



Zemědělská
fakulta
Faculty
of Agriculture

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

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

Katedra zootechnických věd

Diplomová práce

Obsah jódu ve vaječném žloutku

Autorka práce: Bc. Adéla Hellebrantová

Vedoucí práce: Ing. Michaela Horčíčková, Ph.D.

Konzultant práce: prof. Ing. Jan Trávníček, CSc.

České Budějovice

2021

Prohlášení

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

V Českých Budějovicích dne

.....

Podpis

Abstrakt

Cílem diplomové práce bylo zhodnocení vlivu vybraných biologických a nutričních faktorů na obsah jódu ve vaječném žloutku. Jód byl stanoven spektrofotometrickou metodou dle Sandell-Kolthoffa, a to celkem ve 146 slepičích vejcích a 40 vejcích křepelčích. Vejce slepic krmených kompletní krmnou směsí obsahovala téměř dvakrát tolik jódu než vejce slepic krmených kuchyňskými zbytky. Téměř desetkrát vyšší hodnoty jódu ve žloutku měla IQejce z prodejní sítě, která byla dodavatelem obohacena o jód. Kromě denního příjmu jódu v krmivu měla vliv na obsah jódu také snáška a věk slepic, kdy starší slepice s pokročilejší snáškou měly více jódu ve žloutku. Nejnižší hodnota jódu byla zjištěna u slepic plemene maranska z malochovu, která pokrývala denní potřebu jódu pouze z 1,2 % a nejvyšší hodnota byla zjištěna u české zlaté kropenky z účelového zařízení, která tuto potřebu pokrývala z 6,2 %. Žloutky křepelky měly ve srovnání s těmi slepičími výrazně vyšší obsah jódu, a to i přes jejich podobný denní příjem jódu v potravě.

Klíčová slova: jód ve vejcích; jód ve žloutku křepelky; vlivy působící na obsah jódu ve žloutku

Abstract

The aim of the diploma thesis was to evaluate the impact of selected biological and nutritional factors on iodine content in egg yolk. Iodine was determined by the Sandell – Kolthoff spectrophotometric method, in a total of 146 hen eggs and 40 quail eggs. The eggs laid by hens being fed a compound feed contained almost twice as much iodine than eggs laid by hens being fed kitchen food scraps. The iodine values were almost ten times higher in eggs (IQeggs) from retail chain which have been enriched with iodine by the supplier. In addition to the daily iodine intake in feed, the iodine content was also affected by the age of the hens and the period of laying where the eggs of older hens with longer laying period contained more iodine in the yolk.

The lowest iodine values were found in the eggs of the Maranska breed from a small – scale farming, covering only 1,2 % of the daily iodine need and the highest values were found in the eggs of the Czech Gold Brindled Hen breed from a special-purpose agricultural university facility, covering 6,2 % of the daily iodine need. Quail yolks

contained significantly higher values of iodine, despite a similar iodine daily intake in the food.

Key words: iodine contained in eggs; iodine contained in quail yolk; effects on iodine content in yolk

Ráda bych poděkovala Ing. Michaele Horčíčkové, Ph.D. za odborné vedení a metodické rady při zpracování diplomové práce a také prof. Ing. Janu Trávníčkovi, CSc. za poskytnutí cenných konzultací. Také bych ráda poděkovala chovatelům, kteří mi poskytli materiál a paní Jitce Richterové za laboratorní zpracování vzorků. Mé poděkování si zaslouží také má rodina, která mě při psaní diplomové práce podporovala.

Tato práce byla finančně podpořena z projektu GAJU 002/2016 (Genetika, zdraví zvířat a kvalita produktů jako základ konkurenceschopnosti, řešitel prof. Ing. Martin Kváč, Ph.D.)

Obsah

ÚVOD	8
1 LITERATURA	8
1.1 Jód jako biogenní prvek	8
1.1.1 Zdroje jódu	9
1.1.2 Obsah jódu v prostředí	10
1.2 Štítná žláza	11
1.2.1 Tvorba hormonů štítné žlázy	13
1.2.2 Funkce hormonů štítné žlázy	14
1.3 Potřeba jódu ve výživě lidí	15
1.3.1 Projevy nedostatku jódu u lidí	16
1.3.2 Projevy nadbytku jódu u lidí	19
1.3.3 Hypotyreóza	19
1.3.4 Hypertyreóza	20
1.4 Jód ve vejcích	21
1.4.1 Obsah jódu ve vejcích	21
1.4.2 Faktory ovlivňující obsah jódu ve vejcích	22
1.5 Obsah jódu v ostatních potravinách	24
1.6 Strumigeny	26
1.6.1 Strumigeny u slepic	27
1.7 Projevy nedostatku jódu u zvířat	28
1.8 Projevy nadbytku jódu u zvířat	29
2 MATERIÁL A METODIKA	30
2.1 Zdroje vajec	30
2.2 Popis plemen slepic, křepelek a IQejec	31
2.3. Hodnocení jódu	38
2.4 Metoda stanovení jódu ve vzorcích	40
3. VÝSLEDKY	41
3.1 Obsah jódu ve vaječném žloutku slepic	42
3.2 Obsah jódu ve vaječném žloutku nosnic a kuřic	43
3.3. Obsah jódu ve vaječném žloutku slepic v závislosti na jeho příjmu ...	44
3.4 Obsah jódu ve vaječném žloutku křepelek	45

3.5. Obsah jódu ve žloutku vajec křepelek z různých chovů.....	46
3.6. Obsah jódu ve vaječném žloutku křepelek v závislosti na jeho příjmu	47
3.7 Závislost mezi obsahem jódu ve žloutku a vlastnostmi vajec	48
3.8. Význam vajec jako zdroje jódu ve výživě člověka.....	49
4 DISKUSE.....	50
4.1 Obsah jódu ve vaječném žloutku slepic.....	50
4.2 Obsah jódu ve vaječném žloutku křepelek	52
ZÁVĚR	53
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	55
SEZNAM OBRÁZKŮ	69
SEZNAM TABULEK.....	69
SEZNAM GRAFŮ.....	70

ÚVOD

Vejce, konkrétně tedy žloutky měly dlouhou dobu špatnou pověst kvůli vysokému obsahu cholesterolu a jejich konzumace se doporučovala co nejvíce omezovat. Jsou potravinou nutričně vyváženou, velmi dobře stravitelnou a obsažený cholesterol dávno není důvodem k jejich omezování v jídelníčku. Vejce jsou tvořena vodou, kvalitními bílkovinami a tuky. Je možné je také dále obohacovat o různé látky, které jsou důležité ve výživě člověka a mohou příznivě ovlivnit jeho zdravotní stav. Mohou tak být dobrým zdrojem například vitamínu D. Z dalších důležitých vitaminů lze vejce obohacovat i o kyselinu listovou, která je významná především pro ženy na začátku těhotenství a dále pro malé děti. Významné je také obohacování vajec o stopové prvky, které jsou důležité pro tvorbu skořápky, jako součásti enzymů, nebo jako strukturální sloučeniny. Ze stopových prvků je doporučováno obohacování vajec zejména o jód, který je v lidské stravě v nedostatku. Vaječné žloutky mohou být velmi dobrým zdrojem jódu. Z důvodu jeho odlišného poměru v krmivech může jeho obsah ve vejcích kolísat. V průměru jedno vejce obsahuje 26 mikrogramů jódu, což tvoří 17 % denní potřeby jódu (Lipiec et al., 2012). Obsah jódu v bílku je přibližně 14–50 µg a ve žloutku 500–1000 µg/kg čerstvé hmoty. Je známo, že zvýšený příjem jódu nosnicemi v krmných směsích způsobuje jeho vyšší ukládání ve vejcích, kdy se obsah jódu zvyšuje jak v bílku, tak zejména ve žloutku (Ledvinka et al., 2011).

V mé práci se zaměřím na vliv nutričních a biologických faktorů na množství jódu ve vaječném žloutku. Jeho obsah bude vyhodnocen v závislosti na plemenné a druhové příslušnosti hospodářských ptáků a na průběhu snášky.

1 Literatura

1.1 Jód jako biogenní prvek

Biogenní prvky jsou prvky nezbytné pro život. Podle obsahu prvku v buňce se dělí na makrobiogenní prvky (více než 1 %), mezi které patří uhlík, kyslík, vodík, dusík, vápník a fosfor, oligobiogenní prvky (od 0,05-1 %), mezi které patří draslík, sodík, síra, chlor, hořčík a stopové prvky. Ty jsou zastoupené v těle méně než 0,05 %. Mezi

ně patří kromě železa, manganu a například selenu také jód, jehož přibližný procentuální obsah v lidském těle je 0,00005 % (Murray a Harperova, 2002).

Jód je vzácný prvek, který je v přírodě široce rozšířen a nikdy se nevyskytuje jako volný prvek (Dembitsky, 2006). Zářivý purpurově černý kovový lesk přesublimovaného jódu měl poprvé příležitost pozorovat jeho objevitel, průmyslový chemik B. Courtois, v roce 1811. Courtois jej připravil extrakcí popela mořských chaluž kyselinou sírovou. Název jód, který v roce 1813 navrhl J. L. Gay – Lissac, vyjadřuje jeho charakteristickou vlastnost – fialovou barvu (z řeckého *ioeidés*, fialový). V medicíně se jód ve formě jodidu draselného používá od roku 1819 k léčení strumy, avšak již dávno předtím se k úspěšnému léčení strumy používal extrakt z hnědých a zelených mořských chaluž rodu *Fucus* a *Laminaria* (Greenwood, 1993). V roce 1915 byl profesorem E. C. Kendallem izolován hormon tyroxin v krystalické formě a bylo zjištěno, že má stejné účinky jako extrakt štítné žlázy, ze kterého pocházel (Kendall, 1915). Tyroxin je produkován folikulárními buňkami štítné žlázy. Jeho prekurzor je tyreoglobulin, který je štěpen enzymy za vzniku aktivního trijodtyroninu, identifikovaný v roce 1952 (Gross a Pitt-Rivers, 1952).

