



Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ

Katedra potravinářských biotechnologií a kvality zemědělských produktů

Bakalářská práce

Slepičí vejce a jejich obecné, funkční a nutriční vlastnosti

Autor práce: Miloslav Pech

Vedoucí práce: Ing. Vladimír Kron, Ph.D.

Konzultant práce: Ing. František Lorenc, Ph.D.

České Budějovice
2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

.....
Podpis

Abstrakt

Tato bakalářská práce zpracovaná formou literární rešerše se zaměřuje na komplexní pohled na slepičí vejce, analyzující jejich obecné, funkční a nutriční vlastnosti. Po úvodu následuje literární přehled, který mapuje biologický původ a domestikaci kura a poté shrnuje současný stav chovu kura. Dále se práce zabývá vznikem a vývojem vejce, zkoumá stavbu a chemické složení žloutku a bílku včetně jejich proteinů, lipidů, sacharidů, pigmentů, vitamínů a minerálních látek. Fyzikálně chemické vlastnosti vajec jsou taktéž rozebrány a zahrnují celkem sedm vlastností, mezi kterými je např. měrná hmotnost, bod mrznutí či index lomu.

Následuje detailní zkoumání funkčních vlastností vajec, které představují klíčový prvek pro pochopení jejich širokého využití v potravinářství a kulinářství. Práce se zaměřuje na analýzu mechanismů, díky nimž slepičí vejce mohou tvořit gel, pěnu a emulze, což jsou vlastnosti, které hrají důležitou roli v různých potravinářských procesech a recepturách. Tyto vlastnosti jsou nezbytné pro výrobu různých potravin, jako jsou želatinové dezerty, nadýchaná těsta v pekařství, omáčky a majonézy. Vejce jsou také uznávána jako funkční potravina, protože jsou bohatým zdrojem živin, včetně vitamínů, minerálů a biologicky aktivních látek, které mohou přispět k celkovému zdraví. Tyto látky mohou například pomoci snížit riziko srdečních onemocnění a zlepšit zdraví zraku.

V další části se práce věnuje nutričním vlastnostem vajec, zkoumá mikrobiální kontaminaci, alergie na vejce a biologicky aktivní látky, jako je cholin, imunoglobulin Y (IgY) a lutein a jejich vliv na lidské zdraví. Přehled této části poskytuje hlubší porozumění slepičím vejcům a jejich vlivu ve výživě a zdraví.

Klíčová slova: vlastnosti vajec, chemické složení, funkční vlastnosti, nutriční hodnota, biologicky aktivní látky, vejce

Abstract

This bachelor's thesis, processed in the form of a literary review, focuses on a comprehensive view of hen's eggs, analyzing their general, functional, and nutritional properties. After the introduction, a literary review follows, mapping the biological origin and domestication of the chicken, and then summarizing the current state of chicken farming. The thesis then delves into the formation and development of eggs, examining the structure and chemical composition of the yolk and albumen, including their proteins, lipids, carbohydrates, pigments, vitamins, and minerals. The physicochemical properties of eggs are also analyzed, including a total of seven properties such as specific gravity, freezing point, or refractive index.

A detailed examination of the functional properties of eggs follows, which represent a key element in understanding their wide use in the food and culinary industries. The thesis focuses on analyzing the mechanisms through which hen's eggs can form gels, foams, and emulsions, which are properties that play an important role in various food processes and recipes. These properties are essential for the production of various foods, such as gelatin desserts, leavened doughs in baking, sauces, and mayonnaises. Eggs are also recognized as functional food because they are a rich source of nutrients, including vitamins, minerals, and biologically active substances that can contribute to overall health. These substances can, for example, help reduce the risk of heart disease and improve eye health.

In the next section, the thesis focuses on the nutritional properties of eggs, examining microbial contamination, egg allergies, and biologically active substances such as choline, immunoglobulin Y (IgY), and lutein and their impact on human health. An overview of this section provides a deeper understanding of hen's eggs and their influence on human nutrition and health.

Keywords: egg properties, chemical composition, functional properties, nutritional value, biologically active substances, eggs

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu této práce za jeho metodické vedení a odborné rady, které mi poskytl při psaní bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval své rodině za všestrannou podporu v průběhu celého studia.

Obsah

Úvod.....	8
1 Literární přehled.....	9
1.1 Biologický původ a domestikace kura	9
1.2 Současný stav chovu kura	10
2 Stavba vejce	11
3 Vznik a vývoj vejce.....	12
3.1 Vaječník a tvorba žloutku	12
3.2 Vejcovod a tvorba bílku.....	13
4 Chemické složení vajec.....	15
4.1 Chemické složení žloutku	15
4.1.1 Proteiny	15
4.1.2 Lipidy	15
4.1.3 Cholesterol	16
4.1.4 Sacharidy.....	16
4.1.5 Pigmenty	16
4.1.6 Vitamíny.....	16
4.1.7 Minerální látky	17
4.2 Chemické složení bílku	17
4.2.1 Proteiny	17
4.2.2 Sacharidy.....	18
4.2.3 Vitamíny.....	19
4.2.4 Minerální látky	19
5 Fyzikálně-chemické vlastnosti	20
5.1 Měrná hmotnost	20
5.2 Bod mrznutí.....	20

5.3	Index lomu	20
5.4	Hodnota pH.....	20
5.5	Viskozita	20
5.6	Povrchové napětí.....	21
5.7	Iontové vlastnosti	21
6	Funkční vlastnosti vajec	22
6.1	Tvorba gelu	23
6.2	Tvorba pěny	25
6.3	Tvorba emulze.....	26
6.4	Zvyšování nutriční hodnoty (tzv. funkční potraviny)	27
6.4.1	Vejsce jako funkční potravina	28
7	Nutriční vlastnosti vajec.....	30
7.1	Mikrobiální kontaminace vajec a dopady na lidské zdraví.....	31
7.2	Alergie na vejce.....	32
7.3	Biologicky aktivní látky ve vejcích a jejich vliv na lidské zdraví	32
7.3.1	Cholin.....	32
7.3.2	Imunoglobulin Y (IgY)	33
7.3.3	Lutein	34
	Závěr	36
	Seznam použité literatury.....	37
	Seznam obrázků	42
	Seznam použitých zkratek.....	43

Úvod

Slepičí vejce jsou jednou z nejvíce konzumovaných potravin po celém světě a jsou také považována za superpotravinu s vynikajícími nutričními vlastnostmi. Jejich bohaté složení zahrnuje esenciální živiny jako bílkoviny, vitamíny, minerály a další biologicky aktivní látky, které jsou nezbytné pro správné fungování lidského těla. Vejce jsou jednou z mála potravin, které obsahují všechny esenciální aminokyseliny potřebné pro výstavbu svalů a tkání, což je zejména důležité pro sportovce a aktivní jedince. Obsahují také vysoké množství biologicky dostupného proteinu, který je snadno stravitelný a využitelný tělem. Vejce jsou bohatým zdrojem vitamínů skupiny B (B2, B9, B12), důležitých pro metabolismus a nervovou soustavu a obsahují vitamín D pro zdraví kostí a imunitu. Obsahují také minerály jako železo, zinek, fosfor a selen, klíčové pro srdce, kosti a imunitu. Dále obsahují cholin pro zdraví mozku a nervů a lutein pro zrak a prevenci očních onemocnění.

Tato práce má za cíl poskytnout současný a relevantní přehled o vlastnostech vajec a jejich využití v potravinářství a také přispět k lepšímu porozumění významu slepičích vajec pro lidskou výživu a zdraví. Konkrétními dílčími cíli této práce je shrnout ucelený přehled o slepičích vejcích z hlediska jejich biologického původu, struktury, chemického složení a fyzikálně-chemických vlastností. Dále se práce zabývá funkčními vlastnostmi slepičích vajec a jejich využitím v potravinářství. Nutriční hodnota slepičích vajec je zkoumána v kontextu lidské výživy a zdraví, s důrazem na mikrobiální bezpečnost, alergické reakce a přítomnost biologicky aktivních látek. Pro dosažení stanovených cílů jsou v práci použity metody literární rešerše, které umožní analýzu dostupných informací a výzkumných poznatků v této oblasti.

1 Literární přehled

1.1 Biologický původ a domestikace kura

Většina současných plemen slepic kura domácího (*Gallus gallus f. domestica*) pochází z divoče žijícího předka kura bankivského (*Gallus gallus*), jehož původ lze vystopovat do jihovýchodní Asie, konkrétně Indie a Indonésie (Laštůvka, 2014). Tito ptáci obývají okraje lesů, otevřené travnaté a křovinaté plochy a houštiny. Svá hnízda zakládají na zemi v hustém porostu (Gautier, 2002). Jejich potravou jsou měkké listy, výhonky, semínka, plody ovocných stromů a drobný hmyz. Jsou považováni za všežravce (Arshad a kol., 2000).

Ptáci, potažmo drůbež, se řadí mezi živočichy, jejichž způsob rozmnožování se nazývá vejcorodost (oviparie). Vejce obsahuje veškeré životně potřebné stavební látky (lipidy, proteiny, vitamíny a minerály), které jsou velmi dobře metabolizovány ptačím embryem a iniciují a dokončí embryonální vývoj nového jedince (Guerrero-Legarreta, 2010). Ptáci vejce po snesení zahřívají, aby došlo k jejich vylíhnutí. Líhnutí probíhá ve vnějším prostředí hnízda mimo tělo samice a zárodek je vyživován ze žloutku. Snáška divokých předchůdců plní funkci pouze rozmnožení a zachování konkrétního druhu (Ledvinka a kol., 2009). Čítá 8-12 vajec a samice na nich sedí 21 dní. Poté se rodiče starají o vyvíjející se potomstvo (Laštůvka, 2014).

Ke sblížení kura a člověka docházelo nevědomě z toho důvodu, že zemědělci potřebovali půdu, kde se kur přirozeně vyskytoval a začali ji používat k pěstování rýže a obilnin. Tím kura začali mírně vytlačovat z jeho přirozeného prostředí, ale toto prostředí bohaté na potravu opět později přivedlo kura blíže k člověku a podpořilo proces domestikace (Peters, 2022).

Čas první domestikace kura se v literatuře značně odlišuje. Agnvall (2015) uvádí již před 8 tis. lety, Guerrero-Legarreta (2010) naproti tomu 3200 let př. n. l. První datovaná domestikace kura je 1500 let př. n. l., kdy byl začleněn do lidských společností v jihovýchodní Asii. Odtud se rychle šířil přes Mezopotámii do Evropy a Afriky (Peters, 2022). Během domestikace se zvířata adaptovala skrze genetické mechanismy a učení na kontakt s člověkem (Agnvall, 2015). Tyto změny domestikací se dále projeví v jejich živé hmotnosti, užitkovosti a chování (Tůmová, 2020).

Kur zpočátku byl chován zejména jako posvátné zvíře, které sloužilo k náboženským obřadům a dále ke kohoutím zápasům (Laštůvka, 2014). Až mnohem později v Evropě a Americe začal být kur využíván pro produkci vajec a masa (Jedlička, 2004).

1.2 Současný stav chovu kura

Dnešní chovy drůbeže jsou zaměřeny na produkci vajec a masa. V biologii slepic není možné úspěšně sladit vysokou vaječnou a masnou produkci v jednom jedinci. Proto šlechtěním byly vytvořeny dva hlavní užitkové typy slepic: nosné a masné. Užitkovost a zaměření na konkrétní produkci vedly k odlišnému vývoji jejich tělesné stavby a fyziologických funkcí (Skřivan, 2000; Ledvinka a kol., 2009).

