

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BRNO 2017

KLÁRA VINCENTOVÁ

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav Technologie potravin



Ovlivnění jakostních parametrů vajec netradičními krmivy
Bakalářská práce

Vedoucí práce:
doc. Ing. Šárka Nedomová, Ph.D.

Vypracovala:
Klára Vincentová

Brno 2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatelka: **Klára Vincentová**
Studijní program: Chemie a technologie potravin
Obor: Technologie potravin
Název tématu: **Ovlivnění jakostních parametrů vajec netradičními krmivy**
Rozsah práce: 30 – 40 stran

Zásady pro vypracování:

1. Prostudování odborné tuzemské i zahraniční literatury týkající se vlivu netradičních druhů krmiv na jakostní parametry vajec
2. Vypracování literární rešerše se zaměřením na produkci vajec a jejich jakostní znaky ovlivněné různými druhy krmiva
3. Vypracování literární rešerše se zaměřením na vliv krmiva na fyzikální, sensorické, nutriční a jiné jakostní parametry vajec
4. Absolvování pravidelných konzultací, vyhotovení bakalářské práce v požadovaném rozsahu a její odevzdání v termínu dle pokynů vedoucího

Seznam odborné literatury:

1. BELL, D D. *Commercial Chicken Meat and Egg Production*. 5. vyd. Massachusetts: Kluwer Academic Press, 2001. 48 s. ISBN 0-7923-7200-X.
2. SIMEONOVÁ, J. *Technologie drůbeže, vajec a minoritních živočišných produktů*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1999. 241 s. ISBN 80-7157-405-8.
3. SOLOMON, S E. *Egg and Eggshell Quality*. 1. vyd. Ames: Iowa State University Press, 1997. 149 s. ISBN 0-8138-2827-9.
4. ZEMAN, L. – DOLEŽAL, P. – KOPŘIVA, A. – MRKVICOVÁ, E. – PROCHÁZKOVÁ, J. – RYANT, P. – SKLÁDANKA, J. – STRAKOVÁ, E. – SUCHÝ, P. – VESELÝ, P. – ZELENKA, J. *Výživa a krmení hospodářských zvířat*. 1. vyd. Praha: Profi Press, s.r.o., 2006. 360 s. ISBN 80-86726-17-7.
5. *Archiv für Tierzucht-Archives of Animal Breeding*. ISSN 0003-9438.
6. *Journal Animal Science*. ISSN 1525-3163.
7. *Poultry Science*. ISSN 0032-5791.
8. *Czech Journal of Animal Science*. ISSN 1212-1819.

Datum zadání bakalářské práce: říjen 2015

Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2017



Klára Vincentová
Autorka práce





doc. Ing. Šárka Nedomová, Ph.D.
Vedoucí práce


prof. Ing. Alžběta Jarošová, Ph.D.
Vedoucí ústavu


doc. Ing. Pavel Ryant, Ph.D.
Děkan AF MENDELU

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Ovlivnění jakostních parametrů vajec netradičními krmivny vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše

V Brně dne: 24. 4. 2014

.....
Jiroutová

podpis

Poděkování:

Ráda bych poděkovala doc. Ing. Šárce Nedomové, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce.

ABSTRAKT

Bakalářská práce obsahuje problematiku ovlivnění jakostních parametrů vajec netradičními krmivy. Šalvěj (*Salvia hispanica*), světlice (*Carthamus tinctorius*) konopí (*Cannabis sativa*) a kultivované mikrořasy (*Chlorella vulgaris*), (*Isochrysis galbana*), (*Nannochloropsis oculata*), (*Phaeodactylum tricornerutum*) jako krmiva ovlivňující profil polynenasycených mastných kyselin ve vejcích. Aksamitník (*Tagetes erecta*), kurkumua (*Curcuma longa*), rajče (*Solanum lycopersicum*) a kultivované mikrořasy (*Chlorella vulgaris*), (*Nannochloropsis oculata*), (*Phaeodactylum tricornerutum*) jako krmiva obohacující vejce o karotenoidy a přirozená barviva. Maniok (*Manihot esculenta*), česnek (*Allium sativum*), čajovník (*Camellia sinensis*) a vojtěška (*Medicago sativa*) jako krmiva snižující obsah cholesterolu ve vejcích. Selenizovaná řasa (*Chlorella vulgaris*) a bazalka (*Ocimum gratissimum*) jako krmiva zvyšující obsah mikroprvků ve vejcích. Tymián (*Thymus vulgaris*), dobromysl (*Origanum vulgare*), heřmánek (*Matricaria chamomilla*) a máta (*Mentha piperita*) jako krmiva obohacující vejce o antioxidanty.

Klíčová slova: výživa nosnic; karotenoidy; antioxidanty; selen; vápník; jod; polynenasycené mastné kyseliny.

ABSTRACT

This bachelor thesis contains issues affecting quality parameters of eggs with unconventional feed. Chia seeds (*Salvia hispanica*), safflower (*Carthamus tinctorius*) hemp seeds (*Cannabis sativa*) and cultivated algae (*Chlorella vulgaris*), (*Isochrysis galbana*), (*Nannochloropsis oculata*), (*Phaeodactylum tricornutum*) feed, which influences eggs profil of polyunsaturated fatty acids. Marigold (*Tagetes erecta*), turmeric (*Curcuma longa*), tomato (*Solanum lycopersicum*) and cultivated algae (*Chlorella vulgaris*), (*Nannochloropsis oculata*), (*Phaeodactylum tricornutum*) feed, which complements carotenoids and natural dyes to eggs. Cassava (*Manihot esculenta*), garlic (*Allium sativum*), tea plant (*Camellia sinensis*) and lucerne (*Medicago sativa*) feed, which reduces the content of cholesterol in eggs. Selenized algea (*Chlorella vulgaris*) and basil (*Ocimum gratissimum*) feed, which increases the content of mikroelements in eggs. Thyme (*Thymus vulgaris*), oregano (*Origanum vulgare*), chamomile (*Matricaria chamomilla*) and mint (*Mentha piperita*) feed, which increases the content of antioxidants in eggs.

Keywords: feeding laying hens; carotenoids; antioxidants; selenium; calcium; iodine; polyunsaturated fatty acids.

OBSAH

1	ÚVOD	11
2	CÍL PRÁCE	12
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED	13
3.1	Výživa a krmení nosnic	13
3.1.1	Krmné směsi nosnic	14
3.1.2	Hlavní komponenty krmných směsí pro nosnice	15
3.1.2.1	Dusíkaté látky	15
3.1.2.2	Tuky	15
3.1.2.3	Glycidy	16
3.1.2.4	Minerální látky a vitamíny	16
3.2	Slepičí vejce	17
3.3	Jakostní parametry vajec	17
3.3.1	Vnější kvalita vajec	18
3.3.1.1	Hmotnost vajec	18
3.3.1.2	Pevnost skořápky	19
3.3.2	Vnitřní kvalita vajec	20
3.3.2.1	Čerstvost vajec	20
3.3.2.2	Technologická jakost vajec	21
3.3.2.3	Organoleptická jakost vajec	21
3.3.2.4	Nutriční jakost vajec	23
3.3.2.5	Mikrobiologická jakost vajec	25
3.4	Netradiční krmiva	26
3.4.1	Vejce obohacená jodem	27
3.4.2	Vejce obohacená selenem	28
3.4.2.1	Selenovaná řasa chlorella	29

3.4.3	Vejce obohacená karotenoidy.....	30
3.4.3.1	Aksamitník vzpřímený	30
3.4.3.2	Kurkuma dlouhá	31
3.4.3.3	Kultivované mikrořasy	32
3.4.3.4	Rajče jedlé	33
3.4.4	Vejce obohacená o PUFA	34
3.4.4.1	Kultivované mikrořasy	36
3.4.4.2	Šalvěj hispánská	37
3.4.4.3	Světlice barvířská	38
3.4.4.4	Konopí seté	38
3.4.5	Vejce se sníženým cholesterolem.....	39
3.4.5.1	Maniok jedlý.....	40
3.4.5.2	Česnek setý	40
3.4.5.3	Čajovník čínský	41
3.4.5.4	Vojtěška setá.....	42
3.4.6	Bylinky v krmné směsi nosnic	42
3.4.6.1	Bazalka vytrvalá	43
3.4.6.2	Tymián obecný	43
3.4.6.3	Dobromysl obecná.....	44
3.4.6.4	Máta peprná	44
3.4.6.5	Heřmánek pravý	45
3.4.6.6	Pískavice řecké seno	45
4	ZÁVĚR	47
5	POUŽITÁ LITERATURA.....	50
6	SEZNAM TABULEK.....	61
7	SEZNAM ZKRATEK.....	63

1 ÚVOD

Role konzumace zdravého jídla se dostává do popředí zájmu spotřebitelů. Jsme to, co jíme a tento fakt věděl již sám Hippokratés, který pronesl jeho slavný výrok: „Jídlo necht' je tvým lékem a lék tvým jídlem“. Výrok zcela vystihuje skutečnost, která by měla být vnímána každým z nás. To je důvodem, abychom konzumovali vejce, jako zdroj vyvážených a nutričně významných látek.

Vejce je spojováno s plodností a začátkem nového života. Žádná jiná potravina, kterou konzumujeme, nemá tolik způsobu využití. Vejce je považováno za nejvíce komplexní potravinu, obsahující vysoce kvalitní podíl bílkovin a vhodný poměr nasycených a nenasycených mastných kyselin. Vejce je vynikajícím zdrojem železa, fosforu a dalších minerálních látek. Ve vejci jsou obsaženy všechny vitamíny, kromě vitamínu C. Navzdory všem komplexním a vyváženým zdrojům živin, které získáváme z vajec standardní kvality, se někteří dnešní producenti snaží o produkci vajec speciální kvality. Příkladem jsou vejce z ekologického chovu nebo obohacená vejce o významné výživové složky, mezi které řadíme omega vejce či selenová vejce. Snaha je také o produkci vajec se sníženým obsahem cholesterolu. Vejce speciální kvality jsou odlišná svou výživovou hodnotou od standardních, která je ovlivňována způsobem chovu a zvláště podávaným krmivům.

Ve své bakalářské práci, na téma ovlivnění jakostních parametrů vajec netradičními krmivy, se zabývám možnostmi využití netradičních krmiv, která nejsou využívána běžně v krmných směsích a mohla by být využita, právě za účelem zvýšení výživových a jiných jakostních parametrů slepičího vejce. Na úvod se věnuji hlavním komponentům krmných směsí, kterými jsou nosnice běžně krmeny a jsou nepostradatelnou součástí jejich stravy a novými technologickými způsoby krmení nosnic dle různých producentů. Dále jsou uváděny jakostní parametry vajec, které jsou nutné pro zhodnocení kvality produkovaných vajec. Hlavní částí práce je věnována uvedením netradičních druhů plodin na základě odborných studií tuzemské i zahraniční literatury, které mohou být zakomponovány do krmných směsí a zvyšovat kvalitativní parametry vajec. Důraz je kladen na plodiny, které pomáhají modifikovat obsah cholesterolu, mikroprvků a polynenasycených mastných kyselin. Uvedeny jsou plodiny, které se dají využít, jako možné zdroje přírodních barviv vaječného žloutku místo syntetických a jako zdroje antioxidantů, které prodlužují čerstvost vajec.

2 CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce je vypracování literární rešerše se zaměřením vlivu netradičních druhů krmiv na jakostní parametry vajec. Prostudování odborné tuzemské i zahraniční literatury týkající se vlivu různých druhů krmiv na produkci vajec a jejich fyzikální, senzorické, nutriční a jiné jakostní parametry.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Výživa a krmení nosnic

Výživa drůbeže je odlišná od ostatních druhů hospodářských zvířat, zejména díky odlišné anatomii těl a fyziologickým procesům. Znalost správné výživy je důležitým faktorem pro užitkovost nosnic. Cílem odchovu hejna je odchovat zdravé kuřice, které nejsou ztučnělé a brzy po zahájení snášky produkují vejce. Dále je nutné nosnice připravit na dlouhodobou zátěž organismu s vysokou produkcí vaječné hmoty (ZELENKA, 2014). Nevhodné složení krmných směsí limituje užitkovost a omezuje rentabilitu chovu. Snáškoví hybridy ve velkochovech jsou šlechtěni na vysokou produkci vajec, to je důvodem náročnosti na odpovídající kvalitu a koncentraci živin v krmné dávce (ZELENKA a kol., 2007).

Nosnice dosahují v průměru 1,5 – 1,7 kg živé hmotnosti, za jedno snáškové období to bývá běžně 11 měsíců, vyprodukují více než 250 vajec. Jedná-li se o produkci vajec o průměrné hmotnosti 60 gramů, za rok vyprodukuje nosnice 15 kg vaječné hmoty, což je až deseti násobek vlastní váhy. Na vyprodukování jednoho vejce potřebuje nosnice 150 – 210 g krmné směsi a celková spotřeba za snáškové období činí v průměru 40 kg na jednu nosnici. V souvislosti s touto vysokou užitkovostí vyplývá, že výživa nosnic je velmi náročná, ovšem je-li dokonalá a komplexní vede k produkci kvalitních vajec (JAMBOR a VESELÝ, 1992).

Drůbež má jen omezené množství chuťových pohárků, proto vnímají chutě jen omezeně. Reagují nejvíce na kyselá krmiva, málo na slaná a sladká, přednost dávají krmivu s nahořklou chutí. Výběr krmiva je na základě optického vnímání a mechanických receptorů, díky kterým reagují na tvar, velikost, tvrdost a barvu částic krmiva. Důležitý je tvar a velikost granule, drůbež dává přednost nejprve drobnějším granulím, velké zpočátku nepovažuje za krmivo. Atraktivnějšími složkami krmiv jsou ty, které jsou barevnější než ostatní. Toho se využívá u čerstvě vylíhnutých kuřat, které dávají přednost modré a zelené barvě částic krmiva a tak se naučí dříve žrát (ZELENKA, 2014). Různé zbarvení obilky pšenice je podmíněné geneticky, vzhledem k množství antokyanů, které vznikají jako sekundární metabolity flavonoidů. Možné je využití geneticky modifikované pšenice s modrým aleuronem nebo purpurovým perikarpem pro atraktivnost krmiva pro nosnice, ale i jako zdroj antibakteriálních, protizánětlivým

a antioxidačních účinků na organismus nosnice, díky zvýšenému obsahu antokyanů (TROJAN a kol., 2017).

3.1.1 Krmné směsi nosnic

Dnešní moderní šlechtěné nosnice mají vysoký produkční potenciál, proto je vhodně sestavená krmná směs důležitá pro efektivnost produkce. S postupným zlepšováním genofondu se mění i požadavky na obsah živin v krmné směsi, proto je nutné sestavit směs o nejvyšší výživové hodnotě (ZELENKA a ZEMAN, 2006).

Způsob krmení ve velkochovech je prováděno pomocí krmných linek. Požadavkem na krmné linky je zachování kvality krmných směsí. Směsi musí být co nejvíce homogenní bez příliš malých jemných částic ani velmi hrubých. Krmné linky jsou tvořeny příjmovým zásobníkem, tedy venkovním silem, odkud je krmivo pomocí šnekového, spirálového nebo řetězového dopravníku vedeno ke krmítkům, které jsou automaticky plněny a dopraveny k nosnicím (ŠÍSTKOVÁ a kol., 2016).

Společnost De Heus, která má vedoucí postavení v krmivářském průmyslu, přichází na trh s programem na individuální přístup k výživě nosnic pod názvem FIT. Klade důraz na změny krmných směsí během celé produkce, aby nebyla stále stejná a stala se variabilní v závislosti na stáří, kondici a zdravotní stav nosnice. Společnost uvádí, že je nutné při sestavení krmné směsi dbát na všechny údaje o hejnu, jako je průměrná hmotnost produkovaných vajec, průměrná hmotnost nosnic, dále procento snášky a typ chovu (LOHNISKÝ, 2016).

Další nový způsob v krmení nosnic přinesla společnost Nitreco s programem nazvaným Split feeding, neboli dělené krmení. Zaměřuje se na fyziologické potřeby nosnic během celého procesu tvorby vejce. Cílem je nepřetěžovat organismus nosnic a zvýšit jejich užitkovost (MAŠEK, 2014). Podobný způsob krmení uvádí SOLTANMORADI a kol. (2013), který preferuje frekvenci krmení po přesně daných časových intervalech. Nejvyšší produkce vajec se projevuje při krmení nosnic dvakrát za den. Stoprocentní dávka krmné směsi je rozdělena mezi první krmení o dávce 75 % krmné směsi v čase 4.00 hod., a druhé krmení o dávce 25 % krmné směsi v čase 12.00 hod.

3.1.2 Hlavní komponenty krmných směsí pro nosnice

3.1.2.1 Dusíkaté látky

Nenahraditelnou živinou pro drůbež jsou bílkoviny, které jsou zdrojem dusíkatých látek. Bílkoviny jsou organické sloučeniny, bez kterých není možná tvorba vajec. Nejvyšší potřeba bílkovin je u mladé drůbeže, v dospělosti je množství bílkovin závislé na intenzitě snášky. Naopak přebytek bílkovin v krmné směsi negativně ovlivňuje snášku. Jakost bílkovin je dána zastoupením aminokyselin, ze kterých se skládají (ZELENKA a kol., 2007).