1.1.1 Zdroje jódu

Voda

Oceány jsou hlavními světovými úložišti jódu. Hladina jódu v mořské vodě je asi 0,05 ppm (Dembitsky, 2006), což je 10 až 100krát vyšší koncentrace než v dešťové vodě. Pitná voda se v obsahu jódu liší v rámci zemí, zvláště pokud jsou geograficky různorodé. Úroveň jódu v pitné vodě je dána obsahem jódu v půdě a podzemní vodě, blízkostí mořské vody a zemědělského odtoku (Fuge a Johnson, 2015). Posouzení příjmu jódu z pitné vody by mělo obsahovat údaje na regionální či místní úrovni. Obsah jódu v některých oblastech je tak vysoký, že může vést k hypertrofii štítné žlázy. Naopak odsolená voda má velmi nízkou až nulovou hladinu jódu (Ovadia et al., 2016). Obsah jódu v pitné vodě je přibližně 1–10 µg/l (Johnson, 2003).

Sůl

V současné době je sůl jedním z nejdůležitějších zdrojů jódu (Nap.edu, 2005). Sůl může být vyrobena z podzemních ložisek kamenné soli, přírodní solanky či odpařenou mořskou vodou, která obsahuje <1 mg jódu (I) / kg soli. Potravinářská sůl vyžaduje

přidání jódu, většinou jodičnanu draselného nebo jodidu draselného. O množství jódu přidaného do soli rozhoduje WHO podle odhadu spotřebované soli obyvatelstvem – při odhadovaném vysokém příjmu soli se množství pohybuje kolem 14 mg I/kg (14 g/den) a při odhadovaném nízkém příjmu je to do 65 mg I/kg (3 g/den) (WHO, 2014). Obsah jódu v jodizované soli je však závislý na skladování a uchovávání soli a obsah jódu tak může kolísat od 8 % do 49 % (Dasgupta et al., 2008). Underwood (1977) uvádí, že úroveň doplňování jódu v soli se v jednotlivých zemích velmi liší v závislosti na intenzitě výskytu strumy a průměrné denní spotřebě soli. Ne všude je ale jodizace soli povinná. Mezi státy, kde je jodizace soli dobrovolná, patří například USA (Leung et al., 2012, Malouf et al., 2015).

Půda a zemědělské plodiny

K ukládání jódu do půdy dochází v důsledku odpařování z mořské vody a tento proces je podporovaný ultrafialovým zářením. Jód se v přírodě vyskytuje v různých formách: anorganické sodné a draselné soli (jodidy a jodičnany), anorganický diatomický jód a organický monoatomový jód (Patrick, 2008). Jeho obsah v geologickém prostředí postupně klesá (Zamrazil a Čerovská, 2014). Obsah jódu v půdě závisí na blízkosti oceánu, na jeho množství v podzemních a zavlažovacích vodách a na používání hnojiv s příměsí jódu. Obsah jódu v půdě ovlivňuje množství jódu v rostlinách. Zelenina a ovoce jsou však považovány za relativně špatný zdroj jódu (Fuge a Johnson, 2015), výjimku tvoří mořské řasy se schopností hromadění jódu (Bouga a Combet, 2015).

Živočišné produkty a zpracované potraviny

Mléko, mléčné výrobky a vejce mohou obsahovat významné, ale proměnlivé množství jódu, které je ovlivněno obsahem jódu v krmných doplncích a v solných lizech. Komerční pečivo je dalším zdrojem jódu, pokud jsou používány jodičnany v pekařském průmyslu. Erytrosin (E127) je běžné potravinářské červené barvivo obsahující jód, široce se používá v potravinách, kosmetice a farmacii. Jód z erytrosinu je biologicky dostupný pouze částečně (Pearce, 2007).

1.1.2 Obsah jódu v prostředí

Jód (jako jodid) je v zemském prostředí široce, ale nerovnoměrně distribuován. Většina jodidu se nachází v oceánech, kde je jeho koncentrace přibližně 50 µg/litr.

Jodidové ionty v mořské vodě jsou oxidovány na elementární jód, který se vypařuje do atmosféry a deštěm je vrácen do půdy a tím je proces dokončen. Cyklus jódu je v mnoha regionech pomalý a neúplný, z tohoto důvodu mají plodiny pěstované v těchto půdách nízký obsah jódu (WHO, 2001). Obsah jódu v zevním prostředí klesá vymýváním vodními srážkami do povrchových vod a transportem do moří. Tento proces urychluje také výskyt kyselých dešťů (Zamrazil a Čerovská, 2014).

Koncentrace jódu v rostlinách rostoucích v půdách bohatých na jód se pohybuje kolem 1 mg/kg. V rostlinách pěstovaných v nedostatečně zásobovaných půdách může koncentrace jódu poklesnout na 10 µg/kg suché hmotnosti. Půdy s nedostatkem jódu jsou běžné v horských oblastech a oblastech s častými záplavami (Assey et al., 2006). Nedostatek v těchto oblastech lze řešit obohacením potravin přídatkem jódu (např. jodizací soli) či zaváděním potravin do potravního řetězce pouze z oblastí s dostatkem jódu (Zimmermann, 2009).

Obsah jódu v prostředí marginálních oblastí České republiky uvádí Konečný et al. (2020). Cílem jejich studie bylo analyzovat a vyhodnotit obsah jódu v půdě, půdní vodě a travních porostech v CHKO. Vzorke půdy byly odebírány ze dvou různých hloubek (do 15 cm, 16-30 cm). Vzorke půdní vody byly extrahovány z hloubky 40 cm a vzorke travní hmoty byly odebírány z plochy 1 x 1 m z luk sekaných dvakrát ročně, jednou ročně a luk nesekaných po dobu 5 let. Průměrný obsah jódu v CHKO Jeseníky byl $0,91 \pm 0,18$ mg kg⁻¹ v půdě, $1,16 \pm 0,79$ µg dm⁻³ v půdní vodě a $0,16 \pm 0,07$ mg kg⁻¹ v travních porostech. V CHKO Šumava bylo naměřeno $4,69 \pm 0,70$ mg kg⁻¹ v půdě, $3,12 \pm 0,91$ µg dm⁻³ v půdní vodě a $0,31 \pm 0,13$ mg kg⁻¹ v travních porostech. Výsledky studie prokázaly nízký obsah jódu v obou CHKO v České republice a také složité vztahy mezi jednotlivými složkami půdního ekosystému ovlivňujícími biologickou dostupnost jódu.

1.2 Štítná žláza

Štítná žláza je endokrinní žláza ležící v zadní části krku před horní částí průdušnice. Skládá se ze dvou laloků ležících na obou stranách průdušnice, které jsou spojeny úzkým kusem tkáně zvané isthmus. Žláza je uzavřena v kapsli pojivové tkáně, která je ve spojení s okolní cervikální fascií. Funkční jednotkou štítné žlázy je folikul štítné žlázy, což je sférická struktura složená z vnější monovrstvy folikulárních buněk obklopujících vnitřní jádro koloidu – glykoprotein tyreoglobulinu, který je zásobárnou

hormonů štítné žlázy (Pal, 2007). Velikost folikulů a výška jejich buněk se liší podle funkčního stavu štítné žlázy. Buňky se mohou lišit od neaktivních dlaždicových buněk po vysoce aktivní, vysoké sloupcovité buňky. Mezi folikuly jsou rozptýlené parafolikulární buňky (C buňky), které jsou zdrojem kalcitoninu. Ve štítné žláze či její blízkosti jsou uložena příštítná tělíska, která jsou zdrojem parathormonu (Singh a Beigh, 2013). Štítná žláza produkuje dva hormony, obsahující jód – trijodtyronin (T3) a tyroxin (T4). Uvolňování hormonů je stimulováno hormonem stimulujícím štítnou žlázu – tyreotropinem (TSH), který se uvolňuje z hypofýzy (Kumar et al., 2018). Nejvýraznější vlastností štítné žlázy obratlovců je její schopnost koncentrovat velké množství jódu pro syntézu tyroxinu. Štítná žláza vykazuje výrazné rozdíly ve strukturních složkách podle funkčního stavu žlázy, během vývoje a v závislosti na vlivu na životní prostředí. Liší se mezi druhy zvířat. Mezi ostatními endokrinními orgány se štítná žláza vyznačuje tím, že ukládá extracelulárně sekreční produkt – hormony štítné žlázy (Braverman a Cooper, 2012).

U drůbeže chybí spojující laloky štítné žlázy (isthmus) a na každé straně průdušnice jsou přítomny dva široce oddělené laloky a dvě načervenalá tmavě zabarvená kulatá malá tělesa umístěná na ventrální straně společné krční tepny v blízkosti hrudního vstupu (Balasundaram a Mookkappan 2000, Sing a Beigh 2013). Žláza je uspořádána do sférických folikulů, jejichž stěny jsou složeny z epiteliálních buněk, které obklopují lumen, naplněný koloidem (Whittow, 2000). Tvar těchto buněk spolu s velikostí a tvarem folikulů závisí na činnosti štítné žlázy (Parchami et al., 2012). Obecně je štítná žláza uložena v kapsli pojivové tkáně, složené z hrubých a jemných kolagenních vláken (Kausar a Shahid, 2006). U drůbeže se kapsle skládá ze tří vrstev, vnější, střední a vnitřní. Vnější vrstva je mezoteliální vrstva lemovaná jednoduchým plochým epitelem, střední vrstva je bohatá na tukové buňky, krevní cévy a nervy a vnitřní vrstva těsně přiléhá ke žláze (Balasundaram a Mookkappan, 2000). U kuřat se štítná žláza vyvíjí na počátku embryonálního života, do folikulů je organizována přibližně v první třetině inkubace a je pod kontrolou osy hypotalamus-hypofýza-štítná žláza do konce první poloviny inkubace.