Nosné slepice zahrnují bělovaječné a hnědovaječné nosnice. Bělovaječné nosnice, s podobností plemen jako Leghornka bílá, jsou lehčí a snášejí 140-290 vajec s bílou skořápkou o hmotnosti 57-62 g. Na druhou stranu hnědovaječné nosnice jsou těžší a mají stavbu těla podobnou plemeni jako Rodajlendka červená. Tyto nosnice na konci snášky váží 1,9-2,3 kg a snesou 250-320 vajec s hnědou skořápkou vážících 60-63 g (Skřivan, 2000).

Hnědovaječné slepice, jako například Hisex hnědý nebo Isa hnědá, jsou v současné době v konvenčních chovech drůbeže nejrozšířenější (Ledvinka a kol., 2009). Hnědovaječné slepice se těší značné oblibě pro jejich odolnost a menší nároky na podmínky prostředí (Skřivan, 2000).

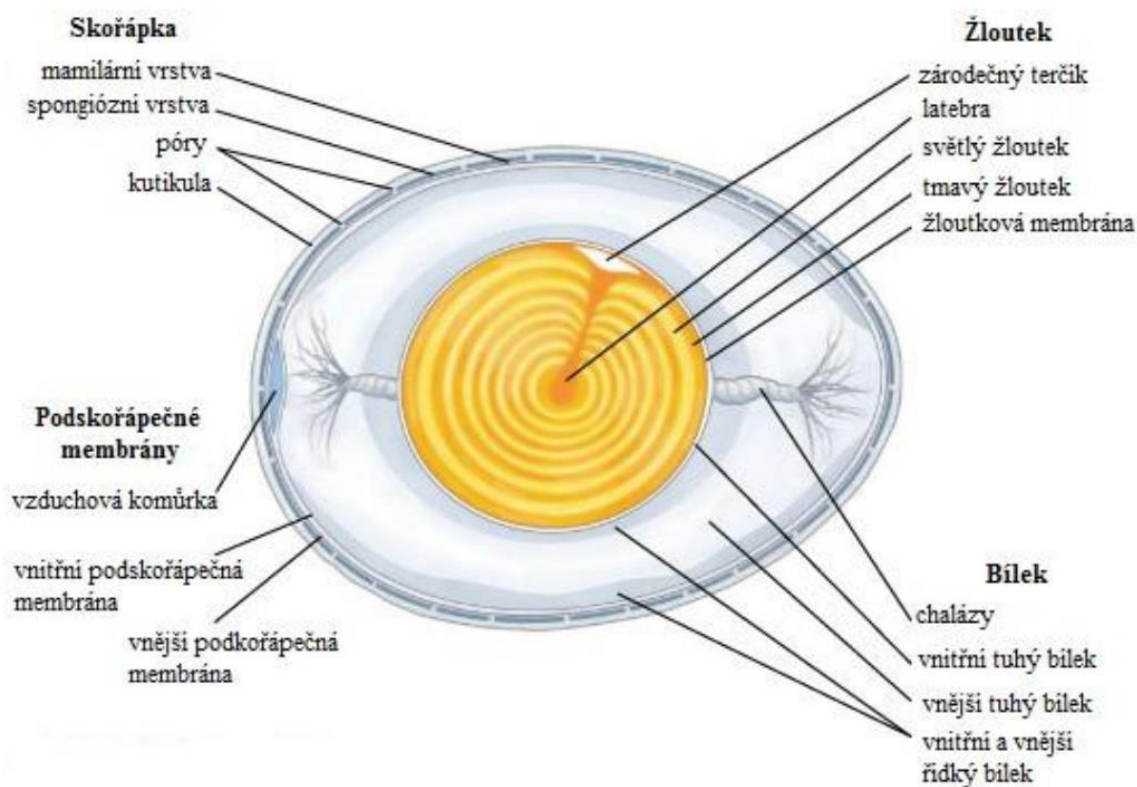
V konvenčním zemědělství jsou nosnice chovány v různých systémech ustájení. V České republice (ČR) vede klecový chov (59,7 %), následují podlahové chovy a voliéry (39,1 %), poslední je biochov a chov s volným výběhem, které představují 1,2 % (Jedlička, 2022).

V roce 2020 bylo v ČR chováno 9 204 471 ks nosnic. Z celkového počtu nosnic bylo v zemědělském sektoru chováno 56,4 % (tj. 5 191 962 ks). Významný je v ČR také domácí chov drůbeže. V domácích hospodářstvích bylo chováno 43,6 % nosnic (tj. 4 012 509 ks). V roce 2019 činila spotřeba vajec 261 kusů na obyvatele za rok (Ministerstvo zemědělství, 2021).

2 Stavba vejce

Vejce je složeno ze základních morfologicky odlišitelných struktur: žloutkové koule, chalázových poutek, bílku, dvou podskořápečných blan, skořápky a kutikuly, což je viditelné ve struktuře podélného řezu při pohledu směrem od vnitřních struktur k vnějším strukturám (Samková a kol., 2020).

Žloutkovou kouli, kde se nachází živiny pro embryo, obklopuje bílek. Chalázy fungují jako kotvy, které udržují žloutek na svém místě. Poté přicházejí dvě podskořápečné blány, které jsou pevné, ale zároveň propustné pro plyny a kapaliny. Následuje skořápka sama, která je pevná a odolná. Na vnitřní straně skořápky je ochranná kutikula (Samková a kol., 2020; Steinhauserová, 2003).



Obrázek 1: Stavba slepičího vejce – podélný řez (Musiolková, 2017).

3 Vznik a vývoj vejce

Vejce vzniká v samičím pohlavním (reprodukčním) ústrojí slepice. Reprodukční ústrojí se skládá z vaječnicku a vejcovodu. Žloutek vzniká ve vaječnicku a zbývající části vejce (bílek, skořápka) se vytvoří během průchodu vejcovodem (Ledvinka a kol., 2009).

3.1 Vaječník a tvorba žloutku

Vaječník u naprosté většiny ptáků se embryonálně zakládá jako párový (levý a pravý), ale v průběhu vývoje organismu se vyvíjí a funguje pouze levý vaječník. To samé platí o vejcovodu (Ledvinka a kol., 2009). Výjimkou, kde je vyvinut a funguje i pravý vaječník je Kiwi hnědý (Červený, 2000; Causey Whittow, 2000).

Oocysty, tvořené od 3. do 14. dne po vylíhnutí kuřete, představují potenciální základ pro vytvoření vajec. Jejich počet se pohybuje mezi 28 000 až 680 000. Z tohoto rozsáhlého množství oocyst však dozrává pouze malá část, zhruba několik set, ze kterých se vyvine celé vejce. Vývoj vejce (žloutku) vychází ze zárodečné buňky (vajíčka, samičí pohlavní buňky), která postupně dozrává ve vaječnicku slepice (Simeonovová, 1999). V játrech probíhá formování žloutkových proteinů a lipidů, které jsou následně transportovány krevním oběhem do vaječnicků a ukládány jako žloutková hmota do folikulů (drobné dutinky – váčky) (Reece, 2011). Ve folikulárním obalu propojeném stopkou s vaječnickem probíhá vývoj oocyst. Oocysty jsou dále zásobovány a živovány potřebnými látkami krevní sítí vlásečnic (Cals.ncsu.edu, nedat.).

Tvorba žloutku trvá 7 až 11, někdy až 14 dní. Žloutková hmota, která se stále více hromadí ve folikulu v útvaru podobném podkově, začne vytlačovat jádro ze středu zárodečné buňky k povrchu. Z tohoto jádra se pak vyvíjí zárodečný terčík. V oplozeném vejci se zárodečný terčík nazývá blastoderm, v neoplozeném blastodisk. Žloutek je obalen vitelinovou membránou, která se skládá ze tří částí. Terciální vrstva vzniká až ve vejcovodu (Simeonovová, 1999).

Ve žloutku se střídají pravidelně centrické vrstvy světlého a tmavého žloutku. Světlý žloutek, tvořící střed a poslední vrstvu pod žloutkovou membránou, je tekutější a představuje menší podíl hmotnosti žloutku. Obsahuje více vody než tmavý žloutek a hraje vazebnou roli, vzniká v době klidu, kdy nosnice nepřijímá potravu. Naopak, tmavý žloutek se formuje, když nosnice přijímá krmivo, a obsahuje více lipidů a proteinů, funguje jako zásobárna a má strukturu částecek různých tvarů a velikostí (Orel, 1959).

Jak narůstá objem žloutkové hmoty ve folikulu, dochází k čím dál většímu tlaku na folikulární obal, až obal praskne. Folikul praskne v místě zvaném stigma, které není prostoupeno cévami. Jestliže dojde k prasknutí mimo stigma na povrchu žloutku, zůstanou krevní skvrny. Uvolnění žloutku z vaječníku se nazývá ovulace (Cals.ncsu.edu, nedat.).

3.2 Vejcovod a tvorba bílku

Marvan (1992) uvádí, že tvar a velikost vejcovodu je ovlivněn pohlavní aktivitou nosnice. V době snášky se jedná o 60-80 cm dlouhou tlustostěnnou trubici. Dělí se na pět částí: nálevka vejcovodu (*infundibulum*), bílkovinatá část (*magnum*), krček (*isthmus*), děloha (*uterus*) a pochva (*vagina*).

Nálevka zachytává ovulovaný oocyt a také zde dochází k oplození oocytu. Do končují se zde poslední vrstva vitelinové membrány žloutku. Dále vzniká chalázový bílek, který tvoří vak okolo žloutku a pomocí chalázových poutek na obou pólech žloutku ho udržuje ve středu a chrání před otřesy (Simeonovová, 1999). Délka nálevky je 8 cm a oocyt v této části setrvává 15 minut (Reece, 2011).

Funkcí bílkovinaté části, jak už z názvu vyplývá je sekrece bílku. Jedná se o nejdélší část vejcovodu o délce 33 cm a vejce zde setrvává 3 hodiny (Reece, 2011). V této části se tvoří řídký a hustý bílek. Nejdříve vzniká řídký bílek, který zaujímá 17 % z celkového bílku. Hustý bílek (těž tuhý bílek) vzniká v hlavním úseku magna, tvoří asi 57 % celkového bílku. Má gelovitou strukturu díky mucinovým vláknům (Steinhauserová, 2003).

V krčku se tvoří další část bílku – vnější řídký bílek, který je tvořen roztokem globulárních proteinů ve vodě. Dále v krčku vznikají podskořápečné blány (Simeonovová, 1999).