Aminokyseliny musí být v krmné dávce přítomny v určitém poměru tak, aby žádná potřebná nechyběla, což by se projevilo snížením účinností krmné dávky, zvýšenou spotřebou krmiva a snížením užitkovosti (KŘÍŽ, 1997a). Existuje 22 aminokyselin, které jsou pro drůbež nepostradatelné. Dělíme je na esenciální, poloesenciální a neesenciální. Mezi esenciální aminokyseliny, které si nosnice nedokáže sama syntetizovat, z důvodu chybějících enzymů transamináz je musíme dodávat v krmivu. Mezi takové AMK patří lyzin a threonin. V omezeném množství si dokáže syntetizovat tryptofan, histidin, fenyloalanin, leucin, izoleucin, valin a arginin (ZELENKA, 2014). Tyto poloesenciální aminokyseliny mohou být organismem syntetizovány, ale jen z prekursorů, kterými jsou některé z aminokyselin neesenciálních (KOČÍ a KOČÍOVÁ, 1999).

3.1.2.2 Tuky

Důležitou složkou pro výživu drůbeže jsou tuky, které jsou hlavním zdrojem energie. Metabolizovaná energie tuku je $36 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$. Kromě energie dodává tuk také chutnost krmiva. Mezi složky krmiva používané jako zdroje tuků jsou rostlinné oleje a tuky živočišného původu. Rostlinné oleje obsahují více nenasycených mastných kyselin, zejména kyselinu linolovou a α -linolenovou, které patří mezi esenciální mastné kyseliny pro nosnice (ZELENKA, 2014). Část nenasycených mastných kyselin se zabudovává přímo do vajec. Při zkrmování těchto krmiv, je nutné dbát na jejich čerstvost, aby nedošlo ke žluknutí tuku. Žluklý tuk způsobuje průjmy, onemocnění jater a neúčinnost vitamínu rozpustných v tucích (KŘÍŽ, 1997a). Předejít oxidaci tuků je možné přidáním antioxidantních látek do krmných tuků (KOČÍ a KOČÍOVÁ, 1999).

3.1.2.3 Glycidy

Část metabolizované energie $13 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ tvoří glycidy, které jsou v krmivech přítomny ve formě škrobu, cukrů, vlákniny a organických kyselin. Trávením glycidů dochází k uvolňování tepla a svalové energie, která je nutná pro životní pochody drůbeže (BRAINER a kol., 2016). Glycidy ve formě škrobu jsou lehce stravitelné, na rozdíl od neškrobových polysacharidů. Celulóza, hemicelulóza, lignocelulóza, pentozany a oligosacharidy nejsou zcela stravitelné. Pro jejich rozklad nemá drůbež potřebné enzymy, ale mohou být rozkládány bakteriemi trávicího traktu.

Doplněním specifických enzymatických preparátů do rostlinných krmiv je možné zlepšit vstřebávání živin a zvýšit užitkovost nosnic (ZELENKA, 2014). Určitá dávka nerozpustné vlákniny je důležitá i v období snášky. HONZÍK (2015), potvrzuje, že krmivo s vyšším obsahem nerozpustné vlákniny stabilizuje trávicí trakt nosnic. Důsledkem toho je sušší podestýlka, tím vyšší welfare nosnic a dokonce se snižuje kanibalismus v chovu.

3.1.2.4 Minerální látky a vitamíny

Mezi nekalorickou část krmiv řadíme minerální látky, které jsou nutné pro tvorbu vaječné skořápky a dalších pevných částí těla nosnice. Mezi makrominerální látky, které se dodávají do krmné směsi, patří hlavně vápník, fosfor, hořčík draslík, sodík a chlór. Nejvíce je v krmných směsích zastoupen vápník a fosfor v poměru 2 : 1 u kuřat a 3 : 1 u dospělých nosnic (ZELENKA a kol., 2007).

Potřeba vápníku je nejdůležitější v počáteční fázi života a v období intenzivní snášky. Vápník se přidává do krmných směsí ve formě krmného vápence, dihydrogenfosforečnanu vápenatého a hydrogenfosforečnanu vápenatého. Nedostatek prvku vede ke zhoršení kvality skořápky. Přebytek vápníku v krmné dávce než je doporučená dávka, zhoršuje využitelnost fosforu, protože metabolismus těchto prvků je úzce spjat (ZELENKA, 2014). Fosfor je obsažen v krmivu rostlinného původu, zejména vázaný na soli kyseliny fytové, ze kterých je fosfor využíván obtížně, proto se do krmiv přidávají průmyslově vyráběné fytázy (KŘÍŽ, 1997a). Fytázy jsou dnes extra dávkovány za účelem úplné eliminace fytátů z krmiva, protože jsou prokázanými antinutričními látkami, které zabraňují nosnicím stravitelnost a využitelnost ostatních živin v krmivu (DJOUVINOV, 2016).

Funkcí hořčíku je aktivace enzymů pro syntézu ATP, DNA, RNA, sacharidů, lipidů a bílkovin. Dostatečný podíl hořčíku je obvykle v základních komponentech. Pokud je ovšem obsah hořčíku v krmné směsi vyšší než 1 %, může docházet ke snížení produkce vajec a ztenčení skořápky (ZELENKA a kol. 2007). Ionty sodík, chlór a draslík plní funkci udržování acidobazické rovnováhy organismu.

Zdrojem sodíku a chlóru je krmná sůl. Přebytek těchto prvků vede k nadměrnému příjmu vody, acidózu organismu, mineralizaci kosti, snižuje využitelnost vitamínu a zhoršuje kvalitu skořápky. Naopak nedostatek snižuje příjem vody, poškozují metabolické funkce a tím snižuje užitek. Hlavní funkcí draslíku je vylučování kyseliny močové z organismu. Dále se účastní metabolismu sacharidů, reguluje nitrobněčný osmotický tlak a ovlivňuje svalovou kontrakci (ZELENKA, 2014). Mezi mikrominerální prvky přidávané do krmných směsí patří převážně mangan, zinek, železo, jod a selen (KŘÍŽ, 1997a).

Krmné směsi jsou obohacovány také vitamíny, zejména se přidává retinol, kalciferol, tokoferol, vitamin K, thiamin, riboflavin, niacin, vitamin B6, kyselina pantotenová, biotin, kyselina listová, kyankobalamin a cholin (ZELENKA, 2014).

3.2 Slepíčí vejce

Dle Nařízení Komise (ES) č. 589/2008, kterým se stanoví prováděcí pravidla k Nařízení Rady (ES) č. 1234/2007 se „vejce“ rozumí – vejce ve skořápce s výjimkou vajec rozbitých, násadových a vařených, snesená slepicemi kura domácího (*Gallus gallus*) vhodná k lidské spotřebě nebo k přípravě výrobků z vajec. Nařízení Rady (ES) č. 1234/2007 stanovuje minimální požadavky, které musí splňovat vejce, aby mohla být uvedena na trh ve Společenství. Na vejce se vztahuje Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 852/2004 o hygieně potravin a Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu.

3.3 Jakostní parametry vajec

Pojmem jakost se dle Zákona č. 110/1997 Sb. rozumí: soubor charakteristických vlastností jednotlivých druhů, skupin a podskupin potravin a tabákových výrobků, jejichž limity jsou stanoveny tímto zákonem, prováděcím právním předpisem nebo přímo

použitelným předpisem Evropského společenství. Ze zákona vyplývá, že jakost je souhrnem požadavků na výrobek, jehož jakostní stupeň je míra shody s požadavky dle legislativy a se standardem (JŮZL a NEDOMOVÁ, 2015). Jakost vajec je posuzována podle charakteristických vlastností, které jsou posuzovány na základě požadavků spotřebitele.

Požadavky na jakost skořápkových vajec a výrobků z vajec, dle české legislativy, udává Vyhláška č. 69/2016 Sb., o požadavcích na maso, masné výrobky, produkty rybolovu a akvakultury a výrobky z nich, vejce a výrobky z nich. Nadřazeným dokumentem pro jakostní znaky vajec důležité pro sběr, třídění vajec a uvádění na trh ve Společenství jsou dány Nařízením Komise (ES) č. 589/2008, kterým se stanoví prováděcí pravidla k nařízení Rady (ES) č. 1234/2007, pokud jde o obchodní normy pro vejce.

Vlivy na jakostní parametry vajec jsou dány genetikou, plemenem, prostředím, věkem a výživou nosnic. Pro produkci vajec volíme plemena výhradně nosného typu, kde jsou využívány meziplemenní a liniovní hybridy. Prostředí produkce vajec musí být čisté, bez faktorů, které by ovlivnily chuť a vůni vejce. Důležitý je zdravotní stav nosnice, zejména na mikrobiální jakost vejce. Vliv krmiva je důležitým faktorem převážně pro výživovou jakost vajec. Stářím vejce je ovlivněna zejména fyzikální, chemická a senzorická kvalita vajec (JŮZL a NEDOMOVÁ, 2015).

3.3.1 Vnější kvalita vajec

Mezi kritéria pro vnější kvalitu konzumních vajec řadíme defekty skořápky, nečistotu skořápky, pevnost skořápky, hmotnost a měrnou hmotnost celého vejce. Nečistota a poškození skořápky patří mezi časté závady konzumních vajec, které způsobují mikrobiologickou kontaminaci a ovlivňují vnitřní jakost vajec (HEJLOVÁ, 2001).

3.3.1.1 Hmotnost vajec

Hmotnost vejce je kvantitativní ukazatel vaječné užitkovosti. Průměrná hmotnost slepičího vejce nosného typu se pohybuje 58 – 63 g. Cílem chovatelů nosnic je vyprodukovat vejce o co nejvyšší hmotnosti a zachovat přitom kvalitu skořápky. Hmotnost vajec je variabilní a ovlivněna především genotypem, stářím nosnice, pořadím

a délkou snůškového cyklu. Důležitá je doba snášky během dne a obsah metabolizované energie v krmné směsi (ZELENKA, 2014).

CHARVÁTOVÁ a TUMOVÁ (2010) uvádí, že hmotnost vajec lze ovlivnit pomocí vhodného obsahu esenciální aminokyseliny methioninu v krmné směsi, uvedeno v tabulce 1. Methionin je obvyklou součástí krmné směsi nosnic, v dávce průměrně 4 g na 1 kg (ZELENKA a kol., 2007). Dokázáno bylo, že tento 0,4% obsah methioninu v krmné směsi je vhodný poměr pro požadovanou hmotnost sneseného vejce (CHARVÁTOVÁ a TUMOVÁ, 2010). Ovšem zvyšování obsahu dusíkatých látek v krmné směsi musí být opatrné, vzhledem k možnému nebezpečí předávkování nosnic. Při nadměrném příjmu methionu dochází k deaminaci přebytečných aminokyselin, vzniká velké množství amoniaku, snižuje se užitečnost a může vést až k smrti nosnic (ZELENKA a kol., 2007).

Tabulka 1: Vliv přídatku methioninu do krmné směsi nosnic na hmotnost vajec (CHARVÁTOVÁ a TUMOVÁ, 2010).

Methionin	Hmotnost vajec
(%)	(g)
0,22	63,3
0,32	65,0
0,42	65,6

3.3.1.2 Pevnost skořápky

Pevnost skořápky patří k důležitým předpokladům pro kvalitu vajec. Vejce je křehkou komoditou, proto je potřeba striktně kontrolovat kvalitu skořápky. Při poškození skořápky dochází k mikrobiální kontaminaci, z toho plynoucí negativní ovlivnění kvality vejce a způsobení značných ekonomických ztrát. Pevnost je ovlivňována především stářím nosnice a zastoupením minerálních látek v krmné směsi (SOLOMON, 1997).

Vlastnosti skořápky jsou zhoršeny nedostatkem vitamínu D, K a nadbytek NaCl v krmivu. Další příčinou zhoršení kvality skořápky jsou léčiva a pesticidy přijaté krmivem (ZELENKA, 2014). Stárnutím nosnice se také zhoršuje pevnost skořápky a podíl křepů se zvyšuje až o 20 %. Dochází k ukládání jen malého množství vápníku

do vejce, což je způsobené zhoršenou stravitelností vápníku a metabolickým vyčerpáním. Změna výživy a zajištění zlepšení vstřebávání vápníku může tento problém zmírnit, ne však zcela odstranit (SOLOMON, 1997).

JEŽKOVÁ (2016) uvádí, že podávání minerálních látek ve formě chelátů snižuje výskyt křapů a dochází k celkovému zlepšení skořápky. Chelátové formy představují vazbu minerálu na dvě aminokyseliny. Taková forma prochází žaludkem beze změny a celá je vstřebána sliznicí tenkého střeva (GREENWOOD a EARNSHAW, 1997).

3.3.2 Vnitřní kvalita vajec

Mezi ukazatele vnitřní kvality vajec řadíme čerstvost, technologickou jakost, senzoryckou jakost, nutriční jakost a mikrobiologickou jakost. Konzument požaduje, aby vejce vykazovalo vysokou nutriční hodnotu, bylo zdravotně nezávadné a mělo typické organoleptické vlastnosti. Tyto požadavky úzce souvisí se stářím vejce, ve kterém ihned po snesení probíhají nevratné změny vedoucí ke snížení biologické hodnoty vajec. (SIMEONOVÁ a kol., 1999).

3.3.2.1 Čerstvost vajec

Čerstvost vejce je základním ukazatelem jakosti, kterou dělíme podle účelu použití vajec na biologickou a obchodní. Biologická čerstvost vejce je hodnocena na základě schopnosti vývoje zárodku ve vejci. Obchodní čerstvost vejce je charakterizována dle vhodnosti využití vejce pro potravinářské účely (SIMEONOVÁ a kol., 1999).

Čerstvost je hodnocena nedestruktivní metodou, prosvícením pomocí ovoskopu, kde sledujeme velikost vzduchové bubliny. Vzduchová bublina čerstvého vejce by měla být co nejmenší a nepohyblivá (DOSTÁLOVÁ a kol, 2014). Čerstvost vejce hodnocena destruktivní metodou, tedy po roztlučení, se posuzuje na základě výšky hustého bílku a hmotnosti vajec pomocí výpočtu Haughových jednotek. Podle HU se stanoví jakostní třída čerstvosti. Další způsob posouzení stáří vejce je založeno na základě pevnosti žloutkové membrány a hodnoty pH bílku a žloutku. Bílek čerstvého vejce musí být typicky hustý, průhledný a čirý. Stárnutím bílku se uvolňuje oxid uhličitý, což způsobuje řidnutí bílku a pH se mění z původní hodnoty 7,6 až na pH 9,5. Žloutek čerstvého vejce musí být ve středu vejce a nesmí být zřetelně vyvinutý zárodek. Ke změně pH dochází

při stárnutí žloutku z mírně kyselých hodnot (pH 6) na téměř neutrální (pH 6,8) (MÍKOVÁ a DAVÍDEK, 2000).

Čerstvost vajec lze prodloužit také pomocí přidavku antioxidantů do krmných směsí nosnic. Příkladem jsou krmiva obohacená o selen, karotenoidy a bylinky, které jsou bohaté na antioxidanty a významně prodlužují trvanlivost vajec, uvádím v odstavci: 3.4.2.; 3.4.3.; 3.4.6.

3.3.2.2 Technologická jakost vajec

Funkční parametry vajec jsou posuzovány na základě využitelnosti pro výrobu potravin z vajec a vaječných výrobků. Nejčastěji jsou využívány vaječné obsahy získané výtlučkem (SIMEONOVÁ a kol., 1999). Vaječné hmoty se oddělují od skořápek ručně či strojově, dále po výtlučku probíhá filtrace, homogenizace a pasterace. Pasterovaná vaječná hmota se nechává v tekutém stavu nebo se dále konzervuje mražením nebo sušením. Za kvalitní vaječnou hmotu považujeme hmotu dokonale homogenizovanou, s co nejvíce možnou zachovanou barvou, technologickou a nutriční vlastností. Vaječná hmota nesmí obsahovat zbytky skořápek a jiných nečistot (HEJLOVÁ, 2001).

Mezi nejvýznamnější funkční vlastnosti vajec řadíme tvorbu gelu, pěny a emulgační schopnost. Tvorba gelu a pěny je převážně vlastností bílku. Bílková pěna je využívána pro kypřící vlastnosti, které jsou potřebné k nadýchanosti výrobků. Kvalita pěny je závislá na čerstvosti vajec, teplotě šlehání, technice šlehání či přidavku cukru, soli, oleje nebo vody. Žloutek a melanž má také pěnotvorné vlastnosti, ovšem stabilita a šlehatelnost pěny je horší kvůli přítomným lipidům. Žloutek je využíván především jako přírodní emulgátor (SALÁKOVÁ, 2014).