U japonských křepelek je růst žláz v zásadě lineární a úměrný růstu těla během embryonálního života. Funkční kapacita žlázy během druhé poloviny inkubace exponenciálně roste. Koncentrace hormonu T4 jsou nízké u kuřat i křepelek během první třetiny až poloviny inkubace, během druhé poloviny se několikanásobně zvětšují. Během líhnutí vrcholí koncentrace T4, v období po vylíhnutí koncentrace T4

klesají a postupně se stabilizují na úroveň koncentrace jako u dospělých. Koncentrace T3 jsou velmi nízké po většinu embryonálního života, poté během líhnutí vrcholí s mírným zpožděním za T4 (McNabb et al., 1998).

1.2.1 Tvorba hormonů štítné žlázy

Hlavní hormony produkované štítnou žlázou jsou tyroxin (T4) a trijodtyronin (T3). Jód je nedílnou součástí hormonů T3 a T4 (Shahid et al., 2020). Produkci hormonů štítné žlázy ovládá osa hypotalamus-hypofýza-štítná žláza (H-P-T). Regulace hormonu štítné žlázy začíná v hypotalamu, který uvolňuje tyreotropin uvolňující hormon (TRH) do hypotalamo-hypofyzárního systému do přední hypofýzy. TRH stimuluje syntézu a sekreci tyreotropinu (TSH) z hypofýzy. TSH je uvolňuje do krve a váže se na receptor tyreotropin uvolňujícího hormonu ve folikulárních buňkách štítné žlázy. Jakmile jsou hladiny hormonů dostatečné, hypotalamus odřízne uvolnění TRH, což signalizuje hypofýze, aby přestala uvolňovat TSH (Holcomb, 2007).

Syntéza hormonů začíná absorpcí jodidu z kapiláry do folikulární buňky na základě chemických a elektrických gradientů sodíkových a jódových bílkovin, které se nacházejí v bazálních membránách folikulárních buněk. Druhým krokem je syntéza a produkce proteinu tyreoglobulinu, který neobsahuje jód a je prekurzorem. Jeho syntéza začíná na drsném endoplazmatickém retikulu ve formě peptidových jednotek, které jsou přesunuty do Golgiho aparátu a dokončená molekula slouží jako substrát pro syntézu hormonů štítné žlázy (Khurana, 2019). Tyreoglobulin je obsažen v malých vezikulách, které se uvolňují do folikulárního lumenu směrem k apikálnímu povrchu plazmatické membrány. Třetím krokem je oxidace jodidu. Jodid se ve folikulární buňce pohybuje směrem k apikálnímu povrchu plazmatické membrány a vstupuje do folikulárního lumenu, po tomto transportu dochází k oxidaci jodidu na jód (Pal, 2007). Poté následuje organifikace tyreoglobulinu, při které dochází k jodaci tyrozinových zbytků přítomných v molekule tyreoglobulinu. Při jodaci vznikají monoiodotyrozin a diiodotyrozin. Po jodaci tyrozinu následuje vazebná reakce, přičemž se dvě molekuly diiodotyrozinu spojí, vznikne hormon tyroxin (T4) a jedna molekula monoiodotyrozinu se spojí s jednou molekulou diiodotyrozinu za vzniku hormonu trijodtyroninu (T3). Reakce je aktivována peroxidázou štítné žlázy. Hormony jsou uloženy uvnitř folikulů štítné žlázy jako koloid po dobu několika měsíců (Khurana, 2019). Koloid, který obsahuje tyreoglobulin, prochází endocytózou a vstupuje do cytoplazmy ve formě

koloidních kapiček, které se pohybují směrem k bazální membráně. Dále dochází k fúzi koloidních kapiček s lysozomy, které obsahují proteolytické enzymy. Proteázy pomáhají trávit molekulu tyreoglobulinu uvolňující T4, T3, monoiodotyrozin a diiodotyrozin do cytoplazmy (Khurana, 2019, Klein, 2013). T3 (20 %) a T4 (80 %) se uvolňují do krevního řečiště pomocí transportéru MCT8 (Schweizer a Köhrle 2013), monoiodotyrozin a diiodotyrozin se jodidují enzymem deiodináza. V krevním řečišti mohou T4 a T3 cirkulovat ve vázané (99 %) nebo volné formě (1 %). Mezi vazebné proteiny se řadí globulin vázající tyroxin, prealbumin vázající tyroxin a albumin vázající tyroxin.

1.2.2 Funkce hormonů štítné žlázy

Účinky hormonů štítné žlázy se obecně dělí do dvou kategorií. První, u které se účinky projeví během několika minut až hodin po navázání hormonálních receptorů a nevyžadují syntézu proteinů, a druhá, která se projeví později (obvykle po více než 6 hodinách) a vyžaduje syntézu nových proteinů. Hormony štítné žlázy jsou ve fyziologickém množství anabolické. Ve spojení s růstovým hormonem a inzulinem se stimuluje syntéza proteinů a snižuje se vylučování dusíku. Při nadměrné činnosti štítné žlázy mohou působit katabolicky, což se může projevit zvýšenou glukoneogenezí, rozpadem bílkovin a ztrátami dusíku (Peterson, 2019).

Hormony štítné žlázy mají v těle mnoho funkcí a obecně regulují růst, diferenciaci a metabolismus lipidů, bílkovin a sacharidů. Jsou nezbytné pro zrání mozku a jeho fungování po celý život. U dospělých mohou onemocnění štítné žlázy vést k různým klinickým projevům (Bernal et al., 2015). Jsou klíčovými regulátory metabolismu a vývoje a mají pleiotropní účinky v mnoha různých orgánech (Boelaert a Franklyn, 2005).

Hormony štítné žlázy jsou pravděpodobně primárními determinanty bazálního metabolismu. Je obtížné definovat jejich přesné fyziologické účinky. Ovlivňují například metabolismus sacharidů, a to několika způsoby, včetně zvýšení absorpce glukózy ve střevech a usnadňují pohyby glukózy do tuků i svalů. Hormony štítné žlázy navíc usnadňují inzulinově zprostředkované vychytávání glukózy buňkami. Tvorba glykogenu je usnadněna malým množstvím hormonů štítné žlázy, dochází však ke glykogenolýze ve větších dávkách. Hormony štítné žlázy ve shodě s růstovým hormonem jsou nezbytné pro normální růst a vývoj. Toho je dosaženo zvýšeným

vychytáváním aminokyselin tkáněmi a enzymových systémů, které se podílejí na syntéze bílkovin. Například u savců je zpomalení růstu výsledkem snížení sekrece růstového hormonu (GH) (Snyder, 1996).

Jedním z dalších hlavních funkcí hormonu štítné žlázy u dospělých lidí je regulace termogeneze, což je odbourávání tuků. Množství údajů prokázalo účinky hormonu štítné žlázy na buněčné procesy spojené s energetickými výdaji, ale navzdory tomu zůstává nejasné, které energetické procesy reagující na 3,3 triiodothyronin jsou nejdůležitější pro stanovení bazální metabolické rychlosti. Byla také stanovena nová metabolická role hormonu štítné žlázy, a to na základě pozorování, že žlučové kyseliny mohou aktivovat lokální produkci hormonu štítné žlázy indukci deiodinázy typu 2. Nicméně musí být provedeno více studií, než bude vysvětleno, jak hormon štítné žlázy určuje rychlost metabolismu (Kim, 2008). Hormony štítné žlázy jsou také důležité pro normální vývoj tkání v plodu u novorozenců (Klein, 2013).

Hormony štítné žlázy u ptáků řídí bazální metabolismus, diferenciaci a vývoj centrálního nervového systému, regulují tělesnou hmotnost, rychlost opeření, plodnost, sekundární pohlavní znaky a metabolismus lipidů (Lucy et al., 2009, Firdous a Lucy, 2013).

1.3 Potřeba jódu ve výživě lidí

S nedostatkem příjmu jódu se potýkají 2 miliardy jedinců na celém světě, obzvláště v jižní Asii a subsaharské Africe. Nedostatek jódu má mnoho nepříznivých účinků na růst a vývoj, které způsobuje nedostatečná produkce hormonů štítné žlázy. Dospívající a dospělí potřebují jód v množství 150 mg denně (WHO, 2001). Téměř ve všech zemích se využívá jódování solí, jeden z nejúčinnějších způsobů, jak zlepšit dotaci jódu. Pokud jodizace soli není možná, lze podávat jodové doplňky (Zimmermann, 2009). Bohužel se jodizace soli jeví jako nedostatečná k pokrytí denní dávky jódu, protože dochází k celosvětovému poklesu soli (Winger et al., 2008). To je jedním z důvodů rostoucí pozornosti o jodem doplňované potraviny. Obsah nativního jódu je ve většině potravin a nápojů nízký a poskytuje 3–80 µg na jednu porci (Thomson et al., 2008). Obsah jódu v potravinách je také ovlivňován sloučeninami obsahujícími jód používaný při zavlažování, hnojení a krmení hospodářských zvířat.

Jód je přijímán v několika chemických formách. Jodid je rychle a téměř úplně absorbován žaludkem (Institute of Medicine, 2001). Jodičnan používaný k jodizaci

soli je redukován ve střevě a je absorbován jako jodid. U zdravých dospělých je absorpce vyšší než 90 %. Organicky vázaný jód je obvykle štěpen a uvolněný jodid je absorbován, ale asi 75 % perorální dávky hormonu tyroxinu je absorbováno neporušeně. Tělo zdravého jedince obsahuje 15–20 mg jódu, z něhož je 70–80 % ve štítné žláze. Při nedostatku jódu může jeho obsah klesnout na méně než 20 µg. V oblastech s dostatečným obsahem jódu zachycuje štítná žláza u dospělého přibližně 60 µg jódu denně, aby vyrovnala ztráty a udržovala syntézu hormonů štítné žlázy (Zimmermann, 2009). Hodnoty doporučeného příjmu jódu pro různé věkové kategorie uvádí tabulka 1.1. Jisté skupiny v populaci jsou náchylnější k nedostatku jódu ve výživě. Patří mezi ně např. vegetariáni, lidé alergičtí nebo intolerantní k mléku, rybám nebo lidé vyhýbající se použití jódované soli. Těhotné a kojící ženy potřebují vyšší přívod jódu, protože vyšší renální tlak krve zvyšuje ztráty jódu do moči a zásoben musí být i plod. Zdrojem jódu je například mořská voda, mořské ryby a jodizovaná sůl, která zabezpečí příjem asi 200 µg jodu za den (Bencko et al., 2002). Skladováním obsah jódu v soli klesá. Rovněž redukcí soli ve stravě je přísun jódu do organismu snižován. Mezi další potravinové zdroje jódu patří mléko a mléčné výrobky, minerální vody, košťálová zelenina, sója, a jódové tablety pro těhotné a kojící ženy (Státní zdravotní ústav.cz, 2018) V některých zemích pochází 40 % a více z celkového příjmu lidského jódu z mléka a mléčných výrobků (Garralda et al., 2015). Také vejce nosnic, zejména vaječný žloutek, lze považovat za zdroj jódu (Röttger et al., 2012, Slupczynska et al., 2014).