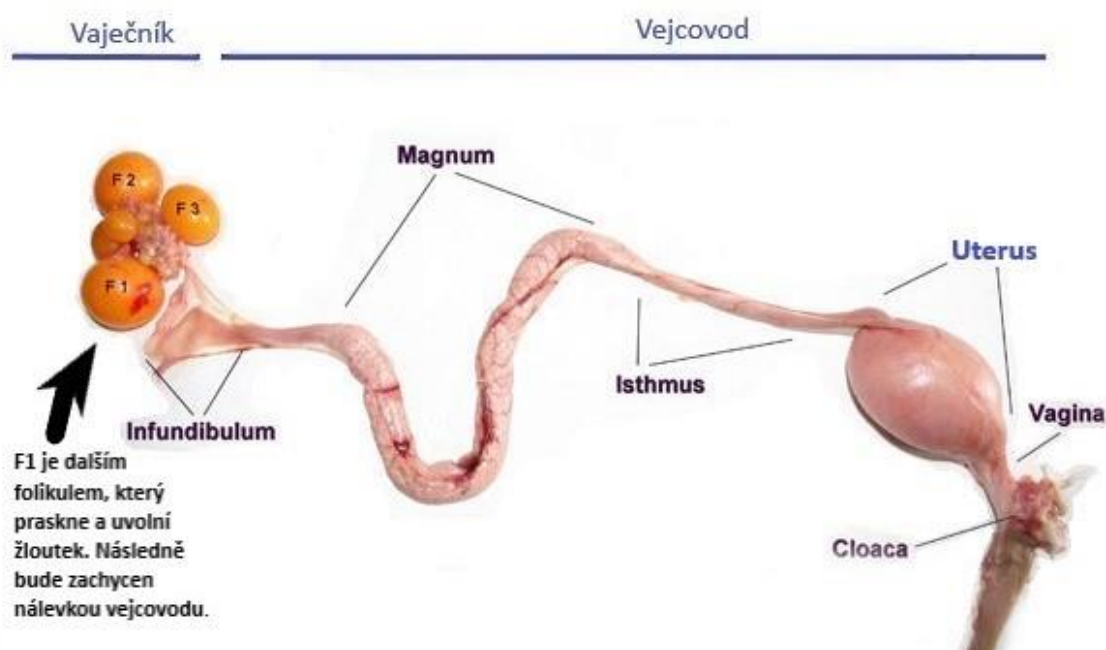
V děloze se formuje skořápka za pomoci sekretů žláz sliznice vejcovodu. Skořápka je tvořena bílkovinnými vlákny kolagenu, která vytváří síťovitou strukturu. Tato síť je pak vyplněna anorganickou hmotou, která se skládá z 96 % z uhličitanu vápenatého (CaCO_3). Tloušťka skořápky je 0,3 mm. Po celé skořápce se nacházejí póry, které umožňují výměnu plynů (kyslíku, oxidu uhličitého) a vodní páry na principu pasivní difuze (Steinhauserová, 2003). Na tupém konci, kde se nachází vzduchová bublina je nejvíce pórů (Simeonovová, 1999). Vejce v děloze stráví nejdélší dobu zejména kvůli tvorbě skořápky – okolo 20 hodin (Reece, 2011).

V děloze vzniká také kutikula (Mikšík, 2014; Saláková, 2014). Ledvinka a kol.

(2009) uvádějí, že až v pochvě. Kutikula je tenká blána o tloušťce 12 μm a tvoří se 1,5 hodiny před snesením vejce. Je fyzickou bariérou proti invazi mikroorganismů a kontaminaci obsahu vejce. Skládá se převážně z proteinů 85-90 % (hlavně glykoproteiny), dále polysacharidů (4 %) a lipidů (3 %). Proteiny kutikuly mají antimikrobiální účinky jedná se např. o lysozym C, ovotransferin, ovocalyxin-32 (Rodriguez-Navarro, 2013). Kutikula po snesení vejce zasychá (Steinhauserová, 2003).

Poslední částí vejcovodu je vagina, sloužící ke snesení vejce. Je utvářena svalovými vlákny a ústí do kloaky. Pohybem peristaltických svalů je vejce vytlačeno ven. Vejce putuje vejcovodem ostrým koncem dopředu. Sneseno je pak tupým koncem napřed (Simeonovová, 1999).

Po sečtení času, který vejce tráví v každé části vejcovodu vychází celkový čas potřebný pro vytvoření celého vejce okolo 24 hodin. Nejdelší čas 15-18 hodin je zapotřebí k vytvoření skořápky. Z toho vyplývá že slepice může snést maximálně jedno vejce za den (Mendelu.cz, nedat. a).



Obrázek 2: Reprodukční trakt nosnice (Gupta, 2023).

4 Chemické složení vajec

Vejce se skládají ze tří hlavních částí: žloutku, bílku a skořápky. Poměr jednotlivých složek vejce je následující: 60-63 % bílek, 28-29% žloutek, 9-11% skořápka. Chemické složení a váha každého vejce se mírně odlišuje v závislosti na plemeni, věku, složení krmiva apod. (Yamamoto, 1997). Ve vejci je hlavní složkou voda (65 %), následují proteiny s 12 % a poslední lipidy představující 10,5 % (Simeonovová, 1999).

4.1 Chemické složení žloutku

Mine (2008) uvádí, že hlavní složkou slepičího žloutku je voda, zaujímající 48 %, další jsou lipidy (32-35 %), proteiny (15,7-16,6 %) a sacharidy (0,2-1,0 %). Žloutek se fyzikálně skládá ze dvou částí: granulí a plazmy. V granulích dominují proteiny (asi 58 % sušiny), přičemž lipidy tvoří zhruba 33 % sušiny. V plazmě je sušina tvořena převážně lipidy (76 %), zbývající část (23 %) představují proteiny (Laca, 2015). Granule jsou nerozpustné shluky proteinů a plavou v průhledné žluté tekutině – plazmě. Plazma obsahuje lipoproteiny s nízkou hustotou (LDL) a rozpustné proteiny (Anton, 2013).

4.1.1 Proteiny

Největší podíl proteinů žloutku zaujímají LDL proteiny – okolo 2/3. Nejvíce se vyskytují v plazmě, ale i malá část se jich vyskytuje v granulích tzv. LDLg. Lipoproteiny s vysokou hustotou (HDL), druhá skupina lipoproteinů ve žloutku, tvoří přibližně 1/6 sušiny a 36 % podíl proteinů. Jsou umístěny v granulích a nazývají se viteliny. Dalším proteinem žloutku je fosfovitin, který se řadí mezi glykoproteiny a tvoří 4 % sušiny žloutku. Je tvořen z 50 % z aminokyseliny serinu, na kterou se váže kyselina fosforečná (Huopalahti, 2007). Na fosfovitin je vázáno okolo 90 % fosforu z celého žloutku (Samaraweera, 2011).

4.1.2 Lipidy

Téměř třetina sušiny žloutku je tvořena tuky, z nichž 66 % jsou acylglyceroly a zbytek tvoří fosfolipidy, steroly a cerebrosidy. Triacylglyceroly jsou hlavní složkou acylglycerolů. Fosfolipidy jsou převážně tvořeny fosfatidylcholinem (lecitin), který má anti-oxidační vlastnosti. Nenasycené mastné kyseliny představují až 70 % obsahu, kde kyselina olejová (70 %) a linolová (6-10 %) jsou hlavními složkami. Žloutek obsahuje asi 30 % nasycených mastných kyselin, přičemž kyselina palmitová (20 %) je nejvíce zastoupená. Důležitou roli hrají i polynenasycené mastné kyseliny (PUFA), zvláště

řady n-3 a n-6, které mají zdravotní přínosy, jako je prevence kardiovaskulárních onemocnění. Profil mastných kyselin ve žloutku je ovlivněn genetickými faktory a prostředím, jako je skladba krmiva a způsob chovu (Simeonovová, 1999).

4.1.3 Cholesterol

Steroly se chemicky zařazují mezi triterpení alkoholy a tvoří 5 % ze všech lipidů žloutku. Z čehož 90-95 % připadá na cholesterol. Většinou se vyskytuje ve volné formě v 85-90 % a 10-15 % připadá na esterifikovanou formu (Huopalahti, 2007). Cholesterol je důležitý pro vývoj kuřecího embrya, slouží ke stavbě buněčných membrán a syntéze pohlavních hormonů. Jedno vejce obsahuje 170-200 mg cholesterolu (Boháčková, 2014).

4.1.4 Sacharidy

Obsah sacharidů ve žloutku je nízký okolo 0,7-1,0 %. Naprostá většina sacharidů je vázána na glykoproteiny a glykolipidy. Sialová kyselina (N-acetylneuraminová) je běžnou složkou těchto glykokonjugátů a ve vysoké koncentraci se nachází především v membráně žloutku (Mine, 2008). Sialová kyselina je vázána ve fosfovitech i lipovitelenech. Pouze 0,3 % sacharidů je vázáno volně. Jedná se především o glukózu. Zbytkové množství pak tvoří manosa, galaktosa, xylosa (Mine, 2008; Simeonovová, 1999).

4.1.5 Pigmenty

Barva žloutku je způsobena obsahem karotenoidů a jejich největší koncentrace je v tmavém žloutku (Simeonovová, 1999). Karotenoidy nejsou syntetizovány metabolismem nosnice, ale jsou přijímány v krmivu (Yamamoto, 1997). Karotenoidy se rozdělují na dvě skupiny – karoteny a xantofily. Hlavně xantofily jsou zodpovědné za barevnost žloutku. Z xantofilů je nejvíce zastoupen lutein. Dále se jedná např. o zeaxantin, který se vyskytuje v kukuřici. (Simeonovová, 1999).

4.1.6 Vitamíny

Žloutek obsahuje vitamíny rozpustné v tucích (lipofilní) a vitamíny rozpustné ve vodě (hydrofilní), kromě vitamínu C. Jedná se zejména o vitamíny, jako jsou A, D, E, K, B2, B12, biotin a kyselina pantothenová. Obsah vitamínů ve žloutku je ovlivněn krmivem, které nosnice konzumují (Huopalahti, 2007). Větší množství vitamínů se vyskytuje ve žloutku než bílku (Mine, 2008).

4.1.7 Minerální látky

Obsah minerálů ve žloutku je okolo 1 %. Nejvíce je ve žloutku fosforu, který je ze 61 % vázaný na fosfolipidy. Dalšími minerálními prvky ve žloutku jsou: vápník, chlor, draslík, sodík, síra a mangan (Mine, 2008). Minerální látky jsou důležité pro vývoj embrya. Světlý žloutek obsahuje téměř osmkrát více minerálních látek než tmavý žloutek. Obsah těchto minerálů ve žloutku je nestálý a podléhá výrazným změnám v závislosti na krmivu, prostředí a ročním období (Simeonovová, 1999).

4.2 Chemické složení bílku

Hlavní složkou bílku je voda, zaujímající 88 %. V sušině jsou nejvíce zastoupeny proteiny (10 %), další jsou sacharidy (0,9 %) a zastoupení lipidů je velmi malé okolo 0,01 % (Phillips, 2011).

4.2.1 Proteiny

Vaječný bílek je složen ze 40 druhů proteinů – zahrnující jak fibrilární (ve vodě nerozpustné), tak globulární proteiny. Mezi hlavní proteiny vaječného bílku patří ovoalbumin, který tvoří přibližně 54 % obsahu bílkovin, následovaný ovotransferinem s 13 % a ovomukoidem s 11 % (Simeonovová, 1999).

Ovoalbumin je řazen mezi fosfoglykoproteiny a skládá se celkem z 386 aminokyselin. Jediný ze všech proteinů bílku obsahuje sulfhydrylové skupiny (Mine, 2008). Při skladování vajec dochází k přeměně standardní formy ovoalbuminu (N-ovoalbumin) na stabilnější formu S-ovoalbumin. Tato přeměna z N-formy na S-formu je způsobena zvýšením pH. Ovoalbumin ovlivňuje fyzikální vlastnosti bílku a také se podílí koagulačních a pěnivých vlastnostech bílku (Yamamoto, 1997).

Ovotransferin je glykoprotein skládající se z jednoho polypeptidového řetězce 686 aminokyselin. Jeho charakteristickou vlastností je schopnost vázat kationtů kovů. Jedná se především o železo a dále také o měď, zinek nebo hliník (Cheung, 2015). Při vázání těchto komplexů kovů na ovotransferin občas dochází ke změně barvy proteinu v závislosti, jaký kationt se navázal. Při navázání kationtů železa se jedná o načervenalou barvu. V případě navázání kationtů mědi pak o barvu žlutou. Při navázání kationtů kovů se mění také fyzikálně chemické vlastnosti ovotransferinu. Například se zvyšuje teplota potřebná pro pasterizaci a zvyšuje se jeho odolnost vůči proteolýze (Yamamoto, 1997).

Ovomukoid je glykoprotein skládající se z 186 aminokyselin. Je odolný vůči trávicím enzymům a také vysokým teplotám (až 100 °C bez jakýchkoliv fyzikálně-

chemických změn). Vysoká termostabilita je přičítána disulfidickým můstkům, kterých ovomukoid obsahuje devět. Ovomukoid je známý pro svou schopnost inhibovat trypsin (Phillips, 2011).