3.3.2.3 Organoleptická jakost vajec

Spotřebitel vyžaduje, kromě vysoké nutriční hodnoty a zdravotní nezávadnosti vajec, také charakteristické smyslové znaky. Organoleptickou jakost hodnotíme u čerstvých a uvařených vajec. Mezi organoleptické vlastnosti, které posuzujeme, patří chuť, vůně, konzistence a barva (HEJLOVÁ, 2001).

Barva bílku je posuzována z hlediska čerstvosti. Čerstvé vejce musí mít po vyklepnutí bílek čirý s nažloutlou až nazelenalou barvou, povolen je mírný zákal. Barva žloutku je významná zejména kvůli požadavkům spotřebitelů, kteří preferují sytě žluté

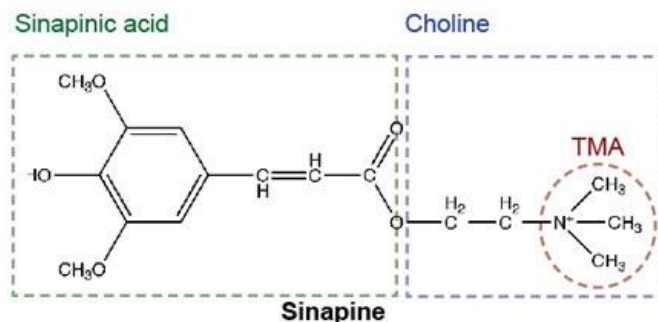
až oranžové zbarvení (SIMEONOVÁ a kol., 1999). Intenzita zbarvení není ukazatelem vyšší nutriční hodnoty dle ZELENKA (2014), jelikož hlavní podíl vybarvení žloutku nesou xantofyly, které nevykazují žádnou vitamínovou aktivitu a zastoupení β -karotenu, provitaminu retinolu je ve žloutku jen malé množství. Míra intenzity zbarvení vaječného žloutku je tedy dána obsahem karotenoidů, které se ukládají do žloutku. Karotenoidy ve žloutku jsou zastoupeny dvěma skupinami pigmentů, xantofyly a karoteny, které jsou syntetizovány v rostlinách, v některých bakteriích, v řasách a houbách (VELÍŠEK, 2002b). Pro spotřebitelsky žádanou barvu žloutku jsou tradičně využívány rostliny obsahující značné množství karotenoidů, příkladem může být paprika (*Capsicum*), heřmánek (*Calendula*) nebo vojtěška (*Medicago*). Dále jsou využívány synteticky vyráběné deriváty karotenoidů (ENGLMAIEROVÁ, 2016). Netradiční plodiny, které mohou být zakomponovány do krmných směsí, jako zdroje přirozených karotenoidů, uvádím v odstavci: 3.4.3.

Chuť vajec je určena žloutkem, zatímco chuť bílku není nijak typická. Netypickou vůni vajec může způsobit nevhodné skladování vajec, typ používaného krmiva či porucha metabolismu nosnice. Vejce snadno pohlcují pachy z okolí, proto se musí být skladována odděleně od ostatních potravin (HEJLOVÁ, 2001).

Nevhodné krmivo může negativně ovlivnit chuť i vůni. Rybí příchut' a aroma ve vejcích bylo vždy připisováno krmivu s přidavkem rybí moučky. Ovšem některá vejce vykazují rybí chuť a aroma, aniž by se setkali nosnice se stravou z ryb. Rybí aroma je zapříčiněno akumulací trimethylaminu ve žloutku, který vzniká rozkladem prekursorů cholinu, sinapinu a betainu. Nosnice, kterým chybí gen FMO3 (flavin obsahující monooxygenázu), neprodukuje rozkladné enzymy trymethylaminoxidázy, které by trymethylamin dokázali oxidovat na nezapáchající trymethylaminoxid (HONKATUKIA a kol., 2005).

Mezi plodinu způsobující rybí pach vajec patří řepka olejná (*Brassica napus*), která se stává poměrně běžnou součástí krmné směsi nosnic. Obsah sinapinu a glukosinulátů pocházejících z řepkového semene společně s chybějícím FMO3 genem, je příčinou negativního vlivu na sensorickou jakost vajec. Řepkové semeno obsahuje 0,6 až 1,8 % alkaloidu sinapinu, který se skládá z kyseliny sinapinové vázané na cholin. Produktem fermentace sinapinu v tlustém střevě je trimethylamin, viz obrázek 1 (WARD a kol., 2009). LICHOVNÍKOVÁ a kol., (2008) uvádí, že přidavek 80 a 100 g·kg⁻¹ řepkových semen do krmné směsi nosnic, negativně ovlivňuje chuť a celkovou přijatelnost vajec.

Kromě negativního vlivu na senzoričnou jakost vajec snižuje přidavek řepkového semene také hmotnost vajec. Hendrix Genetics company, společnost na šlechtění plemen nosnic, pomocí genetické selekce vytvořila linii nosnic s názvem Hy-Line, které gen FMO3 mají vrozený. Nosnice byly testovány pomocí přidavku řepného semene do krmné směsi. Vejce od této linie nevykazovala nepříjemný rybí zápach (WARD a kol., 2009).



Obrázek 1: Rozklad sinapinu na trimetyhlamin (WARD a kol., 2009)

3.3.2.4 Nutriční jakost vajec

Vejce patří mezi potraviny s vysokým nutričně významných látek obsahem. Lidský organismus dovede využít vejce téměř beze zbytku. Stravitelnost vaječného obsahu je 95 – 98 % z toho stravitelnost žloutku je až 100 % a stravitelnost bílku je 97 % (SIMEONOVÁ a kol., 1999).

Vysokou výživovou hodnotu tvoří především vaječné bílkoviny, které jsou plnohodnotnými zdroji esenciálních aminokyselin pro člověka (BOHÁČKOVÁ, 2014). Hlavním zdrojem cenných bílkovin je bílek, který obsahuje 40 různých proteinů, které jsou řazeny mezi globuliny, glykoproteiny a fosfoproteiny. Obsah proteinů v bílku je až 16 %, ve žloutku 10 – 12 % (HEJLOVÁ, 2001). Proteiny vejce jsou během skladování či kulinární úpravy stabilní, jejich obsah se nemění, pouze se zvyšuje obsah volných aminokyselin (MÍKOVÁ, 2010).

Lipidy vejce jsou obsaženy pouze ve žloutku v emulgované formě (BELL, 2001). Stravitelnost emulgovaných lipidů žloutku je až 96 %, tím se liší od tuku neemulgovaných, které jsou hůře stravitelné (SIMEONOVÁ a kol., 1999). Mezi nutričně významné složené vaječné lipidy patří fosfolipidy, které jsou pro lidský organismus důležité, zejména pro funkci nervových tkání a jako součást biomembrán. S vaječnými lipidy je spojován cholesterol, který bývá hlavním důvodem odmítání

konzumace vajec a dochází tak ke snížení spotřeby vajec. Pro normální funkci lidského organismu a vývoj kuřecího embrya je však cholesterol nezbytnou složkou (BOHÁČKOVÁ, 2014). Obsah cholesterolu ve vejci je variabilní vzhledem ke způsobu chovu, plemeni, intenzitě snášky, stáří nosnice a typu krmiva. Obecně platí, že mladší nosnice produkují více cholesterolu oproti starším, stejně tak nosnice v malochovech produkují více cholesterolu ve vejcích než nosnice z velkochovu (MÍKOVÁ, 2010), srovnání uvedeno v tabulce 2.

Tabulka 2: Ovlivnění obsahu cholesterolu ve vejcích na základě odlišného způsobu chovu a plemene nosnic (MÍKOVÁ, 2010).

Způsob chovu	Linie/Plemeno	Cholesterol (mg·100 g ⁻¹)
Velkochov	Hisex Brown	946
Maločov	Hisex Brown	1196
Velkochov	Lohman Brown	1208
Maločov	Lohman Brown	1720
Maločov	Arakuana	970

Doporučená denní dávka cholesterolu je 300 mg na osobu za den, pro děti a ohrožené osoby 100 mg. Obsah cholesterolu, přepočteno na 100 g vejce, je udáván na 170 – 350 mg. Z toho plyne, že konzumace jednoho vejce představuje 63 – 83 % DDD. Současný denní příjem cholesterolu je v ČR odhadován na 400 – 600 mg na osobu (MÍKOVÁ, 2010).

Důležitou složkou lipidů jsou mastné kyseliny, jejich obsah v jednom vejci představuje průměrně 6 g. Nejvyšší pozornost je věnována polynenasyceným mastným kyselinám řady n-3 a n-6 (GUERERRO-LEGARETTA a kol., 2010). Obě uváděné formy PUFA jsou důležité pro normální činnost fyziologických procesů v organismu zvířat i lidí. Požadovaný poměr mezi n-3 a n-6 by měl být co nejmenší, důvodem je tvorba rozdílných metabolitů eikosanoidů, které mají odlišný účinek na fyziologii člověka. Eikosanoidy vzniklé z n-6, působí prozánětlivě, smršťují cévy a způsobují shlukování trombocytů, kdežto metabolity n-3 jsou eikosanoidy působící protizánětlivě, uvolňují cévy a nevyvolávají shlukování trombocytů. Polynenasycené mastné kyseliny řady n-3 mají vliv na snížení rizika vzniku kardiovaskulárních onemocnění, či jiných chronických

onemocnění (COOREY a kol., 2015). Jednu třetinu lipidů tvoří fosfolipidy, které jsou z nutričního hlediska také významné (GUERERRO-LEGARETTA a kol., 2010).

Ve vejci jsou zastoupeny všechny významné vitaminy, s výjimkou vitamínu C. Ve žloutku najdeme převážně vitaminy rozpustné v tucích, zejména A, D a E. Žloutek je zdrojem cholinu, patřící mezi vitaminy skupiny B, který je nezbytný pro fungování nervových funkcí. V bílku jsou obsaženy vitaminy hydrofilní s nejvyšším zastoupením riboflavinu a kyseliny pantotenové (HEJLOVÁ, 2001). Při skladování a kulinární úpravě zůstávají lipofilní vitaminy téměř stabilní, zatímco u hydrofilních, zejména u thiaminu, kobalaminu a riboflavinu dochází ke ztrátám až 50 % (SIMEONOVÁ a kol., 1999). Minerální látky ve vejci jsou zastoupeny železem, draslíkem, fosforem, vápníkem a zinkem. Mezi významné stopové prvky vejce řadíme selen a jód. (MÍKOVÁ, 2010). O tyto prvky se dnes snaží producenti vejce obohatit, uvedeno v odstavci: 3.4.1; 3.4.2.

Průměrná energetická hodnota vajec (hmotnostní skupiny M) se pohybuje v rozmezí 309 – 326 KJ, což představuje pouze 78 kcal. Podobné hodnoty má například 100 gramů prsního kuřecího či rybího masa, proto je vhodné zařadit vejce do jídelníčku při redukci váhy (BOHÁČKOVÁ, 2014). Hlavním nositelem energie je ze 75 % žloutek. Menší vejce s nižším obsahem bílku a vyšším obsahem žloutku mají vyšší energetickou hodnotu, oproti velkým vejcům s větším podílem bílku (HEJLOVÁ, 2001). Vejce je vhodnou složkou diet, není příliš kalorické a dodává pocit sytosti (BOHÁČKOVÁ, 2014).

3.3.2.5 Mikrobiologická jakost vajec

Vejce jsou citlivé k mikrobiální kontaminaci, díky svému bohatému výživovému obsahu se stávají vhodným potencionálním hostitelem pro růst a rozmnožování patogenů. Při dodržování základních hygienických podmínek jsou vejce bezpečným živočišným produktem. Ke kontaminaci vajec dochází dvěma způsoby, endogenní a exogenní cestou. Vnitřní kontaminace je způsobena přenosem patogenů z krve od nemocné nosnice. K exogenní kontaminaci vajec, dochází vlivem špatné hygieny prostředí a osob, až po snesení vejce (SIMEONOVÁ a kol., 1999).

Primární ochranou vajec je skořápka společně s kutikulou, brání vstupu mikroorganismů do vajec (IMMRSEEL a kol., 2011). Je-li skořápka nedostatečně pevná, může docházet při jejím poškození k exogennímu průniku mikroorganismu. Pevnost skořápky můžeme ovlivnit vyváženým poměrem vitaminů a minerálních látek v krmivu,

převážně je nutná správná funkce metabolismu vápníku v těle nosnice. K exogenní kontaminaci může docházet i při nesprávném mytí vajec a následným poškozením kutikuly, nedokonalou hygienou prostředí nosnice, nesprávnou technologií sběru a zpracování vajec (KŘÍŽ, 1997b).

Druh krmiva přímo neovlivňuje mikrobiologickou jakost vajec. Nepřímo může být ovlivněna zkrmováním krmiv s prokazatelnými projímavými účinky na nosnice, což vede k mokřým podestýlkám a možné kontaminaci vajec. Antimikrobiální látky pro nosnice mohou být přijímány ve stravě pomocí alternativních plodin. Příkladem je použití česneku v krmné směsi, uvedeno v odstavci: 3.4.5.2., za účelem snížení výskytu *E. Coli* v exkrementech a zlepšení imunitního systému nosnic.

3.4 Netradiční krmiva

Krmivářská legislativa patří, vedle legislativy pro potraviny, k nejdůležitějším požadavkům na producenty, v rámci ochrany lidí a zvířat. Krmiva jsou jedním z rozhodujících vstupů ovlivňujících potravinový řetězec a návazně na to zdraví konzumentů.

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 178/2002 definuje pojem „krmivo“ jako látku nebo výrobek, včetně doplňkových látek, zpracované, částečně zpracované nebo nezpracované, určené ke krmení zvířat orální cestou.

Definice netradičního krmiva není zákonem jasně stanovena, použití netradičních krmiv k výživě zvířat musí odpovídat požadavkům ve znění národní legislativy podle zákona o krmivech č. 91/1996 Sb. Krmiva, krmné suroviny a všechny ostatní látky a produkty, doplňkové látky a premixy určené k výživě zvířat zajišťujících produkci potravin, nesmí představovat nebezpečí pro zdraví zvířat, lidí nebo životní prostředí a živočišné produkty získané z těchto zvířat musí být nezávadné a vhodné pro lidskou spotřebu.

Podle daných požadavků považuje ZEMAN a kol. (2006) netradiční krmiva za krmiva:

- a) bezpečná pro zvířata, lidi a životní prostředí,
- b) suroviny, které nejsou využívány běžně pro výživu zvířat,
- c) živočišné produkty těchto zvířat jsou nezávadné pro lidskou spotřebu.

Dle nařízení Komise (ES) č. 589/2008 kterým se stanoví prováděcí pravidla k nařízení Rady (ES) č. 1234/2007 se vejce mohou prodávat s označením údajů, které uvádějí specifické složení použitého krmiva pro nosnice. Jestliže se uvádí způsob krmení nosnic, uplatňují se tyto minimální požadavky:

- A. Obsah obilovin jako přísady ve složení krmiva může být uveden pouze za předpokladu, že obiloviny tvoří minimálně 60 % hmotnosti použité krmné směsi, která může obsahovat nejvýše 15 % vedlejších produktů z obilovin.
- B. Pokud je v označení uvedena konkrétní obilovina, musí tvořit minimálně 30 % použité krmné směsi. Pokud je v označení jmenovitě uvedeno více obilovin, musí každá tvořit minimálně 5 % použité krmné směsi.

3.4.1 Vejce obohacená jodem

Zvířata, která jsou krmena deficitní dávkou jodu nebo se pasou na pastvinách chudých na jod, jsou ohrožené nedostatkem tohoto prvku, který se může projevit zhoršenou kvalitou jejich produktů (LEWIS, 2004). Deficit se projevuje u drůbeže zvětšenou štítnou žlázou a metabolickými poruchami (ZELENKA, 2014). Nedostatek jodu ve výživě člověka je v mnoha zemích světa obvyklý. Pouhých 15 zemí Evropy vykazuje u obyvatel dostatečný příjem jodu ve své stravě. Nedostatek příjmu u lidí může být hlavní příčinou onemocnění endemické strumy, endemického kretenismu a samovolných potratů. Dle vyhlášky č. 450/2004 Sb. je doporučena denní dávka jodu na osobu 150 μg . Nejvíce ohrožení jsou lidé v rozvojových zemích, jejichž denní příjem je pod 90 μg (ANDERSSON a kol., 2007). Programy určené pro likvidaci deficitu jodu, mluví o prevence jeho nedostatku, která spočívá v obohacování potravin tímto prvkem. Takovou vhodnou potravinou by mohla být právě vejce, díky přísadkům jodu do běžného krmiva nosnic (LAURBERG, 2004).