Tabulka 1.1: Hodnoty doporučeného příjmu jódu za den (Zamrazil a Čerovská, 2014)

Děti 0-5 let	90 µg
Děti 6-12 let	120 µg
Děti nad 12 let a dospělí	150 µg
Těhotné a kojící ženy	250 µg

1.3.1 Projevy nedostatku jódu u lidí

Prvním šetřením provedeným v roce 1980 WHO bylo zjištěno, že 20-60 % světové populace trpí nedostatkem jódu či přítomností strumy. Nebyla tomu však věnována

dostatečná pozornost, struma byla považována pouze za bouli na krku. Pouze některé země (Švýcarsko, některé skandinávské země, Austrálie, USA a Kanada) byly před rokem 1990 z pohledu obsahu jódu dostačující. Změna nastala v roce 1970-1990, kdy byly pořízené studie v oblastech s nedostatkem jódu, které prokázaly, že dotace jódem eliminovala případy kretenismu, snižovala dětskou úmrtnost a docházelo ke zlepšení kognitivních funkcí u zbytku populace (Hetzel, 1983). Byl tak vytvořen termín „poruchy jóduvého deficitu“, který se stal široce uznávaným spektrem souvisejících poruch a vytvořené programy proti těmto poruchám byly velice populární, od roku 1990 se jejich eliminace stala nedílnou součástí mnoha národních výživových strategií (Zimmermann, 2009). Zlepšení přísunu jódu je pro odborníky na výživu stále velkou výzvou (Laurberg, 2004). Lidské, ekonomické a sociální důsledky nedostatku jódu v lidské populaci lze odstranit nízkonákladovou metodou, jodizací soli. Tento efekt byl podpořen koalici mezinárodních organizací – Mezinárodní radou pro kontrolu nedostatku jódu (ICCIDD), WHO, Micronutrient Initiative a organizací UNICEF. Podle WHO nedostatkem jódu stále trpí celosvětově asi 2 miliardy lidí, z toho je vysoký podíl populace v západní a střední Evropě (Delange, 2002, Delange a Dunn, 2004, Vitti et al., 2003).

Hlavní dva faktory odpovědné za poruchy nedostatku jódu jsou nedostatečný příjem jódu a jeho nedostatečné využití. K nedostatečnému příjmu jódu dochází z důvodu jeho malého množství v půdě a následně konzumací potravy s nízkým obsahem jódu. Na druhé straně může přítomnost určitých látek – strumigenů v některých potravinách vést k nedostatečnému využití jódu (Hetzel, 1983).

Nedostatek jódu má mnoho nepříznivých účinků na růst a vývoj lidí a zvířat a jsou výsledkem nedostatečné produkce hormonů štítné žlázy (Delange a Hetzel, 2008). Nedostatek jódu snižuje produkci hormonů štítné žlázy u lidí a zvířat, což vede k morfologickým a funkčním změnám štítné žlázy a ke snížení tvorby tyroxinu (WHO, 2001). Štítná žláza se přizpůsobuje nízkému příjmu jódu v potravě zvýšenou sekrecí tyreotropního hormonu z hypofýzy. U většiny jedinců při poklesu jódu pod 100 µg/d dochází ke zvýšené sekreci tyreotropinu, což zvyšuje odstranění anorganického jodidu z plazmy (Taki et al., 2002). Jelikož větší část cirkulujícího jodidu je vylučována štítnou žlázou, dochází k postupnému snižování vylučování jodidu ledvinami. Tyreotropin také stimuluje rozklad tyreoglobulinu a uvolňuje T3 do krve. Dokud denní příjem jódu zůstane nad prahovou hodnotou 50 µg/d, navzdory poklesu cirkulujícího anorganického jodidu v plazmě, zůstává příjem jódu ve štítné žláze v normálních

mezích, 10-20 mg. Pod touto hranicí však klesá absolutní příjem jódu, ve štítné žláze je jeho obsah vyčerpán, štítná žláza prochází hypertrofií a hyperplazií folikulárních buněk, v průběhu procesu se zvětšuje a tento útvar se nazývá struma (Delange, 2000). Strumy jsou na počátku charakterizovány difuzním, homogenním zvětšením, ale postupem času se často vyvíjejí uzliny. Mnoho uzlin štítné žlázy pochází ze somatické mutace a je monoklonálního původu (Kopp et al., 1994). Nedostatek jódu způsobuje difuzní strumu ve všech věkových kategoriích a je také spojován s výskytem multinodulární toxické strumy, která se vyskytuje hlavně u žen starších 50 let (Laurberg et al., 1991). U dětí, někdy i dospělých z oblastí se středně těžkým až těžkým nedostatkem jódu dochází ke zvýšené sekreci tyreotropinu, nízké koncentraci T4 v séru a normální nebo lehce zvýšené koncentraci T3 (Delange et al., 1972). K poruše štítné žlázy a rozvoji kretenismu dochází obvykle pouze v oblastech se závažným nedostatkem jódu, kde dochází k nízké koncentraci T4 a T3 a dramaticky zvýšenému tyreotropinu (Morreale de Escobar a Obregon, 2004).

Nejzávažnějším nepříznivým účinkem nedostatku jódu je poškození plodu. Tyroxin přechází z matky placentou do plodu před nástupem funkce štítné žlázy tzn. v 10.-12. týdnu a představuje 20-40 % měřeného T4 v pupečnickové krvi při narození (Sack, 2003). Normální hladina hormonů štítné žlázy je nutná pro migraci neuronů a myelinizaci fetálního mozku a nedostatek jódu nevratně zhoršuje vývoj mozku (Schneiderka et al., 2004, Morreale de Escobar a Obregon, 2004). Nedostatek jódu během těhotenství zvyšuje riziko narození mrtvých dětí, potratů a vrozených vad (Dillon a Milliez, 2000, Cobra, 1997). Nápadný a snadno zjištělný je defektní vývoj skeletu. Dochází ke zpomalování tvorby kostí a k jejich deformitám. Mohou se vyskytovat různé vady, zejména v srdci a v gastrointestinálním traktu. Při těžké jodopenii vzniká obraz endemického kretenismu (Zamrazil a Čerovská, 2014). Podávání jódu během druhého trimestru těhotenství zvrátí poškození způsobené nedostatkem jódu. Poškození způsobené po skončení druhého trimestru těhotenství je však trvalé (Hetzl, 1989). V oblastech se závažným nedostatkem jódu může kretenismus ovlivnit až 5-15 % populace, nadále se vyskytuje například v izolovaných oblastech západní Číny (Chen, 2007).

1.3.2 Projevy nadbytku jódu u lidí

Vysoký příjem jódu většina zdravých jedinců dobře snáší, ale u některých lidí může nadměrný příjem jódu vyvolat hypertyreózu, hypotyreózu, strumu či autoimunitní onemocnění štítné žlázy. Jedinci s již existujícím onemocněním štítné žlázy nebo ti, kteří byli dříve vystaveni nedostatku jódu, mohou být náchylnější k poruchám štítné žlázy z důvodu zvýšení příjmu jódu. Hypertyreóza vzniklá nadbytkem jódu může být přechodná nebo trvalá a mezi rizikové faktory se řadí netoxická nebo difuzní nodulární struma, latentní Gravesova choroba a dlouhodobý nedostatek jódu (Pramyothin et al., 2011). U takto postižených pacientů je účinné podávání jódu, protože vede k akutnímu snížení uvolňování hormonů štítné žlázy (Bahn et al., 2011). Základní mechanismus hypotyreózy je nejasný, ale lze jej přičíst nedostatečné adaptaci na akutní Wolff-Chaikoffův efekt, který předpokládá snížení hladiny hormonů štítné žlázy při požití nadměrného množství jódu. Vystavení vysokým koncentracím jódu může také snížit uvolňování hormonů štítné žlázy v séru a zvýšení hladiny tyreotropinu v séru nad horní hranici optimálního rozmezí (Paul et al., 1988).

Nadměrný příjem jódu může vzniknout nadměrnou konzumací soli, pitné vody, mléka bohatého na jód, některých mořských řas či doplňků stravy obsahující jód (Farebrother et al., 2019). I chronicky vysoký příjem jódu, například z léků obsahujících jód nebo dezinfekčních látek, může vést k vývoji strumy. Horní hranice dlouhodobého příjmu jódu pro dospělé je podle EU 600 $\mu\text{g}/\text{den}$ (Bencko et al., 2002).

