelikož se předpokládá, že spermie by nebyly schopny penetrovat oocyt jakmile by se začal obalovat bílkem (Jacob 2020).

Bílkotvorné kličky (*magnum*)

Bílkotvorné kličky navazují na nálevku a tvoří nejdělsí segment vejcovodu s délkou až 40 centimetrů (Jacob 2020). Z chalázového bílku se zde tvoří chalázová poutka, která udržují žloutek v centrální poloze uvnitř vejce, což je nezbytné pro následný vývoj a přežití embrya. Dochází zde také k sekreci tří dalších vrstev bílku: vnitřní řídký bílek, vnější tuhý bílek a vnější řídký bílek (více popsáno v kapitole Tvorba vejce). Bílek obklopuje centrální žloutkovou hmotu a vytváří okolo dvou třetin hmotnosti vejce (Mishra 2019). Funkcí bílkotvorných kliček je přidat přibližně 40 % bílku do formujícího se vejce. Tato procenta se mohou značně lišit v závislosti na několika faktorech, včetně genetického založení nosnice, věku nosnice, stáří vejce a nebo podmínek skladování. V kvalitním, čerstvě sneseném vejci však výše uvedený údaj většinou platí. V bílkotvorných kličkách se vejce zdržuje 3 – 4 hodiny (Zapletal & Macháček 2015).

Krček (*isthmus*)

Jeho funkcí je secernace fibrózní, vnitřní a vnější podskořápečné blány, která uzavře obsah vejce a poskytne podporu pro tvorbu a ukládání pevné skořápky. Po snesení vejce se podskořápečné blány od sebe oddělí a vytvoří vzduchovou komůrku (Hrabia et al. 2014). Vejce zde setrvává asi 70 minut (Jeong et al. 2013).

Děloha (*uterus*)

V děloze se tvoří skořápka. Na vnější podskořápečné bláně se zde tvoří krystalizační centra, kolem kterých se následně ukládá uhličitán vápenatý, který je hlavním stavebním kamenem skořápky. Počet krystalizačních center je geneticky řízen a určuje následnou tloušťku skořápky (Mishra 2019). Tělo nosnice spotřebuje 8 – 10 % vápníku z kostí aby

vytvořilo skořápku vejce. V děloze se také přidává do skořápky pigment, který určuje její výslednou barvu. V děloze vejce setrvává 17 – 20 hodin (Jacob 2020).

Pochva (*vagina*)

Pochva je tvořena svalovinou, která umožňuje nosnici snesení vejce. Tvoří se zde kutikula, která má význam při snesení vejce a po zaschnutí krátkodobě zabraňuje pronikání mikroorganismů do vnitřního obsahu vejce. Vejce se zde zdržuje jen krátce, zpravidla do 10 minut (Zapletal & Macháček 2015). Další funkcí pochvy je také prodloužené uschování spermií ve specializovaných přídatných žlázách (SST) (Jacob 2020).

3.1.2 Pohlavní soustava samců

Orgány pohlavní soustavy samců ptáků jsou výhradně vnitřní, bez vnějších genitálií (Watson et al. 2016). Jedním z pozoruhodných aspektů reprodukčního systému samců drůbeže je, že spermie zůstávají životaschopné při tělesné teplotě. V důsledku toho je samčí reprodukční soustava zcela uvnitř těla. Tímto se reprodukční soustava ptáků zásadně liší od savců, kde je reprodukční soustava uložena mimo tělo (Jacob 2020).

Varlata samců ptáku jsou párová a na rozdíl od savců jsou uložena uvnitř tělní dutiny. Zde jsou varlata v činnosti při tělesné teplotě, která je u ptáků mezi 40 až 42 °C. Varlata ptáků jsou složena ze semenotvorných kanálků, Sertoliho buněk, kmenových buněk a Leydigových buněk podobně jako u savců. Krevní zásobení varlat je u ptáků rozdílné, jelikož je zde nežádoucí, aby docházelo k ochlazení varlat (Scanes et al. 2020). Velikost varlat závisí na ročním období. V době pohlavního klidu jsou malá, naopak v období pohlavní aktivity se značně zvětšují. Tato sezónnost je nejzřetelnější u vrubozobých, méně pak u krocana, u kohouta se pohlavní aktivita vlivem domestikace rozložila po celý rok. Levé varle zpravidla bývá o něco větší než pravé. Barva varlat je u mladých jedinců spíše nažloutlá, u dospělých bělavá a u krocana často pigmentovaná. Parenchym varlete není na rozdíl od savců rozdělen na lalůčky (Kavoi 2013). Althnaian (2022) uvádí, že velikost varlat a jejich barva se může lišit i v závislosti na plemeni nebo druhu drůbeže. Varlata také produkují hormony nazývané androgeny, které ovlivňují vývoj sekundárních pohlavních znaků, jako je růst hřebenu, samčí chování a ochota k páření (Idahor 2021).

Pokračováním pohlavní soustavy samců ptáků navazujícím na varlata jsou nadvarlata, tvořící plochý útvar, který obsahuje semenovorné kanálky. Nachází se na dorzolaterálním okraji varlete a zvláště u kačera a housera jsou makroskopicky málo zřetelná. Do nadvarlete vyústí semenotvorné kanálky, odtud spermie procházejí vývodními kanálky do vývodu nadvarlete. Vývodné kanálky mají kromě transportu spermií i funkci sekreční a resorbční (Jacob 2020).

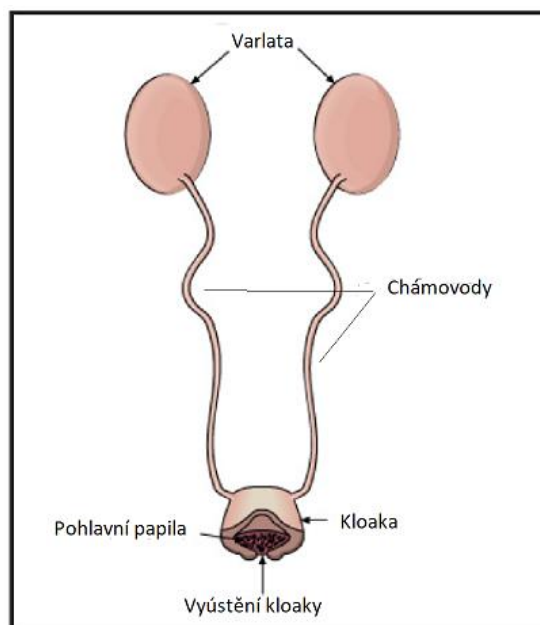
Chámovody jsou pokračováním vývodu nadvarlete. Chámovody se na svém konci rozšiřují a ústí do kloaky (Reece 2017). Délku chámovodů prodlužují meandrovité kličky, které slouží jako zásobárna semene. Chámovody probíhají po spodině ledvin a po stropě tělní dutiny směrem ke kloace. Po prostupu stěnou kloaky se konce chámovodů nálevkovitě rozšíří a ústí do kloaky. Epitel chámovodů má sekreční funkci, která se zvyšuje v době pohlavní aktivity (Jacob 2020). Idahor (2021) tvrdí, že existence přídatných pohlavních žláz nebyla u ptáků prokázána.

Vlastní koupulační orgán většiny ptáků se nazývá *falus*, z řečtiny *falos*. Při sexuálním vzrušení se na ztopořeném falu vytváří ejakulační žlábk. Vzniklé lymfatické řasy směřují

semeno do žlábků na ztopořeném falu (Vizcarra et al. 2015). Falus samců hrabavé drůbeže neumožňuje zasunutí falu do kloaky, ale pouze přesun semene do samice přitisknutím falu ke kloace samice. Samci vodní drůbeže mají zřetelně vyvinutý penis a při páření dochází k jeho zasunutí do kloaky. U kohoutů je zasunutí falu do kloaky samice a vystříknutí semene doprovázeno úderem základny ocasu směrem ke kloace samice. U krocanů dochází podobným způsobem k vychlípění falu, ale semeno je obvykle vystříknuto až po stlačení koncového rozšíření chámovodu (Fouad 2020). Plně vyvinut je *falus* pouze u kačera a housera, u krocana a kohouta je rudimentární a u holuba není vyvinut vůbec. Funkčně slouží pouze ke kopulaci. Nepatrný náznak *falu* zůstává i u samiček, jeho rozdílů ve velikosti a tvaru se využívá k sexování pohlaví u jednodenních kuřat (Jacob 2020).

Spermie jsou u obratlovců produkovány jako samostatné buňky, které nesou haploidní DNA nezbytnou pro úspěšné oplození (Matsuzaki & Sasanami 2022). Spermie ptáků má jednodušší skladbu než u savců. U ptáků obecně je málo semenné plazmy, proto je semeno husté. Jeden krychlový milimetr spermatu produkovaného samci drůbeže obsahuje v průměru 3 -5 milionů spermií. Anatomicky mají spermie drůbeže dlouhou špičatou hlavičku s dlouhým ocasem (Prabakar et al. 2022). Spermie jsou ejakulovány spolu se semennou plazmou a kopulací přeneseny do kloaky samice. Na rozdíl od savců jsou ejakulované spermie u ptáků před oplozením vajíčka uloženy ve specializovaných tubulech, které se nacházejí na rozhraní mezi pochvou a dělohou, nazývají se SST (Sperm Storage Tubules – tubuly pro skladování spermií). Spermie uloženy v SST jsou v klidovém stavu a po uvolnění se znovu aktivují (Nys & Guyot 2011).

Předpokládá se, že spermie ptáků jsou schopny podstoupit změnu motility z klidového do aktivního stavu dvakrát (Matsuzaki & Sasanami 2022).



Obr. č. 2 – Pohlavní soustava samce drůbeže (dostupné z : Male reproductive tract - <http://agadventures.weebly.com/>)

3.2 Tvorba a složení vejce

Konečným produktem pohlavní soustavy samic ptáků je vejce. Vejce jsou nejbohatším zdrojem živin, které jsou nepostradatelné pro lidskou výživu a zdraví. Vaječné bílkoviny, tuky, cukry, vitamíny a minerální látky umožňují vývoj mláďate druhů ptáků. Vejce všech druhů drůbeže, s výjimkou holubů, mají vyšší podíl žloutku z celkové hmotnosti vejce než např. pěvci, měkkozobí, papoušci nebo dravci a proto se jejich mláďata líhnou na vyšším stupni ontogeneze, což má velký význam pro jejich následující odchov nebo výkrm (Zapletal & Macháček 2015).

V České republice se konzumují vejce slepičí, perliččí, křepelčí a pštrosí. Není povolena distribuce vajec vodní drůbeže z důvodu vyššího rizika výskytu salmonelózy ve vejcích vodní drůbeže kvůli tukovému povlaku skořápky těchto vajec. Vysoká výživná hodnota slepičích, perliččích a křepelčích vajec z nich vytváří ideální potravinu. Slepičí vejce se také využívají k výrobě ochranných látek a široce se využívají v medicíně a jiných odvětvích průmyslu (Jacob 2020).

Vejce poskytuje spotřebitelům řadu zdravotních výhod. Současné odhady celosvětové produkce vajec na osobu se blíží 9 kg za rok, ale v jednotlivých zemích se značně liší. Klíčovou roli ve složení, kvalitě, bezpečnosti a spotřebitelské přitažlivosti vajec hrají aspekty řízení chovu jako je krmení, hygiena a ustájení (Zaheer 2015).

Vlastním vajíčkem (samičí pohlavní buňkou) je žloutek, protože pouze ten se vytváří na vaječnicku. Ostatní části vejce se tvoří ve vejcovodu.

Žloutek

Vlastní vajíčko ve vaječnicku je kulatá buňka, která má uprostřed jádro. Postupným ukládáním rezervních látek se vajíčka zvětšují, až jsou viditelná i pouhým okem ve formě bělavých zrníček, která bývají označována jako zárodečné folikuly. U jednotlivých nosnic je počet folikulů rozdílný. Ne ze všech vznikne vejce. U nesoucích nosnic vystupují z vaječnicku na vazivových stopkách různě velké žloutkové koule (Jacob 2020).

Asi 10 – 14 dní před tím, než se žloutek uvolní z vaječnicku do vejcovodu, začne se ve folikulu rychle ukládat zásobní žloutek ve formě zrníček, který postupně úplně vytlačí jádro na periferii (Saláková 2014). Žloutkové proteiny a lipidy se tvoří v játrech, odkud jsou krví transportovány do vaječnicku. Ukládání žloutku do dozrávajícího folikulu je ukončeno okolo 24 hodin před ovulací. Žlutý vaječný žloutek je tedy směs vody, lipidů, proteinů a mnoha složek přítomných jen ve velmi malém množství, jako jsou např. vitamíny a minerální látky (Nys & Guyot 2011).

V okamžiku, kdy se hotový žloutek uvolňuje z vaječnicku (ovuluje), je téměř celý jeho obsah vyplněn zásobní žloutkovou hmotou a z původní plazmy vajíčka zůstává jenom ostrůvek okolo zárodečného terčíku (Mishra 2019). Žloutková hmota je obklopena vitelinní membránou, což je tenká průsvitná mucinózní blanka. Se stářím vejce tato membrána ztrácí pružnost a pevnost. Jádro vajíčka je uprostřed žloutku tvořeno světlým žloutkem a označuje se jako latebra. Latebra vybíhá k povrchu žloutku tzv. krčkem latebry, kde je pod vitelinní membránou zakončena tzv. zárodečným terčíkem. Průměr zárodečného terčíku se liší v závislosti na tom, zda vejce bylo oplozeno nebo ne. U neoplozeného slepičího vejce je velikost zárodečného terčíku asi 2 – 3 mm, u oplozeného pak 5 – 6 mm. Kolem latebry se střídavě ve vrstvách ukládá světlý a tmavý žloutek (Zapletal & Macháček 2015).