Ovomucin je obsažen ve vaječném bílku v rozmezí 1,5-3,5 %. Jedná se o glykoprotein obsahující vysoký podíl cystinu, kyseliny sialové (4 %) a zbytky kyseliny sírové. Mucinová vlákna jsou zodpovědná za gelovitou strukturu hustého bílku (Simeonovová, 1999). Ovomucin se skládá z rozpustných a nerozpustných složek. Hlavní dvě frakce jsou α -ovomucin a β -ovomucin, lišící se svou molekulovou hmotností a chemickým složením (Abeyrathne, 2013). Ovomucin má dobré pěnicí a emulgační vlastnosti (Cheung, 2015).

Lysozym též známý jako muramidasa či N-acetylmuramová hydroláza zaujímá asi 3,5 % proteinů bílku (Phillips, 2011). Jeho molekulární struktura obsahuje čtyři disulfidové můstky, což mu propůjčuje kompaktní podobu a stabilitu vůči teplu (Cheung, 2015). Odolává teplotám až 100 °C po dobu 1-2 minuty v kyselém prostředí. Má schopnost vytvářet vazby s různými proteiny vajec, jako je ovoalbumin či ovomucin, díky jeho jednoduché struktuře (Yamamoto, 1997). Je schopen lyzovat buněčné stěny bakterií, zejména těch gram pozitivních. Jeho aktivita se uplatňuje jako ochranný mechanismus, který brání pronikání mikroorganismů skrz skořápku vejce ke žloutku a slouží k ochraně embrya v době, kdy ještě není plně vyvinutý imunitní systém (Simeonovová, 1999).

Avidin je glykoprotein zaujímající ve vaječném bílku okolo 0,05 %. Je schopný vázat vitamín biotin do pevného a stabilního komplexu. Slouží jako ochranný protein bílku proti mikroorganismům (Huopalahti, 2007).

Ovoinhibitor je glykoprotein fungující jako inhibitor proteáz. Inhibuje aktivity trypsinu, chymotrypsinu a některých proteináz mikrobiálního původu (Cheung, 2015).

4.2.2 Sacharidy

Sacharidy v bílku vajec jsou rozděleny do dvou forem: volné formy, které tvoří 0,4 % a formy vázané, představující 0,5 % obsahu bílku. Většina volných sacharidů převažuje v podobě glukózy (98 % volných sacharidů). Glukóza ve volné formě se v bílku nachází v množství přibližně 0,4 g. Byly detekovány také stopy fruktózy, mannózy, arabinózy, xylosy a ribózy (Kadlec a kol., 2002; Yamamoto, 1997).

Ve vázané formě se sacharidy vyskytují v glykoproteinech, kde jsou navázány na různé polypeptidové řetězce v různých kombinacích a množstvích. Hlavní složky

zahrnují D-galaktózu, D-manózu, D-glukosamin, D-galaktosamin a kyselinu sialovou (Simeonovová, 1999).

4.2.3 Vitamíny

V bílku se nacházejí vitamíny skupiny B. Konkrétně se jedná o vitamín B1, B2, B6 a B12. Nejvíce zastoupený je vitamín B2 (riboflavin) v množství 0,250-0,450 mg.100 g⁻¹. Vitamín C není v bílku obsažen (Simeonovová, 1999). Ke ztrátám vitamínů zejména B1 a B12 dochází při delším skladování a kulinárních úpravách (Boháčková, 2014).

4.2.4 Minerální látky

Základní minerály bílku vajec jsou: síra, draslík, sodík a chlor. Železo se vyskytuje v stopovém množství (Yamamoto, 1997). Obsah minerálů v bílku kolísá v rozmezí mezi 0,60-0,95 % a je ovlivněn stejnými faktory jako obsah minerálů ve žloutku (Simeonovová, 1999).

5 Fyzikálně-chemické vlastnosti

5.1 Měrná hmotnost

Měrná hmotnost vajec vyjádřená jako poměr hmotnosti k objemu při konstantní teplotě se pohybuje mezi 1,06-1,12 g.cm⁻³ a je ovlivněna tvarem vejce a tloušťkou skořápky. Čerstvá vejce normálního tvaru mají průměrnou měrnou hmotnost kolem 1,095 g.cm⁻³. Během skladování se měrná hmotnost mění v závislosti na podmínkách jako teplota, vlhkost a doba skladování (Simeonovová, 1999; Steinhauserová, 2003).

5.2 Bod mrznutí

Bod mrznutí žloutku leží v rozmezí -0,585 až -0,617 °C, zatímco bod mrznutí bílku se pohybuje mezi -0,442 až -0,465 °C. Úbytek CO₂ ovlivňuje bod mrznutí. V průběhu prvních 12 hodin po snesení vajec dochází k rychlému úbytku CO₂, což vede k největším změnám bodu mrznutí (Simeonovová, 1999). Steinhauserová (2003) uvádí, že při zmrazovací teplotě -6 °C získává žloutek gelovitou konzistencí. Dále dodává že přidání cukru nebo soli ovlivňuje hodnotu bodu mrznutí, posouvajíc ji na nižší teplotu.

5.3 Index lomu

Simeonovová (1999) a Steinhauserová (2003) se shodují že index lomu se používá k určení koncentrace rozpustných látek bílku i žloutku a lze s ním také měřit obsah sušiny. Dále se shodují, že index lomu při 25 °C je u žloutku 1,4185 a bílku 1,3562.

5.4 Hodnota pH

Čerstvě snesená vejce mají pH bílku okolo 7,6 a žloutku 6,0. Během skladování se pH bílku i žloutku mění. U bílku se zvyšuje až na 9,7 kvůli uvolňování CO₂ rozpuštěného v bílku. Ve žloutku se pH mění méně, dosahuje hodnot 6,3-6,8 díky zvyšování koncentrace amoniaku z proteinů v průběhu stárnutí (Kadlec a kol., 2002). Rychlost těchto změn pH je závislá na podmínkách skladování, především na teplotě (Simeonovová, 1999).

5.5 Viskozita

Viskozita bílku a žloutku je závislá na široké škále faktorů. Mezi ně patří: stáří vajec, pH, obsah vody, střiživé síly a měrná hmotnost. Významným faktorem pro viskozitu bílku je obsah lysozymu, který vytváří komplexy s ostatními proteiny v bílku. Na viskozitu žloutku má vliv podíl bílku, který se do žloutku dostává při vytloukání (Steinhauserová, 2003).

5.6 Povrchové napětí

Proteiny a fosfolipidy obsažené ve vaječném žloutku jsou odpovědné za snížení povrchového a mezifázového napětí, což je podstatou emulgačních schopností žloutku. Při teplotě 25 °C dosahuje povrchové napětí žloutku hodnoty 0,44 N·m⁻¹ a bílku pak 0,499 N·m⁻¹ (Steinhauserová, 2003).

5.7 Iontové vlastnosti

Iontová síla závisí na koncentraci různých iontů v roztoku. Ve žloutku a bílku se výrazně liší koncentrace kladných a záporných iontů. Ve žloutku dominují anionty, zatímco v bílku převažují kationty. Hodnoty iontové síly jsou poměrně stabilní jak ve žloutku, tak v bílku. Iontová síla slouží jako důležitý ukazatel při určování stability proteinů bílku v roztoku (Steinhauserová, 2003; Simeonovová, 1999).

6 Funkční vlastnosti vajec

Guerrero-Legarreta (2010) popisuje funkční vlastnosti jako: jakoukoliv vlastnost kromě nutričních atributů, která ovlivňuje užitečnost ingredience v potravinách.

Kadlec a kol. (2002) řadí mezi základní funkční vlastnosti vajec:

- tvorbu gelu;
- tvorbu pěny;
- emulgační vlastnosti;
- zvyšování nutriční hodnoty (tzv. funkční potraviny).

V potravinářském průmyslu jsou nejdůležitější a nejčastěji využívané funkční vlastnosti vajec – teplem indukovaná tvorba gelu, pěnotvorné schopnosti vaječného bílku a emulgační schopnosti vaječného žloutku (Yamamoto, 1997). Dnes existuje řada různých aditiv, kterými lze docílit podobných účinků, ale stále nejsou schopny nahradit komplexní látkové složení, které mají vejce (Simeonovová, 1999). Tyto čtyři základní funkční vlastnosti budou podrobněji popsány v následujících kapitolách.

Vejce nejen že ovlivňují barvu, chuť a vůni potravin, ale také brání krystalizaci a oxidaci. Funkční vlastnosti jsou ovlivněny také podle plemene a věku nosnic, stáří vajec a způsobu, jakým jsou upravována - pasterizace, sušení, zmrazení ad. (Mendelu.cz, nedat. b).

Pokud jde o bílkoviny, jejich funkční vlastnosti jsou hlavně spojeny s jejich fyzikálními, chemickými a konformačními charakteristikami, jako je velikost, tvar, složení a sekvence aminokyselin, čistý náboj a rozložení náboje. Tyto parametry určují jejich hydrofilní či hydrofobní povahu, strukturu sekundární, terciární a kvartérní a také jejich pružnost při změnách prostředí (Ustonol, 2014).

Zde je důležité vysvětlit ještě několik pojmů, které jsou spojeny s proteiny a budou následně používány při popisu funkčních vlastností. Agregace je proces, kdy dochází k interakci mezi proteiny a vytváří se komplexy o vysoké molekulové hmotnosti. Koagulace představuje typ agregace, kde se většinou uplatňují interakce mezi dvěma polymerními molekulami nebo mezi polymerem a rozpouštědlem. Koagulát je obvykle kalný a termoreverzibilní (Simeonovová, 1999). Denaturace proteinů je popisována jako proces způsobující významnou změnu v přirozené struktuře bílkoviny, aniž by došlo ke změně v primární sekvenci aminokyselin (Guerrero-Legarreta, 2010). Dochází však ke změnám fyzikálně-chemických vlastností proteinů, např. elektrického náboje, rozpustnosti či optické otáčivosti (Simeonovová, 1999). Denaturace

může být vyvolána různými fyzikálně-chemickými faktory, včetně tepla, pH, solí a povrchových účinků (Guerrero-Legarreta, 2010). Simeonovová (1999) dodává, že k denaturaci může docházet také při šlehání, míchání a adsorpci na fázovém rozhraní.

6.1 Tvorba gelu

Gel lze definovat jako pevný materiál, který vzniká jako kontinuální síť částic nebo polymerů ponořených ve vodném prostředí rozpouštědla. Tato síť částic či polymerů tvoří kontinuální tuhou strukturu, která má schopnost zadržovat vodu a může vytvářet různé textury (Mine, 2013; Guerrero-Legarreta, 2010; Simeonovová, 1999).

Proces vzniku gelu obvykle zahrnuje tepelnou denaturaci proteinů. Během tohoto procesu se proteiny pod vlivem tepla mění ze své uspořádané struktury na neuspořádanou. Tepelná denaturace vede k rozpadu kovalentních vazeb (s výjimkou disulfidových můstků) a vznikají nové třírozměrné struktury proteinů (Mine, 2013).

Poté dochází k agregaci těchto denaturovaných proteinů do vyšších molekulových komplexů, které mohou vést k tvorbě buď koagula nebo gelu v závislosti na podmínkách. Rozdíl mezi koagulem a gelem spočívá v organizaci struktury těchto shluků proteinů. Gel má uspořádanou strukturu polymerizovaných molekul, zatímco koagulát má spíše náhodnou, neuspořádanou strukturu (Mine, 2013; Guerrero-Legarreta, 2010; Simeonovová, 1999).