Množství jodu ve vejcích se mění v závislosti na jeho množství příjmu v krmné dávce. Průměrný obsah jodu ve vejcích je udáván průměrně na 500 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty (TRAVNICEK a kol. 2006). KROUPOVA a kol. (1999) doplnila krmnou směs nosnic o 0,3 – 0,7 mg jodu na kilogram krmné směsi. Tímto doplněním byl obsah jodu zvýšen na necelých 2000 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty. OPALINSKI a kol., (2012), zvolil doplnění jodu v krmivu nosnic ve formě jodidu vápenatého v množství 3, 6, 12, a 24 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ krmné

směsi. Výsledkem bylo zvýšení koncentrace jodu ve vaječném žloutku, bílku a celém vejci, úměrně dle zvyšování množství jodu v dietě. Ideální doplnění krmiva v podobě jodidu vápenatého je $3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ krmné směsi. Takovým doplněním dosáhnul průměrné koncentrace $5000 \text{ }\mu\text{g}$ jódu v kilogramu čerstvého žloutku. Při konzumaci obohaceného žloutku je doporučená denní dávka jódu u dospělého člověka kryta z 66%. Podle SUMAIYA a kol. (2016) je vhodná koncentrace $2,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ krmné směsi v podobě I_2 . HERZIG a SUCHÝ (1996) uvádí, že není vhodné zvyšovat obsah jodu ve žloutku nad $2000 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (26% DDD), jelikož jod je přijímán člověkem i v jiných zdrojích potravin a mohlo by dojít naopak k překročení doporučené denní dávky. LICHOVNÍKOVÁ a kol., (2008) přidali do krmné směsi v množství $1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ve formě jodičnanu vápenatého $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$. Tento přídavek pozitivně ovlivnil Haughovy jednotky, hmotnost žloutku, pevnost a tloušťku skořápky.

3.4.2 Vejce obohacená selenem

Selen je esenciálním prvkem pro člověka, je součástí enzymu glutathionperoxidázy, který umocňuje biologický účinek vitamínu E. Glutathionperoxidáza je významný enzym pro zajištění ochrany buněk proti oxidačnímu poškození. Hlavním účinkem je katalýza redukce peroxidu vodíku a hydroperoxidů mastných kyselin glutathionem. U selenu byly zjištěny i určité antikarcinogenní účinky a zmírnění účinku toxicity rtuti či kadmia (VELÍŠEK, 2002c). Stejný biologický význam má nedostatek selenu ve výživě nosnic. Selen se dostává do vajec, z půdy či z plodin obsažených v krmivech. Tyto zdroje jsou na obsah selenu poměrně chudé, proto se nyní chovatelé zvýšeným podílem selenu v krmné směsi snaží produkovat vejce obohacené o selen (ZELENKA a kol., 2007). Povolené množství selenu v krmivech zvířat je $0,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ komplexního krmiva, dle nařízení Evropské Parlamentu a Rady (ES) č. 1831/2003.

Selen je zdrojem antioxidantů pro nosnice a bylo prokázáno, že zvýšená přítomnost selenu ve vejcích zvyšuje trvanlivost vajec. Selen zvyšuje oxidační stabilitu lipidů a zvyšuje tak skladovatelnost vajec. Čerstvost vajec je jeden z hlavních jakostních ukazatelů. Při nedostatku selenu v krmivu nosnic, dochází ke snížení syntézy enzymu glutathionperoxidázy, nedochází tak k rozkladu peroxidů, což vede k tvorbě reaktivních forem kyslíku na dvojně vazby nenasycených mastných kyselin ve vejcích (SKŘIVAN, 2009).

Společnost Lallemand Animal Nutrition obohacovala vejce plemene ISA Brown pomocí přídatku seleničitanu sodného, selenizovanými kvasinkami a dvěma druhy syntetického selenomethioninu. Bylo dokázáno, že všechna vejce nosnic krmena vyššími dávkami selenu vykazovala vyšší hodnoty Haughových jednotek v průběhu skladování. Nejméně podléhají negativním vlivům skladování vejce ze skupiny nosnic, u kterých byly podávány selenizované kvasinky. Při použití kvasinek bylo také zjištěno nejvyšší zvýšení obsahu selenu ve vejcích, ve srovnání dalšími uvedenými přídatky (BAULEZ, 2016). Dle Evropského úřadu pro bezpečnost potravin (EFSA, 2006) jsou selenizované kvasinky *Saccharomyces cerevisiae* považovány za bezpečné a účinné aditivum do krmiv pro všechny živočišné druhy.

3.4.2.1 Selenovaná řasa *chlorella*

Netradičním zdrojem selenu, jódu a vitamínu E je jednobuněčná sladkovodní řasa *chlorella* (*Chlorella vulgaris*).

Obohacená řasa o selen, byla předmětem studie dle SKŘIVAN, (2009) k určení vlivu přídatku řasy na změnu koncentrace selenu v bílku a žloutku. Vliv přídatku *chlorelly* byl srovnán s dalšími zdroji selenu a kontrolním vzorkem. Kromě zvýšení podílu selenu ve žloutku a bílku byly sledovány další parametry kvality, jako je intenzita snášky, hmotnost vajec, pevnost a tloušťka skořápky. *Chlorella* je vhodným zdrojem pro obohacování vajec o selen. Řasa má příznivý vliv na intenzitu snášky a hmotnost vajec. Pevnost skořápky se také zvyšuje, zatímco tloušťka zůstává nezměněna. Z výsledků lze říci, že vyšší využitelnost selenu mají organické sloučeniny selenu než anorganické sloučeniny. Konkrétní hodnoty jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3: Změny jakostních parametrů vajec v závislosti na zdroji selenu (SKŘIVAN, 2009).

Jakostní parametry	Kontrola	Na ₂ SeO ₃	Se-kvasnice	Se-řasa
Hmotnost vajec (g)	62,30	62,70	64,40	65,10
Intenzita snášky (%)	94,40	94,10	94,60	96,50
Tloušťka skořápky (mm)	0,39	0,39	0,39	0,39
Pevnost skořápky (μm)	28,60	29,00	29,80	29,30
Žloutek Se (mg·kg ⁻¹ sušiny)	0,62	0,93	1,48	1,60
Bílek Se (mg·kg ⁻¹ sušiny)	0,58	1,36	2,05	2,13

3.4.3 Vejce obohacená karotenoidy

Karotenoidy jsou přírodní lipofilní pigmenty syntetizovány fotosyntetickými organismy žluté a oranžové, výjimečně žluto-zelené a červené barvy. Většinu karotenoidních látek řadíme do terpenoidů obsahující osm izoprenových jednotek. Barevnost karotenoidů je připisována řetězci konjugovaných dvojných vazeb. Dělíme je na dvě základní skupiny. První skupinou jsou uhlovodíky nazývané karoteny. Druhou skupinou jsou xantofyly, kyslíkaté sloučeniny odvozené od karotenů (VELÍŠEK, 2002b). Dosud je v potravě známo přes šest set karotenoidních barviv, ovšem lidský organismus jich umí zpracovat pouze šest. Mezi takové využitelné karotenoidy patří β -karoten, α -karoten, lutein, lykopen, kryptoxanthin a zeaxanthin (JORDÁN a HEMZALOVÁ, 2001).

Přídavek karotenoidů do krmných směsí, se provádí zejména za účelem ovlivnění barvy žloutku dle požadavků spotřebitelů, kteří preferují spíše tmavší barvu. V základních komponentech krmných směsí, není obsažen dostatek barviv, která by přinesla atraktivnější vybarvení žloutku (ZELENKA, 2014). V intenzivních velkochovech jsou využívány syntetické karotenoidy, zejména kantaxanthiny, které jsou považovány za potencionálně nebezpečné látky pro lidské zdraví a jsou možným zdrojem krystalických usazenin na sítnici (ENGLMAIEROVÁ, 2016). Karotenoidy v krmných směsích také příznivě ovlivňují oxidační stabilitu lipidů vajec a prodlužují jejich čerstvost, což je v zájmu výrobců, prodejců i spotřebitelů (SKŘIVAN a kol., 2015)

Mezi vhodnou alternativou pro obohacení vejce o přírodních karotenoidy, byl zvolen extrakt z aksamitníku, autotrofní řasy a rajče jedlé. Prášek z oddenku kurkumy byl zvolen jako zdroj přirozených pigmentů kurkuminoidů.

3.4.3.1 Aksamitník vzpřímený

Aksamitník vzpřímený (*Tagetes erecta*) je bohatým zdrojem xantofylu luteinu. Sušené květy aksamitníku vzpřímeného obsahují 0,10 – 0,16 % karotenoidů, z toho 90 % tvoří estery luteinu. Extrakcí sušených a rozemletých květů aksamitníku je získáván extrakt oleoresin. Saponifikací extraktu se získává volný lutein (ŠIVEL a kol., 2013). V drůbežářském průmyslu jsou tyto karotenoidy využívány prvotně pro pigmentaci vajec, popřípadě masa. Nyní se dostává do popředí zájmu spíše vliv luteinu na zdraví člověka (ENGLMAIEROVÁ, 2016). Lutein chrání oči před škodlivými radikály vznikajících

působením ultrafialových paprsků, proto je velmi důležitý pro ochranu zraku před degenerací žluté skvrny, což vede k vážnému zhoršení zraku až ke slepotě (JORDÁN a HEMZALOVÁ, 2001). Využitelnost luteinu konzumací vajec je vyšší, než při příjmu luteinu z ovoce či listové zeleniny (ENGLMAIEROVÁ, 2016).

SKŘIVAN a kol., (2015) provedl pokus s přidavkem extraktu aksamitníku na ovlivnění obsahu luteinu a zeaxanthinu ve žloutku. Experiment dokazuje, že přidavek extraktu do krmné směsi nosnic je příčinou zvyšující se koncentrace luteinu a zeaxanthinu ve žloutku, hodnoty jsou uvedeny v tabulce 4.

Tabulka 4: Obsah luteinu a zeaxanthinu ve žloutku nosnic krmných přidavkem aksamitníku (SKŘIVAN a kol., 2015).

Karotenoidy	0	150	350	550	750
(mg·kg⁻¹)	(mg·kg⁻¹)	(mg·kg⁻¹)	(mg·kg⁻¹)	(mg·kg⁻¹)	(mg·kg⁻¹)
Lutein	6,1	9,3	14,5	15,1	15,4
Zeaxanthin	5,9	10,3	14,9	18,9	20,8

3.4.3.2 *Kurkuma dlouhá*

Tropická rostlina kurkuma dlouhá (*Curcuma longa*), je zdrojem přírodních barviv kurkuminoidů. Kurkuminoidy nejsou řazeny mezi karotenoidy, ale patří do skupiny flavonoidů (VELÍŠEK, 2002b). Z oddenků rostliny lze získat žlutý extrakt kurkumin, který se používá v potravinářství jako barvivo mléčných a pekařských výrobků, za účelem zachování jejich čerstvosti a dodání charakteristické chuti (SHARMA a kol., 2005). Kromě barevných vlastností, vykazuje kurkumin také protinádorové a protizánětlivé účinky. Rovněž vykazuje antioxidační vlastnosti v důsledku přítomnosti fenolových sloučenin (GOUVINDARAJAN, 1980).

Na základě těchto vlastností byl proveden výzkum za použití přidavku prášku z oddenků kurkumy do krmiva nosnic. Účelem bylo pozorování změn kvality vajec a možnosti zabudování diketonu kurkuminu do vaječného žloutku. Prášek z kurkumy byl přidán do krmné směsi v různém procentuálním zastoupení. Diketon kurkumin byl úspěšně zabudován do žloutku při přidavku 0,5 % prášku kurkumy v krmné směsi. Dle studie PARK a kol., (2012) byla zaznamenána zvýšená intenzita snášky, intenzivnější

barva žloutku dle stupnice La Roche a byl zaznamenán příznivý vliv na čerstvost vajec vlivem přidavku kurkumy, hodnoty jakostních parametrů jsou v tabulce 5.

Tabulka 5: Vliv přidavku kurkumy do krmné směsi nosnic na jakostní parametry vajec (PARK a kol., 2012).

Jakostní parametry	0 (%)	0,1 (%)	0,25 (%)	0,5 (%)
Intenzita barvy (LR)	8,32	8,40	8,49	8,53
Intenzita snášky (%)	75,95	81,45	79,20	83,71
Haughovy jednotky	67,02	68,88	69,00	69,06

Nebylo potvrzeno, že by přidavek kurkuminu snížil obsah cholesterolu ve vejci (PARK a kol., 2012; KESHAVARZ, 1976). Příznivý vliv přidavku kurkumy 0,5 %, byl také pozorován na změnách při skladování vajec během dvou týdnů, hodnoty jsou uvedeny v tabulce 6.

Doposud nebyl zjištěn přesný mechanismus pozitivního vlivu na změny při skladování vajec, ale vliv je přikládán množství antioxidantů, které plodina přirozeně obsahuje. Z výzkumu lze říci, že kurkuma lze použít jako alternativní zdroj barviv k získání spotřebitelsky žádané barvy žloutku s pozitivním vlivem na skladování vajec (PARK a kol., 2012).

Tabulka 6: Vliv přidavku kurkumy do krmné směsi nosnic na změny HU během skladování vajec (PARK a kol., 2012).

Počet dní	0 (%)	0,1 (%)	0,25 (%)	0,5 (%)
7	40,54	43,78	47,35	46,74
14	27,63	37,05	37,90	38,00

3.4.3.3 Kultivované mikrořasy

Kultivované mikrořasy (*Chlorella vulgaris*), (*Nannochloropsis oculata*) a (*Phaeodactylum tricornutum*) mohou být dalším zdrojem přírodních karotenoidů. Řasy jsou autotrofní mikroorganismy, které syntetizují významné množství karotenoidů (FREDRIKSSON a kol., 2006). *Chlorella* obsahuje zejména lutein, neoxanthin

a violaxanthin. *Phaeodactylum* je významným zdrojem fucoxanthinu a β -karotenu. *Nannochloropsis* obsahuje zejména β -karoten a violaxanthin.

Nejvyšší intenzitu zbarvení žloutku vykazuje přídavek řasy *phaeodactylum*. Použití této řasy, jako zdroje pigmentů do krmné směsi, musí být vyvážené. Přídavek této řasy, může mít za následek až extrémní intenzitu barvy žloutku, která by se mohla stát spotřebitelsky nepřijatelnou. Mírné zvýšení intenzity barvy vykazuje *nannochloropsis*, ovšem jejím přídavkem k zabudování β -karotenu do žloutku nedochází (LEMAHIEU a kol., 2013). SCHATTLERER a BREITHAUPT (2006) potvrzují, že β -karoten se obtížně ukládá ve vaječném žloutku, protože nosnice jsou schopny ihned účinně převést β -karoten na vitamin A. Naopak FREDRIKSSON a kol., (2006), který také obohacoval krmivo o *nannochloropsis* dokázal, že se pomocí této řasy zvyšuje obsah β -karotenu ve vejcích a současně obsah luteinu, zeaxanthinu i kantaxantinu ve vejcích. Při použití přídavku *chlorelly* do krmné směsi naopak dochází k mírnému zesvětlení žloutku a obohacení vejce o karotenoidy je také nepatrné. Přídavek řasy obohacuje vejce významně pouze o lutein (LEMAHIEU a kol., 2013). Lutein má typickou žlutou barvu, což je následkem snížení zarudnutí žloutku při použití *chlorelly*, vysvětluje (GOUVEIA a kol., 1996). (ENGLMAIEROVÁ a kol., 2013) potvrzuje, že přídavek *chlorelly* do krmné směsi, zvyšuje koncentraci luteinu ve vejcích a zároveň obohacuje vejce významně také o zeaxanthin.

3.4.3.4 Rajče jedlé

Rajčata (*Solanum lycopersicum*) jsou vynikajícím zdrojem přirozených karotenoidů, které jsou tvořeny až z 90 % lykopenem, 7 – 10 % β -karotenem a stopovým množstvím luteinu, α -karotenu, zexanthinu. Rajče je také bohaté na vitamíny A, C a E a flavonoidy. Lykopen má silnou antioxidační aktivitu, která chrání buňky před oxidačním poškozením (BURNS a kol., 2003).

AKDEMIR a kol., (2012) dokázal, že vhodným zdrojem alternativního krmiva do krmné směsi je přídavek sušené drcené rajčete. Takové krmivo nevykazuje negativní vliv na senzorickou jakost vajec. V této studii bylo do krmné směsi přidáno 5 a 10 g·kg⁻¹ rajčatového prášku. Nosnice byly takto krmeny po dobu 90 dní, což mělo za následek zvýšení produkce vajec a příjem krmiva. Přídavek se také projevil na zvýšení hmotnosti skořápky, vajec a žloutku. Hodnoty jakostních parametrů jsou uvedeny v tabulce 7.

Tabulka 7: Vliv přidavku rajčete do krmné směsi nosnic na jakostní parametry vajec (AKDEMIR a kol 2012).