Při dozrání žloutku vazivová blána folikulu na tomto místě praskne a uvolněný žloutek vklouzne do přiložené nálevky vejcovodu. Impuls k uvolnění žloutku z vaječníku je dán hormonálním působením předního laloku hypofýzy. K ovulaci dochází zpravidla 30 minut po snesení předchozího vejce (Mishra 2019). U čerstvě sneseného vejce má žloutek tvar koule, která je ve směru krátké osy vejce mírně zploštělá. Po snesení vejce je žloutek udržován chalázami uprostřed vejce a může se otáčet ve směru dlouhé osy vejce (Mishra 2019). Žloutková koule je obalena jemnou pružnou a tenkou blankou, která je označována jako vitelinní membrána. Tato membrána je tvořena mucinovou vrstvou propletenou kolagenními vlákny a její tloušťka u čerstvě sneseného vejce je asi 0,048 mm. Hmotu žloutkové koule je složena z vrstev světlého a tmavého žloutku. Ve středu žloutku je ostrůvek o průměru asi 6 mm, tzv. latebra. Směrem k zárodečnému terčíku vystupuje z latebry tzv. krček latebry, který se pod vlastním zárodečným terčíkem nálevkovitě rozšiřuje v tzv. Panderovo jádro (Scanes et al. 2020). Při pravidelné denní snášce má žloutek zpravidla 6 vrstev světlého a 6 vrstev tmavého žloutku (Viz obrázek č. 3). Pod žloutkovou blánou se nachází jemná vrstva světlého žloutku, která přechází v Panderovo jádro a latebru, a tak přerušuje pravidelnou kruhovou vrstevnatost. Vrstvy tmavého žloutku jsou silnější a světlého žloutku tenčí. Směrem do středu žloutku jsou vrstvy silnější. Vrstvy tmavého žloutku vznikají ve dne, kdy nosnice mají dostatek krmiva obsahujícího barevné pigmenty. Večer a v noci již zpravidla klesá v krvi nosnice obsah barevných pigmentů přijatých z krmiva, a proto také vznikající vrstva žloutku bývá světlejší. Při nadbytku pigmentu v krmení se žloutkové vrstvy netvoří. Barva žloutku kolísá, od bledě žluté až po tmavě oranžovou. Vlastní vaječná buňka je uložena pod žloutkovou blánou ve hmotě Panderova jádra na žloutkové kouli jako zárodečný terčík. Má tvar zploštělého měchýřku o průměru asi 3 až 4 mm (Saláková 2014).

Andersen (2015) uvádí, že žloutek je jediný nutriční zdroj pro vyvíjející se embryo, jelikož u ptáků není žádný maternální způsob výživy. Obdobným orgánem u savců je žloutkový vak. Žlutou barvu dodávají žloutku xantofylní pigmenty z potravy.

Peterson et al. (2020) uvádějí, že u většiny druhů domácí drůbeže tvoří žloutek 30 % z hmotnosti vejce, bílek 60 %, skořápka a podskořápečné blány cca 10 %. U krmivých ptáků (holubi) však podíl žloutku představuje jen 15 – 17 % a proto se jejich mláďata líhnou na nižším stupni ontogeneze.

Z hlediska lidské výživy je nejvíce diskutovaný obsah cholesterolu ve vejcích (Zita et al. 2018). Zemková et al. (2018) uvádějí průměrnou koncentraci cholesterolu ve vaječném žloutku jako 13,3 mg/g a průměrný obsah cholesterolu ve vejci jako 228,3 mg. Andersen (2015) uvádí, že průměrně velké vejce obsahuje přibližně 186 mg cholesterolu.

Vejce perliček mají tmavší žloutek, protože mívají vyšší obsah karotenu a vitamínu A. Vejce křepelek mají vyšší procentuální podíl žloutku z celkové hmotnosti vejce a tím tedy i vyšší podíl živin obsažených ve žloutku. Vejce pštrosů se v energetických živinách téměř neliší od slepičích vajec. Bývá však uváděno, že mají vyšší obsah některých vitamínů a mikroprvků. Některé údaje uvádějí, že vejce pštrosa Emu obsahují asi o 3 % méně bílkovin a více tuku než vejce slepičí (Andersen 2015).

Bílek

Při ovulaci se nálevka vejcovodu aktivně přiloží k ovulujícímu folikulu působením ovariálního hormonu nosnice. Z nálevky je žloutek posouván peristaltickým pohybem stěn vejcovodu a pohybem jeho okruží do další části bílkotvorné. Působením spirálových řas vnitřní stěny vejcovodu se přitom žloutek otáčí kolem podélné osy (Nys – Guyot 2011). Mechanickým drážděním a za současného působení hormonů se uvedou do činnosti žlázy vejcovodu a začnou vylučovat bílkovou hmotu (Mishra 2019). Celá bílková hmota se u čerstvě sneseného vejce skládá ze čtyř vrstev: dvou vrstev bílku řídkého a jedné vrstvy bílku tuhého. Nachází se zde také chalázový bílek (Mishra 2019). Bílek v čerstvém stavu je čirý s nažloutlým odstínem. Podíl jednotlivých vrstev bílku u jednotlivých vajec kolísá. Například některá vejce mají ihned po snášce pouze 30 % tuhého bílku, jiná až 80 % tuhého bílku. Toto kolísání je způsobeno dědičnou schopností nosnic produkovat vejce s větším nebo menším podílem tuhého bílku, stářím vejce a teplotou skladování (Scanes et al. 2020).

Mishra (2019) uvádí, že vaječný bílek je obalen blánami a to vnější podskořápečnou a vnitřní bílkovou.

Zapletal & Macháček (2015) uvádějí, že bílek je tvořen 4 základními vrstvami:

Chalázový bílek – vytváří se v nálevce vejcovodu samice a činí asi 3 % z celkového množství bílku. Žloutek je obalen tenkou vrstvičkou chalázového bílku, který z celé bílkové hmoty představuje pouze asi 3 %. Vrstva tohoto bílku téměř splývá se žloutkovou blánou. Jemná vlákna tohoto bílku přecházejí v podélné ose vejce v bílkové provazce tzv. chalázy, které mají spirálovitě provazcovou strukturu, která vzniká rotací žloutku v bílkotvorných kličkách, jsou bělavého vzhledu a směrem k pólům vejce se upínají ve vaku tuhého bílku (Zapletal & Macháček 2015). Chalázy směrem k tupému pólu vejce jsou kratší a tenčí. Na žloutku jsou upevněny v opačné polovině než je zárodečný terčík. Chalázy jsou napjaté a udržují tak žloutek určitou dobu po snášce ve střední poloze vejce. Žloutek, obalený chalázovým bílkem a upevněný chalázami, plave ve vnitřním řídkém bílku, jehož podíl v celém bílku činí u čerstvého vejce asi 20 % (Scanes et al. 2020).

Vnitřní řídký bílek – vytváří se v přední části bílkotvorných kliček vytlačení vody při tvorbě chalázových poutek a další hmoty vejce. Představuje kolem 17 % z celkového množství bílku (Zapletal & Macháček 2015).

Vnější tuhý bílek – tvoří se ve střední části bílkotvorných kliček a vytváří pevný elastický obal kolem žloutku. Obecně zabraňuje pohybu žloutku a chrání jej proti otřesům a nárazům. Vnější tuhý bílek tvoří asi 57 % z celkového množství bílku. Vrstva tuhého bílku vytváří vakovitý útvar okolo žloutku a bývá proto označována jako vak tuhého bílku. Tuhou strukturu tohoto bílku vytvářejí fibrinová a mucinová vlákna tvořící kostru celého vaku. U čerstvě sneseného vejce je tato tuhá bílková vrstva nejmohutnější a tvoří asi 60 % celkového bílku (Andersen 2015). Téměř celý vak tuhého bílku je obalen menší vrstvou vnějšího řídkého bílku, která přiléhá až ke skořápce ((Mishra 2019).

Vnější řídký bílek – tvoří se v konečné části bílkotvorných kliček vejcovodu a tvoří asi 23 % z celkového množství bílku. Struktura vnějšího řídkého bílku se podobá vnitřnímu řídkému bílku. U čerstvého vejce tvoří vrstva vnějšího řídkého bílku průměrně asi 17 % (Mishra 2019).

Podskořápečné blány

Podskořápečné blány se začínají tvořit v krčku vejcovodu a tvoří dva typy – vnitřní a vnější. Tloušťka vnitřní podskořápečkové blány je asi 15 μm , vnější podskořápečkové blány asi

45 μm . Blány mají strukturu pletiva, které se skládá z bílkovinných vláken keratinového a mucinového charakteru (Zapletal & Macháček 2015). Blány jsou vytvořeny z jemných organických vláken, navzájem spletených a stmelených pojivem. U slepičího vejce tvoří podskořápečné blány 4 – 5 % hmotnosti celé skořápky (Mishra 2019). Obě blány leží na sobě a jsou od sebe odděleny v místě vzduchové bubliny (zpravidla na tupém konci vejce). Ihned po snesení vejce se ochlazením smrští vaječný obsah a mezi blánami se vytvoří vzduchová bublina. Čím je ochlazení větší, tím vzniká větší vzduchová bublina. Nejčastěji je možno vzduchovou bublinu pozorovat za 6 až 60 minut po snášce. Její výška je závislá na zakřivení tupého konce vajec (Peterson et al. 2020). Za 24 hodin po snášce má vzduchová bublina u slepičího vejce průměrnou výšku 1 až 2 mm a průměr její šířky je 13 až 15 mm. Po snášce se velikost vzduchové bubliny dále zvětšuje vysycháním vaječného obsahu. Díky tomuto jevu slouží velikost vzduchové bubliny jako jeden z jakostních ukazatelů kvality vajec (Nys & Guyot 2011).

Vlákna podskořápkové blány pronikají až do skořápky, takže se od ní velmi těžce oddělují. Vlákna probíhají rovnoměrně s povrchem skořápky a směrem od skořápky se zjemňují. Vlákna bílkové blány probíhají většinou kolmo k povrchu skořápky a jsou jemnější (Andersen 2015). Ve vlhkém stavu jsou obě blány ohebné, v suchém naopak velice křehké. Ve vlhkém stavu jsou tak pevné, že kompenzují křehkou a nedokonalou skořápku. Na tupém konci jsou vaječné blány nejsilnější. Obě blány nejsou úplně kompaktní, propouštějí plyny a při rozdílném osmotickém tlaku i kapaliny (Scanes et al. 2020). Podskořápečné blány chrání obsah vejce před průnikem mikroorganismů dovnitř vejce (Jacob 2020).

Skořápka

Tvorba skořápky začíná již v krčku vejcovodu a v přechodné části mezi krčkem a dělohou. Na vnější podskořápkové bláně se tvoří krystalizační centra (mamilární jádra), která jsou bílkovinné povahy. Na těchto jádrech pak dochází k tvorbě anorganických krystalů. Základem skořápky je organická hmota zvaná matrix. Bílkovinná vlákna tvoří jemnou síť prostupující celou skořápkou, která je vyplněna anorganickou hmotou, v níž převládá uhličitan vápenatý (Mishra 2019).

Vápník pro tvorbu vaječné skořápky pochází převážně z krmiva a ze speciálního typu kosti nazývané medulární kost. Vápník se nachází také v dutině dlouhých kostí. Slepice spotřebuje přibližně 2,5 gramu vápníku na tvorbu skořápky jednoho běžného vejce. Není možné absorbovat dostatek vápníku z krmiva každý den (přijme přibližně 2,0 gramů denně) tak, aby uspokojila tuto potřebu, a proto je nezbytné, aby nosnice využila kosterní vápník pro vyrovnání nedostatku. To platí zejména v noci, kdy se tvoří většina skořápky, ale slepice nepřijímá krmivo (Nys & Guyot 2011). Vápník využitý z kostí tvoří 47 % vápníku potřebného k vytvoření skořápky, zbytek poskytuje vápník přijatý v potravě (Jacob 2020). Jeong (2013) uvádí, že kromě vápníku obsahuje skořápka také stopové množství sodíku, draslíku a hořčíku.

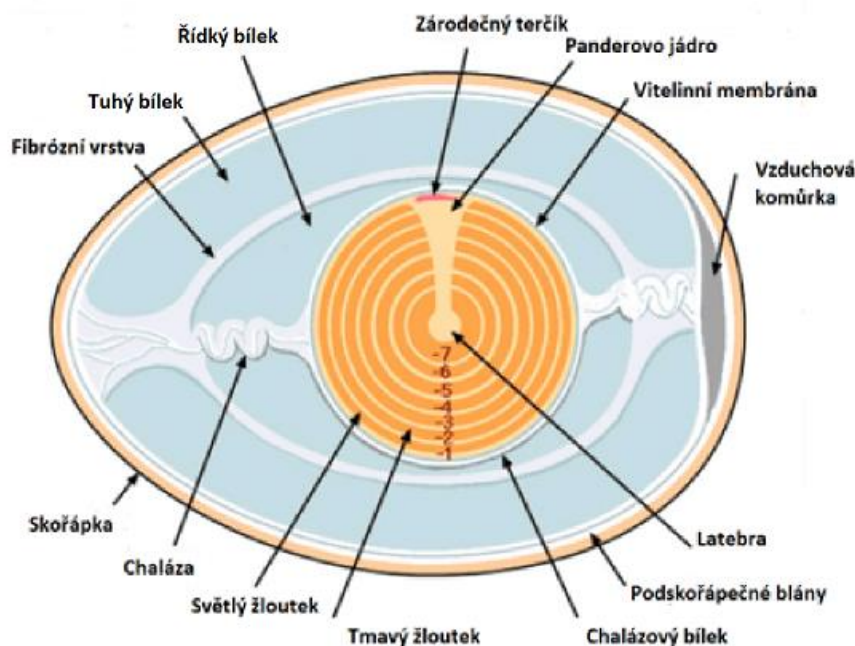
Skořápka je tvořena dvěma vrstvami – mamilární a spongiózní. Mamilární vrstva prorůstá do vnější podskořápkové blány, její tloušťka je asi 70 μm . Mamilární vrstva je tvořena organickou hmotou (sirné bílkoviny a mukopolysacharidy), která je obklopená nepravidelnými anorganickými krystaly, mezi kterými procházejí póry (Zapletal & Macháček 2015). Funkcí těchto pórů je zajistit plynou výměnu během inkubace a embryonálního vývoje, jelikož pro vyvíjející se embryo je nezbytné přijímat kyslík a odvádět oxid uhličitý (Peterson et al. 2020). Spongiózní vrstva navazuje na mamilární vrstvu a je tvořena především krystalickým

uhličitanem vápenatým. Krystaly mají tvar sloupovitých útvarů zvaných palisády, které jsou orientovány kolmo k povrchu vejce. Povrch palisád tvoří horní krystalická vrstva. Tloušťka spongiózní vrstvy je asi 200 – 300 μm . Poslední vrstvou, která vzniká v děloze, je kutikula. Kutikula je tvořena převážně bílkovinami. Současně se v děloze vylučují barevné pigmenty. Kutikula pokrývá celý povrch skořápky a zakrývá póry (Mishra 2019).