1.3.3 Hypotyreóza

Hypotyreóza se týká jakéhokoliv stavu, který vede k nedostatku hormonů štítné žlázy, včetně onemocnění hypotalamu nebo hypofýzy a poruch, které přímo ovlivňují štítnou žlázu (Woeber, 2000). Podle příčiny vzniku deficitu hormonů rozdělujeme hypotyreózu na primární (nedostatek periferních hormonů štítné žlázy), sekundární (nedostatek TSH) a terciální (nedostatek TRH). Příčinou vzniku periferní hypotyreózy jsou kromě těžkého nedostatku jódu v potravě také chronická autoimunitní tyroiditida (idiopatický myxedém) se strumou nebo bez ní, aplazie či ektopie štítné žlázy, nebo destrukce žlázy po léčbě radiojódem (Masopust a Průša, 2004). Klinické projevy jsou většinou nespecifické. Zahrnují celkové zpomalení, depresi, mírné přibývání na váze, zimomřivost, suchou kůži na předloktí (Charvátův příznak). Po projevení poruchy

naplno dochází k myxedému kůže, chrapotu, sinusové bradykardii, snížené tělesné teploty (Imseis et al., 1998). Při diagnóze hypotyreózy bude zjištěna zvýšená koncentrace tyrotropinu v séru, může být přítomna mírná anemie, zvýšená koncentrace kreatinfosfokinázy a abnormální lipidový profil se zvýšenou koncentrací nízkohustotního lipoproteinového cholesterolu a sníženou koncentrací vysokohustotního lipoproteinového cholesterolu. Léčba hypotyreózy bývá většinou doživotní. Při zjištěné snížené funkci štítné žlázy je třeba podávat syntetické hormony štítné žlázy, např. Levotyroxin (Vokurka, 2015). Prevalence klinické hypotyreózy se v populaci pohybuje mezi 0,2-5,3 % v Evropě (Asvold et al., 2003) a 0,3-3,7 % v rámci USA (Canaris et al., 2000).

U pacientů se může objevit také subklinická hypotyreóza, která je charakterizována zvýšenou koncentrací tyrotropinu při zachování normální koncentrace hormonů štítné žlázy v séru (Institute of Medicine, 2001).

1.3.4 Hypertyreóza

Hypertyreóza je stav, který způsobuje nadměrná funkce štítné žlázy a vede k tyreotoxikóze a v praxi jsou tyto dva pojmy často zaměňovány. Hypertyreóza se však týká hyperfunkce štítné žlázy, zatímco tyreotoxikóza označuje jakýkoliv stav charakterizovaný nadbytkem hormonu štítné žlázy, včetně požití nadměrného hormonu štítné žlázy a tyroiditidy (Raed et al., 1998). Hypertyreóza se může projevit anorexií, chřadnutím, fibrilací síní či srdečním selháním. Příčiny se budou lišit podle věkové kategorie. U mladých pacientů způsobuje hypertyreózu Gravesova choroba, zatímco u starších je příčinou toxická nodulární struma (Vanderpump, 2011). Diagnóza se určuje na základě příznaků, u pacientů nad 70 let však mohou zcela chybět a nemusí být přítomna ani struma. K diagnostice se využívá měření sérového tyrotropinu. U pacientů s oftalmopatií není nutné další testování, jde o projev Gravesovi choroby. Léčba probíhá podáním antityroidních léků (v Evropě je používaným lékem karbimazol, v USA methimazol a proylthiouracil). Prevalence hypertyreózy se pohybuje od 0,2-1,3 % v oblastech s dostatečným zásobením jódu (Garmendia-Madariaga et al., 2014). Celosvětově je největším rizikovým faktorem pro subklinickou hypertyreózu užívání levotyroxinu a nedostatek jódu, prevalence se pohybuje od 6-10 % u lidí v oblastech s nedostatkem jódu (Vanderpump, 2011).

1.4 Jód ve vejcích

1.4.1 Obsah jódu ve vejcích

Bohatým zdrojem jódu jsou také vejce. Jedno středně velké vejce obsahuje méně než 100 kalorií. Většina živin včetně jódu se nachází ve vaječném žloutku. V průměru jedno velké vejce obsahuje 24 µg jódu, což představuje 16 % denní doporučené dávky (Vilímovský, 2019). Dušová et al. (2012) ve své studii uvádí, že v roce 2005 se v ČR vejce podílela na krytí potřeby jódu obyvatel ze 7-14 %. Spotřeba vajec na obyvatele v roce 2005 byla 235 kusů/rok (Situační a výhledová zpráva, 2007). V letech 2018-2020 spotřeba vajec vzrostla na 263 kusů/rok (Pavlíková, 2020). Z toho lze vyvodit, že i krytí potřeby jódu konzumací vajec v současné době vzrostlo.

Množství jódu ve vejcích se liší v závislosti na jeho příjmu prostřednictvím krmné dávky, zatímco větší část jódu je obsažena ve žloutku. Podle Kaufmanna (1997) slepičí vejce obsahují v průměru 1135 ± 205 µg jódu na kg čerstvého žloutku a 49 ± 14 µg jódu na čerstvý bílek. Experimentální znalost faktorů účastnících se na relativně snadném přechodu jódu do žloutku umožňuje kontrolovat zvýšení obsahu jódu ve vejcích (Kroupová et al., 1999). Standardizovaný požadavek jódu v České republice je 0,3 mg u slepic lehkého typu a 0,5 mg jódu na kg dietní sušiny pro slepice těžšího typu (Zelenka et al., 2007). Vysoká variabilita obsahu jódu ve žloutku odráží nejen skutečný příjem jódu, ale také skutečné období snáškového cyklu a související intenzitu snášky. Při výkladu vlivu různých faktorů na hladiny jódu ve žloutku nelze opomíjet ani pravidelnost homeostázy a homeorheze (Bobek, 1998, Kroupová et al., 1999), které se projevují zvýšeným ukládáním nadbytečných stopových prvků ve svalech nebo jejich zvýšeným vylučováním a omezenou resorpcí. Rozdíly v obsahu jódu ve žloutku u konzumních vajec a vajec z malých chovů jsou znatelné. Celkové množství jódu obsažené ve vejcích z velkochovů představuje 97,4 % a obsah jódu u vajec z malochovů představuje 95 %. Spotřeba vajec z malochovů pak pokrývá pouze 2,2- 4,4 % denní potřeby jódu. Za předpokladu, že průměrná roční spotřeba v ČR v roce 2005 byla 242 vajec na obyvatele, vejce vyprodukovaná ve velkochovech mohla pokrýt přibližně 7-14 % denního požadavku jódu dospělých (Stránský a Ryšavá, 1997).

Na trhu v současné době existují IQejce, která mají zvýšený obsah jódu až na hodnoty 110 µg a odpovídají tak 73 % denní doporučené dávky (IQejce, 2017). Tato vejce jsou také součástí praktické části této práce.

1.4.2 Faktory ovlivňující obsah jódu ve vejcích

Obsah jódu ve vejcích je ovlivněn několika faktory a může být nestálý a kolísavý i u téže nosnice zejména vlivem krmiva. Simeonovová et al. (1999) zjistili, že ve světlém žloutku je obsah minerálních látek až osmkrát vyšší než v tmavém žloutku. Na obsah jódu ve vejcích má vliv kromě způsobu chovu i druh drůbeže, kdy například křepelčí vejce obsahují na 100 g až 115 µg jódu a vejce slepičí 53 µg jódu (McCance a Widdowson, 2008). Dalším faktorem ovlivňujícím obsah jódu ve vejcích je i snáškový cyklus a zdravotní stav nosnice.

Snáška

Snáška probíhá v tzv. sériích. Série je počet dnů, kdy nosnice snáší vejce každý den bez přestávky. Snášku drůbeže graficky vyjadřuje snášková křivka. Ta má typický průběh u jednotlivých druhů drůbeže. U slepice po dosažení pohlavní dospělosti dochází k rychlému nárůstu počtu snesených vajec a vrcholu snášky dosahuje ve věku 26–31 týdnů. Vrchol snášky trvá 6-8 týdnů, u vysokoužitkových slepic se vrchol snášky prodlužuje na tři až čtyři měsíce, pak snáška pozvolně klesá. Průběh snášky lze vyjádřit ve 3 fázích. První fáze trvá 20-24 týdnů a je charakterizovaná vysokou intenzitou snášky. Druhá fáze rovněž trvá přibližně 20 týdnů a je charakterizována stále vysokou snáškou, i když počet snesených vajec mírně klesá. Třetí fáze snášky je přibližně dlouhá 20 týdnů. V tomto období dochází k dalšímu poklesu počtu snesených vajec (Ledvinka, 2011).

Snáška je vlastnost velmi variabilní. Mezi vlivy na ni působící počítáme dědičné založení, stupeň prošlechtění a plemennou příslušnost drůbeže, období pohlavního dospívání, intenzitu snášky v průběhu roku, vytrvalost ve snášce, nekvokavost, věk nosnic a jejich zdravotní stav. Tyto faktory zařazujeme mezi tzv. vnitřní vlivy. Z vnějších vlivů působí na snášku především výživa a krmení, ustájení a ošetřování drůbeže, světelný režim, bioklimatické podmínky apod. Jedním z nejdůležitějších faktorů, kterými lze ovlivňovat snášku, je výživa. Je tomu tak proto, že již samotná tvorba vajec je podmíněna zásobováním drůbeže potřebnými živinami. Není-li

v krmné dávce dostatek některých živin, snáška vajec se snižuje, popř. zcela ustává (Šatava, 1984).

Posati a Orr (1976) zjistili, že věk slepic a tím i snáška má významný vliv na poměr žloutku a bílku ve vejci. Rossi a Pompei (1995) uvedli, že poměr žloutku se s věkem slepice zvyšuje. Ve vejcích od 28 týdnů starých slepic zjistili poměr žloutku k bílku nejnižší, zatímco slepice 55-78 týdnů staré měly poměr žloutku k bílku nejvyšší. V určitém věku pak nastává postupný pokles. Vzhledem k tomu, že jód je z největší části obsažen ve žloutku, znamená to, že s rostoucím věkem a snáškou roste i množství jódu ve vejci, a to v závislosti na rostoucím poměru žloutku k bílku. Ve studii Christensena et al. (1991) bylo prokázáno, že vysoké dávky jódu ovlivnily líhnivost krůtích vajec.

Výživa

Jedním z opatření ke zlepšení přísunu jódu do lidského organismu je jeho doplňování do krmiv pro zvířata za účelem zvýšení obsahu jódu v potravinách živočišného původu (Schöne, 2013). Suplementace jódu u hospodářských zvířat může vést k prevenci nedostatku jódu u lidí. Ačkoliv se během posledních let kvalita jódové výživy v některých evropských zemích rozvíjela, stále není dořešena otázka metod doplňování jódu (Thamm et al., 2007). U hospodářských zvířat se neprovádí žádné analýzy obsahu jódu v krmivu.