Dřívější vědecký pohled považoval vaječný bílek za převážně se skládající z jediné hlavní bílkoviny. Další výzkum v oblasti rozpustnosti bílku pak ukázal, že je to spíše směs frakcí proteinů s rozdílnými vlastnostmi. Ovoalbumin, ovotransferin, ovomukoid a další tvoří hlavní procentuální zastoupení v bílkovinách vaječného bílku, kde každý protein má svou specifickou odolnost vůči teplu a schopnost srážení (Stadelman, 1995).

Tvorba gelu je ovlivňována řadou faktorů, přičemž nejvýznamnější je teplota. Zejména ovotransferin hraje klíčovou roli v procesu koagulace. Ovotransferin funguje také jako ukazatel tvorby gelu a spouští celý proces a následně ho podporuje. Lysozym se při želírování váže vodíkovými můstky na další proteiny, zejména na ovoalbumin. N-ovoalbumin přechází do formy S-ovoalbuminu. Kritickou teplotou pro ztrátu tekutosti vaječného bílku je 60 °C. Denaturace pak u jednotlivých proteinů probíhá při teplotách: ovotransferin (60-65 °C), lysozym (70-75 °C) a ovoalbumin (80-85 °C). Nejpevnější jsou gely mezi 71-83 °C (Phillips, 2011; Simeonovová, 1999).

Dalším důležitým faktorem při tvorbě gelu je koncentrace proteinů. Nižší koncentrace proteinů vyžaduje vyšší teploty zahřátí, což vede k měkčí textuře vytvořeného gelu. Naopak vyšší koncentrace proteinů umožňují tvorbu gelu při nižších teplotách a vedou ke tvrdšímu gelu. Tento jev je spojen s tím, že při vyšší koncentraci proteinů roste počet možností pro vytváření chemické a fyzikálně-chemické vazby mezi molekulami proteinu. Výsledkem je vytvoření gelu s hustší sít'ovou strukturou (Alleoni, 2006; Pour-El, 1981). Byly provedeny experimenty, kde byl rozpuštěn prášek vaječného bílku ve 2% roztoku NaCl a poté byl zahříván na 75 °C po dobu 60 minut. Při koncentraci 10 % dosahovaly gely pevnosti 436 g.cm⁻² zatímco při koncentraci 15 % až 1,062 g.cm⁻² (Alleoni, 2006).

Další faktor ovlivňující schopnost bílku tvořit gel je pH. Při skladování vajec dochází ke změnám v pH – zejména k jeho zvyšování. Zvýšené pH vlivem skladování pak při tepelném zpracování bílku následně vytvoří gel s menší pevností (Yamamoto, 1997). Při hodnotě pH 9,45-9,00 byla větší tvrdost gelu ve srovnání s poklesem pH na rozmezí 7,7-8,1. Protein s-ovoalbumin má schopnost zvyšovat tvrdost gelu, a to zejména při pH kolem 9,0. Naopak, v rozmezí pH od 7,0 do 8,0 dochází k minimálním transformacím ovoalbuminu na s-ovoalbumin (Alleoni, 2006).

Přidáním různých solí a s tím související změna iontové síly má také vliv na formování gelu. Přidání kuchyňské soli (NaCl) do želatiny z vaječného bílku má vliv na pevnost gelu. Nejsilnější gelová struktura byla dosažena při přidání 0,5 % NaCl, ale s rostoucím množstvím soli klesala síla gelu. Přidání soli však nemělo vliv na uvolňování vody. Elektrolyty, jako je NaCl, ovlivňují náboje proteinů čímž dojde ke snížení elektrostatické odpudivé síly mezi nimi. Tím je hydrofobní interakce mezi denaturovanými bílkovinami posílena, což podporuje proces tvorby gelu. Přidání nadměrného množství soli však má opačný efekt (Yamamoto, 1997). Nízké koncentrace CaCl₂ jsou zodpovědné za snížení teploty denaturace ovoalbuminu. Struktura gelů se také měnila přidáním Ca²⁺ kationtů. Pomocí elektronového mikroskopu, bylo zjištěno, že gely vaječného bílku s přítomností Ca²⁺ byly méně homogenní a jejich částice se shlukovaly do náhodných agregátů. Po přidání iontů Fe³⁺ byl pozorován gel s uniformní jemnou strukturou a menšími částicemi. Přidání Fe³⁺ mění také teplotu denaturace ovotransferinu s posunem směrem k vyšším teplotám, čímž brání srážení a zachovává funkční vlastnost, jako je pění (Philips, 2011).

Lepší schopnost tvořit gel má bílek než žloutek a melanz, především kvůli tomu, že neobsahuje lipidy. Schopnost bílku vytvářet gel a vázat vodu

je využívána při výrobě řady různých potravin, např. dortů, dezertů, náplní, pusinek, surimi, pekařských výrobků a uzenin (Guerrero-Legarreta, 2010; Kadlec a kol., 2002).

6.2 Tvorba pěny

Obecně lze říci, že pěna vzniká v důsledku interakce plynné fáze s kapalnou nebo pevnou fází. Schopnost tvořit pěnu vychází ze schopnosti látek snižovat povrchové napětí rozpouštědla, což umožňuje vytváření povrchově aktivní látky. Následně se utváří filmy na povrchu bublin, které se spojují a vytvářejí pěnu (Yamamoto, 1997).

Proces tvorby pěny spočívá v molekulární konfiguraci, kdy proteiny procházejí denaturací a polypeptidové řetězce jsou orientovány dlouhými osami paralelně k povrchu. Tato změna konfigurace vede k vytvoření adsorpčního filmu na povrchu tekutiny, který je klíčový pro stabilitu pěny a odolává vlhkosti, mechanickým vlivům i teplu. Triethylcitrát pak slouží jako podpůrná látka, zlepšující povrchovou denaturaci proteinů (Stadelman, 1995).

Zásadní vlastnosti pěny jsou její objem a stabilita. Objem závisí na schopnosti pěnícího činidla rychle snižovat mezifázové napětí, zatímco stabilita vyžaduje tvorbu viskózního mezipovrchového filmu. Stabilitu pěny ovlivňují různé síly, včetně viskozity kapalné fáze, elektrostatických a sterických sil mezi proteiny. Zároveň mohou destabilizační síly, jako jsou elektrostatické přitažlivosti, odpudivosti a hydrofobní přitažlivosti minimalizovat tvorbu a způsobit rozpad pěny. Přítomnost glykoproteinů a přísad jako je cukr, mohou přispět k viskozitě a stabilitě pěny. Nadměrné šlehání však může vést k nestabilitě pěny kvůli nadměrné nerozpustnosti proteinů na rozhraní (Guerrero-Legarreta, 2010).

Pokud jde o vlastnosti pění a šlehání, jsou vaječné bílkoviny řazeny podle důležitosti následovně: globuliny, ovoalbumin, ovotransferin, lysozym, ovomukoid a ovomucin. Schopnost vaječného bílku tvořit kvalitní pěnu spočívá v přítomnosti různých proteinů, přičemž každý z nich plní specifickou úlohu (Guerrero-Legarreta, 2010). Klíčovou roli v inicializaci pění hrají globuliny obsažené ve vaječném bílku. Pomáhají vytvářet vyšší viskozitu, což minimalizuje únik kapaliny z pěny. Zároveň snižují povrchové napětí, což je zejména výhodné v úvodních fázích pění a podporuje tvorbu drobných bublin a hladkou texturu pěny. Ovomucin, další složka vaječného bílku vytváří film nerozpustného materiálu, který zajišťuje stabilitu pěny. Nicméně přílišný odvod ovomucinu může snížit elasticitu bublin a ovlivnit objem výsledného produktu zejména u koláčů. Další proteiny, například lysozym a konalbumin, plní

své role v procesu pění. Lysozym a globuliny vzájemně interagují a jsou klíčové pro celkový průběh pění. Přebytečné množství ovomucinu nebo globulinů však může negativně ovlivnit objem a stabilitu pěny (Stadelman, 1995).

Faktorů, které ovlivňují kvalitu pěny, je celá řada. Teplota se ukazuje jako důležitý faktor, protože ovlivňuje strukturu proteinů, což má vliv na proces tvorby pěny. Fyzikálně-chemické vlastnosti proteinů, jako je povrchová hydrofobie, hustota náboje a distribuce náboje také ovlivňují vlastnosti pěny. Dalším významným faktorem je koncentrace proteinů, kde vyšší obsah proteinů často vede k tvorbě tlustší vrstvy, což přispívá ke stabilizaci vytvářené pěny. Změny v pH rovněž ovlivňují vlastnosti pěny. I jemné změny pH mohou způsobit částečné rozbalení a opětovné sbalení proteinů, což přináší zlepšení vlastností pěny. Kvalita vajec, zahrnující genetické faktory, věk slepic a podmínky skladování, hraje také svou roli při formování pěny. Pasterizace vajec může měnit dobu šlehání potřebnou k dosažení pěny (Guerrero-Legarreta, 2010).

Simeonovová (1999) uvádí řadu dalších převážně chemických látek a jejich vliv na tvorbu pěny. Přídavek vody může zvyšovat objem pěny, ale vyšší množství (>40 %) může naopak potlačit její tvorbu. Přidání soli (NaCl) může zvýšit objem pěny, avšak za cenu snížené stability a prodloužené doby šlehání. Cukr prodlužuje dobu šlehání, zlepšuje stabilitu pěny, ale naopak snižuje objem pěny. Žloutek snižuje objem pěny, přičemž triacylglyceroly mají větší negativní vliv než cholesterol a fosfolipidy. Povrchově aktivní látky, jako jsou anionty a kationty, mohou zlepšit tvorbu a vlastnosti pěny, zatímco neiontové látky ji mohou spíše poškodit.

Hlavním cílem pěny je dosáhnout kypřicího efektu a vytvořit nadýchanou strukturu v připravovaných výrobcích, ať už jsou zpracovávány za studena, či za tepla. Ideálně by pěna měla mít pravidelnou strukturu s jemně rozptýlenými bublinkami vzduchu, být pevná, pružná a přilnavá. Bílková pěna nachází využití při přípravě různých druhů pokrmů, jako je třeňé a šlehané pečivo, zmrzlina, krémy, dezerty, sladkosti (Kadlec a kol., 2002), koláče, pusinky, sušenky a čokoládové pěny (Li, 2018).

6.3 Tvorba emulze

Emulzi lze definovat jako směs dvou nemísitelných kapalin. Rozlišují se dvě hlavní kategorie emulzí: olej ve vodě (O/V) emulze, kde jsou kapky oleje dispergovány ve vodném prostředí a voda v oleji (V/O) emulze, kde jsou kapky vody rozptýleny v oleji nebo tuku. Většina potravinových emulzí spadá do první kategorie, tedy O/V emulzí (Yamamoto, 1997; Stadelman, 1995).

Emulze představují nestabilní směsi vody a oleje a k jejich vytvoření je často potřebné aplikovat dodatečnou energii, například pomocí homogenizace, šlehání a míchání. Důležitým prvkem jsou emulgátory, jako jsou fosfolipidy a lipoproteiny, které obsahují hydrofobní i hydrofilní část. Tyto emulgátory se adsorbují na rozhraní mezi vodou a olejem, tvoří stabilní film a udržují emulzi pohromadě (Guerrero-Legarreta, 2010; Simeonovová, 1999). Lipoproteiny s nízkou hustotou (LDL) ve žloutku vajec hrají klíčovou roli při emulgaci, zejména díky své proteinové složce. Tyto lipoproteiny podporují vytváření stabilního filmu na rozhraní olej-voda, což je zásadní pro udržení stability emulze (Van Immerseel, 2011).