Jakostní parametry	0 (g·kg⁻¹)	5 (g·kg⁻¹)	10 (g·kg⁻¹)
Hmotnost vejce (g)	63,730	64,550	66,590
Hmotnost skořápky (g)	6,490	6,790	6,970
Tloušťka skořápky (mm)	0,388	0,389	0,393
Haughovy jednotky	87,920	89,400	88,080
Hmotnost žloutku (g)	16,380	16,590	17,110
Produkce vajec (%)	89,940	91,390	93,110
Příjem krmiva (g/d)	114,900	115,500	116,300

Ve žloutku byl zaznamenán také vyšší podíl lykopenu, β -karotenu, luteinu, vitamínu A a E, hodnoty jsou uvedeny v tabulce 8. Přídavek rajčete příznivě ovlivňuje barvu žloutku, hmotnost vajec a snižuje autooxidaci lipidů ve žloutku, což je prokazatelné na hodnotách snižujícího obsahu malondialdehydu, jako produktu vznikajícího při oxidaci lipidů a uvedených hodnotách Haughových jednotek. S těmito tvrzeními se ztotožňuje také KARADAS a kol. (2006), který potvrzuje pozitivní vliv na čerstvost vajec vlivem přidavku rajčat do krmné směsi.

Tabulka 8: Vliv přidavku rajčete do krmné směsi na obsah karotenoidů, vitamínů a malondialdehydu ve žloutku (AKDEMIR a kol., 2012).

Karotenoidy,	0 (g·kg⁻¹)	5 (g·kg⁻¹)	10 (g·kg⁻¹)
vitamíny a MDA ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)			
β -karoten	172,000	331,000	551,300
Lykopen	-----	6,530	8,050
Lutein	6,850	7,230	9,030
Vitamín A	10,430	10,810	12,110
Vitamín E	137,200	141,200	143,400
MDA	0,335	0,248	0,211

3.4.4 Vejce obohacená o PUFA

Polynenasycené mastné kyseliny mají více než jednu dvojnou vazbu v řetězci. Patří mezi ně též esenciální mastné kyseliny, kyselina linolová a α -linolenová, které jsou nepostradatelnou součástí ve výživě člověka. Většinu polynenasycených mastných kyselin si člověk nedokáže sám syntetizovat, proto musí být přijímány ve stravě

v dostatečném množství (PICKOVÁ, 2010). Polynenasycené mastné kyseliny mají nezastupitelnou funkci v organismu, jelikož jsou prekurzory řady biologicky aktivních látek. Třídíme je dle polohy první dvojně vazby od koncové methylové skupiny, tedy n-3 nebo n-6. Mezi nejvýznamnější n-3 mastné kyseliny, patří kyselina α -linolenová, kyselina eikosapentaenová a kyselina dokosahexaenová. Do skupiny n-6 mastných kyselin je řazena kyselina γ -linolenová, kyselina arachidonová a kyselina linolová (VELÍŠEK, 2002a).

Zdravotní účinky n-3 PUFA jsou obecně uznávány. Doporučená denní dávka, která poskytuje ochranu proti kardiovaskulárním chorobám, by měla být nad 250 mg na osobu. Bohužel ve většině zemí je konzumace doporučené denní dávky n-3 PUFA jen zřídka dodržována. Z tohoto důvodu se základní potraviny obohacují těmito sloučeninami, za účelem zvýšení příjmu. V tomto ohledu je vejce vhodným živočišným produktem k zakomponování n-3 PUFA, jelikož tvoří nedílnou součást lidské stravy (DOSTÁLOVÁ a kol., 2014).

Vaječný n-3 PUFA profil, uvádím v tabulce 9, tento obsah může být změněn prostřednictvím krmiva či krmných aditiv.

Tabulka 9: Zastoupení jednotlivých polynenasycených mastných kyselin ve vejci (SIMEONOVÁ a kol., 1999).

Polynenasycená kyselina	Obsah ve vejci
n-3	(%)
α -linolenová (18 : 3)	3,0
Eikosapentaenová (20 : 5)	0,6
Dokosapentaenová (22 : 5)	0,53
Dokosahexaenová (22 : 6)	3,6

Tradičním n-3 PUFA zdrojem, který se přidává do stravy nosnic je lněné semínko, které je bohaté na kyselinu linolovou, dokosahexaenovou a α -linolenovou, dále bílkoviny, vitamíny i minerální látky. Navzdory příznivému výživovému složení a poměrně nízké ceně, není lněné semeno příliš vhodným zdrojem, uvádí (COOREY a kol., 2015). Důvodem jsou zjištěné projímavé účinky na nosnice, díky vysokému obsahu vlákniny v semenech, což má za následek vyšší vlhkost jejich podestýlek. Krmení lněným semenem se také negativně projevilo na sensorických změnách vajec, zejména netypickou vůní. V semenech byla potvrzena i přítomnost nežádoucích antinutričních

látek, hlavně kyanogenních glykosidů. Alternativně jsou nosnice často krmeny také rybí moučkou, která je bohatá na n-3 PUFA kyseliny s dlouhým řetězcem EPA a DHA. Nevýhodou zkrmování rybí moučky, je ovlivnění sensorické kvality vejce, které by mohlo být cítit rybím zápachem (FRAEYE a kol., 2012).

Nejnovější poznatky o významném zdroji kyseliny eikosapentaenové a dokosahexaenové jsou mikrořasy. Mezi netradiční plodiny, které obohacují vejce o polynenasycené mastné kyseliny, byly zvoleny semena světlice barvířské, šalvěže hispánské a konopí setého.

3.4.4.1 Kultivované mikrořasy

Netradičním zdrojem bohatým na n-3 polynenasycené mastné kyseliny jsou autotrofní mikrořasy (*Chlorella vulgaris*), (*Isochrysis galbana*), (*Nannochloropsis oculata*) a (*Phaeodactylum tricornutum*). Složení PUFA profilu mikrořas je uveden v tabulce 10.

Tabulka 10: Obsah mastných kyselin v jednotlivých druzích mikrořas (LEMAHIEU a kol., 2013).

MK	Ch. vulgaris (mg·100g ⁻¹)	I. galbana (mg·100g ⁻¹)	N. oculata (mg·100g ⁻¹)	P. tricornutum (mg·100g ⁻¹)
Celkem	14,70	31,60	25,10	24,10
ALA	2,750	0,156	0,022	0,048
EPA	0,020	3,520	4,010	2,760
DHA	-----	0,832	-----	0,306
SDA	0,260	1,140	-----	0,037

Nejúčelnějším zdrojem kyseliny α -linolenové je řasa *chlorella* a při jejím podání nosnicím zvyšuje významně podíl této kyseliny ve žloutku. *Chlorella* může být použita jako alternativní zdroj kyseliny α -linolenové místo lněného semínka. Obsah kyseliny eikosapentaenové a dokosahexaenové je zvyšován pomocí řas *isochrysis* a *phaeodactylum* (LEMAHIEU a kol., 2013). Kyselina eikosapentaenová se do žloutku zabudovává především pomocí řasy *nannochloropsis*, díky bohatému zastoupení EPA v její biomase (HAMMERSHOJ, 1995; LEMAHIEU a kol., 2013).

Lze říci, že použití těchto řas jako zdroj n-3 mastných kyselin je vhodné, pokud by byly kombinovány jejich různé poměry při podávání. Strava bohatá na n-3 PUFA má

za následek příznivé snížení poměru mezi n-6 a n-3 PUFA ve žloutku. Nevýhodou je snižující se hmotnost vajec a žloutku přidávkem mikrořas, které pravděpodobně způsobují zhoršení funkce metabolismu estrogenu u nosnic (WHITEHEAD a kol., 1993).

3.4.4.2 Šalvěj hispánská

Semena šalvěje (*Salvia hispanica*), známé též pod názvem chia semínka, jsou zdrojem vlákniny, bílkovin, lipidů, polyfenolových látek a polynenasycených mastných kyselin. Šalvěj hispánská je oblíbeným přídavkem do funkčních potravin a potravinových doplňků. Semena obsahují přirozené antioxidanty, které chrání lipidy semen před oxidací. Olejnatost semen je 20 – 40 % z toho obsah kyseliny α -linolové (n-3) je až 60% a kyseliny linolové (n-6) až 20% (ALI a kol., 2012).

Při zkrmování není ovlivněna senzorická jakost vajec, která bývá ovlivněná při krmení rybí moučkou či lněnými semeny, uvádí ANTRUEJO a kol., (2011). Při přidávku chia semen do krmné směsi nosnic se výrazně zvyšuje obsah kyseliny α -linolenové ve vejcích a to více než při krmení řepkovým či lněným semenem. Přídavek semen snižuje podíl LDL frakce cholesterolu a poměr nasycených a nenasycených mastných kyselin ve vejcích (AYERZA a COATS, 2000). ANTRUEJO a kol., (2011) udává, že 7% přídavek semen do stravy nosnic zvýšil podíl ALA na 4,0 % a při začlenění 28 % semen se podíl ALA zvýšil na 16 % ve žloutku. Tímto tvrdí, že zvyšující se podílem chia semen je závislý na množství semen v krmné dávce. COOREY a kol., (2015) obohatil krmnou směs o semena také v různých podílech (20 %, 30 %, 40 %) a potvrzuje zvyšující se koncentraci ALA ve žloutku při použití chia semen v krmné směsi, ale nepotvrzuje, že by se tento obsah zvyšoval na základě zvyšujícího množství semen, nýbrž na časové délce krmení nosnic těmito semeny. Při dávce 30 % chia semen v krmné směsi se koncentrace ALA ve žloutku z hodnoty 17 mg na 50 g žloutku zvýšila na 321 mg na 50 g žloutku a to v intervalu krmení čtyř týdnů. Zatímco při přidávku 40 % chia semen, stejný počet dní, nebylo pozorováno takové zvýšení ALA ve žloutku jako při 30% dávce. Potvrdil, že ani nejvyšší podíl semen (40 %), kterými obohatil krmnou směs, nezpůsobuje atypickou vůni ani chuť vajec.

3.4.4.3 Světlice barvířská

Světlice barvířská (*Carthamus tinctorius*), patří k netradičním olejninám, které můžeme pěstovat i v našich klimatických podmínkách. O semenech se dá uvažovat jako možném zdroji n-6 PUFA. Olejnatost semen je 45 – 55 %, z toho obsahuje až 80 % kyseliny linolové a 0,2 % α -linolenové. Nasycené mastné kyseliny jsou zastoupeny zejména kyselinou stearovou, palmitovou a olejovou (ZEMAN a kol., 2006). Příznivý je 35% obsah bílkovin v semenech. Neobsahuje látky, které by znehodnocovaly senzoricou jakost vajec. Kyselina linolová ze semen světlice se úspěšně zabudovává do struktury žloutku, ovšem zvyšuje podíl nasycených mastných kyselin na úkor nenasycených mastných kyselin. Pozitivní vliv na snížení LDL cholesterolu ve žloutku, vykazuje 10% přídavek semen světlice do krmné směsi nosnic (HOSSEINI-VASHAN a kol., 2008).

3.4.4.4 Konopí seté

Konopí seté (*Cannabis sativa*) je jednoletá plodina, jejíž semena obsahují 25 % bílkovin, 33 – 35 % oleje, 30 % sacharidů a širokou škálu vitaminů a minerálních látek. Konopný olej obsahuje až 80 % esenciálních mastných kyselin, tedy 60 % kyseliny linolové, 19 % kyseliny α -linolenové, dále pak 1 % γ -linolenové. Poměr n-3 a n-6 v semenech je 3 : 1 (PARKER a kol., 2003).

Podle (SHAHID a kol., 2015) při zahrnutí 25 % konopných semen do diety nosnic, dochází ke snížení cholesterolu a zlepšení podílu esenciálních mastných ve žloutku. Kyselina linolová se ze semen do vaječného žloutku zabudovává přímo, zatímco kyselina α -linolenová se nejprve přeměňuje v játrech nosnice pomocí enzymů na kyselinu eikosapentaenovou a dokosahexaenovou, které se až v této formě zabudovávají žloutku. Pomocí konopných semen se zvyšuje také obsah kyseliny arachidonové ve vejcích, jejímž prekursorem je kyselina γ -linolenová (SHAHID a kol., 2015). Změna profilu mastných kyselin ve vejcích pomocí přídavku konopného semene, je uvedena v tabulce 11.

Tabulka 11: Ovlivnění zastoupení PUFA ve vejcích pomocí přidavku konopného semene do krmné směsi nosnic (SHAHID a kol., 2015).

Konopné semeno	n – 3	n – 6	n – 3 : n – 6
(%)	(mg·g⁻¹)	(mg·g⁻¹)	(mg·g⁻¹)
0	2,66	33,71	16,83 : 1
15	7,79	57,97	8,44 : 1
20	10,29	61,67	6,19 : 1
25	15,11	63,52	4,22 : 1

GOLDBERG a kol., (2012), potvrzuje, že dochází k obohacení vaječného žloutku o CLA, EHA a DHA, ale nepotvrzuje zvýšení obsahu kyseliny arachidonové ve vejcích. Se zvyšující koncentrací konopného semene v krmné dávce, se prokazatelně snižuje obsah cholesterolu u produkovaných vajec. Pravděpodobnými činiteli na snížení cholesterolu jsou fytoosteroly, zejména β -sitosteroly, které jsou přirozeně zastoupeny v konopných semenech (SHAHID a kol., 2015).

3.4.5 Vejce se sníženým cholesterolem

Cholesterol je steroidem s 27 uhlíky v molekule a v organismu je obsažen jako složka lipoproteinů. Často bývá prezentován jako škodlivá látka pro organismus, ale je fyziologicky nepostradatelnou součástí biologických pochodů. Zajišťuje správnou funkci buněčných membrán, tukových membrán, nervových tkání a je prekursorem pro vznik steroidních hormonů, žlučových kyselin a vitamínu D (VELÍŠEK, 2002a). Riziko a zdravotní komplikace konzumenta mohou nastat, při dlouhodobém překračování doporučeného denního příjmu cholesterolu ve stravě. Problémem je způsob vazby cholesterolu v plazmatických lipoproteinech a rozpustnost vzniklých sloučenin. HD lipoproteiny jsou rozpustné v krevní plazmě, zatímco LD lipoproteiny mají omezenou rozpustnost, proto mohou být příčinou aterosklerotických usazenin vedoucí k zúžení až k ucpaní věnčitých tepen vyživujících srdce (HU a kol., 2013).

Cholesterol přijímaný z vejce zvyšuje podíl frakci LDL-1 a LDL-2, ale není příčinou zvyšování frakcí LDL-3 a LDL-7, které jsou hlavní příčinou hrozby kardiovaskulárního onemocnění (FERNANDEZ, 2006). Redukce obsahu cholesterolu ve žloutku, jsou v současné době prováděny na základě genetické selekce nosnic, či podáváním

netradičních krmiv do krmných směsí, obsahující látky snižující cholesterol (ELKIN, 2006).

3.4.5.1 Maniok jedlý

Maniok jedlý (*Manihot esculenta*), známý též pod názvem tapioka, yuca či cassava, je možno využít jako zdroj energie v krmné směsi. Zkrmování manioku nevyvolává negativní jakostní změny vajec ani nesnižuje stravitelnost ostatních živin. Při přidavku 20 % manioku v sušené formě do krmné směsi, dochází ke snížení LDL cholesterolu ve žloutku. Obsah cholesterolu se snižuje na základě vysokého obsahu nerozpustné vlákniny v plodině. Vláknina snižuje tvorbu žlučových kyselin v tenkém střevě. Vláknina se váže na mastné kyseliny a působí proti tvorbě cholesterolu. Neutrálně působí maniok na barvu žloutku, jelikož neobsahuje žádné barevné pigmenty (KHEMPAKA a kol., 2016).

3.4.5.2 Česnek setý

Česnek setý (*Allium sativum*) je využíván v alternativní medicíně jako přírodní antibiotikum a antivirotikum. Obsahuje antioxidační a antihypertenzní látky prospěšné pro správnou funkci organismu člověka i zvířete. Může zlepšovat také imunitní systém nosnic, zejména pokud je pozřen v čerstvém stavu (AMAGASE a kol., 2001). Studie na zvířatech ukázaly, že česnek doplněný v krmných směsích, může inhibovat syntézu cholesterolu a mastných kyselin v játrech (YEH a LIU, 2001).

Studie na ovlivnění jakostních parametrů vajec česnekem byly provedeny v různých formách. Byl použit přídavek česneku ve formě sušeného česnekového prášku (MARSHALL a KOKOETE, 2008) a česnek ve formě fermentovaného extraktu z česneku. (HOSSAIN a kol., 2015). Sušený drcený česnek byl zkoumán na ovlivnění celkového cholesterolu, HDL frakce a LDL frakce ve vaječném žloutku. Studie je založena na základě tvrzení o alicinu, látce způsobující charakteristické aroma česneku, která je aktivní sloučeninou snižující tvorbu a obsah lipidů v krevním séru. Přesný mechanismus účinku alicinu na snižování obsahu lipidů není zcela prozkoumán, pravděpodobným činitelem jsou molekuly síry (YEH a LIU, 2001). Výsledky studie, které jsou uvedeny v tabulce 12, prokázaly možné využití 1 – 2 % česneku v krmivech za účelem snížení celkového cholesterolu, triglyceridů a LDL frakce. Přídavek česnekového

prášku do krmné směsi nosnic zapříčiňuje zvýšení hmotnosti vaječné skořápky, ale snížení hmotnosti žloutku (MARSHALL a KOKOETE, 2008).