U průměrného slepičího vejce je skořápka 0,2 až 0,8 mm silná, její klenbová stavba jí dodává vysokou pevnost, při nárazu je však velice křehká a snadno praská (Peterson et al. 2020). Vaječná skořápka tvoří přibližně 10 % z celkové hmotnosti vejce, což představuje v průměru 6 g. Vaječná skořápka je složena z části organické a části minerální, která převládá. Organickou část označovanou jako matrix, tvoří jemná bílkovinná vlákna, která se podobají kolagenu a pronikají celou skořápkou (Zapletal & Macháček 2015). Na povrchu je skořápka pokryta zaschlým mucinovým hlenem, tzv. kutikulou, která pokrývá celý povrch v jemné vrstvě, vyrovnává nerovnosti a ucpává póry ve skořápce, čímž částečně brání vypařování vody z vejce a chrání jej před průnikem mikroorganismů a nečistot z vnějšího prostředí do vejce. Vrstva kutikuly není úplně souvislá a mikroskopickými póry propouští plyny. Kutikula je asi 10 μm tenká, vzniká 30 min před snesením vejce a je tvořena proteiny, polysacharidy a lipidy. U čerstvě sneseného vejce je kutikula vlhká a slizká, čímž je usnadněno snesení vejce. Pod kutikulou je pevná vrstva skořápky (Peterson et al. 2020).

Skořápka normálního vejce je hladká, u čerstvě sneseného vejce poloprůsvitná, u starších vajec se postupným vysycháním stává matnou. Při vývoji skořápky může dojít k některým anomáliím. Její povrch může být zvrásněný nebo drsný s hrbolky uhličitanu vápenatého. Mohou se vytvořit dvě skořápky nebo naopak žádná (Mishra 2019). Důležitou vlastností skořápky je její pevnost, která souvisí se strukturou a tloušťkou skořápky. Barva skořápky bývá zbarvena v různých odstínech hnědé barvy, ale může být také bílá nebo nazelenalá. Barvivo skořápky je uloženo v kutikule a ve vnější části spongiózní vrstvy. Intenzita zbarvení závisí na tloušťce vrstvy, která barvivo obsahuje (Andersen 2015).

Pevnost vaječné skořápky bezprostředně souvisí s její stavební strukturou. Skořápka musí být natolik pevná, aby udržela hmotnost nosnice a současně dostatečně křehká, aby umožnila mládřatům klubání (Scanes et al. 2020). Mimo ekonomické ztráty představují vejce s porušenou skořápkou i značné hygienické riziko, jelikož skořápka vejce tvoří přirozenou bariéru prostupu mikroorganismů z povrchu vejce do vaječného obsahu. Peterson et al. (2020) uvádějí, že u vajec s porušenou skořápkou bývá několikanásobně vyšší kontaminace mikroorganismy než u vajec s neporušenou skořápkou. Dalším nevýhodou vajec s porušenou nebo nedokonalou skořápkou je mnohem rychlejší ztráta jejich znaků čerstvosti při skladování (Mishra 2019). Andersen (2015) uvádí, že vejce perliček si udržují delší dobu vysokou kvallitu, protože mají mnohem silnější a pevnější skořápku než vejce slepičí a skořápka má také méně pórů.



Obr. č . 3 : Složení vejce (dostupné z : Non-Destructive Assesment of Chicken egg fertility – PubMed Central).

3.3 Hormonální řízení reprodukce

Hormonální působení je nezbytné pro optimální fungování gonád, fotoperiodickou stimulaci reprodukce, navození sexuálního a mateřského chování (Scanes et al. 2020).

Hlavním řídicím centrem hormonálního působení je hypofýza, konkrétně přední lalok hypofýzy. Hypofýza ovlivňuje činnost gonád produkcí gonadotropinů, které hrají klíčovou roli ve vývoji a udržení činnosti gonád (Mishra 2019). Snáška slepic je ovlivněna zejména faktory vnějšího prostředí a řízena je endokrinními a genetickými mechanismy, z nichž nejvíce snášku ovlivňují genetické faktory. Genetické znaky pro snášku mají nízkou nebo střední dědivost a v závislosti na období je mezi 0,16 až 0,64 (Du et al. 2020).

Idahor (2021) uvádí, že proces tvorby vajec je plně závislý na hormonálním působení a jeho rovnováze. Pokud dojde k hormonální dysbalanci mohou se objevit některé vady vajec, jako například vejce bez žloutku, vejce s tenkou skořápkou nebo bez skořáčky, stejně tak vejce uvnitř dalšího vejce.

Fyzický vzhled a typický pohlavní výraz je také výsledkem působení endokrinních sekretů. Fyziologické projevy ptáků jsou závislé na komplexním vzájemném účinku několika hormonů, například při hormonální kontrole ovulace a zároveň tvorby vejce. Produkce ovariálních hormonů je také zodpovědná za zvětšení vejcovodu, rozšíření stydkých kostí, vzor samičího opeření, mobilizaci tukových zásob do žloutku a vápníku pro tvorbu skořáčky. Sekrece bílku je také řízena hormonem androgenem syntetizovaným ovariální tkání. Naopak tvorba skořáčky je řízena hormony vylučovanými příštítnými tělísky a štítnou žlázou, která také částečně řídí sezónnost snášky a pelichání (Scanes et al. 2020).

3.4 Násadová vejce

Násadová vejce jsou určena k líhnutí mladé drůbeže pro odchov a výkrm. Násadová vejce musí pocházet od plemen, linií a hybridních kombinací drůbeže povolených k rozmnožování a od pohlavně dospělé drůbeže (Fasenko 2007).

Nejdůležitější vlastností násadových vajec je jejich biologická hodnota, která zásadně ovlivňuje dobrou líhivost, životaschopnost vylíhlých mláďat a budoucí dobrou užitkovost drůbeže. Násadová vejce je nutné odebírat z hnízda přibližně 5 – 6 x denně, aby se zabránilo znečištění vajec, poškození skořápky a nalíhnutí vajec (Ledvinka et al. 2009).

3.4.1 Kvalita násadových vajec

Nejdůležitější vlastností násadových vajec je jejich biologická hodnota, která následně ovlivňuje dobrou líhivost a životaschopnost vylíhlých mláďat. Jedním z kritérií hodnocení biologické hodnoty násadových vajec je líhivost. Špatná kvalita vajec, která se dostanou do líhni, je způsobena převážně nedostatky v chovatelské práci. Mezi hlavní kritéria výběru vajec určených k inkubaci patří např. hmotnost vejce, jeho tvar a kvalita skořápky. Hmotnost vajec by měla být co nejvyrovnanější. Mláďata z příliš malých vajec jsou většinou neživota. Problémy s líhnutím nastávají i u příliš velkých vajec, u kterých se často objevuje také tenká skořápka, tato vejce během inkubace produkují více tepla, což zvyšuje riziko úhynu zárodku (Nasri 2020).

Fyzikální vlastnosti vejce hrají důležitou roli v procesech vývoje embrya a úspěšného vylíhnutí. Nejvlivnější parametry vajec jsou: hmotnost, tloušťka a pórovitost skořápky, index tvaru, popsáný jako maximální poměr šířky k délce, a konzistence obsahu. Průměrné hodnoty fyzikálních vlastností většinou splňují požadavky na vývoj embrya (Fasenko 2007). Narushin & Romanov (2002) uvádějí, že u vajec, jejichž parametry nespádají do průměrného rozmezí, je inkubační proces úspěšnější, pokud je skořápka silnější než průměr, vejce jsou spíše špičatá než kulatá a obsah pevný.

Kvalita násadových vajec je značně ovlivněna výživou. Špatná výživa ovlivňuje také kvalitu ejakulátu samců, což se může projevit nižší oplozeností vajec. Klíčová je však výživa nosnic, jelikož všechny živiny potřebné pro vývoj zárodka jsou přijaty z krmiva (Nasri 2020). Žloutek funguje jako zdroj bílkovin a tuků pro růst zárodka, bílek je významný zejména antibakteriálním působením některých bílkovin jako lysozym. Důležitá je také skořápka, která je využívána jako zdroj minerálních látek pro mineralizaci kostí. Klíčovým prvkem ve výživě chovného hejna je dostatek vitamínů. Nedostatek vitamínu A může způsobovat zpomalení růstu zárodka a opožděné líhnutí, deficit vitamínu D3 vede k poruchám vývoje kostí a jejich deformacím, nedostatek vitamínu E může způsobovat zvýšenou mortalitu na konci inkubace. Velmi důležité jsou i vitamíny skupiny B, které mohou při nedostatku způsobovat řadu vývojových vad zárodka. Důležitý je také dostatek minerálních látek, zejména obsah vápníku, hořčíku a fosforu pro kvalitu skořápky (Tona et al. 2009). Kvalita vajec se významně snižuje také s věkem nosnic. Zita et al. (2012) uvádějí, že s věkem nosnic se snižuje celková hmotnost vejce, zejména hmotnost žloutku. Také dochází k tvarovým změnám vejce.

Kvalita vaječné skořápky je u násadových vajec velice důležitá. Fassenko (2007) uvádí, že kvalita vaječné skořápky je popsána její skutečnou hmotností a hmotnostním podílem, také její tloušťkou a pevností.

U násadových vajec je klíčové dodržovat čistotu, jelikož znečištěná vejce jsou kontaminována řadou mikroorganismů, které mohou způsobovat nižší líhivost, vyšší embryonální mortalitu, ale také zvýšený počet úhynů v prvních dnech po vylíhnutí. Hlavním zdrojem kontaminace je podestýlka ve snáškovém hníždě, proto by měla být vždy čistá. Průchod mikroorganismů je umožněn díky pórům ve skořápce, které jsou chráněny kutikulou, nicméně pokud dojde k jejímu poškození vejce je přístupné pro mikroorganismy z vnějšího prostředí. Vejce hrabavé drůbeže je v případě znečištění možno čistit pouze suchou cestou, naopak vejce vodní drůbeže je možné umýt, protože mají v kutikule více tuku, a díky tomu je méně propustná (Tůmová 2020).

3.4.2 Skladování násadových vajec

Nejideálnější je do líhni vkládat čerstvá vejce, to však není možné ve velkých líhnařských podnicích, proto musí být vejce po určitou dobu skladována. Podmínky skladování vajec před vložením do líhne významně ovlivňují líhivost (Salamon 2020).

King' Ori (2011) uvádí, že při skladování násadových vajec je potřeba přizpůsobit podmínky a délku skladování tak, aby bylo co nejméně ovlivněna líhivost. Fassenko (2007), uvádí jako ideální podmínky pro skladování násadových vajec hned po snesení teplotu 15 – 20 °C a vlhkost 75 %. Vejce má bezprostředně po snesení teplotu okolo 40 °C, je potřeba ho co nejdříve zchladit na teplotu pod 20 °C, aby se přerušil vývoj zárodka, který začíná hned po oplození v nálevce vejcovodu. K vyrovnání teploty mezi vejcem a prostředím dochází za čtyři až pět hodin, proto by se vejce měla sbírat co nejdříve po snesení (Adegbenjo et al. 2020).

Optimální teplotní rozsah pro skladování vajec drůbeže je 12-26 °C. Fassenko (2007) udává jako nejvyšší možnou teplotu pro skladování násadových vajec 21 °C, při vyšší teplotě by nemuselo dojít k zastavení růstu embrya. Teplota při které dochází k zastavení růstu embrya se nazývá fyziologická nula. Při skladování vajec v nižší teplotě prostředí se mění metabolismus embrya a embryonální vývoj se zastaví. Embryo (blastoderm) vstupuje do takzvané indukované diapauzy, která je charakterizována sníženou buněčnou aktivitou a potlačenou buněčnou mortalitou. Prodlužování této doby však nevratně snižuje životaschopnost embryí (Adriaensen 2022).

Oplozená vejce by neměla být skladována déle než 10-14 dní, po 14 dnech skladování se líhivost začíná výrazně snižovat. Tůmová (2020) udává, že při delším skladování se zhoršuje využitelnost bílkovin žloutku pro růst zárodka, rovněž se snižuje hmotnost vajec v důsledku vypařování vody. Fassenko (2007) říká, že násadová vejce by neměla být skladována déle než sedm dnů, jelikož po této době již dochází k výraznému poškození buněk, což následně způsobuje nižší líhivost nebo vyšší embryonální mortalitu.

Adriaensen (2022) uvádí, že líhivost není ovlivněna, pokud jsou vejce skladována v ideálních podmínkách kratší dobu než 7 dní. Inkubace čerstvě snesených vajec překvapivě není spojena s vyšší životaschopností embryí ve srovnání s vejci, která byla skladována po dobu několika dnů. Zároveň vejce inkubovaná v den snášky mají tendenci se líhnout později ve srovnání s vejci, která byla jeden nebo dva dny skladována (Tona et al. 2022).

Čerstvě snesené vejce obsahuje vyšší koncentraci oxidu uhličitého, který může být škodlivý pro embryo v prvních fázích vývoje, zároveň je prokázáno, že tloušťka bílku v prvních dnech inkubace čerstvých vajec zpomaluje difúzi životně důležitých plynů a omezuje přístup embrya k živinám vejce (Adriaensen 2022). Stejně tak dlouhodobé skladování vajec má negativní účinky, nejčastěji dochází ke zhoršení kvality blastodermu (zvětšení průměru, jeho posun v důsledku rozpadu chalázy nebo snížení počtu životaschopných buněk), také změny znaků kvality vejce včetně snížení parametrů kvality žloutku a bílku nebo ztráty vody. Dlouhé skladování také ovlivňuje schopnost embrya pokračovat ve vývoji jakmile je vloženo do líhně, pokud není snížen vývoj embrya, je prokázáno opoždění líhnutí o několik hodin. Skladování déle než sedm dní je obvykle spojeno se sníženou líhivostí ve srovnání s krátkodobým skladováním vajec (Tona et al. 2022).

Výzkumy prokázaly, že při dlouhodobém skladování vajec je ovlivněn vývoj embrya, které vykazuje nižší celkovou hmotnost, nižší stupeň vývinu srdce, jater a stehenního svalu ve srovnání s těmi, které byly skladovány jeden až čtyři dny. Tato pozorování potvrzují, že vývoj embryí po dlouhém skladování je zpomalen, což pravděpodobně vysvětluje opožděné líhnutí. Embrya z vajec skladovaných po delší dobu vyžadují více času v líhni k dokonalému vývoji, který je nezbytný pro vylíhnutí, ve srovnání s vejci skladovanými kratší dobu (Adriaensen 2022). Doba skladování vajec byla prokázána jako nejdůležitější faktor (společně s genotypem, věkem nosnice a typem líhně), spojený s rannou embryonální mortalitou (Salamon 2020). Poloha skladování vajec také značně ovlivňuje líhivost. Vejce skladovaná ostrým koncem směrem vzhůru mají nižší líhivost ve srovnání s vejci skladovanými tupým koncem vzhůru (King' Ori 2011).