Faktory jako záhřev, sušení, zmrazení a pH mění strukturu a rozpustnost proteinů, což ovlivňuje emulgační vlastnosti. Lecitin a lysolecitin – na proteiny vázané fosfolipidy – vytvářejí olej ve vodě emulzi, zatímco lipofilní cholesterol tvoří voda v oleji emulzi. Vaječný žloutek, fungující jako emulgátor, může tvořit oba typy emulzí. Vlastnosti emulze vaječného žloutku jsou ovlivněny vzájemným působením lipoproteinů plazmy, livetinu, granulí a obsažených proteinů (Simeonovová, 1999).

Emulgačních schopností žloutku je využíváno při přípravě majonéz, krémů, zmrzlin, těst, omáček, salátových dresinků a dalších výrobků (Steinhausarová 2003; Aluko, 1998).

6.4 Zvyšování nutriční hodnoty (tzv. funkční potraviny)

Funkční potraviny vznikly v reakci na rostoucí povědomí o vztahu mezi stravou a zdravím. První vlna zájmu o tyto potraviny se objevila ve 20. století, ale jejich popularita začala rapidně stoupat v posledních desetiletích. Koncept funkčních potravin se začal formovat v Japonsku v 80. letech 20. století, kdy vláda podporovala výzkum v oblasti potravin s přidanou hodnotou pro zdraví. V té době byly vyvinuty první produkty, které obsahovaly látky jako probiotika a antioxidanty, s cílem poskytnout zdravotní benefity nad rámec běžné výživy. Jedním z příkladů je fermentovaný nápoj s obsahem probiotik, který byl vytvořen v Japonsku v 80. letech. Tento trend se následně rozšířil do dalších částí světa a v posledních letech bylo vyvinuto mnoho dalších funkčních potravin, které zahrnují různé látky, jako jsou omega-3 mastné kyseliny, vláknina, vitamíny a minerály (Perlín, 2012).

Důležitým faktorem pro vznik funkčních potravin je pokrok ve výrobních potravinářských technologiích a procesech, které umožňují obohacování potravin speci-

fickými látkami. Dalším faktorem je genetická modifikace pro zvýšení obsahu prospěšných složek a kombinaci ingrediencí s cílem dosáhnout synergických účinků na zdraví. V současné době jsou funkční potraviny prezentovány jako prostředek k prevenci různých onemocnění, podpora imunitního systému a zlepšení celkového zdraví (Perlín, 2012; Kalač, 2003).

6.4.1 Vejce jako funkční potravina

Kalač (2003) uvádí, že vejce jsou významným zdrojem kvalitních bílkovin, vitaminů a stopových prvků, ale také u nich může být zvýšen obsah specifických látek, jako jsou n-3 mastné kyseliny, karotenoidy, selen a vitaminy E, D, B12. Zvýšení těchto látek ve vejcích je dosaženo přizpůsobením stravy nosnic. Vejce obohacená n-3 mastnými kyselinami, lze dosáhnout přizpůsobením stravy nosnic obsahujících lněný olej, který je bohatý na kyselinu alfa-linolenovou (ALA), avšak její přeměna na požadovanou dekosahexanovou kyselinu (DHA) je v lidském organismu málo efektivní. Účinnější je zkrmování oleje ze sledů, tuňáků a jiných ryb s vysokým obsahem DHA. Je důležité však udržovat určité množství těchto látek v krmivu nosnic, aby nedocházelo k nežádoucímu rybímu pachu žloutku.

Vejce obohacená antioxidanty jako je selen, mohou být získána přidáním tohoto prvku vázaného v organických sloučeninách do stravy nosnic. Přídavek selenu v podobě selenových kvasnic může přispět k zvýšení obsahu selenu ve vejci, což má potenciál kompenzovat nedostatek tohoto minerálu v lidské stravě. Například přidání 0,4 mg selenu na kilogram krmiva vedlo k obsahu kolem 30 µg selenu ve vejci (Kalač, 2003).

Karotenoidy jsou skupinou pigmentů, které poskytují vejci charakteristickou barvu žloutku. Kromě estetického aspektu mají karotenoidy také antioxidační vlastnosti, což znamená, že mohou chránit buňky před poškozením volnými radikály. Obohacení stravy nosnic vhodnými rostlinnými zdroji karotenoidů (zejména kukuřicí) může vést k vyššímu obsahu těchto látek ve vejcích, přičemž například lutein je karotenoidem, který přispívá k zachování zdraví očí (Alagawany, 2018).

Vitamin E, známý také jako tokoferol, je další důležitou složkou, kterou lze zahrnout do stravy nosnic s cílem obohatit jím vejce. Tento vitamin má antioxidační vlastnosti a chrání tuky v těle před oxidací. Kromě toho může podporovat imunitní systém a přispívat k celkovému zdraví kůže a vlasů (Alagawany, 2018; Rizvi, 2014; Surai, 2001).

Existuje i možnost obohatit vejce o další živiny, například kyselinu listovou, vitaminy D a B12. Vývoj krmiv pro nosnice umožňuje výrazné zvýšení obsahu těchto žádoucích složek ve vejcích. Celkově lze konstatovat, že obohacování vajec různými živinami přináší nové možnosti pro zlepšení výživy a zdraví. Tyto obohacená vejce s přidanými látkami jsou již dostupná na zahraničních trzích, přičemž průměrné ceny obohacených vajec dosahují přibližně dvojnásobku oproti ceně standardních vajec (Kalač, 2003).

7 Nutriční vlastnosti vajec

V průběhu posledních desetiletí se díky pokroku ve výzkumu výživy začíná přehodnocovat důležitost vyvážené stravy pro udržení buněčného zdraví, zdraví tkání a celkového růstu. Vajíčka, dlouhodobě zkoumaná pro svůj vysoký obsah cholesterolu, jsou nyní předmětem nového zhodnocení v oblasti výživových věd, přičemž se důraz přesouvá k jejich komplexnímu nutričnímu profilu a potenciálním zdravotním přínosům (Huopalahti, 2007).

Nutriční hodnotu vajec lze zkoumat různými metodami. Jedním přístupem je detailní zobrazení obsahu esenciálních živin na 100 gramů nebo na porci. Nicméně data z různých zdrojů a zemí se mohou lišit kvůli faktorům, jako jsou analytické metody, variace plemen slepic a stravovací návyky. Snahy projektu EuroFIR si kladou za cíl vytvořit standardizované databáze, které poskytnou konzistentní nutriční data v celé Evropě (Huopalahti, 2007).

Výrazněji ilustrativním pohledem je vyjádření obsahu živin jako procenta doporučené denní dávky (DDD). Vajíčka, zejména celá, se vyznačují vysokými hladinami esenciálních živin, jako jsou vitamíny K, B12, selen a cholesterol, spolu s bílkovinami, omega-3 mastnými kyselinami. To naznačuje jejich vysokou nutriční hustotu ve srovnání s energetickým obsahem. Dále je zde hodnocení živin – model pro nutriční hodnocení, který přiděluje body na základě obsahu esenciálních živin v potravinách. Vajíčka obvykle získávají pozitivní hodnocení díky svému bohatému obsahu bílkovin a škále vitamínů a minerálů, což je umisťuje do vyvážené stravy (Huopalahti, 2007). Makroživiny vajec zejména bílkoviny a tuky, významně přispívají k lidské výživě. Vajíčka jsou známa svou vysokou biologickou dostupností bílkovin a profilu esenciálních aminokyselin, což je činí měřítkem kvality bílkovin. Bílkoviny vajec jsou biologicky hodnotnější než bílkoviny masa a mléka. Lipidy vajec převážně obsažené ve žloutku obsahují esenciální mastné kyseliny důležité pro zdraví s optimálním poměrem nenasycených a nasycených mastných kyselin (Míková, 2010).

Obavy spojené s nadměrným příjmem cholesterolu a jeho důsledky na lidské zdraví, vedly ke snížení spotřeby vajec. Výzkum však ukazuje, že cholesterol z vajec má velmi malý vliv na hladiny krevního cholesterolu, a tak nezvyšuje riziko kardiovaskulárních nemocí (Míková, 2010).

7.1 Mikrobiální kontaminace vajec a dopady na lidské zdraví

Mikrobiální kontaminace vajec nastává prostřednictvím dvou hlavních cest: exogenní a endogenní. Exogenní kontaminace se děje průnikem mikroorganismů přes skořápku z okolního prostředí a je ovlivněna úrovní hygieny a čistotou chovu. Na skořápce se obvykle nachází významné množství mikroorganismů, přičemž volně chovaná drůbež má tendenci k vyšší kontaminaci než drůbež chovaná v klecích. Na skořápce může být 10^3 až 10^8 mikroorganismů. Mezi hlavní původce patří různé mikroorganismy typické pro prostředí chovu drůbeže, včetně bakterií, virů, kvasinek a plísní (Kadlec a kol., 2002).

Endogenní kontaminace, na druhé straně, vychází z těla nemocné nosnice, kde mikroorganismy putují krevní cestou do vaječného obsahu. Tato forma kontaminace obvykle zahrnuje patogenní mikroorganismy, jako jsou bakterie a viry. Přestože endogenní kontaminace představuje menší část všech případů, je stále významnou cestou šíření mikroorganismů vajec. Obě tyto cesty kontaminace mohou být problematické, zejména pokud jde o patogenní mikroorganismy, jako jsou různé druhy *Salmonella*. Výskyt těchto patogenů ve vejcích je často spojen s infikovanými nosnicemi a může se vyskytovat jak na skořápce, tak i uvnitř vejce. Salmonelové kontaminace jsou zvláště rizikové pro lidské zdraví a vyžadují opatření k prevenci, včetně správného skladování, vaření a vyhýbání se konzumaci syrových vajec či pokrmů obsahujících syrová nebo nepasterizovaná vejce (Kadlec a kol., 2002).

Salmonelóza je onemocnění, které se obvykle šíří konzumací potravin kontaminovaných salmonelami – bakteriemi z čeledi *Enterobacteriaceae*. Inkubační doba bakterií je 12 hodin až 5 dnů, nejčastěji však 24-48 hodin. Tyto bakterie jsou převážně pohyblivé tyčinky, které mohou způsobit různé formy gastrointestinálních problémů, včetně akutní gastroenteritidy a enterokolitidy. Typické příznaky salmonelózy zahrnují průjemy, často doprovázené horečkou a někdy i zvracením. U citlivých jedinců, jako jsou malé děti, starší lidé nebo jedinci s oslabenou imunitou, může dojít k vážným komplikacím, včetně sepse, která může být život ohrožující. Teplota má zásadní vliv na růst a přežití salmonel. Optimální teplotou pro život salmonel je kolem 37 °C. Ke zničení salmonel je potřeba teploty nad 60 °C. Prevence salmonelózy zahrnuje důkladné vaření potravin a zabránění sekundární kontaminaci během přípravy jídel. Identifikace salmonel je důležitá z hlediska diagnostiky a sledování epidemiologických trendů. Sérotypizace je klíčová pro epidemiologické analýzy a sledování mezinárodního šíření onemocnění (Svscr.cz, nedat.).

Celkově je důležité věnovat zvýšenou pozornost hygieně a správným postupům manipulace s vejci, aby se minimalizovala rizika mikrobiální kontaminace a ochránilo zdraví spotřebitelů.

7.2 Alergie na vejce

Při alergických reakcích na potraviny, jako je alergie na vejce, se imunitní systém těla chová abnormálně vůči běžně přijímaným látkám, což vede k nepřiměřeným imunitním odpovědím a vzniku alergických příznaků. Vejce patří mezi nejčastější potraviny, které vyvolávají alergie zejména u malých dětí (Huopalahti, 2007; bezpečnostpotravin.cz, 2005).