Jód se zvířatům přidává ve formě jodidu draselného, jodidu sodného nebo jodičnanu vápenatého. Bohatým zdrojem jódu je rybí moučka. Dalším zdrojem jódu pro slepice může být i mořská řasa. To prokázal i Kaufmann et al. (1998), v jehož čtyřtýdenním krmném experimentu s kuřaty byly dvě skupiny kuřat ze čtyř krmeny mořskou řasou (*Euchema spinosum*) bohatou na jód. Po zkušebním období se obsah jódu v celkovém vejci významně zvýšil ze 7,2 µg/vejce (bez jódového doplňku) na 51,4 µg/vejce (+5,0 mg jódu/kg). V experimentálních skupinách, které dostávaly mořské řasy v krmivu, byly také významně vyšší koncentrace jódu ve vejci (33,8 µg l/vejce) ve srovnání se skupinou bez jódového doplňku. Z toho vyplývá, že obsah vaječného jódu je variabilní v závislosti na jeho příjmu v krmné dávce. To se shoduje se studií Yalcyn et al. (2004), kde bylo zjištěno, že suplementací jódu do krmné dávky dochází ke zvýšení koncentrace jódu ve vaječném žloutku, bílku a celých vejcích a pokud se krmná dávka doplní o množství 3-6 mg/kg jódu nedochází k ovlivnění snášky a vlastností vajec. Co se týče volby krmiva, tak Slupczynska et al. (2014)

zjistili, že kumulaci jódu ve vejcích negativně ovlivňuje strava obsahující řepkové moučky vlivem strumigenně působících glukosinolátů. Přebytek jódu se projevuje nežádoucím zvýšením obsahu tohoto prvku ve vejcích (Zelenka, 2014). Tabulka 1.2 uvádí potřebu minerálních látek v krmné směsi pro nosnice.

Tabulka 1.2: Potřeba minerálních látek v 1 kg krmné směsi pro slepice nosného typu (Zelenka et al., 2007) *

Živina	MJ	Slepice produkující vejce			
		konzumní		násadová	
		Do 45 týdnů	Nad 45 týdnů	Do 40 týdnů	Nad 40 týdnů
Ca	g	37	39	37	39
P využitelný	g	4,1	3,9	4,1	3,8
Mg	g	0,6	0,6	0,6	0,6
K	g	6	6	6	6
Na	g	1,5	1,5	1,6	1,5
Cl	g	1,6-2	1,6-2	1,7	1,6
Mn	mg	70	70	90	90
Zn	mg	70	70	60	60
Fe	mg	65	65	60	60
Cu	mg	10	10	8	8
I	mg	1	1	1	1
Se	mg	0,2	0,2	0,2	0,2

* Při denní spotřebě 115 g krmiva

1.5 Obsah jódu v ostatních potravinách

Údaje o obsahu jódu v potravinách jsou relativně vzácné, s výjimkou mléka a ryb (Julshamn et al., 2001). Je známo, že mořské ryby a mořské plody jsou hlavním zdrojem jódu v lidské stravě (Remer et al., 2006). Příjem jódu se od roku 2000 rovněž zvýšil z kravského mléka, vajec a masa v důsledku nahrazení masných a kostních pokrmů s nízkým obsahem jódu za komerčně jodizované minerální krmivo. Množství jódu v potravinách může být velmi variabilní (Ershow et al., 2018).

Mořské řasy

Biogenní deriváty jódu a metabolity obsahující jód byly izolovány z bakterií, sinic, druhů makroskopických a mikroskopických řas, mořských a sladkovodních bezobratlých, ryb, obojživelníků, jiných zvířat a lidí. Anorganické jodované sloučeniny byly nalezeny v rostlinách, houbách a lišejnících (Frechou a Calmet, 2003 Gribble, 2003). Mnohobuněčné mořské řasy jsou nejstaršími členy rostlinné říše a vznikly před stovkou milionů let. Mnoho druhů mořských řas je jedlých, bohatých na vitaminy a jód (Gribble, 2003, Laturnus, 2001).

Mořské řasy jsou důležitým zdrojem potravy v mnoha asijských zemích, japonská kuchyně používá různé odrůdy (Kombu, Laver, Wakame a Nori) se širokým uplatněním. Nejvyšší obsah jódu byl nalezen v mořské řase Kombu (*Laminaria japonica*), v množství 734 mg/kg ve vlhkém základu a 99,2 % z celkového jódu bylo ve vodorozpustné formě jódu (Qing-xiang a Xiao, 1998). Mezi tři nejoblíbenější druhy mořských řas patří kombu kelp, wakame a nori. Kombu kelp je hnědá mořská řasa, která se prodává jako sušený produkt nebo ve formě prášku. Wakame je další druh hnědých mořských řas, které jsou bohaté na jód. Množství jódu v těchto řasách se pohybuje kolem 66 µg/g řasy, tedy 44 % denní doporučené dávky (Teas et al., 2004). Na rozdíl od hnědých mořských řas červené mořské řasy obsahují podstatně méně jódu. Takovým druhem je řasa Nori, u které se množství jódu pohybuje mezi 16-43 µg/g, což představuje zhruba 11-29 % denní doporučené dávky (Vilímovský, 2019).

Ryby

Koncentrace jódu se liší mezi druhy ryb, uvnitř nich a také závisí na sezoně a geografické lokalitě, protože ryby absorbují jód jak z mořské vody, tak z potravy (Julshamn et al., 2001). Mořské ryby mají nejvyšší koncentrace jódu (Gunnarsdottir et al., 2009). Největší obsah jódu má treska. Je to druh mořské bílé ryby, která vyniká skvělou chutí a konzistencí masa. Obsahuje poměrně málo tuku a kalorií, ale hodně živin a minerálů, včetně jódu. Jedna porce (85 gramů) tresky obsahuje zhruba 63-99 µg jódu, což odpovídá 42-66 % denní doporučené dávky. Množství jódu v tresce závisí na tom, zda se jedná o rybu chovanou na rybích farmách nebo rybu chycenou volně v přírodě, a taky na místě, odkud treska pochází.

Tuňák je další nízkokalorickou rybou s vysokým obsahem jódu. Navíc obsahuje i hodně omega-3 mastných kyselin, které snižují riziko kardiovaskulárních

onemocnění. V jedné malé porci (75 g) se nachází 17 μg jódu, což odpovídá 11 % denní doporučené dávky (Vilímovský, 2019).

Mléko a mléčné výrobky

Mléko a výrobky z něj představují velký význam z hlediska zdrojů jódu, protože jsou běžně konzumovány. Koncentrace jódu v mléce závisí na koncentraci jódu v krmivech skotu, množství strumigenů v krmných dávkách, zdrojích jódu, laktační fázi, výtěžnosti mléka a zpracování mléka (Troan et al., 2015) či na aplikaci jodoforových přípravků k dezinfekci struků přímou kontaminací mléka nebo transdermální absorpcí dojnící (Flachowsky et al., 2014).

V Americe byla provedena rozsáhlá studie, která měřila obsah jódu v 18 různých značkách mléka. Bylo zjištěno, že 1 sklenice (236 ml) mléka obsahuje minimálně 88 μg a maximálně 168 μg jódu. Na základě těchto výsledků lze konstatovat, že 1 sklenice (236 ml) mléka obsahuje 59-112 % denní doporučené dávky jódu (Pearce et al., 2004). Skvělým zdrojem jódu jsou také jogurty. Jeden středně velký jogurt (236 ml) obsahuje zhruba 50 % denní doporučené dávky jódu. Množství jódu v sýrech značně závisí na druhu sýra. Jedním z nejbohatších zdrojů jódu je tvaroh. Ve 162 gramech tvarohu najdeme 65 μg jódu. Bohatým zdrojem jódu je také sýr čedar, který obsahuje 12 μg jódu na každých 28 g sýra (Vilímovský, 2019).

Dle Trávníčka et al. (2011) je optimální obsah jódu v mléce v rozmezí 100-200 $\mu\text{g/l}$. Obsah nad 250 $\mu\text{g/l}$ je nadbytečný a hodnoty 50-80 $\mu\text{g/l}$ odrážejí jeho nízký příjem vzhledem k současným nárokům na činnost štítné žlázy vysokoprodukčních dojníc. Dle Dušové et al. (2012) má mléko vůbec nejvyšší obsah jódu ve srovnání s ostatními živočišnými produkty.

Dynamiku obsahu jódu v mléce v posledních deseti letech v ČR publikoval Konečný et al. (2019). Nejvyšší střední obsah jódu byl měřen v roce 2009 ($485,5 \pm 408,2 \mu\text{g/l}$) a nejnižší v roce 2016 ($169,2 \pm 71,7 \mu\text{g/l}$). Od roku 2010 došlo k postupnému poklesu koncentrace jódu ze $479,5 \pm 304,9 \mu\text{g/l}$ v roce 2010 na $231,2 \pm 63,5 \mu\text{g/l}$ v roce 2018.

1.6 Strumigeny

Přirozeně se vyskytující látky, které narušují metabolismus štítné žlázy, se nazývají strumigeny. Strumigeny způsobují přímé působení na štítnou žlázu i nepřímé změny

regulačních mechanismů a problémy při tvorbě hormonů. Svůj název nesou od pojmu struma a pokud má štítná žláza potíže se syntézou hormonů, dochází k jejímu zvětšení, aby kompenzovala tuto nedostatečnou produkci hormonů (Chandra, 2010).