Relativní vlhkost při skladování je mezi 75 – 80 %. Během skladování je nezbytné vejce alespoň 2x za den naklopit, aby nedošlo k přilnutí žloutku ke skořápce. Před vložením do líhně se doporučuje zvýšit teplotu pro skladování na 24 °C, aby se zabránilo kondenzaci par na skořápce po vložení vajec do líhně, a tím i přehřátí vajec na začátku líhnutí (Tůmová 2020).

3.5 Oplozenost vajec a vybrané faktory ji ovlivňující

Oplození je spojení samčí a samičí gamety za vzniku jednobuněčné zygoty (Idahor 2021). Makanjuola et al. (2021) oplozenost charakterizují počtem vajec, která jsou oplozena, z celkového počtu vajec vložených do líhně. Maulood (2016) oplozenost charakterizuje jako procento násadových vajec, která jsou oplozená, což lze určit pouze prosvícením vajec v průběhu inkubace nebo rozbitím vajec a měřením velikosti zárodečného terčíku.

Moliš (2017) uvádí, že oplozenost vajec se vyjadřuje v procentech podle vzorce:

$$\frac{\text{Počet oplozených vajec}}{\text{Počet vložených vajec}} \times 100$$

Oplozenost by se měla např. u slepic v závislosti na plemeni pohybovat mezi 85 a 95% (Idahor 2021).

U drůbeže jsou přítomna dvě odlišná úložiště spermií, jedno umístěné v utero-vaginální spojce a druhé ve spodní části nálevky vejcovodu. Na obou místech jsou spermie uloženy v tzv. tubulech pro ukládání spermií (SST). SST umístěné v uterovaginální spojce jsou považované za hlavní místo pobytu spermií při jejich uložení v dolní části pochvy (Matsuzaki

& Sasanami 2022). Potenciál oplodnění vajíček v reprodukčním období je zpočátku závislý na schopnosti samic ukládat a udržovat adekvátní počet spermií v jejich SST, aby opakovaně poskytovaly dostatečný počet spermií po každé ovulaci. V důsledku toho mají u drůbeže vejce od samic s prodlouženým potenciálem skladování spermií také přirozenou tendenci udržovat optimální míru oplozenosti vajec po delší dobu. Tato situace může být velmi žádoucí pro udržení vysoké oplozenosti v případě částečného selhání samců během reprodukčního období (Brillard 2003). Po ejakulaci je zhruba 80 % spermií z kloaky vypuzeno společně s výkaly a jen 1 % spermií vstupuje do SST. Spermie zavedené do pochvy při umělé inseminaci jsou přítomny v SST zhruba během hodiny. Bylo zjištěno, že spermie s horší pohyblivostí vykazovaly horší schopnost dosáhnout SST, tudíž měly horší oplozovací schopnost. Pohyblivost spermií je nezbytná pro dosažení úspěšné oplozenosti vajec, ovšem dosud nejsou známy žádné faktory samičího reprodukčního traktu, které by měly na pohyblivost a tím i oplozovací schopnost spermií vliv (Matsuzaki & Sasanami 2022).

Po oplození vajíčka se embryo vyvíjí v oblasti zárodečného terčíku, což je skutečná vaječná buňka, která se skládá z destičky buněk odkud se embryo vyvíjí. Je to jediná živá část vejce. Žloutek a zárodečný terčík jsou jediné části drůbežího vejce, které jsou produkovány ve vaječniku a nepřispívá k nim vejcovod. Zárodečný terčík je ekvivalentní vaječné buňce jiných živočišných druhů. Žloutek obklopující zárodečný terčík je obalený vitelinní membránou, stejně jako vajíčko jiného živočišného druhu. Vitelinní membrána tvoří elastický obal nad žloutkem (Idahor 2017). Při oplození vajíčka je zřetelný soustředěný kruh kolem jádra známý jako blastoderm, zatímco u neoplozeného vajíčka jádro vypadá jako bílá skvrna – blastodisk (Rahman 2013).

Oplozenost vajec je ovlivněna zejména genetickými faktory, věkem samice, velikostí žloutku, pořadím produkčního cyklu, teplotou prostředí, ročním obdobím, výživou, typem ustájení a zdravotním stavem jedinců. Oplozenost vajíčka závisí na schopnosti samice pravidelně ovulovat, ukládat spermie v reprodukčním traktu a poskytovat ideální prostředí pro oplození vajíčka a tvorbu vejce. Z pohledu samce je nejdůležitějším faktorem ovlivňujícím oplozenost množství a kvalita ejakulátu (Maulood 2016). King' Ori (2011) uvádí, že tepelný stres ovlivňuje všechny fáze produkce spermatu u chovných kohoutů a tím ovlivňuje oplozenost vajec. U vodní drůbeže je jedním z hlavních faktorů, ovlivňujícím oplozenost, hmotnostní rozdíl samců a samic u těžkých plemen vodní drůbeže. V tomto případě se využívá metody inseminace nebo křížení s lehkými plemeny. Oplozenost je značně ovlivněna délkou světelného dne a ročním obdobím. Toto lze ovlivnit umělým prodloužením světelného dne. Salamon (2020) uvádí, že u hus chovaných v intenzivním systému chovu s umělým prodloužením světelného dne lze zvýšit produkci vajec o 30 – 50 %.

Velký podíl na oplozenosti vajec má výživa rodičovského hejna. U drůbeže je nezbytný podíl vitamínu E ve výživě, který u samců značně ovlivňuje činnost varlat, objem spermatu, koncentraci spermií nebo pohyblivost a životnost spermií. U samic vitamín E ovlivňuje produkci vajec, jejich váhu nebo složení. Je prokázána součinnost vitamínu E a selenu. Selen u samců významně ovlivňuje objem ejakulátu a koncentraci spermií s menším počtem abnormalit. Nedostatek zinku také značně ovlivňuje plodnost. U japonských křepelek byla při optimálním obsahu zinku v organismu pozorována zvýšená úspěšnost průniku spermie do vajíčka a tím pádem lepší oplozenost vajec (Salamon 2020).

3.6 Líhivost vajec a vybrané faktory ji ovlivňující

Obecně je úspěšnost líhnutí sledována procentem vylíhnutých vajec a počtem mláďat, která jsou umístěna k odchovu (Nasri 2020). Makanjuola et al. (2021) líhivost definují jako počet mláďat vylíhnutých ze všech vajec nasazených v líhni, která je ovlivněna genetickými i negenetickými vlivy rodičovského hejna prostřednictvím plodnosti. V užším slova smyslu může být líhivost definována také jako počet vylíhnutých vajec ze všech oplozených vajec, ta je většinou ovlivněna zejména kvalitou vajec a genotypem embrya.

Moliš (2017) uvádí, že procento líhivosti lze vypočítat podle následujících vzorců:

$$\frac{\text{počet mláďat}}{\text{počet vajec vložených do líhně}} \times 100 \qquad \frac{\text{počet mláďat}}{\text{počet oplozených vajec}} \times 100$$

Ayeni et al. (2020) uvádějí, že za dobrý výsledek líhivosti vajec vložených do líhně se považuje hodnota okolo 90 %, přičemž líhivost z vajec oplozených bývá obvykle o něco vyšší než u vajec vložených.

Důvody nízké líhivosti mohou být nesprávné řízení chovného hejna, nesprávný inkubační postup nebo selhání v jakémkoli kroku mezi chovatelským hejnem a konečným líhnutím (Yassin 2008). Dobrá líhivost nemusí nutně pozitivně korelovat s vysokým procentem kvalitních mláďat a maximální líhivost není vždy spojena s nejvyšší životaschopností a růstem kuřat po vylíhnutí (Decuypere & Bruggeman 2007).

Podle Yassina (2008), líhivost bývá koncem léta větší než na jaře, a vejce od starších jedinců bývají méně citlivá na dlouhodobé skladování, ale více citlivá na roční období.

Nejdůležitější parametry vajec, které ovlivňují líhivost jsou: hmotnost, tloušťka a pórovitost skořápky, index tvaru (popsaný jako maximální poměr šířky k délce vejce) a konzistence obsahu. Tepelný stres ovlivňuje vnější i vnitřní vlastnosti vajec. Důležitá je také velikost vajec. Líhivost malých vajec je nižší ve srovnání se středními a velkými vejci. Existuje mnoho faktorů přispívajících k neúspěšnému vylíhnutí oplozeného vajíčka, které zahrnují letální geny, nedostatek živin ve vejci a vystavení podmínkám, které nesplňují potřeby vyvíjejícího se embrya. Chovatelské faktory, které ovlivňují líhivost, zahrnují chovný kmen, zdravotní stav, výživu a věk rodičovského hejna, velikost vajec, hmotnost a kvalitu, podmínky a dobu skladování vajec (King' Ori 2011).

U vodní drůbeže líhivost značně ovlivňuje plemeno. U těžkých plemen hus bývá líhivost poměrně nízká, naopak u lehkých plemen vykazuje líhivost výrazně lepších výsledků. Z tohoto důvodu se používají lehká plemena hus v mateřské pozici při užitkovém křížení. Zásadní je věk nosnic, který ovlivňuje kvalitu vajec. S věkem nosnic byla prokázána nižší kvalita skořápky a tím i nižší líhivost, z důvodu vyššího vysychání obsahu vejce a prostupnosti bakterií skořápkou. Doporučuje se inkubovat vejce s průměrnou hmotností, vejce s nižší nebo vyšší hmotností mají prokazatelně nižší líhivost, nebo specifické požadavky na parametry inkubace. Husí vejce s nižší hmotností potřebují nižší inkubační teplotu. Stejně důležitý je tvar vejce, přičemž nejlepších výsledků dosahují vejce s průměrným vejčitým tvarem. Vejce, která jsou příliš kulatá nebo příliš špičatá mají prokazatelně nižší líhivost (Salamon 2020).

Dobrá kvalita mlád'at je v komerční produkci drůbeže velmi důležitá pro minimalizaci úmrtnosti a maximalizaci výkonnosti po vylíhnutí, přesto je velmi obtížné ji definovat. Hlavním cílem líhnutí je získat vysokou líhivost mlád'at v nízkém rozsahu doby líhnutí. Posouzení kvality líhnutí je prováděno s přihlédnutím ke kvantitativním, měřitelným znakům, jako je hmotnost, nebo kvalitativním parametrům založeným na klasifikaci několika sledovaných kritérií (Tona et al. 2022). Hmotnost mlád'at při vylíhnutí se často používá jako kvantitativní měření úspěšnosti líhnutí, ale zdá se, že má omezenou hodnotu jako ukazatel celkové kvality mlád'at nebo prediktor tělesné hmotnosti v dospělosti. Nejdůležitějším faktorem při stanovení kvality mlád'at je počáteční hmotnost násadových vajec (Idahor 2017). Parametry používané pro hodnocení kvality mlád'at nejsou přesně definované ani standardizované a záleží na subjektivním úsudku jednotlivých osob. V líhnařských podnicích se jako kritéria pro hodnocení kvality mlád'at používá celkový vzhled, vitalita a bdělost jednodenních mlád'at (Decuypere & Bruggeman 2007).

Stále více studií ukazuje, že faktory, které se mohou měnit ve vnějším ale i vnitřním prostředí násadového vejce, mají dopad nejen na embryonální vývoj, líhivost a kvalitu jednodenních kuřat, ale s nejvyšší pravděpodobností také na růstovou schopnost mlád'at po vylíhnutí (Tona et al. 2009). Proces inkubace násadových vajec a tím i embryonální vývoj, probíhá za specifických podmínek otáčení, teploty, vlhkosti a plynného prostředí. Kromě těchto proměnných se mohou lišit i další charakteristiky násadového vejce v důsledku rozdílů v krmení matky, věku chovatele nebo podmínkách skladování (Narinc & Aydemir 2021). Wang et al. (2022) uvádějí, že optimální inkubační podmínky včetně teploty, vlhkosti, ventilace a osvětlení mohou podstatně ovlivnit počet, tvar a strukturu svalových vláken, což může mít dlouhodobý účinek na postnatální růst svalů a kvalitu masa.

Celý proces inkubace, líhnutí a následného třídění a manipulace s mlád'aty může potenciálně způsobit vážný stres. Hedlund & Jensen (2021) uvádějí, že stres v raném věku může mít na zvířata vliv z okamžitého i dlouhodobého hlediska. Například bylo dokázáno, že omezení krmiva v raném věku výrazně ovlivnilo dlouhodobou tělesnou hmotnost, a to zejména u japonských křepelek, brojlerových kuřat a krůt. Nevyhovující podmínky v odchovně, jako je tepelný stres, vedly u mlád'at k sníženému přírůstku váhy. Tyto účinky byly dokázány podle sledování hladiny kortikosteronu v krvi, která byla dlouhodobě vyšší při vystavení mlád'at stresovým faktorům (Hedlund & Jensen 2021).

Jedním z nejdůležitějších faktorů, který ovlivňuje vývoj zárodku, je správná teplota. Během líhnutí by teplota měla kolísat maximálně v rozmezí 0,1 – 0,3 °C, podle fáze líhnutí (Yalcin & Oviedo–Rondón 2023). Teplotní odchylky bývají příčinou abnormálního vývinu zárodku, prodloužení či zkrácení inkubace. Teplota v líhni je ovlivněna také velikostí vejce, kvalitou skořápky a relativní vlhkostí. Letální teplota je již kolem 39 °C pro vejce všech druhů drůbeže. Dlouhodobá vyšší teplota, do 0,5 °C od optimální teploty pro líhnutí (37,5 °C), způsobuje dřívější líhnutí, snížení vitality mlád'at, zhoršené vstřebávání žloutkového váčku, snížení hmotnosti mlád'at a vznik vývojových abnormalit. Dlouhodobě nižší teplota, maximálně však do 0,5 °C, zpomaluje vývin zárodku a tím prodlužuje dobu líhnutí. Důležitá je také teplota v období skladování násadových vajec (Tona et al. 2022).