Alergické reakce jsou obvykle zprostředkovány specifickými protilátkami nazývanými imunoglobuliny E (IgE), které se vážou na bílkoviny ve vejcích. Tato vazba spouští uvolňování zánětlivých mediátorů, jako je histamin, což vede k projevům alergických příznaků. Byly zkoumány různé aspekty alergických reakcí na vejce, včetně identifikace hlavních alergenů ve vejcích a jejich molekulárních vlastností. Mezi hlavní alergeny ve vejcích patří ovomukoid, ovoalbumin, ovotransferin a lysozym (Huopalahti, 2007; bezpečnostpotravin.cz, 2005).

Tyto alergeny (vaječné bílkoviny) jsou obvykle odolné vůči tepelnému zpracování a trávicím procesům, což ztěžuje vývoj hypoalergenních potravin pro alergiky. Výzkumníci se zabývají různými metodami snižování alergenicity potravin, včetně tepelného zpracování a enzymatické fragmentace. Tyto postupy mohou pomoci snížit úroveň alergenů ve vejcích a tím i riziko alergických reakcí u citlivých jedinců (Huopalahti, 2007; bezpečnostpotravin.cz, 2005).

7.3 Biologicky aktivní látky ve vejcích a jejich vliv na lidské zdraví

7.3.1 Cholin

Cholin je klíčová látka pro mnoho biologických procesů a poprvé byl izolován z vepřové žluči. Jedná se o sloučeninu se čtyřmi vazbami na dusík. Tvoří základní složku fosfolipidů, jako je lecitin. Je hojně zastoupený v potravinách jako jsou hovězí játra, maso, mléko a vejce (Cheung, 2015). Cholin se nachází ve vaječném žloutku. Vejce se svým obsahem 250 mg cholinu ve 100 g jsou považována za nejlepší přirozený zdroj cholinu. Přestože je tělo schopno syntetizovat si cholin samo, dodatečný příjem z potravy je nezbytný k prevenci některých onemocnění (Wu, 2019).

Cholin se podílí na čtyřech hlavních enzymatických reakcích v těle savců: fosforylaci, oxidaci, acetylaci a výměně základu. Tyto reakce jsou klíčové pro syntézu

fosfatidylcholinu a tvorbu acetylcholinu – nejvýznamnějšího neurotransmiteru nervo-svalových spojení (Cheung, 2015).

Cholin je nezbytný pro růst a vývoj, správnou funkci nervové soustavy a tvorbu membránových fosfolipidů. Jeho nedostatek může vést k různým zdravotním problémům, včetně poruch kognitivních funkcí, vrozených vad nervové trubice, poškození svalů a onemocnění jater. Dále má cholin významný vliv na neurologické funkce, syntézu neurotransmiterů a ochranu před kognitivním postižením (Wu, 2019).

Výzkumy naznačují, že příjem cholinu z potravy, jako jsou vejce, může přispět k ochraně proti kardiovaskulárním onemocněním. Ačkoli existují obavy ohledně vzniku trimethylamin-N-oxidu (TMAO) spojeného s konzumací cholinu, studie ukázaly, že při konzumaci tří vajec denně nedochází k zvýšení hladiny TMAO ani k zvýšenému riziku kardiovaskulárních onemocnění (Wu, 2019).

Během těhotenství je důležité zajistit dostatečný příjem cholinu, který může ovlivnit správný vývoj placenty a neurologické vývojové defekty u novorozenců. Vyšší příjem cholinu během těhotenství může mít dlouhodobé pozitivní účinky na kognitivní funkce dítěte (Wu, 2019).

7.3.2 Imunoglobulin Y (IgY)

Imunoglobulin Y je druh imunoglobulinu, který je transportován z krevního séra nosnic do žloutku vajec. Chemicky se skládá ze dvou těžkých peptidových řetězců a dvou lehkých peptidových řetězců, spojených disulfidickými vazbami. Jeho molekulová hmotnost dosahuje přibližně 180 kDa, což je vyšší než u savčího IgG. IgY se odlišuje od savčího IgG mnoha chemickými a strukturními vlastnostmi, ačkoli je funkčně ekvivalentní savčímu IgG. Má větší molekulovou hmotnost a odlišnou strukturu těžkých řetězců. IgY je relativně tepelně stabilní, i když je vystaven teplotě 65 °C po dobu 30 minut (Cheung, 2015).

Využití IgY je rozsáhlé v lékařství jak u lidí, tak u zvířat, díky několika výhodám. Například žloutek vajíčka je ekonomicky dostupným zdrojem IgY a umožňuje masovou produkci. Výrazná fylogenetická odlišnost mezi kuřaty a savci zajišťuje vysokou specifitu pro cílové proteiny. Důležité je také, že IgY nepůsobí na zánětlivou reakci pomocí savčích Fc receptorů. V posledních dvou desetiletích se IgY masově používají k ochraně zvířat před střevními infekcemi, jako jsou rotaviry a koronaviry, což ukazuje na jejich účinnost a široký potenciál v oblasti léčby (Wu, 2019). Výzkumy naznačují, že IgY protilátky jsou efektivní v neutralizaci patogenů tím, že brání jejich adhezi na povrch buněk, čímž zabrání jejich infekci

(Krejčí a kol., 2017). IgY byly úspěšně použity nejen u zvířat, ale také u lidí, například při léčbě průjmu způsobeného rotaviry. Navíc se ukazuje, že IgY mají ochranný účinek proti několika typům virů chřipky a dalším respiračním infekcím, což zdůrazňuje jejich význam v boji proti virovým onemocněním (Wu, 2019).

IgY se používá v oblasti léčby bakteriálních onemocnění způsobených mikroorganismy, jako je *Escherichia coli* O157:H7 a různých druhů bakterií *Salmonella*. Studie o IgY prokázaly jeho schopnost inhibovat růst patogenů, což nakonec vedlo k jejich smrti (Cheung, 2015).

7.3.3 Lutein

Lutein je rostlinný pigment patřící do skupiny karotenoidů, které jsou známé pro svou přítomnost v ovoci a zelenině. Lutein se však nachází i ve vaječném žloutku do kterého je přenášen díky krmivu kterým jsou nosnice krmeny. Jedná se hlavně o kukuřici a sóju, které lutein obsahují. Lidé nejsou schopni karotenoidy syntetizovat de novo, a proto je lidské tělo závislé na jejich příjmu stravou. Lutein je spolu s beta-karotenem jedním z nejrozšířenějších karotenoidů v potravinách. Chemicky je lutein, spolu se svým strukturálním izomerem zeaxanthinem, derivátem alfa-karotenu. Lutein se nachází v potravinách buď ve volné formě, vázaný na proteiny, nebo esterifikovaný jako monoester nebo diester (Granado, 2003).

Jak už bylo mírně naznačeno dříve obsah luteinu ve vejci lze zvýšit cílenou stravou nosnic, která obsahuje větší množství tohoto karotenoidu. Průměrné množství luteinu v jednom vejci je 0,15-0,25 mg. Byly provedeny dva experimenty ke studiu účinnosti přenosu luteinu z krmiva nosnic do vaječného obsahu. V prvním experimentu krmili výzkumníci slepice směsí obsahující kukuřici a sóju s různými množstvími luteinu. Zjistili, že přidání luteinu do krmiva zvýšilo barvu žloutku vajec během sedmi dní. Množství luteinu ve žloutku se zvýšilo až na 1,5 mg. 60^{-1} .g⁻¹ vajíčka, ale další přidání luteinu již nemělo tak výrazný efekt. Ve druhém experimentu přidali do krmné směsi pro slepice kukuřičnou lepkovou moučku a vojtěšku a zkoumali, jak to ovlivní obsah luteinu ve žloutku. Zjistili, že přidání těchto složek zvýšilo obsah luteinu ve žloutku až na 2,2 mg. 60^{-1} .g⁻¹ vajíčka. Přidání lněného semínka do těchto diet naopak snížilo obsah luteinu ve žloutku (Leeson, 2004).

Lutein a zeaxanthin se selektivně hromadí v různých částech lidského oka a jsou hlavními karotenoidy přítomnými v těchto tkáních. Tyto xantofyly jsou zejména bohaté v centru sítnice (makula) a jsou obvykle označovány jako makulární pigmenty. I když lutein nemá provitaminovou aktivitu, jako některé další karotenoidy, projevuje

několik biologických účinků, které mohou být potenciálně důležité pro lidské zdraví. Mezi tyto účinky patří ochrana makuly, inhibice oxidace LDL a podpora imunitního systému. Epidemiologické studie naznačují spojení mezi množstvím příjmu luteinu a prevencí některých chronických onemocnění, jako jsou kardiovaskulární onemocnění, některé typy rakoviny a věkově podmíněné onemocnění sítnice a šedý zákal. Tyto údaje vedly k zájmu o lutein jako potenciálně prospěšnou fytochemikálii s významem pro lidské zdraví (Granado, 2003).

Závěr

Cílem této práce bylo poskytnout ucelený přehled o obecných, funkčních a nutričních vlastnostech slepičích vajec s ohledem na jejich význam v potravinářství a pro lidskou výživu a zdraví.

V první části byly podrobně popsány obecné vlastnosti slepičích vajec, včetně jejich biologického původu, domestikace a současného stavu chovu kura. Dále byl popsán vznik a vývoj vejce, jeho chemické složení a fyzikálně-chemické vlastnosti. Ve druhé části byly popsány funkční vlastnosti slepičích vajec, včetně principu fungování těchto vlastností. Dále byly uvedeny faktory, které mohou ovlivnit jejich účinnost. Bylo zmíněno i využití těchto vlastností při výrobě potravin. V poslední části byly uvedeny nutriční vlastnosti slepičích vajec. Byla popsána mikrobiální kontaminace vajec, alergie na vejce a biologicky aktivní látky ve vejcích v kontextu jejich vlivu na lidské zdraví.

Během této práce byly využity metody literární rešerše a kritického zhodnocení, které umožnily analýzu dostupných informací a výzkumných poznatků v této oblasti. Vědecké poznatky a odborná literatura jak tuzemská, tak zahraniční v této oblasti je jednotná a společně se shoduje. V průběhu zpracování práce se často objevovaly mírné odchylky čísel, ale to při zkoumání komplexního biologického objektu, kterým je vejce je samozřejmé. Tyto mírné odchylky lze připsat faktorům jako je věk, výživa, prostředí a plemeno nosnice.

Výsledky této práce poskytují ucelený přehled o vlastnostech slepičích vajec a jejich využití v potravinářském průmyslu, stejně jako o jejich významu v lidské výživě a možných účincích na zdraví.

Závěrem lze konstatovat, že cíl této práce byl naplněn. Poskytla komplexní a současný přehled o daném tématu. Tato práce může posloužit jako podnět pro další výzkum v této oblasti, který by mohl přinést nové poznatky a inovace v potravinářství a dalších odvětvích spojených s využitím slepičích vajec. Možná by takový impulz mohl otevřít cestu pro navazující práce, například diplomové práce, které by se mohly detailněji zaměřit na konkrétní aspekty slepičích vajec a jejich využití.