Brokevité zelenina, včetně zelí, kapusty, květáku, brokolice, tuřínu a řepky, obsahuje glukosinoláty a jejich metabolity bojují s jódem o příjem štítnou žlázou. Maniok, fazole, lněné semínko, čirok, sladké brambory obsahují kyanogenní látky, které mohou být metabolizovány na thiokyanáty. Ty se také ucházejí o příjem štítnou žlázou. Pokud se štítné žláze nepovede vytvořit dostatek hormonů, dochází k jejímu zvětšení, které je řízeno hypofýzou. Například v manioku se vyskytuje linamarin a pokud není z plodiny odstraněn dostatečným uvařením, dochází k jeho hydrolyze ve střevě, kde uvolňuje kyanid, který je dále metabolizován na již zmíněný thiokyanát (Laba, 2015). Sója a proso obsahují flavonoidy, které zhoršují aktivitu peroxidázy štítné žlázy. Použití produktů sóji bez dodaného jódu by mohlo u kojenců vyvolat strumu a hypotyreózu, ale u dospělých jedinců má její použití zanedbatelné účinky na funkci štítné žlázy (Messina a Redmond, 2006). Znečištěná pitná voda může obsahovat huminové látky, které blokují jodidaci štítné žlázy a také průmyslově znečišťující látky (např. resorcinol) mohou být strumigenní. (Gaitan, 1989). Chloristan se řadí mezi inhibitor vychytávání jódu štítnou žlázou (Blount et al., 2006). Ke strumigenním látkám se řadí i mnoho léků. Jsou to především léky, které obsahují lithium a fenylbutazon. Ten se užívá při léčbě revmatických chorob. Tato léčiva se strumigenním účinkem se mohou zapojit do metabolismu jódu a bránit správné funkci štítné žlázy, a to produkcí hormonů. Většina těchto strumigenních látek nemá zásadní klinický vliv na zdraví, pokud se v organismu současně nevyskytuje nedostatek jódu (Laba, 2015).

1.6.1 Strumigeny u slepic

Mezi strumigeny u slepic patří například řepková moučka. Vliv řepkové moučky na morfologii štítné žlázy u brojlerů zkoumal například Adibmoradi (2007). Ve svém experimentu použil 300 ks jednodenních kuřat rozdělených do 5 skupin. Kuřata byla krmena pěti úrovněmi řepkové směsi (0, 5, 10, 15 a 20 %) do věku 42 dní. Poté byla čtyři kuřata z každé skupiny zabita a jejich štítná žláza byla odstraněna a okamžitě ponořena do formaldehydu a zalita do parafinu. Každý vzorek byl poté rozřezán na tloušťku 7 μm , obarven heamatoxylinem a eosinem a vyšetřen světelnou mikroskopií.

Měření průměru folikulů, počtu epiteliálních buněk a výšky epiteliálních buněk ve všech skupinách bylo provedeno při 100 až 400násobném zvětšení. Průměr folikulů, počet epiteliálních buněk a výška epiteliálních buněk v léčených skupinách (ošetření 3, 4 a 5) byly významně zvýšeny ve srovnání s kontrolní skupinou (ošetření 1). Tyto výsledky ukázaly, že řepková moučka ovlivňuje morfolonii štítné žlázy u brojlerů.

Možnost ovlivnit strumigenní působení řepkové moučky u vykrmovaných kuřat přidáním jódu a zinku do jejich stravy zkoumal Trefný et al. (1990). Ti zjistili, že řepkové moučky obsahující glukosinoláty v množství 53,4 a 20,5 $\mu\text{mol/g}$ byly obsaženy ve startérové směsi pro drůbež v 8-9 %. Do řepkové moučky bylo proto přidáno 0,5 mg/kg jódu a 150 mg/kg zinku. Srovnání proběhlo s kontrolními skupinami, kmenými dietou bez řepkové moučky a bez jódu a zinku. Bylo zjištěno, že doplněk jódu ani zinku ve startérové směsi neměl žádný účinek na strumigenní působení řepkové moučky. U drůbeže řepková moučka snížila krevní tyroxin ve srovnání s kontrolní skupinou. Celkově ale neměla žádný vliv na rychlost růstu. Doplnky jódu a zinku neměly žádný vliv na změny tělesné hmotnosti.

1.7 Projevy nedostatku jódu u zvířat

Nedostatek jódu v potravě zvířat může mít nepříznivé účinky na jejich výkon a vede k reprodukčním poruchám, k narození mrtvých nebo slabých mláďat s přítomnou strumou. Nedostatek jódu snižuje hladinu hormonů štítné žlázy, což vede k hypotyreóze. Nenádorové a nezánetlivé rozšíření štítné žlázy (struma), která se může vyvinout u všech domácích savců i ptáků, musí být odlišena od jiných příčin otoku horní části krku, včetně zvětšení slinných žláz a lymfatických uzlin. Na rozdíl od telat, jehňat a kůzlat není však u prasat a drůbeže otok krku patrný. Mezi běžné příčiny strumy u zvířat patří zvětšení štítné žlázy, uterinní nedostatek nebo přebytek jódu, toxicita jódu, požití strumigenních rostlin, dědičná dispozice, vrozená hypotyreóza. Hyperplazie štítné žlázy způsobená nedostatkem jódu byla běžná v mnoha oblastech po celém světě. Ohniska strumy jsou dnes sporadická, ale i když je postiženo menší množství zvířat, nedostatek jódu je stále zodpovědný za většinu strum u velkých domácích zvířat. Struma je nejčastější u novorozenech prasat, jehňat a telat v oblastech s nedostatkem jódu. Laloky štítné žlázy mladého zvířete jsou obvykle dvakrát větší, měkké a tmavě červené. V závažných případech dochází k nedostatku srsti nebo vlny. Krk je obvykle hrubě zvětšený a kůže a jiná tkáň zesílená, ochablá a s otoky. U mírně

postižených zvířat pomůže léčba jodizovanou solí, ale mnoho postižených jedinců umírá před nebo brzy po narození. Prevence je proto účinnější než léčba a spočívá ve vyváženosti obsahu jódu v krmné dávce a zabránění přístupu ke strumigenním rostlinám (Kritchevsky, 2019).

Nedostatek jódu u slepic vede k metabolickým poruchám, poruchám rozvoje orgánů a k oslabení funkce reprodukčních orgánů. Také má výrazný vliv na odolnost těla vůči infekci. Nedostatek jódu je charakterizován rozvojem sekundární imunodeficience, která projevuje vysoký sklon k onemocněním. Tato slabá imunitní odpověď koreluje se zhoršenou funkcí štítné žlázy. Deficit jódu u slepic tak vede ke ztrátě produktivity (Hunchak et al., 2016).

1.8 Projevy nadbytku jódu u zvířat

Jódovou toxicitu může u zvířat způsobit dlouhodobá konzumace potravy se složkami doplněnými jódem, nesprávné dotování minerálních látek po dlouhou dobu, dlouhodobé používání sloučenin jódu jako doplňkové a léčebné preparáty (Ojha et al., 2018). Toxicita jódu je u zvířat vzácná (Baker, 2004).

Co se týká drůbeže, obsah jódu v krmivu je 1–2 mg I/kg, ale někdy se ke zvýšení obsahu jódu ve vejcích používají vyšší koncentrace. Při nadbytku jódu kromě zvýšeného ukládání jódu ve žloutku dochází k dalším, často nepříznivým reakcím, zejména při výjimečně vysokých koncentracích. Přebytek jódu ve stravě může zpomalit pohlavní dospívání drůbeže a postupně snižuje produkci vajec. Při dosažení asi 2500 mg I/kg stravy dojde k inhibici a produkce vajec přestane. Většina jódu se hromadí ve štítné žláze, a je pravděpodobné, že mechanismus zodpovědný za tyto reprodukční poruchy zahrnuje změnu aktivity hormonů štítné žlázy. Současně s klesající mírou snášky klesá příjem krmiva, snižuje se hmotnost vajec a obsah cholesterolu ve žloutku a zvyšuje se tělesná hmotnost. Zatímco plodnost u chovných samic není ovlivněna, vylíhnutí oplozených vajíček se snižuje, zvyšuje se embryonální úmrtnost a poměr mrtvých jedinců ve skořápce. Naproti tomu plodnost u kohoutů je snížena kvůli zvýšenému výskytu mrtvých spermií, ačkoli líhnutí vajíček z běžně krmených slepic není ovlivněno. Všechny reprodukční proměnné, spolu s příjmem krmiva a tělesnou hmotností, jsou normalizovány do 7 dní po návratu stravy do normální úrovně jódu. Přebytek jódu potlačuje růst u masných kuřat, ale nemá vliv na účinnost konverze krmiva. Existuje přechodné zvýšení koncentrace plazmy jódu

a cholesterolu během nadměrného příjmu jódu u všech druhů ptáků. Přebytek tohoto stopového prvku (200-500 mg I/kg) také vyvolává nebezpečnou toxikózu v organismu a poruchy při přeměně trijodtyroninu na tyroxin (Lewis, 2004).

2 Materiál a metodika

2.1 Zdroje vajec

Pro účely práce byla sbírána vejce od slepic kura domácího a od křepelek z chovů v České republice. Celkem bylo ke stanovení jódu použito 186 ks vajec. Z toho 146 ks vajec pocházelo od slepic a 40 kusů od křepelek. 96 ks vajec pocházelo z Účelového zařízení Čtyři Dvory v Českých Budějovicích, kde se chovají české slepice zlatě kropenaté. Sběr těchto vajec probíhal od června do listopadu 2020. Od české slepice zlatě kropenaté bylo ještě dalších 10 ks vajec, pocházejících ze soukromého domácího chovu ve Strakonici. Ta byla odebírána v červenci. Z důvodu obohacení vajec o jód bylo zakoupeno v září 10 ks tzv. IQejec z Globus Hypermarket. Posledních 30 ks vajec bylo od slepic ze soukromého domácího chovu v obci Neplachov – 10 ks od plemene araukana, 10 ks od plemene maranska a 10 ks od plemene leghornka. Tato vejce byla odebírána v říjnu. Počty kusů a odběry slepičích vajec udává tabulka 2.1.

Vejce od křepelek byla sbírána v červenci a listopadu, všechna pocházela z domácích chovů na jihu Čech (tabulka 2.2).