Zvýšení teploty o 1 °C (maximálně na 38,5 °C) v prvních 3 dnech inkubace značně ovlivňuje hmotnost a pohyblivost embryí, zejména zlepšením vývoje svalů a kostí na končetinách. Zvýšená pohyblivost embryí způsobená zvýšením teploty na začátku inkubace

zrychluje vývoj muskuloskeletární soustavy (Shcherbatov et al. 2018). Jacob (2020) uvádí, že pokud je vejce vystaveno teplotě vyšší než je fyziologická nula ale zároveň nižší než je optimální inkubační teplota, může dojít k embryonálnímu vývoji, ale bude mít za následek vyšší úmrtnost embryí nebo málo životaschopná mláďata. Líhivost je významně ovlivněna také kvalitou skořápky. Nejčastěji se objevují vejce s křehkou skořápkou, četnost výskytu je udávána zhruba 12 – 15 %. Vady skořápky se nejčastěji vyskytují u nosnic na začátku snáškového cyklu nebo naopak u starších nosnic, kdy dochází k nedostatečné kalcifikaci skořápky (Mota-Grajales 2019).

Neméně důležitým faktorem ovlivňujícím úspěšnost líhnutí je relativní vlhkost. Vlhkost je v líhni udržována v závislosti na teplotě tak, aby bylo zabráněno vysychání vajec. Kolísání vlhkosti by nemělo přesáhnout 5 % v jednotlivých fázích líhnutí. Relativní vlhkost by měla být nižší v první fázi inkubace, před koncem inkubace se zvyšuje. Při nízké vlhkosti dochází k vysychání vajec, snižuje se hmotnost vylíhlých mláďat a jejich vitalita, nastávají také problémy při líhnutí. Vysoká vlhkost naopak způsobuje pomalé osychání mláďat po vylíhnutí, případně úhyn v důsledku přehřátí zárodku (Tona et al. 2022). Idahor (2017) tvrdí, že vejce drůbeže by měla ztratit 12 až 14 % své váhy odpařováním vody před klubáním, aby měla co nejvyšší šanci na úspěšné vylíhnutí.

Vlhkost v líhni může ovlivňovat teplotu embrya tím, že ovlivní účinnost přenosu tepla mezi vejcem a vzduchem v inkubátoru. Vodní pára má vyšší tepelnou vodivost než vzduch, a tak čím vyšší je vlhkost vzduchu, tím vyšší je tepelná vodivost směsi vzduchu a vodní páry a tím účinnější je přenos tepla z vejce, což vede ke snížení teploty vajec (Idahor 2017).

Nezbytná je během inkubace výměna vzduchu v líhni. Ventilace slouží k odvodu oxidu uhličitého a přísunu kyslíku, který je nezbytný pro metabolismus zárodka. Současně větrání slouží k regulaci teploty a vlhkosti v líhni. Koncentrace oxidu uhličitého nad 0,5 % významně snižuje líhivost. První čtyři dny inkubace by koncentrace neměla přesáhnout 0,3 % (Tona et al. 2009).

Produkce tepla embryem je určována jeho hmotností a zvyšuje se s časem inkubace. Zvýšení produkce metabolického tepla vede ke zvýšení tělesné teploty embryí, jejíž rozsah bude záviset na účinnosti přenosu tepla mezi vejcem a okolním vzduchem v inkubátoru. Pokud se teplota embrya zvýší, pak to bude mít za následek pozitivní zpětnou vazbu na metabolickou produkci tepla (Tona et al. 2022). Metabolismus embryí vyžaduje, aby se kyslík difundoval do vejce přes porézní skořáčku, a to může být omezeno buď vodivostí skořápky, nebo koncentrací kyslíku v líhni. Pokud bude rychlost metabolismu omezena, sníží se tím růst embryí. Vodivost skořápky v kombinaci s vlhkostí v líhni ovlivňuje také ztráty vody z vajíčka, které má na teplotu vejce malý chladivý vliv odpařováním. K ovlivnění tohoto procesu má líheň tři oblasti kontroly: teplotu vzduchu v líhni, vlhkost vzduchu a koncentraci kyslíku (Idahor 2017).

Pro maximální úspěšnost líhnutí je nezbytné obracení vajec. Vejce se obrací v první fázi líhnutí naklápěním lísek s vejci o 45° od kolmé roviny, což bylo zjištěno jako ideální hodnota pro dosažení maximální líhivosti u slepičích vajec. Naklápění vajec slouží jako prevence proti přilnutí zárodka ke skořápce a následnému úhynu, ale také zlepšuje využití živin bílku pro růst embrya. Žádné nebo nedostatečné otáčení obvykle vede ke špatné poloze embrya a tím k úmrtnosti v časných i pozdějších fázích inkubace. Odumřelá embrya z tohoto důvodu

se vyznačují malou velikostí, špatným vývojem a nevstřebaným žlutkovým váčkem. Nejdůležitější je obracení vajec mezi 3 . – 7 . dnem inkubace (Guo et al. 2021).

Při líhnutí vajec vodní drůbeže se navíc doporučuje ochlazování vajec od 2 /3 líhnutí. Ochlazování se provádí snížením teploty na 20 °C po dobu 20 minut (Tůmová 2020). Tona et al. (2022) uvádějí, že výkyvy v parametrech mikroklimatu během jednotlivých fází líhnutí způsobují nerovnoměrnost ve vývoji zárodku a vedou k jeho úhynu, tudíž ke snížení líhivosti.

Idahor (2022) uvádí, že genetická selekce pro produkci vajec nebo masa by mohla ovlivnit inkubační požadavky embrya a to buď přímo dopadem na růst a fyziologii samotného embrya, nebo změnou vejce, ve kterém se vyvíjí.

Dosavadní důkazy naznačují, že mezi genetickými liniemi drůbeže mohou být rozdíly jak v růstu, tak v rychlosti metabolismu embryí, i když se zatím nepodařilo zjistit, zda jsou tyto rozdíly způsobeny změnami ve fyziologii embryí, rychlosti vývoje anebo vejci, ve kterém se embryo vyvíjí. Praktickým výsledkem těchto studií je, že genetická selekce drůbežích linií může ovlivnit celkovou produkci metabolického tepla, což by následně zvýšilo teplotu vajec, pokud by inkubační prostředí nebylo odpovídajícím způsobem upraveno. Je však třeba poznamenat, že větší změny v produkci metabolického tepla vejce, mohou nastat v rámci genetických linií kvůli rozdílům ve hmotě vajec v důsledku stáří chovného hejna (Idahor 2017).

3.7 Líhnutí drůbeže

Adegbenjo et al. (2020) popisují líhnutí jako proces, kdy se za specifických podmínek vyvíjí ze zárodku nový jedinec. Pro úspěšný vývoj je nutné dodržet několik klíčových parametrů, zejména teplotu, relativní vlhkost a složení vzduchu. Tento proces může probíhat přirozeně, kdy nosnice sedí na vejcích a zajišťuje všechny parametry potřebné pro vylíhnutí mládřat. Vzhledem k tomu, že některé druhy drůbeže vlivem šlechtění ztratily schopnost přirozeného líhnutí a mateřského chování, využívají se umělé líhně, které simulují podmínky nutné k embryonálnímu vývoji a růstu mládřat až do vylíhnutí (Idahor 2021).

3.7.1 Přirozené líhnutí

Při přirozeném líhnutí kvočna sedí na vejcích a sama reguluje všechny parametry potřebné pro inkubaci vajec. Kvočna projevuje snahu sedět na vejcích kvokáním (Sarkar 2022).

Počet vajec, který je možný pod kvočnu podložit, závisí na její velikosti a na velikosti vajec. Slepice je schopna obsednout 12 – 15 vajec, krůta 13 – 15 vajec, kachna pižmová 10 – 17 vajec a husa 12 – 15 vajec (Verhoef-Verhallen 2003). Idahor (2021) uvádí, že líhivost často klesá pokud kvočna sedí na více než 10 vejcích, v závislosti na velikosti jejího těla.

Sedící kvočna je schopna regulovat činitele, které jsou nezbytné pro vývoj zárodku. Jedná se o teplotu, vlhkost, proudění vzduchu a obracení vajec. Kvočna má během sezení na vejcích tělesnou teplotu mezi 40 – 41 °C a zahřívá vejce na teplotu kolem 38 °C potřebnou pro vývoj zárodku. Pro přenos tepla mezi kvočnou a vejci slouží spodní část těla, kde je pouze kůže, která je zesílená a více krevně zásobená. Obracení vajec je nezbytné, aby nedošlo k přilnutí embrya k membráně skořápky (Sarkar 2022). Výzkumy ukazují, že nejvyšší líhivost byla dosažena při otáčení vajec každou hodinu pod úhlem 45°, když je vejce inkubováno v umělé líhni, nicméně frekvence otáčení vajec při přirozeném líhnutí je neznámá.

Předpokládá se, že vejce kvočna dvakrát denně obrací zobákem i celým tělem, když opouští hnízdo a vrací se zpět. V době kdy kvočna opouští hnízdo dochází také k větrání a chlazení vajec, které je nezbytné pro úspěšný vývoj a vylíhnutí mláďat. Vlhkost vajec je dána kontaktem s kůží slepice nebo rozprostřením peří kvočny a tím zajištění optimální vlhkosti (Archer & Mench 2014). Husy a kachny by měly mít v době sezení na vejcích možnost koupání, což je nezbytné zejména ve druhém polovině inkubace pro ochlazování a zvlhčení vajec (Guo et al. 2021).

Vejce je potřeba kontrolovat před vložení pod kvočnu, kdy se vyřazují abnormální vejce. V průběhu líhnutí je pak vhodné kontrolovat vývoj zárodku prosvícením vajec. Poprvé se vejce prosvěcují přibližně 8. den inkubace, kdy se vyřazují vejce neoplozená nebo vejce s odumřelým zárodkem. Podruhé se doporučuje vejce prosvěcovat 2-3 dny před koncem inkubace, v této době se vyřazují vejce s odumřelým zárodkem (Tona et al. 2022).

Přirozené líhnutí má řadu nevýhod. U většiny prošlechtěných plemen drůbeže došlo ke ztrátě kvokavosti, tudíž nejsou schopny přirozeně se množit. U užitkových hybridů byla kvokavost vyselektována, protože snižovala produkci vajec. Kvočna obsedne pouze omezený počet vajec a ne každá kvočna je dobrou matkou. Idahor (2021) uvádí, že lze využít kvočnu i pro inkubaci vajec jiného druhu drůbeže. V takových případech by kvočna měla být dostatečně velká a vyznačovat se dobrou kvokavostí a mateřským chováním. V současnosti se čím dál více využívá metody umělého líhnutí (Tůmová 2020).

Pro přirozené líhnutí mláďat je nezbytná kvokavost. Pojem „kvokavost“ se používá k popisu chování při inkubaci vajec a kvokání, které umožňují vývoj oplozených vajíček až po vylíhnutí a následnou péči o kuřata, dokud nejsou schopna úplné nezávislosti (Sarkar 2022). Ledvinka et al. (2009) popisují kvokání jako přirozený instinkt sezení na vejcích, jejich vysezení a odchovu mláďat. Kvokavost je řízena různými hormony, které se mění ve chvíli kdy dojde k vylíhnutí mláďat. Inkubační chování je podmíněno nízkou koncentrací luteinizačního hormonu a vysokou koncentrací hormonu prolaktinu v krevní plazmě (Archer & Mench 2014). Inkubační chování u drůbeže se vyznačuje tím, že kvočna sedí téměř nepřetržitě na snášce vajec po dobu 3 týdnů až do vylíhnutí, zatímco kvokání je zaměřeno na péči o nově vylíhlá mláďata. Inkubační chování se u drůbeže projevuje pouze u samic, zatímco kvokání a následná péče o mláďata může být vyvolána u obou pohlaví. Například u holubů lze toto chování pozorovat u samců i u samic (Sarkar 2022). Projevy kvokavosti se mohou u různých druhů ptáků lišit. Z divokých ptáků tvoří výjimku kukačka, která klade vejce do hnízda jiných ptáků. Kvokání začíná v okamžiku vylíhnutí prvního mláděte. Začátek kvokavosti je podmíněn několika faktory, zejména dobrou snáškovou kondicí kvočny, přítomností hnízda na klidném místě nebo hromaděním snášky vajec ve hnízdě. Mezi další faktory se řadí například intenzita osvětlení, teplota nebo přítomnost jiných kvočen. Kvokání postupně mizí se zvyšující se samostatností mláďat a se vzrůstající hladinou ovariálních hormonů. Kvokavosti lze zabránit častým sbíráním vajec, odstraněním hnízda nebo oddělením kvočny do samostatné klece (Wishart et al. 2009).

Sarkar (2022) uvádí, že v důsledku neustálého výběru a šlechtění pro intenzivní produkci bylo toto chování u několika druhů drůbeže pozměněno nebo úplně odstraněno, a to z důvodu ztráty produkce spojené s tímto chováním. S postupem času a pokrokem vědy a techniky byl v chovu drůbeže zaveden systém umělého líhnutí a odchovu mláďat, pro maximální zintenzivnění produkce vajec nebo masných kuřat.

3.7.2 Umělé líhnutí

Inkubace oplozených vajec, tedy embryonální vývoj, se odehrává za specifických podmínek zahrnujících otáčení, teplotu, relativní vlhkost a větrání. Kromě těchto proměnných se mohou další vlastnosti násadového vejce lišit v důsledku rozdílů v krmení matky, věku chovného hejna a podmínkách skladování vajec. Všechny tyto faktory související s inkubací a vejci mohou potenciálně ovlivnit vývoj a metabolismus embrya, jeho proces líhnutí a kvalitu jednodenních mláďat (Idahor 2017).

Umělá líheň by měla být schopna regulovat faktory, jako je teplota a vlhkost, a umožňovat obnovu vzduchu a otáčení vajec, poskytovat dokonalé podmínky prostředí pro embryonální vývoj s cílem dosáhnout vysoké líhivosti zdravých mláďat, což přímo souvisí s přežitím a výkonností jednotlivých mláďat (Guo et al. 2021). Komerčně dostupné líhně jsou schopné inkubovat různé počty vajec různých druhů drůbeže s více či méně sofistikovanými systémy regulace teploty, vlhkosti, větrání a otáčení vajec. Moderní komerční líhně jsou vybaveny automatickými systémy řídicími všechny fyzikální faktory inkubace: otáčení vajec, teplota prostředí, která je stanovená podle teploty skořápky termosenzory, relativní vlhkost vzduchu a ztráta vody ve vejcích stanovená pomocí snímačů hmotnosti a regulace koncentrace kyslíku a oxidu uhličitého. Navzdory technologickému pokroku moderních líhní, úspěch inkubace stále závisí na kvalitě práce uvnitř i vně líhni, což vyžaduje zkušenosti (Boleli et al. 2016).