Tabulka 12: Vliv přidavku česnekového prášku na množství jednotlivých frakcí cholesterolu ve žloutku (MARSHALL a KOKOETE, 2008).

Frakce cholesterolu (mg·g⁻¹)	0 (%)	1 (%)	2 (%)
Celkový cholesterol	79,33	24,09	22,97
LDL	41,66	13,28	11,90
HDL	37,41	28,75	15,16
Triglyceridy	113,80	102,27	100,87

HOSSAIN a kol. (2016); AO a kol. (2010) přidávali česnek ve formě fermentovaného extraktu z česneku. Přídavek měl za následek zvýšení HU, pravděpodobně díky množství antioxidantů, které jsou v česneku získávány ze selenomethioninu a selenocysteinu. Byl také pozorován zvýšený podíl lymfocytů a imunoglobulinů v krevním séru nosnic, což je předpokladem pro zlepšení funkce jejich imunitního systému. Studie dokazuje, že krmení česnekovým extraktem snižuje zastoupení gramnegativních bakterií *Escherischia coli* ve výkalech nosnic. Žádný vliv na množství nebyl zaznamenán na bakteriích rodu *Lactobacillus*. Důvodem je odlišná citlivost bakterií na síru obsaženou v alicinu, která není pro bakterie mléčného kysání inhibujícím faktorem (REES a kol., 1993).

3.4.5.3 Čajovník čínský

Extrakt z listů čajovníku čínského (*Camellia sinensis*) je možné využít ke snížení LDL cholesterolu ve vaječném žloutku (MARSHALL a KOKOETE, 2008). Změny obsahu cholesterolu ve vaječném žloutku jsou uvedeny v tabulce 13. Extrakt byl podáván nosnicím do čisté vody o procentuální koncentraci 1 a 2 %. Principem snížení hladiny cholesterolu vaječného žloutku, je přítomnost antioxidační látek obsažených v listech čajovníku. Jedná se o polyfenoly, zejména flavonoidy a katechiny. Tyto polyfenoly také chrání LD lipoproteiny před oxidací lipidů atakem volných radikálů. Oxidací LD lipoproteinů může mít za následek vznik aterosklerózy u lidí (ISHIKAWA a kol., 1997). Negativním dopadem přidavku čajovníku na kvalitu vajec je snížení hmotnosti žloutku a tloušťky stěny skořápky (MARSHALL a KOKOETE, 2008).

Tabulka 13: Vliv přidavku extraktu z listu čajovníku do krmné směsi nosnic na obsah cholesterolu ve žloutku (MARSHALL a KOKOETE, 2008).

Cholesterol (mg·g⁻¹)	0 (%)	1 (%)	2 (%)
Celkový cholesterol	79,33	48,70	17,94
LDL cholesterol	41,66	16,96	6,64
HDL cholesterol	37,41	39,44	9,06

3.4.5.4 Vojtěška setá

Vojtěška setá (*Medicago sativa*), obsahuje vyvážený poměr aminokyselin, je bohatým zdrojem vitamínů a minerálních látky. Xantofyly, β -karoteny a flavonoidy zodpovídají za vysoké antioxidační vlastnosti rostliny (AZIZ a kol., 2005).

Vzhledem k vysokému obsahu vlákniny je použití vojtěšky v krmné směsi omezené, proto ve studii na ovlivnění jakostních parametrů vajec pomocí této plodiny dle LAUDADIO a kol. (2014) byla testována vojtěšková moučka s technologicky sníženou vlákninou. Bylo dokázáno, že při zakomponování 15 % vojtěšky do krmné směsi nosnic, dochází ke snížení cholesterolu z původní hodnoty 13,1 mg·g⁻¹ na hodnotu 10,2 mg·g⁻¹ žloutku. Následek snížení cholesterolu ve vejcích je připisován saponinům obsažených v plodině. Saponiny se váží na žluč, která nemůže být zpětně absorbována. Dochází k tvorbě nerozpustných komplexů s cholesterolem, které jsou vylučovány z organismu ven (MOURAO a kol., 2006). GÜÇLU a kol., (2004), uvádí také snížení cholesterolu ve vejcích křepelek (*Coturnix coturnix japonica*) při použití 9 % vojtěšky se standartním obsahem vlákniny. LAUDADIO a kol. (2014), uvádí další pozitivní účinky vojtěšky na kvalitu vajec. Vojtěška zvyšuje koncentrace β -karotenu ve vaječném žloutku z původní hodnoty 153,2 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ žloutku na hodnotu 302,5 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, tím se zvyšuje obsah antioxidantů, což vede ke zvýšení HU (89,71), oproti kontrolnímu vzorku (87,05).

3.4.6 Bylinky v krmné směsi nosnic

Bylinky jsou od pradávna používané k prevenci nebo léčbě chorob lidí i zvířat. Byliny se mohou stát i potencionálním doplňkem krmiv ve výživě drůbeže. Vyznačují se příznivým obsahem vitamínů, minerálních látek, barviv, antioxidantů a aktivních složek stimulující trávicí enzymy. Mnohé z nich mohou nahrazovat antibiotika, která jsou v Evropské unii zakázána používat za účelem zlepšení produkce hospodářských zvířat

nebo kvality jejich produktů. Účinky aktivních látek rostlinného původu, můžeme z bylin získat při podávání do krmiv ve formě sušených celých rostlin či jejich částí nebo ve formě výtažků získanou jejich extrakcí (FRANKIČ a kol., 2009).

3.4.6.1 *Bazalka vytrvalá*

Bazalka vytrvalá (*Ocimum gratissimum*) je bylina pěstovaná zejména v tropických oblastech Asie a Afriky. List bazalky je bohatý na minerální látky, především na vápník (7 %) a fosfor (0,24 %) (BRENES a ROURA, 2010).

Na základě výhodného minerálního složení listů, byla provedena studie, která se zaměřila na zakomponování Ca do vajec, za účelem zvýšení kvality skořápky pomocí přídatku bazalky. NWORGU (2016) obohatil krmnou směs sušenými listy bazalky v dávkách 5, 10 a 15 g pro jednotlivou nosnici ve tří denních intervalech. Pokus byl proveden třikrát na sedmi nosnicích, které byly takto krmeny celkem 8 týdnů. Přídatkem listů bazalky do krmné směsi, dochází k obohacení skořápky o vápník, což vede ke zvětšení tloušťky a zvýšení hmotnosti skořápky, hodnoty jsou uvedeny v tabulce 14. Vejce vykazovala též vyšší hmotnost oproti kontrolnímu vzorku, ovšem negativní vliv byl sledován na Haughových jednotkách, jejíž hodnota poklesla na 58,74 (10 g), oproti kontrolnímu vzorku 88,03 (0 g).

Tabulka 14: Vliv přídatku sušených listů bazalky do krmné směsi nosnic na kvalitativní parametry skořápky (NWORGU, 2016).

Kvalitativní parametry skořápky	0 (%)	5 (%)	10 (%)	15 (%)
Obsah Ca ve skořápce (%)	40,70	46,60	46,45	46,49
Hmotnost skořápky (g)	4,75	4,56	5,03	4,64
Tloušťka skořápky (mm)	19,44	21,7	20,33	20,44

3.4.6.2 *Tymián obecný*

Tymián obecný (*Thymus vulgaris*) obsahuje aktivní složky stimulující trávicí enzymy, jako jsou amylázy, proteázy a lipázy, což má pozitivní vliv na zlepšení vstřebávání živin organismem (BRENES a ROURA, 2010).

ABDEL-WARETH a kol., (2013) provedli experiment pomocí celé sušené byliny, kterou přidali v dávce 10, 20 a 30 g·kg⁻¹ krmné směsi. Vliv přídatku tymiánu se projevil hlavně lepší konverzí krmiva, zvýšenou hmotností vajec a zvýšením HU 76,196

(0 g·kg⁻¹); 77,677 (10 g·kg⁻¹); 80,477 (20 g·kg⁻¹); 84,100 (30 g·kg⁻¹). Lepší oxidační stabilita žloutku je připisována zejména látkám thymolu a karvakrolu, které jsou hojně obsaženy v silicích tymiánu. Přídavek tymiánu vykazuje snížení HDL a LDL cholesterolu v krevním séru nosnic, ale negativně ovlivňuje tloušťku skořápky. S tvrzením této studie se ztotožňuje MANSOUB (2011), který doplňoval krmnou směs o 1, 1,5 a 2 % tymiánu. Potvrzuje pozitivní vliv přídavku tymiánu na HU, hmotnost vajec a zároveň vliv na snížení tloušťky stěny skořápky, ale nepotvrzuje snižování HDL a LDL cholesterolu v krevním séru nosnic.

3.4.6.3 Dobromysl obecná

Dobromysl obecná (*Origanum vulgare*), plodina známá spíše pod názvem oregano, obsahuje 0,4 % silic, mezi které patří převážně karvakrol (BRENES a ROURA, 2010).

ABDEL-WARETH a kol. (2013) provedl studii na ovlivnění jakostních parametrů vajec s přídavkem dobromysly do krmné směsi. Byl prokázán pozitivní vliv na hmotnost vajec, hmotnost vaječné hmoty, Haughovy jednotky a tloušťku stěny vaječné skořápky. Nosnice byly krmeny dávkami dobromyslu 10, 20 a 30 g·kg⁻¹ krmné směsi. Vliv na jakostní parametry vajec přídavkem oregana jsou uvedeny v tabulce 15.

Tabulka 15: Vliv přídavku oregana do krmné směsi na jakostní parametry vajec (ABDEL-WARETG a kol., 2013).

Jakostní parametry	0 (g·kg ⁻¹)	10 (g·kg ⁻¹)	20 (g·kg ⁻¹)	30 (g·kg ⁻¹)
Tloušťka skořápky (μm)	376,00	398,67	420,33	338,33
Hmotnost vajec (g)	59,89	60,31	61,19	61,42
Hmotnost vaječné hmoty (g)	46,24	45,11	56,81	56,80
Haughovy jednotky	73,80	79,68	79,75	84,10

3.4.6.4 Máta peprná

Máta (*Mentha piperita*) obsahuje ve svých listech 1 – 2 % silic, z toho jsou nejvíce zastoupeny obsahem mentolu z 25 – 78 %, mentonu ze 14 – 36 %, isomentonu z 10 % a cineolu ze 14 %. Tyto látky mají silné antioxidační a antimikrobiální vlastnosti (BUPESH a kol., 2007).

ABDEL-WARETH a LOHAKARE (2014), zakomponovali do krmné směsi 5, 10, 15 a 20 g·kg⁻¹ sušených listů máty. Doplnění listů máty do výživy nosnic mělo za následek zvýšenou produkci vajec, vyšší hmotnost snesených vajec, vyšší podíl vaječné hmoty a tlustější stěny skořápky. Pozitivní vliv přídavku máty se také projevil na Haughových jednotkách, které se zvyšovaly na základě vyššího přídavku máty. Změny hodnot jakostních parametrů vajec jsou uvedeny v tabulce 16.

Tabulka 16: Vliv přídavku sušených listů máty do krmné směsi nosnic na jakostní parametry vajec (ABDEL-WARETH a LOHAKARE, 2014).

Jakostní parametry	0 (g·kg ⁻¹)	5 (g·kg ⁻¹)	10 (g·kg ⁻¹)	15 (g·kg ⁻¹)	20 (g·kg ⁻¹)
Haughovy jednotky	85,540	88,120	89,720	89,850	91,150
Tloušťka skořápky (mm)	0,323	0,334	0,335	0,336	0,338
Hmotnost vajec (g/den/nosnice)	64,250	65,050	66,460	66,770	67,440
Hmotnost vaječné hmoty (g/den/nosnice)	48,470	51,920	53,790	54,950	56,170
Produkce vajec (%)	75,420	79,810	80,930	82,300	83,280

3.4.6.5 Heřmánek pravý

Heřmánek pravý (*Matricaria Chamomilla*) obsahuje ve svých silicích, značné množství terpenů, mezi které patří zejména apigenin, α -bisabolol, a chamomillol. Tyto sloučeniny jsou známé svou protizánětlivou aktivitou (BRENES a ROURA, 2010).

Studie byla provedena ABAZA, (2007) s přídavkem sušených drcených květů heřmánku do krmné směsi. Květy heřmánku byly přidány do krmné dávky podílem 0,5 %. Při pokusu nebyla zaznamenána vyšší hmotnost vejce ani vyšší produkce vajec, dokonce se snížil příjem krmiva. Pozitivní vliv měl přídavek heřmánku na tloušťku stěny skořápky z hodnoty 0,322 mm (0 %) na hodnotu 0,344 mm (0,5%) a také na Haughovy jednotky, které se z původní hodnoty 78,60 (0 %), zvýšily na hodnotu 80,20 (0,5 %).

3.4.6.6 Pískavice řecké seno

Semena pískavice řecké seno (*Trigonella foenum-graecum*) obsahují 4,8 % steroidních saponinů, zejména diosgenin. Diosgenin je fytoestrogenem s estrogení

aktivitou a pravděpodobně snižuje cholesterol v krvi. Semena obsahují také vitamin K, niacin, flavonoidy, alkaloidy a lecitin (BUPESH a kol., 2007).

Zjišťování vlivu semen na jakostní parametry vajec zkoumal, ABAZA (2007), který obohatil krmnou směs 0,5% přídavkem drcených semen pískavice řecké seno. Pozitivní vliv měla přidaná semena na tloušťku stěny skořápky z hodnoty 0,332 (0 %) na hodnotu 0,358 (0,5 %) a na hmotnost vajec z hodnoty 42,82 g (0 %) na hodnotu 43,99 (0,5 %). Je třeba říci, že experiment byl prováděn na nosnicích plemene Matrouh, produkující menší a lehčí vejce než je obvyklé u nosnic v Evropě. Negativní vliv se projevil u Haughových jednotek z hodnoty 78,60 (0 %) na hodnotu 78,00 (0,5 %). Byl snížen obsah cholesterolu v krevním séru nosnic, což může mít za následek právě diosgenin obsažený v semenech.

4 ZÁVĚR

Krmivo a celková výživa nosnic je jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňující jakost vajec. Výběr plnohodnotných, hygienicky a zdravotně nezávadných krmiv, vede k úspěšné produkci kvalitních vajec a příznivě působí na zdravotní stav nosnic. Nevhodné složení krmných směsí omezuje rentabilitu a limituje užitek chovu. Šlechtitelé a producenti mají neustálou snahu zvyšovat biologický potenciál hospodářských zvířat. Díky tomu, je genofond drůbeže v dnešní době na vysoké úrovni, proto je třeba zaměřit se také na inovaci jejich způsobu výživy. Tradičně jsou využívány krmiva pro produkci vajec o standartní kvalitě, pro obohacená vejce se využívají alternativní zdroje krmiv a doplňkové látky. Ve své bakalářské práci jsem se zabývala vlivem přidavku netradičních zdrojů krmiv do diety nosnic, které způsobují změny jakostních parametrů vajec.

Selen je velmi účinným antioxidantem, který může působit preventivně proti karcinomu prostaty, střeva a prsou. Naše půdy jsou na selen poměrně chudé a příjem z obilnin není tak vysoký, aby splňoval doporučenou denní dávku pro člověka, což je důvodem obohacování vajec o selen. Netradičním krmivem a zdrojem selenu, se ukázala být selenizovaná řasa chlorella (*Chlorella vulgaris*), díky které se při zkrmování úspěšně zabudovává selen do vajec. Karotenoidy ve vejcích nejsou pouze zdrojem pigmentů a tedy spotřebitelsky žádané intenzivnější barvy žloutku, ale jsou také zdroje antioxidantů, které udržují oxidační stabilitu lipidů vajec a prodlužují jejich čerstvost. Vhodným krmivem pro obohacení vajec o karotenoidy je aksamitník vzpřímený (*Tagetes erecta*), pomocí kterého se ve vejci zvyšuje obsah luteinu a zeaxanthinu. Příjem luteinu z ovoce nebo zeleniny nemá takovou využitelnost jako z obohaceného vejce luteinem. Rajče jedlé (*Solanum lycopersicum*) se také ukázalo být vhodnou plodinou, díky níž se ve vejci zvyšuje podíl lykopenu, β -karotenu, luteinu, vitamínu A a E. Dalším zdrojem karotenoidů jsou autotrofní mikroorganismy, zejména (*Chlorella vulgaris*), (*Nanochloropsis oculata*) a (*Phaeodactylum tricorutum*), které syntetizují rozmanitou škálu karotenoidů, které se úspěšně zabudovávají do vajec. Dalším zdrojem přirozených rostlinných pigmentů je také kurkuma dlouhá (*Curcuma longa*), která neobohacuje vejce o karotenoidy, ale o kurkuminoidy, které zvyšují intenzitu barvy žloutku a mají pozitivní vliv na skladovatelnost vajec.