Seznam použité literatury

Abeyrathne E. D. N. S., Lee H. Y., Ahn D. U. (2013). Egg white proteins and their potential use in food processing or as nutraceutical and pharmaceutical agents. *Poultry Science*, 92(12), 3292–3299. doi:10.3382/ps.2013-03391

Agnvall B., Katajamaa R., Altimiras J., Jensen P. (2015). Is domestication driven by reduced fear of humans? Boldness, metabolism and serotonin levels in divergently selected red junglefowl (*Gallus gallus*). *Biology Letters*, 11(9), 20150509. doi:10.1098/rsbl.2015.0509

Alagawany M., Farag M. R., Dhama K., Patra A. (2018). Nutritional significance and health benefits of designer eggs. *World's Poultry Science Journal*, 74(02), 317–330. doi:10.1017/s0043933918000041

Alleoni, A. C. C. (2006). Albumen protein and functional properties of gelation and foaming. *Scientia Agricola*, 63(3), 291–298. doi:10.1590/s0103-90162006000300013

Anton, M. (2013). Egg yolk: structures, functionalities and processes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(12), 2871–2880. doi:10.1002/jsfa.6247

Arshad M., Mohamed Z., Ahmad S., Ahmad I. (2000). Food and Feeding Habits of Red Junglefowl. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 2000-5-15, 3(6), 1024-1026. doi:10.3923/pjbs.2000.1024.1026

Causey Whittow, G. (2000). *Sturkie's Avian Physiology* [online]. [cit. 21.11.2023]. ISBN 9780127476056. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-747605-6.X5000-7

Červený, Č. (2000). *Veterinární anatomie: základy anatomie domácích ptáků*. Veterinární a farmaceutická univerzita, Brno. ISBN 80-85114-80-1.

Granado F., Olmedilla B., Blanco I. (2003). Nutritional and clinical relevance of lutein in human health. *British Journal of Nutrition*, 90(03), 487. doi:10.1079/bjn2003927

Guerrero-Legarreta, I. (2010). *Handbook of Poultry Science and Technology: Primary Processing*. John Wiley, Hoboken. ISBN 9780470504451.

Huopalahti, R. (2007). *Bioactive egg compounds*. Springer, New York. ISBN 978-3-540-37-83-9.

Cheung, P. C. K. a Mehta, B. M. (ed.) (2015). *Handbook of food chemistry*. Springer, Berlin. ISBN 978-3-642-36604-8.

Kadlec, P. a kol. (2002). *Technologie potravin I*. Vysoká škola chemicko-technologická, Praha. ISBN 80-7080-509-9.

Kalač, P. (2003). *Funkční potraviny: kroky ke zdraví*. Dona, České Budějovice. ISBN 80-7322-029-6.

Laca A., Paredes B., Rendueles M., Díaz M. (2015). Egg yolk plasma: Separation, characteristics and future prospects. *LWT – Food Science and Technology*, 62(1), 7–10. doi: 10.1016/j.lwt.2015.01.048

Laštůvka, Z. (2014). *Zoologie*. Mendelova univerzita v Brně, Brno. ISBN 978-80-7509-188-8.

Ledvinka, Z. a kol. (2009). *Vybrané kapitoly z chovu drůbeže*. Druhé vydání. Česká zemědělská univerzita, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Praha. ISBN 978-80-213-1921-9.

Leeson, S. & Caston, L. (2004). Enrichment of Eggs with Lutein. *Poultry Science*, 83(10), 1709–1712. doi: 10.1093/ps/83.10.1709

Li P., Sun Z., Ma M., Jin Y., Sheng, L. (2018). Effect of microwave-assisted phosphorylation modification on the structural and foaming properties of egg white powder. *LWT - Food Science and Technology*, 97, 151–156. doi: 10.1016/j.lwt.2018.06.055

Marvan, F. (1992). *Morfologie hospodářských zvířat*. Praha. ISBN 80-209-0226-0.

Mine, Y. (2008). *Egg bioscience and biotechnology*. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. ISBN 978-0-470-03998-4.

Mine, Y. a Zhang, H. (2013). Egg Components in Food Systems. *Biochemistry of Foods*, 215–241. doi:10.1016/b978-0-08-091809-9.00005-4

Orel, V. (1959). *Vejce, jejich ošetřování a zpracování*. Státní nakladatelství technické literatury, Praha.

Peters J., Lebrasseur O., Irving-Pease E.K., Paxinos P.D., Best J., Smallman R., Callou C., Gardeisen A., Trixl S., Frantz L., Sykes N., Fuller D.Q., Larson G. (2022). The biocultural origins and dispersal of domestic chickens. doi: 10.1073/pnas.2121978119

Phillips, G. O. a Williams, P. A. (2011). *Handbook of food proteins*. Woodhead Publishing, Philadelphia. ISBN 978-0-85-709363-9.

Pour-El, A. (1981). Protein Functionality: Classification, Definition, and Methodology. *Protein Functionality in Foods*, 1–19. doi:10.1021/bk-1981-0147.ch001

Reece, W. O. (2011). *Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat*. Grada, Praha. ISBN 9788024732824.

Rodriguez-Navarro A. B., Dominguez-Gasca N., Munoz A., Ortega-Huertas M. (2013). Change in the chicken eggshell cuticle with hen age and egg freshness. *Poultry Science*, 92(11), 3026–3035. doi:10.3382/ps.2013-03230

Saláková, A. (2014.) *Hygiena a technologie drůbeže, vajec a zvěřiny*. Veterinární a farmaceutická univerzita, Brno. ISBN 978-80-7305-720-6.

Samaraweera H., Zhang W., Lee E. J., Ahn, D. U. (2011). Egg Yolk Phosvitin and Functional Phosphopeptides-Review. *Journal of Food Science*, 76(7), 143–150. doi:10.1111/j.1750-3841.2011.02291.x

Samková, E. a kol. (2020). *Kvalita vybraných zemědělských produktů*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, České Budějovice. ISBN 978-80-7394-840-5.

Simeonovová, J. a kol. (1999). *Technologie drůbeže, vajec a minoritních živočišných produktů*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno. ISBN 80-7157-405-8.

Skřivan, M. (2000). *Drůbežnictví*. Agrospoj, Praha. ISBN (Brož.).

Stadelman W. J. & Cotterill O. J. (1995). *Egg science and technology*.: Food Products Press, New York. ISBN 1-56022-855-5.

Steinhausarová, I. a kol. (2003). *Produkce a zpracování drůbeže, vajec a medu*. Veterinární a farmaceutická univerzita, Brno. ISBN 8073054620.

Surai, P. & Sparks, N. H. (2001). Designer eggs: from improvement of egg composition to functional food. *Trends in Food Science & Technology*, 12(1), 7–16. doi:10.1016/s0924-2244(01)00048-6

Tůmová, E. (2020). *Chov drůbeže*. Druhé, aktualizované vydání. Profi Press, Praha. ISBN 9788088306054.

Ustunol, Z. (Ed.) (2014). *Applied Food Protein Chemistry*. doi:10.1002/9781118860588

Van Immerseel, F., Bain, M., Nys, Y. (2011). *Improving the safety and quality of eggs and egg products. Egg chemistry, production and consumption*. Woodhead Publishing, Oxford. ISBN 978-1-84569-754-9.

Wu, J. (2019). *Eggs as Functional Foods and Nutraceuticals for Human Health*. The Royal Society of Chemistry. ISBN 9781788012133.

Yamamoto, T. (1997). *Hen eggs: their basic and applied science*. CRC Press. ISBN 978-084-9340-055.

Seznam použité online literatury

Bezpecnostpotravin.cz (2005). *Alergeny z vajec* [online] [cit. 5. 3. 2024]. Dostupné z: <https://bezpecnostpotravin.cz/alergeny-z-vajec/>

Boháčková, B. (2014). *Jak poznáme kvalitu? Vejce*. Sdružení českých spotřebitelů, o.s. pro Českou technologickou platformu pro potraviny, Praha. ISBN 978–80–87719–16–9. Dostupné z: https://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/publikace/2014_SCS_Vejce_web.pdf

Gautier, Z. (2002). *Gallus gallus* [online] [cit. 11. 11. 2023]. Dostupné z: https://animaldiversity.org/site/accounts/information/Gallus_gallus.html

Gupta, A. (2023). *Folliculogenesis in Poultry* [online] Engormix.com [cit. 7. 12. 2023]. Dostupné z: https://en.engormix.com/poultry-industry/poultry-genetics-reproduction/folliculogenesis-poultry_a52180/

Jedlička, M. (2004). *Divoký kur z orientu*. [online] Náš chov [cit. 11. 11. 2023]. Dostupné z: <https://naschov.cz/divoky-kur-z-orientu/>

Jedlička, M. (2022). *Počet nosnic v klecích klesá* [online] Náš chov [cit. 28. 11. 2023]. Dostupné z: <https://naschov.cz/pocet-nosnic-v-klecich-klesa/>

Krejčí, J. (2017). *Vaječná hmota obsahující protilátky IgY specifické proti Clostridium difficile a Clostridium perfringens* [online] Výzkumný ústav veterinárního lékařství [cit. 5. 3. 2024]. Dostupné z: https://www.vri.cz/wp-content/uploads/2021/06/VUVeL-Funkcni_vzorek-5472-Krejci-Vajecna_hmota_obsahujici_protilatky_IgY.pdf

Mendelu.cz (nedat. a). *Základy chovu kura domácího*. [online] web2.mendelu.cz [cit. 15. 11. 2023]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=4584&typ=html

Mendelu.cz (nedat. b). *Zpracování zemědělských produktů – živočišná část*. [online] web2.mendelu.cz [cit. 15. 11. 2023]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=6326&typ=html

Míková, K. (2010). *Vejce jako vynikající potravina*. [online] nasevejce.cz [cit. 26.2.2024]. Dostupné z: <http://www.nasevejce.cz/o-vejci/vejce-jako-potravina>.

Mikšík, I. (2014). Skořápka vajec. Holýšovský ornitologický klub [online]. Holýšov: HOK [cit. 24. 11. 2023]. Dostupné z: <http://www.natureblink.com/publikace/sluka2014.pdf>

Ministerstvo zemědělství (2021). *Situační a výhledová zpráva drůbež – drůbeží maso a vejce*. [online] Eagri.cz [cit. 11. 15. 2023]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/portal/-q382425---GpBCy8Bw/situačni-a-vyhledova-zprava>

Musiolková, M. (2017). *Kvalita vajec finálních hybridů nosného typu chovaných v klevcové technologii*. Diplomová práce, Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta. Dostupné z: https://theses.cz/id/swvxif/zaverecna_prace.pdf

Cals.ncsu.edu (nedat.) NC State University. Department of Poultry Science. *Virtual chicken*. [online] [cit. 11. 11. 2023]. Dostupné z: <https://cals.ncsu.edu/prestage-department-of-poultry-science/research/virtual-chicken/>

Perlín, C. (2012). *Funkční potraviny*. [online] Wikiskripta.cz [cit. 1.2.2024]. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Funk%C4%8Dn%C3%AD_potraviny
<https://el.lf1.cuni.cz/p95829551>

Rizvi S., Raza S.T., Ahmed F., Ahmad A., Abbas S., Mahdi F. (2014). The role of vitamin e in human health and some diseases. *Sultan Qaboos Univ Medical Journal*, 157–165. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3997530/>

Svscr.cz (nedat.). Státní veterinární správa. *Salmonelóza* [online] [cit. 5. 3. 2024]. Dostupné z: <https://www.svscr.cz/zivocisne-produkty/onemocneni-z-potravin/salmoneloz/>

Seznam obrázků

Obrázek 1: Stavba slepičího vejce – podélný řez (Musiolková, 2017).....	11
Obrázek 2: Reprodukční trakt nosnice (Gupta, 2023).	14

Seznam použitých zkratek

μm	mikrometr
mg.....	miligram
g.....	gram
kg.....	kilogram
mm	milimetr
cm.....	centimetr
ČR	Česká republika
LDL.....	lipoprotein s nízkou hustotou
HDL.....	lipoprotein s vysokou hustotou
LDLg.....	lipoprotein s nízkou hustotou v granulích
PUFA	polynenasycené mastné kyseliny
ks	kus
cm^3	centimetr krychlový
$^{\circ}\text{C}$	stupeň celsia
$\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$	newton krát metr na mínus první
$\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$	gram krát centimetr na mínus druhou
μg	mikrogram
kDa	kilodalton