V současnosti je umělé líhnutí rozšířeno na všechny druhy drůbeže a má význam i v drobných chovech. Líhně se rozdělují na jednoprostorové a víceprostorové. Jednoprostorové líhně mají menší kapacitu, líheň je většinou vyrobena z plastového odolného materiálu s elektrickým vyhříváním, digitální regulací teploty, nucenou cirkulací vzduchu a zabudovaným systémem pro obracení vajec. Víceprostorové líhně mají větší kapacitu a jsou rozděleny na dvě části, předlíheň a dolíheň. Dále se rozdělují na líhně skříňové, komorové či tunelové. Pro intenzivní produkci jsou určeny především velké skříňové líhně, které mají kapacitu 10 – 20 tisíc vajec a líhně komorové kam se vejde až několik stovek tisíc vajec (Tůmová 2020).

Umělé líhnutí se rozděluje na dvě části. První částí je předlíheň, kde jsou vejce umístěna po větší část inkubace. Umisťují se do lísek, tupým koncem směrem vzhůru. Přibližně do 2/3 inkubace by se měla vejce v líhni naklápět, aby se zabránilo přilnutí zárodka ke skořápce (Guo et al. 2021). Otáčení vajec během této části inkubace je rozhodující pro úspěšné vylíhnutí a ovlivňuje líhivost. Žádné otáčení vajec během inkubace má za následek nízkou líhivost a zpoždění vylíhnutí o několik dní (King' Ori 2011.)

Oliveira et al. (2020) uvádějí jako nejlepší frekvenci otáčení vajec v umělé líhni 24x denně. Při nižší frekvenci otáčení vajec se procento líhivosti exponenciálně snižovalo. Teplota v předlíhni se pohybuje mezi 37,5 – 37,7 °C, relativní vlhkost přibližně 52 – 55 %. Tyto hodnoty se mohou lišit podle druhu líhnuté drůbeže. Dolíheň se používá na poslední 2 – 3 dny inkubace. Vejce se pokládají naležato a už se nenaklápějí. Teplota v dolíhni je 36,5 – 37,2 °C, relativní vlhkost je nezbytné zvýšit na 70 – 75 % (Yalcin & Oviedo-Rondón 2023).

Z makroskopického hlediska, i když se vnější prostředí a vnitřní vaječné prostředí zdají být zcela izolované, vaječná skořápka se významně účastní a umožňuje výměnu mezi těmito dvěma prostředími. Zejména umožňuje interakci mezi teplotou, relativní vlhkostí,

ventilací (kvalitou vzduchu) a otáčením vajec během inkubace. Všechny tyto parametry jsou nezbytné pro úspěch embryonálního a fetálního vývoje. Fyzické výměny mezi vejcem a vnějším prostředím (vejce a vzduch v líhni) zahrnují přenos tepla a výměnu kyslíku, oxidu uhličitého a vody (Guo et al. 2021). Vlastnosti vajec (velikost, složení a tvar, tloušťka vaječných skořápek, pórovitost a vodivost tepla a vodní páry), rychlost metabolismu embryí a podmínky inkubace, stejně tak i podmínky před inkubací mohou způsobit odchylky od optimálních hodnot těchto fyzikálních činitelů. Takové odchylky mohou narušovat nebo dokonce bránit vývoji zárodku, což vede k negativním účinkům na líhivost a na kvalitu mláďat a jejich následnou výkonnost, fenotyp a přežití. Naproti tomu optimální fyzikální inkubační podmínky prospívají úspěšnému líhnutí a kvalitě mláďat, s možnými přínosy pro jejich přežití a výkon (Boleli et al. 2016).

Rozlišuje se několik systémů nasazování vajec do líhni. Při jednorázovém systému se zaplní celá předlíheň, tento systém se používá zejména u malých stolních líhni. U větších skříňových líhni se využívá třetinový systém, kdy se vejce nasazují 1x týdně, vždy třetina kapacity líhne. Čtvrtinový systém se uplatňuje při líhnutí krůťat, popřípadě vodní drůbeže. Vejce se nasazují 1x týdně, čtvrtina kapacity. U kuřat je také možné použít šestinový systém, kdy se vejce nasazují do líhne 2x týdně (Tůmová 2020).

3.8 Vývoj zárodku

Vývoj oplozeného vajíčka ve funkční, mnohobuněčný organismus je dynamický proces, který je pevně uspořádaný v čase i prostoru a vyžaduje mnohočetné interakce mezi vyvíjejícími se buňkami a tkáněmi (Maulood 2016). Tůmová (2020) popisuje vývoj zárodku jako vývoj individua z jednoduché oplozené buňky ve složitý komplex živé bytosti, která se podobá svým rodičům a má svou vlastní identitu.

Obecně lze embryonální vývoj mnohobuněčných organismů rozdělit do několika fází: oplození, rýhování, gastrulace a organogeneze. Embryonální vývoj začíná oplozením vajíčka jedinou spermií za vzniku diploidní zygoty. Po oplození vajíčka blastodisk roste a stává se zárodkem. Embryo se skládá ze tří primárních vrstev, které se následně diferencují a dávají základ orgánům, kostím, svalům, kůži nebo nervové tkáni (Maulood 2016).

Okamžitě po oplození dochází vlivem tělesné teploty k rýhování vajíčka. Po čtyřech hodinách ve vejcovodu, v době dokončení sekrece bílku, zárodek již obsahuje 250x dělení. V době snesení vejce jsou již vytvořeny vnitřní a vnější zárodečný list (ektoderm a entoderm). Oplozené vejce s vyvíjejícím se zárodkem můžeme poznat podle velikosti zárodečného terčíku. Po snesení by se vejce mělo ochladit pod 24 °C, aby bylo zastaveno rýhování vajíčka a vývoj zárodku přešel do latentního stádia (Tona et al. 2022). Od tohoto okamžiku embryo nebude pokračovat ve vývoji až do doby než bude vystaveno inkubační teplotě, která je 37,5 °C (Fasenko 2007). Po snesení vejce zárodek přebývá v latentním stádiu, to znamená že veškerý vývoj je pozastaven. V praxi toto umožňuje nosnici snést několik vajec a následnou inkubaci zahájit u všech najednou, tím pádem i následné líhnutí bude probíhat u všech vajec téměř ve stejnou dobu (Jacob 2020).

Vývoj zárodku pokračuje po vložení vejce do líhne a zahřátí na teplotu kolem 37 °C. Přibližně za 18 – 20 hodin po vložení vejce do líhne se vytvoří třetí zárodečný list, mezoderm. Dle Macklina (2023) se může vývoj zárodku během inkubace rozdělit do třech stádií: První

stádium je období vývoje vnitřních orgánů, u kuřete trvá zhruba od 1. do 5. dne inkubace, vytváří se základ embrya. Druhé stádium je charakterizováno vývojem vnějších orgánů, u kuřat 6. – 14. den inkubace. Na konci tohoto stádia je vytvořeno 95 % tělních orgánů potřebných k životu mláděte. Třetí stádium je období růstu zárodku, u kuřat 15. – 21. den inkubace. Dále se mládě připravuje na přežití ve vnějším prostředí a dostává se ze skořápky.

Pokud jsou vajíčka oplozená a opatřena správnými inkubačními podmínkami, existují čtyři možné výsledky inkubace. Embryo může odumřít během časného stádia inkubace (1. – 7. den), středního stádia inkubace (8. – 14. den) nebo pozdního stádia inkubace (15. – 21. den). Poslední a nejžádanější možností je úplný vývin embrya a vylíhnutí mláděte (Fasenko 2007).

Během embryonálního vývoje se vytvářejí zárodečné obaly, které chrání zárodek před nepříznivými vlivy a vysycháním, umožňují jeho dýchání a výživu. Důležitý je žloutkový váček, který zajišťuje první extraembryonální krevní oběh a příjem živin ze žloutku. Amnion chrání zárodek před vyschnutím a otřesy, také dovoluje jeho pohyb. Chorion obaluje zárodek s amniotem a žloutek se žloutkovým váčkem. Alantois neboli močová blána shromažďuje výkaly, umožňuje dýchání a trávení. Později srůstá alantois s chorionem a vytváří alantochorion. Zárodečné obaly se před klubáním mláděte odtrhnou u pupku od zárodka a zůstávají ve skořápce (Maulood 2016).

Samotný proces vylíhnutí všech kuřat je nazýván jako rozptyl líhnutí. Ten je hodnocen jako stupeň synchronizace líhnutí, který zásadně ovlivňuje uniformitu nově vylíhnutých mláďat. Obecně platí, že by doba rozptylu líhnutí, který je definován jako doba mezi vylíhnutím prvního a posledního mláděte, neměla přesáhnout 24 – 48 hodin. Předčasně vylíhnutá kuřata tak musí strávit moc času v dolíhni s nedostatkem krmiva a vody, místo toho aby mohla být hned po oschnutí přesunuta do odchovny. Výzkumy prokázaly, že oddálení doby přístupu ke krmivu a vodě snižovalo uniformitu mláďat v odchovu, aktivaci imunitního systému, stimulaci trávicích enzymů a relativního růstu po vylíhnutí (Zhong 2018).

3.8.1 Vývoj zárodka kuřete

Macklin (2023) popisuje vývoj zárodka kuřete takto:

1. den

Za 18 – 20 hodin se vytváří třetí zárodečný list. Koncem prvního dne vzniká základ centrální nervové soustavy. Kolem ní se vytvářejí párové segmenty – somity. Po vytvoření sedmi párů somitů má zárodek základ centrálního nervstva – mozku. Po 22 hodinách inkubace je již zřetelná hlava a první známky podobnosti s embryem. V tomto období také vznikají základy trávicí soustavy.

2. den

V tomto období se formuje zejména cévní soustava. Po 25 hodinách se začíná formovat srdce, které je uloženo mimo tělo, také už je zřetelný srdeční tep. Začíná se formovat struktura očí a uší.

3. den

Tvoří se základ zobáku, viditelné jsou také náznaky křídel a běháků.

4. den

Celé tělo embrya se otáčí o 90°, hlava a ocas se přibližují k sobě, takže embryo tvoří tvar písmene C. Vyvíjejí se nosní otvory, zobák a jazyk jako součásti trávicího a dýchacího systému. Srdce se stále zvětšuje, i když je stále uloženo mimo tělní dutinu. Na konci čtvrtého

dne inkubace má embryo všechny orgány potřebné k udržení života po vylíhnutí a lze již identifikovat většinu částí těla embrya.

5 . den

Je charakterizován intenzivním růstem celého zárodku. Z celého zárodku, tvoří 1 /3 hlava a největším orgánem těla jsou oči, které se vyvíjejí mimo hlavu. Vytvářejí se střeva, žaludek, ledviny a játra a dýchací orgány. Důležitá je v tomto období tvorba reprodukčních orgánů a diferenciací pohlaví.

8 . den

Tvoří se základ peří. Na zobáku lze rozlišit horní a dolní část zobáku. Krk se prodlužuje a zřetelná jsou také křídla i běháky. Celková velikost zárodku je větší, stejně tak se zvětšují i oči, které jsou zřetelně viditelné. V tomto období je srdce již zcela uzavřeno v hrudní dutině.

11. den

V tomto období embryo již začíná vypadat jako pták. Žloutek se začíná zmenšovat. Hmotnost zárodku je 6 -7 g a délka kolem 5 cm. Je patrný výrazný růst těla, všechny orgány jsou již plně založeny. Na těle začíná být viditelný povrch peřím. V tomto období jsou již vytvořeny nosní otvory a na běhácích jsou viditelné drápy.

14. den

Zárodek je téměř plně vyvinutý a usazuje se do konečné polohy potřebné pro úspěšné vylíhnutí, zobákem směrem ke vzduchové komůrce. Celé tělo začíná být pokryto peřím, také drápy a zobák se stávají pevnějšími.

17. den

Zárodek přestává dýchat přes alantois a začíná dýchat plicemi. Zobák je obrácen směrem ke vzduchové komůrce. Je dokončen vývin všech vnitřních i vnějších orgánů.

20. den

Kuře naklovává skořápku v blízkosti vzduchové komůrky, otáčí se ve vejci a polokruhovitě rozbíjí skořápku vaječným zubem. Allantois, který do této doby sloužil jako plíce začíná vysychat, protože už jsou funkční vlastní plíce embrya. Růst embrya je v tomto období již ukončen, žloutkový váček je téměř celý vtažený do tělní dutiny a v této chvíli se embryo stává kuřetem.

21. den

Kuře se během klubání otáčí kolem vlastní osy pomocí běháků a křídel a vaječným zubem přitom rozbíjí skořápku. Nejprve kuře proklouzne jednu dírkou a postupuje asi do dvou třetin skořápky. Pak pomocí běháků odlomí vršek skořápky a poslední stádium klubání je tímto ukončeno. Kuře se dostává silou ze skořápky. Osychání peří trvá zhruba 12 hodin. Z líhně se mláďata vyjímají až po úplném oschnutí.

Podobný vývoj zárodku je i u ostatních druhů drůbeže, ale s jinými časovými údaji (Tůmová 2020). Viz obr. č . 4 ., tabulka č . 1 .

Tabulka č . 1 : Délka inkubace u vybraných druhů drůbeže.

Druh drůbeže	Délka inkubace	Přeložení do dolíhně
Slepice	20 – 21 dnů	19. den
Krůty	28 – 31 dnů	26. den
Perličky	26 – 28 dnů	24. den
Kachny	28 – 35 dnů	26. den
Husy	26 – 27 dnů	23. den



Obr. č . 4 . – Průběh vývoje zárodku japonské křepelky (zdroj: Avian reproduction. IntechOpen.com)

3.9 Biologická kontrola líhnutí a příčiny nedostatků v líhnutí

Před vložením násadových vajec do líhně je potřeba vejce zkontrolovat, vyřazují se vejce neodpovídající hmotností, vadou skořápky, příliš znečištěná apod (Tona et al. 2022).