Vejce je samo o sobě bohaté na polynenasycené mastné kyseliny, aby se však projevila nejefektivnější účinek na lidský organismus, musí být poměr mezi PUFA n-3 a n-6 co nejnižší. Nejnovějším významným zdrojem PUFA řady n-3 jsou mikrořasy (*Chlorella vulgaris*), (*Isochrysis galbana*), (*Nannochloropsis oculata*) a (*Phaeodactylum tricorneratum*), jejich přidavek do krmné směsi nosnic úspěšně snižuje poměr n-3 a n-6 ve vejci a zároveň je vejce obohaceno o mastné kyseliny zejména o kyselinu linolovou, α -linolenovou, dále pak o kyselinu eikosapentaenovou a dokosaheptaenovou. Konopí seté (*Cannabis sativa*) je také plodinou, která způsobuje zvýšení podílu PUFA n-3 ve vejcích. Stejně využití mají i semena šalvěže hispánské (*Salvia hispanica*), které jsou bohaté na kyselinu α -linolenovou, která se úspěšně při zkrmování zabudovává do vejce. Chia semena obsahují také přirozené antioxidanty, které chrání vaječné lipidy před oxidací. Zkrmování semen světlice barvířské (*Carthamus tinctorius*), dochází k zabudování kyseliny linolové do vajec.

Často diskutovanou problematikou je obsah cholesterolu ve vejcích. Ačkoliv mnoho studií prokázalo, že obavy nejsou zcela namístě. Řada producentů se snaží cholesterol ve vejcích snížit, ať už pomocí genetické selekce nosnic, či látek v krmivech snižující tvorbu cholesterolu. Jako vhodným krmivem pro snížení obsahu cholesterolu byl vybrán maniok jedlý (*Manihot esculenta*), který snižuje tvorbu cholesterolu na základě vysokého obsahu nerozpustné vlákniny. Vláknina snižuje syntézu žlučových kyselin v tenkém střevě, váže se na nasycené mastné kyseliny a působí tak proti tvorbě cholesterolu. Pozitivně proti tvorbě cholesterolu působí přidavek česneku setého (*Allium sativum*), který obsahuje charakteristickou látku alicin, způsobující charakteristické aroma česneku. Alicin je sloučeninou, obsahující aktivní molekuly síry, které snižují obsah cholesterolu ve vejcích. Listy z čajovníku (*Camellia sinensis*) jsou také vhodným doplňkem pro nosnice ke snížení obsahu cholesterolu ve vejcích. Doplněním krmné směsi o vojtěšku setou (*Medicago sativa*), dochází ke snížení obsahu cholesterolu ve vejcích vlivem saponinů obsažených v plodině, kromě toho má přidavek příznivý vliv na trvanlivost vajec a barvu žloutku.

Dalšími možnými přísadami do krmných směsí nosnic jsou plodiny, které lidé obvykle používají jako koření v gastronomii nebo k prevenci či léčbě chorob. Vyznačují se příznivým obsahem vitaminů, minerálních látek, barviv, antioxidantů a aktivních složek stimulující trávicí enzymy. Bazalka vytrvalá (*Ocimum gratissimum*) je vhodným zdrojem vápníků, jehož obsah se přísadkou této byliny ve vejci zvyšuje a výsledkem

je i lepší kvalita skořápky. Přídavek tymiánu obecného (*Thymus vulgaris*), máty peprné (*Mentha piperita*) dobromysly obecné (*Origanum vulgare*) a heřmánku pravého (*Matricaria Chamomilla*) se projevuje zejména pozitivním vlivem na čerstvost vajec, hmotnost vajec a tloušťku skořápky. Přídavek pískavice řecké seno (*Trigonella foenum-graecum*) má pozitivní vliv na hmotnost vajec a tloušťku skořápky, ale má negativní vliv na čerstvost vajec.

Netradiční krmiva se ukázaly být vhodnou alternativou pro nahrazení základních komponentů krmných směsí nosnic nebo alespoň jako krmné doplňky do jejich stravy. Největší potenciál pro budoucnost v krmení nejen drůbeže mají bezesporu kultivované mikrořasy. Tato biomasa se vyznačuje rychlým růstem a nevyžaduje zemědělskou půdu. Jako doplněk stravy pro drůbež jsou perspektivním zdrojem n-3 nenasycených mastných kyselin a karotenoidů.

5 POUŽITÁ LITERATURA

ABAZA I. M., 2007: Effects of using fenugreek, chamomile and radish as feed additives on productive performance and digestibility coefficients of laying hen. *Egyptian Poultry Science Journal*. 27(1): 199 – 218 s. ISSN 1110-5623.

ABDEL-WARETH A. A. A., ISMAIL Z. S. H., SÜDEKUM K. H., 2013: Effects of thyme and oregano on performance and egg quality characteristics of laying hens. *World's Poultry Science Journal*. 69(1). 10 – 16. ISSN 1743-4777.

ABDEL-WARETH, A. A. A., LOHAKARE, J., 2014: Effect of dietary supplementation of peppermint on performance, egg quality, and serum metabolic. *Animal Feed Science and Technology*. 197: 114 – 120 s. ISSN 0377-8401.

AKDEMIR F., ORHAN C., SAHIN N., SAHIN K., HAYIRLI A., 2012: Tomato powder in laying hen diets: effects on concentrations of yolk carotenoids and lipid peroxidation. *British Poultry Science*. 53(5): 675 – 680 s. ISSN 1466-1799.

ALI M. N., YEAP S. K., HO Y. W., BEH K. B., TAN S. W., TAN S. G., 2012: The Promising Future of Chia, *Salvia hispanica* L. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*. Article ID 171956, 9 pages. ISSN 1110-7251.

AMAGASE H., PETESCH B. L., MATSUURA H., KASUGA S., ITAKURA Y., 2001: Intake of garlic and its bioactive components. *Journal of Nutrition*. 131(3): 955 – 962 s. ISSN 1541-6100.

ANDERSSON M., BENOIST B., DARNTON-HILL I., DELANGE F., 2007: *Iodine deficiency in Europe: a continuing public health problem*. France: WHO. 70 s. ISBN 978 92 4 159396 0.

ANTRUENO A., AZCONA J. O., GARCIA P. T., GALLINGER C., ROSMINI M., AYERZA R., COATES W., PEREZ C. D., 2011: Omega-3 enriched egg production: the effect of α -linolenic ω -3 fatty acid sources on laying hen performance and yolk lipid content and fatty acid composition. *British Poultry Science*. 52(6): 750 – 760 s. ISSN 1466-1799.

- AO X., LEE J. S., JANG H. D., KIM I. H., 2010: Effects of fermented garlic powder on production performance, egg quality, blood profiles and fatty acid composition of egg yolk in laying hens. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*. 23(6): 786 – 791 s. ISSN 1976-5517.
- AYERZA R., COATES W., 2000: The omega-3 enriched eggs: the influence of dietary linolenic fatty acid source combination on egg production and composition. *Canadian Journal of Animal Science*. 81(3): 355 – 362 s.
- AZIZ N., PAIVA N. L., MAY G. D., DIXON R. A., 2005: Transcriptome analysis of alfalfa glandular trichomes. *International Journal of Plant Biology*. 221(1): 28 – 38 s.
- BAULEZ M., 2016: Vliv různých zdrojů selenu u nosnic. *Drůbežář, hydínár*. 10(2): 10 – 11 s. ISSN 2464-5729.
- BELL D. D., 2001: *Commercial chicken meat and egg production*. 5. vyd. Massachusetts: Kluwer Academic Press, 1365 s. ISBN 07923-7200-X.
- BOHÁČKOVÁ B., 2014: Vejce – edice Jak poznáme kvalitu. Praha: Sdružení českých spotřebitelů o.s. 20 s. ISBN 978-80-87719-16-9.
- BRAINER M. M. A., RABELLO C. B. V., SANTOS M. J. B., LOPES C. C., LUDKE J. B., SILVA J. H. V., LIMA R. A., 2016: Prediction of the metabolizable energy requirements of free-range laying hens. *Journal of Animal Science*. 94: 117 – 124 s. ISSN 1525-3163.
- BRENES A., ROURA E., 2010: Essential oils in poultry nutrition. *Animal Feed Science and Technology*. 158(1): 1 – 14 s. ISSN 0377-8401.
- BUPESH G., AMUTHA C., NANDAGOPAL S., GANESHKUMAR A., SURESHKUMAR P., SARAVANA K. M., 2007: Antibacterial activity of *Mentha piperita* L. (peppermint) from leaf extracts - A medicinal plant. *Acta Agriculturae Slovenica*. 89(1): 73 – 79. ISSN 1854-1941.
- BURNS J., PAUL D., FRASER P., BRAMLEY M., 2003: Identification and quantification of carotenoids, tocopherols and chlorophylls in commonly consumed fruits and vegetables. *Phytochemistry*. 62(6): 939 – 947 s. ISSN 0031-9422.

- COOREY R., NOVINDA A., WILLIAMS H., JAYASENA V., 2015: Omega-3 fatty acid profile of eggs from laying hens fed diets supplemented with chia, fish oil and flaxseed. *Journal of Food Science*. 80(1): 180 – 187 s. ISSN 1750-3841.
- DJOUVINOV D. 2016: Quantum Blue – nová generace fytázy. *Drůbežář, hydinár*. 10(1): 14 s. ISSN 2464-5729.
- DOSTÁLOVÁ J., a kol., 2014: *Potravinářské zbožížnalství: technologie potravin*. Ostrava: Key Publishing, 425 s. ISBN 978-80-7418-208-2.
- EFSA., 2006: Opinion of the scientific panel on additives and products or substances used in animal feed on the safety and efficacy of the product selenium enriched yeast (*Saccharomyces cerevisiae* NCYC R397) as a feed additive for all species in accordance with regulation (EC) No 1831/2003. *The EFSA Journal*. 430: 1 – 23 s. ISSN 1831-4732.
- ELKIN R. G., 2006: Reducing shell egg cholesterol content. I. Overview genetic approaches and nutritional strategies. *World's Poultry Science Journal*. 62(4): 665 – 687 s. ISSN 0043-9339.
- ENGLMAIEROVÁ M., SKŘIVAN M., BUBANCOVÁ I., 2013: A comparison of lutein, spray-dried *Chlorella*, and synthetic carotenoids effects on yolk colour, oxidative stability, and reproductive performance of laying hens. *Czech Journal of Animal Science*. 58(9): 412 – 419 s. ISSN 1212-1819.
- ENGLMAIEROVÁ, M., 2016: Vliv karotenoidů na kvalitu vajec. *Drůbežář, hydinár*. 10(2): 8 – 9 s. ISSN 2464-5729.
- FERNANDEZ M. L., 2006: Dietary cholesterol provided by eggs and plasma lipoproteins in healthy populations. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*. 9(1): 8 – 12 s. ISSN 1473-6519.
- FRAEYE I., BRUNEEL C., LEMAHIEU C., BUYSE J., MUYLEAERT K., FOUBERT I., 2012: Dietary enrichment of eggs with omega-3 fatty acids. *Food Research International*. 48(2): 961 – 969 s. ISSN 0963-9969.
- FRANKIČ T., VOLJČ M., SALOBIR J., REZAR V., 2009: Use of herbs and spices and their extracts in animal nutrition. *Acta Agriculturae Slovenica*. 94(2): 95 – 102 s. ISSN 1854-1941.

- FREDRIKSSON S., ELWINGBERG K., PICKOVA J., 2006: Fatty acid and carotenoid composition of egg yolk as an effect of microalgae addition to feed formula for laying hens Fredrikssona. *Food Chemistry*. 99(3): 530 – 537 s. ISSN 0308-8146.
- GOLDBERG E. M., GEKHAR N., RYLAND D., ALIANI M., GIBSON R. A., HOUSE D., 2012: Fatty acid profile and sensory characteristics of table eggs from laying hens fed hempseed and hempseed oil. *Journal of Food Science*. 77(4): 153 – 160 s. ISSN 1750-3841.
- GOUVEIA L., VELOSO V., REIS A., FERNANDES H., NOVAIS J., EMPIS J., 1996: Chlorella vulgaris used to colour egg yolk. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 70: 167 – 172 s. ISSN 1097-0010.
- GOUVINDARAJAN V. S., 1980: Tumeric – chemistry, technology and quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 12(3): 199 – 301 s. ISSN 1549-7852.
- GREENWOOD N., EARNSHAW A. 1997: Coordination and Organometallic Compounds In: Greenwood N., Ernsshaw A., *Chemistry of the Elements*, 2. ed. [online]. Elsevier, 905 – 943 s. Dostupné z:
- GÜÇLU B. K., IŞCAN K, M., UYANIK F., EREN M., AĞCA A. C., 2004: Effect of alfalfa meal in diets of laying quails on performance, egg quality and some serum parameters. *Archive of Animal Nutrition*. 58(3): 255 – 263 s. ISSN 1477-2817.
- GUERRERO-LEGARRETA I., a kol. 2010: *Handbook of poultry science and technology*. Hoboken: Wiley, 788 s. ISBN 978-0-470-18552-0.
- HAMMERSHOJ M. 1995: Effects of dietary fish-oil with natural content of carotenoids on fatty-acid composition, n-3 fatty-acid content, yolk color and egg quality of hen eggs. *Archiv für Geflügelkunde*. 59: 189 – 197 s. ISSN 1612-9199.
- HEJLOVÁ Š., 2001: *Hygiena a technologie vajec a vaječných produktů*. Újezd u Brna: RNDr. Ivan Straka, 72 s. ISBN 80-902775-8-6.
- HERZIG I., SUCHÝ P., 1996: Současný pohled na význam jódu pro zvířata. *Veterinární medicína*. 41(12): 379 – 386 s. ISSN 0375-8427.

HONKATUKIA M., REESE M., PREISINGER R., TUISKULA-HAAVISTO M., WEIGEND S., ROITO J., MAKI-TANILA A., VALKKI J., 2005: Fishy taint in chicken eggs is associated with a substitution within a conserved motif of the FM03 gene. *Genomics*. 86(2): 225 – 232 s.

HONZÍK Z., 2015: Vlákna ve výživě nosnic: význam výběru správného zdroje vlákniny. *Drůbežář, hydinár*. 9(2): 18 – 20 s. ISSN 2464-5729.

HOSSAIN M. M., BELUGUM M., KIM I. H., 2016: Effect of *Leuconostoc mesenteroides* KCCM35046 fermented aged garlic extract on egg production, egg quality, odour gas emissions, targeted *E. Coli* colony, haematological characteristics and fattyacids composition of egg yolk in laying hens. *Journal of Applied Animal Research*. 44(1): 458 – 465 s. ISSN 0971-2119.

HOSSEINI-VASHAN S. J., AFZALI N., MALLEKANEH M., NASSERI M. A., ALLAHRESANI A., 2008: Fatty acid content of egg yolk lipids from hens fed with safflower seed. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 7(12): 1605 – 1609 s. ISSN 1993-601X.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780750633659500250>.

HU F. B., MANSON J. E., WILLETT W. C., 2013: Types of dietary fat and risk of coronary heart disease: a critical review. *Journal of the American College of Nutrition*. 20(1): 5 – 19 s. ISSN 0731-5724.

CHARVÁTOVÁ V., TŮMOVÁ E. 2010: Faktory ovlivňující hmotnost vajec slepic nosného typu. *Drůbežář, hydinár*. 4(3): 5 s. ISSN 2464-5729.

IMMRSEEL V. F., NYS Y., BAIN M., 2011: *Improving the safety and quality of eggs and egg products*. Oxford: Woodhead Publishing, 602 s. ISBN 978-1-84569-754-9.

ISHIKAWA T., SUZUKAWA M., TOSHIMITS A., YOSHIDA M., AVORI M., 1997: Effect of tea flavonoid supplementation on the ability of low-density lipoprotein to oxidative modification. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 66(2): 261 – 266 s. ISSN 1938-3207.

JAMBOR V., VESELÝ Z., 1992: *Krmíme zdravě a ekonomicky*. Praha: Brázda, 142 s. ISBN 80-209-0230-9.