Průběh líhnutí se kontroluje prosvěcováním. První kontrola je mezi 5 . – 10. dnem inkubace, kdy se vyřazují vejce neoplozená a s uhynulými zárodky. Při této kontrole je zárodek asi 1 cm dlouhý, přibližně polovinu tvoří hlava a patrné jsou zejména oči, na které připadá polovina hlavy. Podruhé se doporučuje prosvěcovat 2 – 3 dny před koncem líhnutí, kdy se obvykle překládají vejce do dolíhně, v této době se vyřazují vejce s uhynulými zárodky. V této fázi se vyhodnocují příčiny úhynu (Tůmová 2020). Při prosvěcení vajec před vložením

do dolíhne je již obtížné rozeznat živý a odumřelý zárodek, z tohoto důvodu se začínají experimentálně využívat přístroje detekující srdeční činnost plodu a velikost cév. V běžných podmínkách se vejce prosvěcují manuálně, kde se pod silným světlem kontroluje celistvost krevních cév. Tato metoda vyžaduje vysoké personální náklady a je snadno subjektivně ovlivněna. Existuje mnoho nedostatků jako je například vizuální únava a tím nízká účinnost detekce živých zárodků, které znesnadňují splnění vysokých standardních požadavků moderního průmyslu detekce a klasifikace násadových vajec. Z tohoto důvodu se stále více testují moderní automatizované způsoby detekce odumřelých zárodků před líhnutím (Geng et al. 2019).

Kontrola vylíhnutých mláďat je prováděna až po ukončení líhnutí. Klubání trvá přibližně 48 hodin a mláďata se z líhne vyjímají až po úplném oschnutí. Musí být bez zjevných zdravotních poruch, deformací a s uzavřenou tělní dutinou (Tona et al. 2022).

Po vylíhnutí je také nejvhodnější doba na sexování mláďat. Sexování drůbeže je třeba provést v nejranějším stádiu po vylíhnutí. Na rozdíl od většiny ostatních druhů zvířat je u mláďat drůbeže rozeznání pohlaví poměrně komplikované, a to z toho důvodu, že ve většině případů samci mají pohlavní orgány uloženy uvnitř tělní dutiny (Jacob 2020).

Často využívanou metodou je takzvaná japonská kloakální metoda, kterou je možné použít u všech druhů drůbeže. Ta je založena na rozdílném utváření kloaky samců a samic. Kohoutci mají pohlavní papilu vysokou přibližně 1 – 2 mm, slepičky mají pohlavní výstupek vysoký do 1 mm. Nejvhodnější doba pro sexování je 3 – 12 hodin po vylíhnutí (Otsuka et al. 2016).

Jacob (2020) uvádí, že pro úspěšnou sexaci kloakální metodou musí být pracovník řádně proškolen a mít praktické zkušenosti, v opačném případě lze mláďeti způsobit závažné poškození. Podobné je sexování i u ostatních druhů drůbeže. Kuřata některých plemen nebo hybridů lze také sexovat metodou autosexingu, který využívá znaků vázaných na pohlaví, jež se dědí křížem, například stříbrný a zlatý faktor, faktor žíhanosti nebo gen ovlivňující rychlost růstu peří (Otsuka et al. 2016).

Existuje také takzvaný barevný autosexing, který je založený na křížení vhodně zbarvených rodičů. Kuřata po vylíhnutí jsou pak podle pohlaví odlišně pláštěově zbarvená. Podobný je i faktor žíhanosti u plemene plymutka žíhaná, u vylíhlých kuřat se projeví odlišné barevné znaky na hlavičce (England et al. 2021). Do metod autosexingu patří i peříčková metoda, která je založena na rychlosti opeřování. Gen K v dominantním založení podmiňuje pomalé opeřování, recesivní založení genu K podmiňuje rychlé opeřování. Dědí se křížem, proto pomalu opeřující jedinec má po vylíhnutí všechny letky stejně dlouhé, rychle opeřující jedinec má jedno peříčko dlouhé a jedno krátké (Tůmová 2020). V posledních letech se začínají objevovat pokusy o sexování kuřat pomocí zavedení endoskopu do kloaky a prokázání přítomnosti vaječníků nebo varlat. Tato metoda je stále ve fázi výzkumu, nicméně do budoucna by mohla přinést značnou modernizaci (Otsuka et al. 2016).

Během vývoje zárodku může docházet k různým nepravidlostem jako jsou výkyvy v mikroklimatu při líhnutí nebo nedostatky v chovu rodičovských hejn, což má za následek odumírání zárodků. Nejčastější bývá úhyn zárodků v prvních třech dnech inkubace, kdy je příčinou nedostatečné formování orgánů. Dalším kritickým obdobím je konečná fáze líhnutí, kdy jakýkoli nedostatek může mít pro kuře negativní následky. Nejčastější příčinou bývá nevyhovující poloha ve vejci, špatná schopnost absorbovat žloutkový váček nebo neschopnost

proklovnutí skořápky a udušení (Tona et al. 2022). Vysoké procento neoplozených vajec může být způsobeno nesprávným poměrem pohlaví v rodičovském hejnu, dlouhou dobou skladování násadových vajec a nesprávnými mikroklimatickými podmínkami při skladování násadových vajec. Neoplozená vejce neobsahují zárodek, během prosvícení jsou průhledná a není patrný žádný náznak vývoje (Iqbal et al. 2016).

Nejen faktory a události po vylíhnutí, ale také mnoho aspektů v průběhu inkubace a líhnutí může být pro vyvíjející se kuřata potenciálně stresující a ovlivnit průběh líhnutí a následnou životaschopnost kuřat. Například nevyhovující teplota během inkubace může mít vliv na hmotnost kuřat při vylíhnutí a celkové procento líhivosti. Byl prokázán vyšší obsah hormonu kortikosteronu v krvi u kuřat pocházejících z vajec, které byly během inkubace vystaveny nevyhovujícím a potenciálně stresujícím podmínkám (Hedlund & Jensen 2021).

Raný embryonální úhyn je důsledek příliš nízké nebo naopak vysoké teploty, nesprávného ošetření násadových vajec, genetických vlivů, nedostatečného otáčení vajec nebo onemocnění rodičovské populace (Tona et al. 2022).

Tůmová (2020) uvádí, že vysoké procento odumřelých zárodků může zapříčiňovat nevhodné krmivo, nadbytek soli, nedostatek vitamínů, přehřátí v prvních dnech inkubace, bakteriální kontaminace a nedůsledná hygiena násadových vajec.

Úhyn v průběhu klubání je důsledek nedostatečného otáčení vajec během líhnutí, špatné teploty nebo vlhkosti, nedostatečné ventilace, nesprávné polohy vzduchové komůrky. Časné ale vleklé líhnutí, ulepená mláďata, špatně vtažený žloutkový váček nebo velký pupek jsou způsobeny přehřátím ve druhé polovině líhnutí, příliš nízkou teplotou v předlíhni, ale také nevhodně skladovanými násadovými vejci (Ulmer-Franco et al. 2010).

Mnoho živých neproklubaných zárodků, nevtažený žloutkový váček, neuzavřený pupek a opožděné líhnutí způsobuje nízká teplota během inkubace (Tona et al. 2022). Malá vzduchová komůrka, nízké úbytky hmotnosti násadových vajec během inkubace jsou způsobeny nadměrnou relativní vlhkostí vzduchu. Velká vzduchová komůrka, velké úbytky hmotnosti vajec, zaschlé podskořápečné blány, uspíšené líhnutí a suchá mláďata jsou důsledky nízké relativní vlhkosti vzduchu (Ulmer-Franco et al. 2010). Kuřata malá s přilehlým chmýřím na těle jsou způsobena malými vejci, nízkou vlhkostí, vysokou teplotou a nevhodnou ventilací, dlouhou dobou skladování násadových vajec. Opožděné klubání způsobuje nízká teplota nebo vysoká vlhkost. Špatně vyvinutá kuřata mají nejčastěji deformované běháky a prsty, příčinou bývá vysoká teplota, nízká vlhkost a nedostatečné otáčení vajec (Maulood 2016).

4 Závěr

Chov drůbeže je v České republice velmi rozšířený. Časem došlo ke značné modernizaci technologií využívaných v chovu drůbeže. Pro pokrytí nároků na čím dál vyšší produkci drůbeže došlo vlivem šlechtění a hybridizace ke změně reprodukční strategie u většiny druhů a plemen drůbeže. Uživatelské hybridy, určené pro produkci masa nebo vajec vznikají tzv. uživatelským křížením a dále nejsou schopni reprodukce. Časem došlo k ovlivnění plodnosti i u některých druhů drůbeže, kde byla omezena především kvokavost a další mateřské vlastnosti. Z tohoto důvodu se v chovech drůbeže začala využívat metoda umělého líhnutí, čímž bylo umožněno několikanásobně zvýšit produkci drůbeže. K zajištění co nejlepších výsledků v líhnutí drůbeže bylo nutné zjistit všechny faktory, které ovlivňují jak oplozenost vajec, tak jejich následnou líhivost.

Mezi jednotlivými druhy drůbeže byly zjištěny drobné rozdíly v anatomii a fyziologii pohlavní soustavy a ve způsobu reprodukce. Jedním z kritérií pro hodnocení úspěšnosti reprodukce je typ chovu. V malochovech se stále využívá především přirozený způsob reprodukce, kdy proces inkubace i odchov mláďat zajišťuje kvočna. V intenzivních chovech bylo postupem času nezbytné přistoupit k využití metod umělé inkubace vajec i následného odchovu mláďat. Pro maximalizaci úspěšnosti reprodukce, tudíž k co nejlepší oplozenosti a líhivosti vajec, bylo nezbytné zhodnotit všechny faktory, které mohou mít vliv na úspěšnost líhnutí, a dle toho vytvořit co nejlepší podmínky pro oplození a inkubaci vajec.

Pro správné pochopení reprodukčních metod je důležité znát anatomii a fyziologii pohlavní soustavy drůbeže. Morfologie se poté u jednotlivých druhů drůbeže nepatrně lišila, s tím souvisel také rozdílný způsob reprodukce. Předpokladem úspěšnosti reprodukce byla kvalita násadových vajec, zejména jejich oplozenost. Oplozenost je parametr, který se udává v procentech jako podíl počtu vajec vložených do líhně nebo pod kvočnu, ku počtu vajec, která byla zjištěna jako oplozená při kontrole prosvícením. Dalším faktorem bylo také dodržení parametrů mikroklimatu při inkubaci a skladování násadových vajec, které přímo ovlivňují úspěšnost líhnutí, tedy líhivost. Líhivost je procentuální vyjádření počtu vylíhnutých mláďat z počtu všech vajec vložených do líhně nebo pod kvočnu, nebo ze všech vajec, která byla při první kontrole prosvícením zjištěna jako oplozená. Faktory ovlivňující oplozenost a líhivost se lišily na základě druhu a plemene drůbeže, například vejce vodní drůbeže měla rozdílné nároky na podmínky skladování vajec a líhnutí než vejce hrabavé drůbeže. Při inkubaci vajec vodní drůbeže bylo nezbytné dodržet ochlazování a kropení vajec vodou, stejně tak vyšší procento vlhkosti během inkubaci oproti vejším hrabavé drůbeže.

Mezi vnitřní faktory ovlivňující oplozenost a líhivost vajec lze zařadit zejména výživu a zdravotní stav rodičovského hejna, roční období, způsob reprodukce, typ ustájení, ale také plemeno, kdy těžká plemena hus vykazovala výrazně nižší oplozenost vajec než plemena lehká a střední. Vnější faktory ovlivňující oplozenost a líhivost zahrnují zejména parametry mikroklimatu při skladování vajec a při samotném průběhu inkubace vajec v líhni.

Dobrá znalost fyziologických procesů v průběhu tvorby vejce, jeho oplození a následného vývoje mláďate, je nezbytná pro optimalizaci podmínek chovu drůbeže a maximalizaci produkce. Do budoucna se předpokládá rozvoj biotechnologických metod pro sexování mláďat ještě před vylíhnutím a třídění neoplozených vajec v co nejčasnějším stádiu inkubace.

5 Literatura

- Adegbenjo, A . O ., Liu, L ., Ngadi, M . O . 2020. Non-destructive assessment of chicken eggfertility. *Sensors*, 20 (19), 5546.
- Adriaensen, H ., Parasote, V ., Castilla, I ., Bernardet, N ., Halgrain, M ., Lecompte, F ., RéhaultGodbert, S . 2022. How egg storage duration prior to incubation impairs eggquality and chicken embryonic development: contribution of imaging technologies. *Frontiers in Physiology*, 938.
- Andersen, C . J . 2015. Bioactive egg components and inflammation. *Nutrients*, 7 (9), 7889-7913.
- Archer, G . S ., & Mench, J . A . 2014. Natural incubation patterns and the effects of exposingeggs to light at various times during incubation on post-hatch fear and stress responses in broiler (meat) chickens. *Applied Animal Behaviour Science*, 152, 44-51.
- Ayeni, A . O ., Agbede, J . O ., Igbasan, F . A ., Onibi, G . E ., Adegbenro, M . 2020. Effects ofstorage periods and positioning during storage on hatchability and weight of the hatched chicks from different egg sizes. *Bulletin of the National Research Centre*, 44, 1 -6 .
- Boleli, I . C ., Morita, V . S ., Matos Jr, J . B ., Thimotheo, M ., & Almeida, V . R . 2016. Poultry eggincubation: integrating and optimizing production efficiency. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 18, 1 -16.
- Brillard, J . P . 2003. Practical aspects of fertility in poultry. *World's Poultry Science Journal*, 59(4), 441-446.
- ČSÚ. Český statistický úřad. Stav drůbeže, produkce konzumních vajec a jatečné drůbeže,líhnutí drůbeže v České republice. 2022 [online]. 2023 [cit. 2023-02-04]. Dostupné z <<https://www.czso.cz/csu/czso/chov-drubeze-2022>>.
- Decuypere, E ., & Bruggeman, V . 2007. The endocrine interface of environmental and eggfactors affecting chick quality. *Poultry Science*, 86(5), 1037-1042.
- Jacob, J . 2020. Small and backyard poultry. University of Kentucky. Available from:avian reproductive system – female – Small and backyard poultry (extension.org) (accessed June 2023)
- Jeong, W ., Lim, W ., Ahn, S . E ., Lim, C . H ., Lee, J . Y ., Bae, S . M ., Song, G . 2013.Recrudescence mechanisms and gene expression profile of the reproductive tracts from chickens during the molting period. *PLoS One*, 8 (10), 76784