- JEŽKOVÁ A. 2016: Kvalita skořápky a organické minerální látky. *Krmivářství*. 20(4): 19 s. ISSN 1212-9992
- JORDÁN M., HEZMZALOVÁ M. 2001: *Antioxidanty zázračné zbraně*. Brno: JOTA, 160 s. ISBN 80-7217-156-9.
- JŮZL M., NEDOMOVÁ Š., 2015: *Jakost živočišných produktů*: (skriptum). Brno: Mendelova Univerzita, 145 s. ISBN 978-80-7509-205-2.
- KARADAS F., SURAI P., GRAMMENIDIS E., SPARKS N. H. C., ACAMOVIC T., 2006: Supplementation of the maternal diet with tomato powder and marigold extract: effects on the antioxidant system of the developing quail. *British Poultry Science*. 47(2): 200 – 208 s. ISSN 1466-1799.
- KESHAVARZ K., 1976: The influence of turmeric and curcumin on cholesterol concentration of eggs and tissues. *Poultry Science*. 55(3): 1077 – 1083 s. ISSN 1525-3171.
- KHEMPAKA S., HOOKING L., MOLEE W., 2016: Potential of dried cassava pulp as an alternative energy source for laying hens. *Journal of Applied Poultry Research*. 25(3): 359 – 369 s. ISSN 1537-0437.
- KOČÍ Š., KOČIOVÁ Z., 1999: *Potreba živin pre hydinu*. 2. vyd., Nitra: Výskumný ústav živočišnej výroby Nitra, 31 s. ISBN 80-967057-3-3.
- KROUPOVA V., TRAVNICEK J., KURSA J., KRATOCHVIL P., KRABACOVA I., 1999: Iodine content in egg yolk during its excessive intake by laying hens. *Czech Journal of Animal Science*. (44): 369–376 s. ISSN 1212-1819.
- KŘÍŽ L. 1997a: *Základy výživy a krmení drůbeže*. Praha: Institut výchovy a vzdělávání MZe ČR, 48 s. ISBN 80-7105-142-X.
- KŘÍŽ L. 1997b: *Zpracování a ošetření drůbežích produktů*. Praha: Institut výchovy a vzdělávání MZe ČR, 29 s. ISBN 80-7105-160-8.
- LAUDADIO V., CECIE., LASTELLA N. M. B., INTRONA M., TUFARELLI V., 2014: Low-fiber alfalfa (*Medicago sativa* L.) meal in the laying hen diet: Effects on productive traits and egg quality. *Poultry Science*. 93(7): 1868 – 1874 s. ISSN 1525-3171.
- LAURBERG P., 2004: Victories and challenges in optimizing iodine intake. *Thyroid Journal Program*. 14(8): 589 s. ISSN 1557-9077.

LEMAHIEU C., BRUNEELA C., TERMOTE-VERHALLEA R., MUYLAERTC K., BUYSEB J., FOUBERTA I., 2013: Impact of feed supplementation with different omega-3 rich microalgae species on enrichment of eggs of laying hens. *Food Chemistry*. 141(4): 4051 – 4059 s. ISSN 0308-8146.

LEWIS, P. D., 2004: Responses of domestic fowl to excess iodine: *British Journal of Nutrition*. 91: 29 – 39 s. ISSN 1475-2662.

LICHOVNÍKOVÁ M., ZEMAN L., JANDÁSEK J., 2008: The effect of feeding untreated rapeseed and iodine supplement on egg quality. *Czech Journal of Animal Science*. 53(2): 77 – 82. ISSN 1805-9309.

LOHNISKÝ A., 2016: De Haus mění přístup k výživě nosnic. *Drůbežář, hydinár*. 10(3): 9 s. ISSN 2464-5729.

MANSOUB N. H., 2011: Assessment on effect of thyme on egg quality and blood parameters of laying hens. *Annals of Biological Research*. 2(4): 417 – 422 s. ISSN 0976-1233.

MARSHALL A. A., KOKOETE E. E., 2008: Egg yolk cholesterol lowering Effects of garlic and tea. *Journal of Biological Sciences*. 8(2): 456 – 460 s. ISSN 1727-3048.

MAŠEK R., 2014: Split feeding – maximální přizpůsobení výživy potřebám nosnic. *Drůbežář, hydinár*. 8(2): 18 s. ISSN 2464-5729.

MÍKOVÁ K., 2010: *Vejce jako vynikající potravina*, In: *nasevejce* [online]. [cit. 13. 11. 2016]. Dostupné z: <http://www.nasevejce.cz/o-vejci/vejce-jako-potravina>.

MÍKOVÁ K., DAVÍDEK J., 2000: Kritéria čerstvosti a kvality slepičích vajec. *Czech Journal of Food Science*. 18(6): 250 – 255 s. ISSN 1805-9317.

MOURAO J. L., PONTE P. I. P., PRATES J. A. M., CENTENO M. S. J., FERREIRA L. M. A., SOARES M. A. C., FONTES, C. M. G. A., 2006: Use of β -glucanases and β -1, 4-xylanases to supplement diets containing alfalfa and rye for laying hens: Effects on bird performance and egg quality. *The Journal of Applied Poultry Research*. 15(2): 256 – 265 s. ISSN 1056-6171.

NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) č. 1831/2003 ze dne 22. září 2003, o doplňkových látkách používaných ve výživě zvířat. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX:32003R1831>.

NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) č. 852/2004, ze dne 29. dubna 2004, o hygieně potravin. Dostupné z:

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=uriserv%3Af84001>.

NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) č. 853/2004 ze dne 29. dubna 2004, o zvláštních hygienických pravidlech pro potraviny živočišného původu. Dostupné z:

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32004R0853>.

NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) č.178/2002 ze dne 28. ledna 2002, o obecných zásadách a požadavcích potravinového práva. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX%3A32002R0178>.

NAŘÍZENÍ KOMISE (ES) č. 589/2008, ze dne 23. června 2008, kterým se stanoví prováděcí pravidla k NAŘÍZENÍ RADY (ES) č. 1234/2007, pokud jde o obchodní normy pro vejce. Dostupné z:

[http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:163:0006:0023:C: P DF](http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:163:0006:0023:C:P:DF).

NWORGU F. C., 2016: Effect of basil leaf (*Ocimum gratissimum*) supplement on performance and carcass characteristics of growing pullets. *Sustainable Agriculture Research*. 5(3): 24 – 31 s. ISSN 1927-0518.

OPALINKSI S., DOLIŇSKA B., KORCZYŇSKI M., CHOJNACKA K., DOBRZAŇSKI Z., RYSZKA F., 2012: Effect of iodine-enriched yeast supplementation of diet on performance of laying hens, egg traits, and egg iodine content. *Poultry Science* 91(7):1627 – 1632 s. ISSN 1525-3171.

PARK S. S., KIM J. M., KIM E. J., KIM H. S., AN B. K., KANG C. W., 2012: Effects of dietary turmeric powder on laying performance and egg qualities in laying hens. *Korean Journal of Poultry Science*. 39(1): 10 – 15 s. ISSN 1225-6625.

PARKER T. D., ZHOU K., HARRIS M., YU L., 2003: Fatty acid composition and oxidative stability of cold-pressed edible seed oils. *Journal of Food Science*. 68(4): 1240 – 1243 p. ISSN 1750-3841.

PICKOVÁ I., 2010: *Svět potravin a kouzlo biotechnologií*. Ostrava: Key Publishing. 116 s. ISBN 978-80-7418-069-9.

- REES L. P., MINNEY S. F., PLUMMER N. T., SLATER J. H., SKYRNE D. A., 1993: A quantitative assessment of the antimicrobial activity of garlic (*Allium sativum*). *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 9(3): 303 – 307 s. ISSN 1573-0972.
- SALÁKOVÁ A., 2014: *Hygiena a technologie drůbeže, vajec a zvěřiny*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita. 80 s. ISBN 978-80-7305-721-3.
- SHAHID S., CHAND N., KHAN R. U., SUHAIL S. M., KHAN N. A., 2015: Alternations in cholesterol and fatty acids composition in egg yolk of Rhode Island Red x Fyouni hens fed with hemp seeds (*Cannabis sativa* L.). *Journal of Chemistry*. Article ID 362936, 6 pages.
- SHARMA R. A., GESCHER A. J., STEWARD W. P., 2005: Curcumin: The story so far. *European Journal of Cancer*. 41(13): 1955 – 1968 s. ISSN 1879-0852.
- SCHATTLERER J., BREITHAUPT D. E., 2006: Xanthophylls in commercial egg yolks: quantification and identification by HPLC and LC-(APCI)MS using a C30 phase. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54(6): 2267 – 2273 s. ISSN 1520-5118.
- SIMEONOVÁ J., MÍKOVÁ K., KUBIŠOVÁ S., INGR I., 1999: *Technologie drůbeže, vajec a minoritních živočišných produktů*. 1. vyd. Brno: Mendlova zemědělská a lesnická univerzita, 243 s. ISBN 80-7157-450-8.
- SKŘIVAN M. 2009: *Zvýšení obsahu selenu ve vejcích*. Praha: Výzkumný ústav živočišné výroby, 13 s. ISBN 978-80-7403-031-4.
- SKŘIVAN M., ENGLMAIEROVÁ M., SKŘIVANOVÁ V., 2015: Uplatnění selenu a přírodních a syntetických karotenoidů a vitamínu C ve výživě nosnic a brojlerových kuřat, *In: VUZV* [online]. [cit. 17. 11. 2016]. Dostupné z: http://www.vuzv.cz/sites/File/vybor/Studie_Skri%2CEngl%2CSkri.pdf
- SOLOMON S. E., 1997: *Egg and eggshell quality*. 1. vyd. Ames: Iowa State University Press. 149 s. ISBN 0-8138-2827-9.
- SOLTANMORADI M. G., SEIDAVI A., DADASHBEIKI M., DELGADO F., GAMBOA S., 2013: Effect of time, amount and frequency of feeding on total egg production, fertility and hatchability in broiler breeders. *Archiv für Tierzucht*. 56(102): 1014 – 1022 s. ISSN 0003-9438.

SUMAIYA S., NAYAK S., BAGHEL R. P., NAYAK A., MALAPURE C. D., KUMAR R., 2016: Effect of dietary iodine on production of iodine enriched eggs. *Veterinary World*. 9(6): 554 – 558 s. ISSN 2231-0916.

ŠÍSTKOVÁ M., CEJLAK I., ŠOCH M., ZOUBEK T., FILIP M., 2016: Krmné linky ve velkochovech nosnic. *Náš Chov*. 12: 17 – 19 s. ISSN 0027-8068.

ŠIVEL M., KEJDUS B., KRAČMÁR S., KUBÁŇ V., 2013: Lutein – významný karotenoid ve výživě člověka. *Chemické listy*, 107: 456 – 463 s. ISSN 1213-7103.

TRAVNICEK J., KRONPOVA V., HERZIG I., KURSA J. 2006: Iodine content in consumer hen eggs. *Veterinary Medicine - Czech*. 51(3): 93 – 100 s. ISSN 0375-8427.

TROJAN V., ŠŤASTNÍK O., VYHNÁNEK T., PAVLATA L., MRKVICOVÁ E., DOLEŽAL P., MARTÍNEK P., 2017: Použití pšenice s barevným zrnem ve výživě zvířat. *Krmivářství*. 21(1): 27 – 28 s. ISSN 1212-9992.

VELÍŠEK J., 2002a: *Chemie potravin 1.* vyd. 2., Tábor: OSSIS, 331 s. ISBN 80-86659-00-3.

VELÍŠEK J., 2002b: *Chemie potravin 2.* vyd. 2., Tábor: OSSIS, 303 s. ISBN 80-86659-01-1.

VELÍŠEK J., 2002c: *Chemie potravin 3.* vyd. 2., Tábor: OSSIS, 343 s. ISBN 80-86659-02-X.

Vyhláška č. 450/2004 Sb., ze dne 21. října 2004 o označování výživové hodnoty potravin. In: Sbíрка zákonů České republiky. 2004, částka 150. Dostupné z: www.mvcr.cz/soubor/sb102-09-pdf.aspx

Vyhláška č. 69/2016 Sb., ze dne 17. února 2016 o požadavcích na maso, masné výrobky, produkty rybolovu a akvakultury a výrobky z nich, vejce a výrobky z nich. In: Sbíрка zákonu České republiky. 2016, částka 26. Dostupné z: www.mvcr.cz/soubor/sb026-16-prdf.aspx

WARD A. K., CLASSEN H. L., BUCHANAN F. C., 2009: Fishy-egg tainting is recessively inherited when brown-shelled layers are fed canola meal. *Poultry Science*. 88(4): 714 – 721 s. ISSN 1525-3171.

WHITEHEAD C. C., BOWMAN A., S. GRIFFIN H. D., 1993: Regulation of plasma oestrogen by dietary fats in the laying hen: relationships with egg weight. *British Poultry Science*. 34: 999 – 1010 s. ISSN 1466-1799.

YEH Y. Y., LIU L., 2001: Cholesterol-lowering effect of garlic extracts and organosulfur compounds: human and animal studies. *Journal of Nutrition*. 131(3): 989 – 993 s. ISSN 1938-3207.

Zákon č. 110/1997 Sb., ze dne 19. května 1997 o potravinách a tabákových výrobcích. In: Sbírka zákonů České republiky. 1997, částka 38. Dostupné z: www.mvcr.cz/soubor/sb070-08-pdf.aspx

Zákon č. 91/1996 ze dne 25. dubna 1996 o krmivech. In: Sbírka zákonů České republiky. 1996, částka 116. Dostupné z: www.mvcr.cz/soubor/sb116-08-pdf.aspx.

ZELENKA J., 2014: *Výživa a krmení drůbeže*. Olomouc: Agriprint, 170 s. ISBN 978- 80-87097-53-1.

ZELENKA J., HEGER J., ZEMAN L., 2007: *Doporučený obsah živin v krmných směsích a výživná hodnota krmiv pro drůbež*. Brno: Mendelova Univerzita, 78 s. ISBN 978-80-7375-091-6

ZELENKA J., ZEMAN L. 2006: *Výživa krmení drůbeže*. Brno: Mendelova Univerzita, 117 s.

ZEMAN L., DOLEŽAL P., KOPŘIVA A., MRKVICOVÁ E., PROCHÁZKOVÁ J., RYANT P., SKLÁDANKA J., STRAKOVÁ E., SUCHÝ P., VESELÝ P., ZELENKA J., 2006: *Výživa a krmení hospodářských zvířat*. Praha: Profi Press s.r.o, 360 s. ISBN 80-86726-17-7.

6 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Vliv přídatku methioninu do krmné směsi nosnic na hmotnost vajec (CHARVÁTOVÁ a TŮMOVÁ, 2010).	19
Tabulka 2: Ovlivnění obsahu cholesterolu ve vejcích na základě odlišného způsobu chovu a plemene nosnic (MÍKOVÁ, 2010).....	24
Tabulka 3: Změny jakostních parametrů vajec v závislosti na zdroji selenu (SKŘIVAN, 2009).	29
Tabulka 4: Obsah luteinu a zeaxanthinu ve žloutku nosnic krmených přídatkem aksamitníku (SKŘIVAN a kol., 2015).....	31
Tabulka 5: Vliv přídatku kurkumy do krmné směsi nosnic na jakostní parametry vajec (PARK a kol., 2012).	32
Tabulka 6: Vliv přídatku kurkumy do krmné směsi nosnic na změny HU během skladování vajec (PARK a kol., 2012).	32
Tabulka 7: Vliv přídatku rajčete do krmné směsi nosnic na jakostní parametry vajec (AKDEMIR a kol 2012).	34
Tabulka 8: Vliv přídatku rajčete do krmné směsi na obsah karotenoidů, vitaminů a malondialdehydu ve žloutku (AKDEMIR a kol., 2012).....	34
Tabulka 9: Zastoupení jednotlivých polynenasycených mastných kyselin ve vejci (SIMEONOVÁ a kol., 1999).	35
Tabulka 10: Obsah mastných kyselin v jednotlivých druzích mikrořas (LEMAHIEU a kol., 2013).....	36

Tabulka 11: Ovlivnění zastoupení PUFA ve vejcích pomocí přídatku konopného semene do krmné směsi nosnic (SHAHID a kol., 2015).	39
Tabulka 12: Vliv přídatku česnekového prášku na množství jednotlivých frakcí cholesterolu ve žloutku (MARSHALL a KOKOETE, 2008).	41
Tabulka 13: Vliv přídatku extraktu z listu čajovníku do krmné směsi nosnic na obsah cholesterolu ve žloutku (MARSHALL a KOKOETE, 2008).	42
Tabulka 14: Vliv přídatku sušených listů bazalky do krmné směsi nosnic na kvalitativní parametry skořápky (NWORGU, 2016).	43
Tabulka 15: Vliv přídatku oregana do krmné směsi na jakostní parametry vajec (ABDEL-WARETG a kol., 2013).	44
Tabulka 16: Vliv přídatku sušených listů máty do krmné směsi nosnic na jakostní parametry vajec (ABDEL-WARETH a LOHAKARE, 2014).	45

7 SEZNAM ZKRATEK

- ALA kyselina α -linolenová, (*alfa-linolenic acid*).
- AMK aminokyseliny.
- ATP adenosintrifosfát.
- CLA kyselina linolová, (*conjugated linoleic acid*).
- DDD doporučená denní dávka.
- DHA kyselina dokosahexaenová, (*docosahexaenoic acid*).
- DNA kyselina deoxyribonukleová.
- EPA kyselina eikosapentaenová, (*eicosapentaenoic acid*).
- HDL vysokodenzitní lipoprotein, (*high density lipoprotein*).
- HU Haughovy jednotky, (*Haugh unit*).
- LDL nízkodenzitní lipoprotein, (*low density lipoprotein*).
- MDA malondialdehyd.
- PUFA polynenasycené mastné kyseliny, (*polyunsaturated fatty acids*).
- RNA kyselina ribonukleová.