- England, A . D ., Kheravii, S . K ., Musigwa, S ., Kumar, A ., Daneshmand, A ., Sharma, N . K ., Wu, S . B . 2021. Sexing chickens with high-resolution melting analysis using feather crude DNA. *Poultry Science*, 100(3), 100924.
- Fasenko, G . M . 2007. Egg storage and the embryo. *Poultry Science*, 86(5), 1020-1024.
- Fouad, A . M ., El-Senousey, H . K ., Ruan, D ., Xia, W ., Chen, W ., Wang, S ., & Zheng, C . 2020. Nutritional modulation of fertility in male poultry. *Poultry Science*, 99(11), 5637-5646.
- Geng, L ., Peng, Z ., Xiao, Z ., Xi, J . 2019. End-to-end multimodal 16-day hatching eggs classification. *Symmetry*, 11(6), 759.
- Guo, B . B ., Dai, Z . C ., Ren, Y . H ., Zhu, H . X ., Shao, X . B ., Sun, A . D ., Shi, Z . D . 2021. Improvement of goose embryonic and muscular developments by wider angle egg turning during incubation and the regulatory mechanisms. *Poultry Science*, 100(12), 101477.
- Hedlund, L ., Jensen P . 2021. Incubation and hatching conditions of laying hen chicks explain a large part of the stress effect from commercial large-scale hatcheries. *World's Poultry Science Journal*, 100, 1 -8 , 0032-5791.
- Hrabia, A ., Leśniak-Walentyn, A ., Sechman, A ., Gertler, A . 2014. Chicken oviduct—the target tissue for growth hormone action: effect on cell proliferation and apoptosis and on the gene expression of some oviduct-specific proteins. *Cell and Tissue Research*, 357(1), 363-372.
- Idahor, K . O . 2017. Poultry Birds' Egg: An Egg inside Egg whose Biological, Nutritional and Cultural Value Gives and Sustains Life. *International Journal of Research Studies in Zoology*, 3 (4), 10.
- Idahor, K . O . 2022. Avian reproduction. *Animal reproduction*. IntechOpen. 101185
- Iqbal, J ., Khan, S . H ., Mukhtar, N ., Ahmed, T ., Pasha, R . A . 2016. Effects of egg size (weight) and age on hatching performance and chick quality of broiler breeder. *Journal of Applied Animal Research*, 44(1), 54-64.
- Kavoi, B . M . 2013. *Functional Comparative Anatomy & Physiology Of Birds Of Prey And Domestic Chicken*.
- King' Ori, A . M . 2011. Review of the factors that influence egg fertility and hatchability in poultry. *International Journal of Poultry Science*, 10(6), 483-492.
- Ledvinka, Z ., Zita, L ., Klesalová, L . 2012. Egg quality and some factors influencing it: a review. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 43(1), 46-52.

- Ledvinka, Z ., Zita, L ., Tůmová E . 2009. Vybrané kapitoly z chovu drůbeže. Česká zemědělská univerzita. Praha. 86 s . ISBN: 9788021319219
- Macklin K ., S . 2023.Stages in chick embryo development. Mississippi state university. Available from: <http://extension.msstate.edu/content/stages-chick-embryo-development> (Accessed April 2023).
- Makanjuola, B . O ., Olori, V . E ., Mrode, R . A . 2021. Modeling genetic components of hatch of fertile in broiler breeders. *Poultry Science*, 100(5), 101062.
- Maulood, K . 2016. Morphological study of chick embryo development. ResearchGate. 10.13140/2 .1 .4001.4963.
- Moliš, J ., 2017. Hodnocení násadových vajec a líhnutí drůbeže. Mendelova univerzita, Brno.
- Mota-Grajales, R ., Torres-Peña, J . C ., Camas-Anzueto, J . L ., Pérez-Patricio, M ., Coutiño, R . G ., López-Estrada, F . R ., Guerra-Crespo, H . 2019. Defect detection in eggshell using a vision system to ensure the incubation in poultry production. *Measurement*, 135, 39-46.
- Mishra, B ., Sah, N ., & Wasti, S . 2019. Genetic and hormonal regulation of egg formation in the oviduct of laying hens. In *Poultry-an advanced learning*. IntechOpen.
- Nariņ, D ., Aydemir, E . 2021. Chick quality: an overview of measurement techniques and influencing factors. *World's Poultry Science Journal*, 77(2), 313-329.
- Narushin, V . G ., Romanov, M . N . 2002. Egg physical characteristics and hatchability. *World's Poultry Science Journal*, 58(3), 297-303.
- Nys, Y ., Guyot, N . 2011. Egg formation and chemistry. In *Improving the safety and quality of eggs and egg products*. Woodhead Publishing. 83-132.
- Oliveira, G . D . S ., Dos Santos, V . M ., Rodrigues, J . C ., Nascimento, S . T . 2020. Effects of different egg turning frequencies on incubation efficiency parameters. *Poultry Science*, 99(9), 4417-4420.
- Otsuka, M ., Miyashita, O ., Shibata, M ., Sato, F ., Naito, M . 2016. A novel method for sexing day-old chicks using endoscope system. *Poultry science*, 95(11), 2685-2689.
- Peterson, S . H ., Ackerman, J . T ., Herzog, M . P ., Toney, M . S ., Cooney, B ., Hartman, C . A . 2020. Avian eggshell thickness in relation to egg morphometrics, embryonic development, and mercury contamination. *Ecology and Evolution*, 10(16), 8715-8740.

- Prabakar, G ., Gopi, M ., Kolluri, G ., Rokade, J . J ., Pavulraj, S ., Pearlin, B . V ., Mohan, J .
2022. Seasonal variations on semen quality attributes in turkey and egg type chicken
male breeders. *International Journal of Biometeorology*, 66(8), 1547-1560.
- Rahman, M . A . 2013. An Introduction to Morphology of the Reproductive System and
Anatomy of Hen s Egg. *Journal of Life and Earth Science*, 8 , 1 -10.
- Reece W . 2017. *Functional Anatomy and Physiology of Domestic Animals*. Blackwell
Publishing, 480 s . ISBN: 97808138145613
- Sah, N ., Mishra, B . 2018. Regulation of egg formation in the oviduct of laying hen. *World's
Poultry Science Journal*, 74(3), 509-522.
- Salamon, A ., 2020,. Fertility and hatchability in goose eggs: A review. *International Journal
of Poultry Science*, 19, 2 : 51-65.
- Sarkar, P . K . 2022. Broodiness and Broody Hen Management During Egg
Incubation. *Reviews in Agricultural Science*, 10, 337-343.
- Scanes, C . G ., Butler, L . D ., Kidd, M . T . 2020. Reproductive management of poultry.
In *Animal Agriculture*. 349-366. Academic Press.
- Shcherbatov, V . I ., Sidorenko, L . I ., Koshchayev, A . G ., Vorokov, V . K ., Skvortsova, L .
N . 2018. Chicken hatching synchronization for artificial incubation. *Journal of
Pharmaceutical Sciences and Research*, 10(1), 148-151.
- Tona, K ., Bruggeman, V ., Onagbesan, O ., Bamelis, F ., Gbeassor, M ., Mertens, K .,
Decuyper, E . 2009. Day-old chick quality: Relationship to hatching egg quality,
adequate incubation practice and prediction of broiler performance. *Avian and Poultry
Biology Reviews*, 16(2), 109-119.
- Tona, K ., Voemesse, K ., N'nanlé, O ., Oke, O . E ., Kouame, Y . A . E ., Bilalissi, A ., Oso,
O . M . 2022. Chicken Incubation Conditions: Role in Embryo Development,
Physiology and Adaptation to the Post-Hatch Environment. *Frontiers in Physiology*,
1010.
- Tůmová E . 2020. *Chov drůbeže*. Profi Press s . r . o . Praha. 68 s . ISBN: 9788088306054
- Ulmer-Franco, A . M ., Fassenko, G . M ., Christopher, E . O . D . 2010. Hatching egg
characteristics, chick quality, and broiler performance at 2 breeder flock ages and from
3 egg weights. *Poultry Science*, 89(12), 2735-2742.
- Verhoef-Verhallen E . 2003. *Encyklopedie slepic*. Rebo Productions s . r . o . Praha. 336 s .
ISBN: 8072342851

- Vizcarra, J ., Alan, R ., Kirby, J . 2015. Reproduction in Male Birds. Academic Press. 667 – 693.
- Wang, Y . H ., Lin, J ., Wang, J ., Wu, S . G ., Qiu, K ., Zhang, H . J ., Qi, G . H . 2022. The role of incubation conditions on the regulation of muscle development and meat quality in poultry. *Frontiers in Physiology*, 1176.
- Watson, M . K . 2016. Reproductive system. *Current Therapy in Exotic Pet Practice*. St Louis, MO: Elsevier, 460-493.
- Wishart, G . J ., Hocking, P.M. 2009. *Biology of breeding poultry*. Cabi publishing. Wallingford. 480 p . ISBN: 9781845933753
- Yalçın, S ., Oviedo-Rondón, E . O . 2023. Avian incubation conditions: Role in embryo development, physiology and adaptation to the post-hatch environment. *Frontiers in Physiology*, 14, 27.
- Zaheer K . 2015. An Updated Review on Chicken Eggs: Production, Consumption, Management Aspects and Nutritional Benefits to Human Health. *Food and Nutrition Sciences*. 6 : 1208-1220.
- Zemková, L ., Simeonovová, J ., Lichovníková, M ., Somerlíková, K . 2018. Vliv systémů ustájení a věku slepic na hmotnost a koncentraci cholesterolu ve vejci. *Animal Science*, 52, s . 110-115.
- Zita, L ., Jeníková, M ., Hartlová, H . 2018. Effect of housing system on egg quality and the concentration of cholesterol in egg yolk and blood of hens of native resources of the Czech Republic and Slovakia. *Journal of Applied Poultry Research*, 27(3), 380-388.
- Zita, L ., Ledvinka, Z ., Tumova, E ., Klesalova, L . 2012. Technological quality of eggs in relation to the age of laying hens and Japanese quails. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41, 2079-2084.
- Zapletal D , Macháček M . 2015. *Chov hospodářských zvířat*. Veterinární a farmaceutická univerzita, Brno.
- Zhong, Z ., Yu, Y ., Jin, S ., Pan, J ., 2018. Effects of mixing eggs of different initial incubation time on the hatching pattern, chick development and post-hatch performance. *PeerJ - the Journal of Life & Environmental Sciences*. 6 , 463.

6 Seznam obrázků a tabulek

Tabulka č . 1 – Délka inkubace u vybraných druhů drůbeže.

Obrázek č . 1 – Pohlavní orgány samice drůbeže.

Obrázek č . 2 – Pohlavní soustava samce drůbeže.

Obrázek č . 3 – Složení vejce.

Obrázek č . 4 - Průběh vývoje zárodku japonské křepelky.

Obrázek č . 5 – Poloha kuřete ve vejci těsně před vylíhnutím.

Obrázek č . 6 – Poloha kuřete ve vejci při líhnutí.

Obrázek č . 7 – Čerstvě vylíhnutá kuřata v umělé líhni .

Obrázek č . 8 - Jednodenní kuře.

Obrázek č . 9 – Vejce s odumřelým zárodkem při prosvícení pátý den inkubace.

Obrázek č . 10 – Neoplozené vejce při prosvícení pátý den inkubace.

Obrázek č . 11 – Vejce s vyvíjejícím se zárodkem při prosvícení pátý den inkubace.

Obrázek č . 12 – Kachna pižmová s jednodenními kachňaty při přirozeném líhnutí.

7 Samostatné přílohy



Obrázek 5 – Poloha kuřete ve vejci těsně před vylíhnutím (foto: autorka BP).



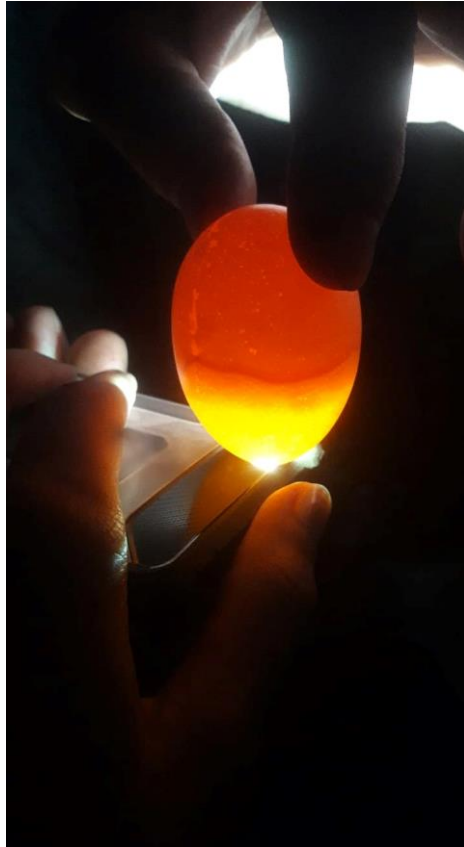
Obrázek 6 – Poloha kuřete ve vejci při líhnutí (foto: autorka BP).



Obrázek 7 – Čerstvě vylíhnutá kuřata v umělé líhni (foto: autorka BP).



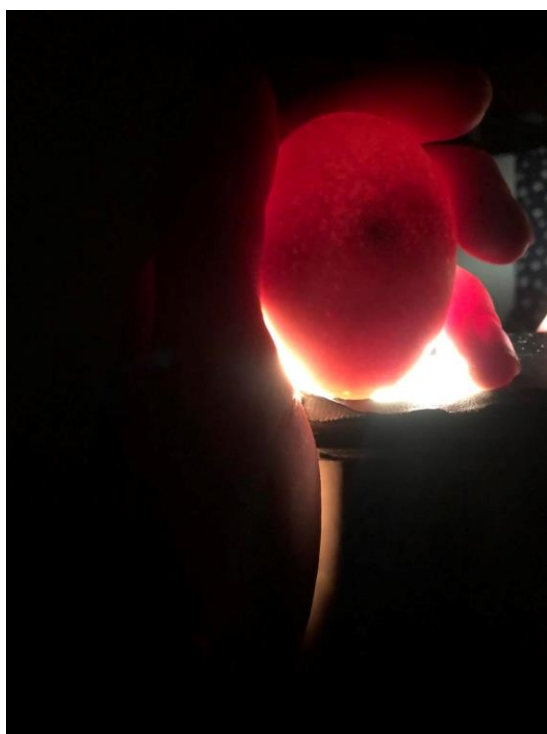
Obrázek 8 – Jednodenní kuře (foto: autorka BP).



Obrázek 9 – Vejce s odumřelým zárodkem při prosvícení pátý den inkubace (foto: autorka BP).



Obrázek 10 – Neoplozené vejce při prosvícení pátý den inkubace (foto: autorka BP).



Obrázek 11 – Vejce s vyvíjejícím se zárodkem při prosvícení pátý den inkubace (foto: autorka BP).



Obrázek 12 – Kachna pižmová s jednodenními kachňaty při přirozeném líhnutí (foto: autorka BP).