Tabulka 2.1: Počty kusů odebraných slepičích vajec

Plemeno	Počet kusů	Lokalita	Odběr
Leghorn	10	Neplachov	říjen
Araukana	10	Neplachov	říjen
Maranska	10	Neplachov	říjen
Česká zlatá kropenka	96	České Budějovice	červen-listopad
Česká zlatá kropenka	10	Strakonice	červenec
IQejce	10	Hypermarket Globus	září
Celkem	146		

Tabulka 2.2: Počty kusů odebraných křepelčích vajec

Chov	Počet kusů	Lokalita	Odběr
K1	10	Ševětín	listopad
K2	10	Ševětín	listopad
K3	10	Hrdějovice	červenec
K4	10	Klení	listopad
Celkem	40		

2.2 Popis plemen slepic, křepelk a IQejec

Leghornka

Leghorn je anglický výraz pro Livorno. A právě v okolí Livorna bylo z místních krajových plemen kura vyšlechtěno nosné plemeno. Jde o lehká, velmi živá až plachá a shánlivá plemena s vysokou snáškou vajec, která mají bílou skořápku. Důležitou vlastností je i jejich ranost, tzn. brzké ukončení tělesného vývoje, opeřování a časný počátek snášky. Ta často začíná již ve věku pěti měsíců. Obdivuhodná je i jejich vitalita, odolnost vůči vnějším vlivům a velká přizpůsobivost různým podmínkám. V dobrých podmínkách leghornky přerušují snášku pouze v době přepeřování. Pud sezení na vejcích a vodění kuřat je u nich potlačen (Procházka, 2013).

Leghornka je výchozím plemenem mnoha současných nosných hybridů pro velkochovy. Vyznačuje se živým temperamentem, velmi rychlým růstem, mimořádnou raností a vysokou snáškou. Snáška je 200-220 i více vajec s bílou skořápkou a minimální hmotností násadových vajec 55 g. I když se leghornky spokojí s omezeným životním prostorem, ve skutečnosti patří k celkem shánlivým plemenům s velkou pohyblivostí. Kuřata mají rychlý růst a snáška je zahájena u kuřiček v 6 měsících. I když snášejí celoročně, v zimě je vhodné snášku pozitivně ovlivnit prodlužováním dne umělým osvětlením. Vhodné je také zateplení kurníku. Během roku snášku přeruší přibližně na 10 týdnů, a to v období pelichání (Tuláček a Pavel, 2006).

Araukana

Araukany jsou jedinečné tím, že slepice snášejí tyrkysově zbarvená vejce. Vyznačují se pérovými ozdobami, bezocasostí a vrbově zelenými běháky. Snáška se pohybuje kolem 170-180 ks vajec s hmotností v rozmezí 53-60 g. Podle výskytu pernatých ozdob se toto plemeno dělí do 3 skupin-na rázy s příušními licousy, rázy s vousem a rázy s příušními licousy a podbradním vousem. Nejvíce rozšířeným rázem jsou araukany divoce zbarvené (Szebesta, 2009). Araukana se vyznačuje poměrně rychlým růstem. Dle některých literárních údajů obsahují vejce araukan v porovnání s jinými plemeny méně cholesterolu. Stejně tak jako jiná původní plemena jsou araukany velmi otužilé a dokážou si v přírodě sehnat potravu. Nejsou to ale dobří letci a jejich temperament je velmi klidný. To je předurčuje k chovu v omezeném prostoru. Musí však dostávat vyváženou stravu, a to včetně bílkovinné složky (Tuláček a Pavel, 2006).

Maranska

Maranska je plemenem slepice, které vyniká nejen svým výstavním vzhledem, ale především klidnou povahou a netradičními, čokoládově zbarvenými vejci, která snáší. Maranska vyniká svou klidnou, v hejnu nekonfliktní povahou a velkou shánlivostí. Typické jsou pro ně velká vejce, která mohou být bílé, okrově, kropenatě anebo čokoládově zbarvená. Mezi chovateli je nejvíce žádané čokoládové zbarvení skořápek. Toto plemeno slepic snáší vejce se silnější skořápkou. Je zde tedy velká šance, že přes skořáčku neproniknou bakterie salmonely. Nosnost maransek se s jejich přibývajícím věkem snižuje. Nejvíce plemeno nese v prvním roce, druhým rokem snáška nepatrně klesá. Třetím rokem jde nosnost výrazným způsobem dolů (Řehořová, 2012). Maransky mají kombinovanou užitkovost. Snáška se pohybuje kolem 160-180 vajec s hmotností kolem 65 g u násadových vajec. Barva skořáčky se mění v průběhu snášky, kdy na jejím začátku je barva nejsytější a s postupující snáškou barva skořáčky bledne. I tak patří svou barvou k nejtmaším vejcím na trhu. Kvokavost je jakožto u všech novějších plemen nežádoucí. Hmotnost kohouta do věku 1 roku je mezi 2,7- 4,1kg a hmotnost stejně staré slepice 2-3,4 kg. Mezi barevnými rázy se vyskytují bílé, černé, černé měděněprsé, bílé kolumbijské a krahujcovité (Tuláček a Pavel, 2006).

Slepice plemene leghorn, od kterých byla vejce nasbírána pro účely stanovení jodu byly staré 40 týdnů a slepice plemene araukana a maranska 28 týdnů. Krmeny byly směsí 1 dílu kukuřičného šrotu hrubého, 4,5 dílu pšeničného šrotu, 2,5 dílu hrachu (šrotem hrubým), 0,5 dílu vojtěškových úsušků a 0,5 dílu extrudovaného lnu se sójou.

Plodiny byly téměř všechny vypěstovány v domácí produkci, ale ne v kvalitě bio. Všechny složky směsi se zkrmovaly namočené v krmítku a tuto směs slepice konzumovaly beze zbytků. Dále byl slepicím podáván bílkovinný koncentrát Mikrop a minerální doplněk Vitaplastin, kde je jód ve formě jodidu draselného v množství 0,01 %. Dostávaly také hrst konopných semínek, sušenou mrkev, kuchyňský odpad, skořápky a vápenný grit. Po celý den měly k dispozici v krmítku celou pšenici a vodu ad libitum denně čerstvou.

Slepice byly chovány celý den ve výběhu po celý rok a večer se zavíraly do kurníku.

Česká slepice zlatě kropenatá

Česká slepice zlatá kropenatá (ČZK) je původním plemenem kura, které je chováno na území České republiky již po staletí. Je proto zařazena mezi genové zdroje. Důvody pro zařazení plemene do Národního programu jsou historické a kulturní. Česká slepice je jediným původním plemenem kura, které vzniklo na našem území. V současnosti je také posledním klasickým představitelem původních středoevropských selských slepic lehkého typu. V rámci plemene je naprosto jedinečné také jeho zlaté kropenaté zbarvení. Jedná se o velice vzácný ráz, který se z plemen uznaných v Evropě vyskytuje pouze u našich českých slepic a dretnských slepic v Holandsku.

Česká slepice zlatá kropenatá je plemenem lehkého typu. Je výborně přizpůsobena tvrdším klimatickým podmínkám středoevropského regionu. Vyznačuje se živým temperamentem, mimořádnou ostražitostí až plachostí, shánlivostí, relativní nenáročností a značnou otužilostí. Tyto vlastnosti ji předurčují pro chov ve velkých výběžích, v lokalitách s větším výskytem predátorů a zejména v zemědělských usedlostech. Naopak zcela nevhodná je pro chov v malých omezených prostorách (voliérách, klecích, boxech). Průměrná hmotnost mladých kohoutů je 2,2 kg, mladých slepic 1,9 kg. Hmotnost víceletých zvířat je o cca 20 % vyšší. Snáška je požadována v rozmezí 160–190 vajec s krémovou až světle hnědou skořápkou o hmotnosti 55 g. Zlatý kropenatý ráz je specifickým podtypem divokého zbarvení, které patří do skupiny tzv. koroptvích vlnitých kreseb (Genetické zdroje.cz, 2020).

Vejsce nasbíraná od českých slepic zlatě kropenatých pocházela z Účelového zařízení Čtyři Dvory, které slouží pro výkon praxí studentů Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Bylo nasbíráno celkem 96 ks vajec, přičemž 60 ks vajec bylo od 32 týdnů starých kuřic (obrázek 2.1) a 36 ks vajec od šesti 7 let starých slepic.

Slepice i kuřice byly ob den chovány ve venkovním výběhu a ob den ve voliére na slaměné podestýlce, přičemž do výběhu se pouštěly střídavě, a to z důvodu, že v každém hejně je kohout. Na noc se vždy zavíraly do voliéry. Obě skupiny byly krmeny kompletní krmnou směsí N2 pro užitkové nosnice v sypké formě. Směs je složena z kukuřice, sójového extrahovaného šrotu toastovaného (GMO), triticales, uhličitanu vápenatého, živočišného tuku a chloridu sodného. Jód je v krmné směsi ve formě jodičnanu vápenatého bezvodého v množství 0,60 mg/kg. Krmeno je dvakrát denně. Přístup k čisté vodě adlibitní.

Dalších 10 kusů vajec od českých slepic zlatě kropenatých bylo získáno ze soukromého chovu ve Strakonících. Tyto slepice byly krmeny pšenicí-zrnem, kuchyňskými zbytky a skořápkami. Byly také chovány venku a večer se zavíraly do kurníku. Přístup k vodě měly adlibitní.



Obrázek 2.1: Česká zlatá kropenka z účelového zařízení

IQejce

IQejce pochází od slepic na podestýlce se snůškou do obilných plev. Hodnoty vejce dosahují 110 μg a odpovídají tak 73 % denní doporučené dávky. Toho je docíleno hlavně přidavkem mořské řasy kelpy do krmných směsí pro slepice. Vstupní suroviny pro výrobu krmných směsí jsou pěstovány na polích českých zemědělců. Sója a mořské řasy jsou dováženy ze zahraničí. Taková vejce obohacená o významně nutriční složky řadíme mezi tzv. funkční potraviny, tedy takové, které svými

vlastnostmi vytváří preventivní účinek proti onemocněním a mají příznivý vliv na zdraví. IQejce mají i zvýšený obsah selenu, který je třeba ke správnému fungování jódu. Správná hladina selenu také posiluje imunitní systém a tím brání tělo před zákeřnými viry. Navíc má prokazatelně významný vliv v boji s alergiemi. Kromě správné funkce štítné žlázy přispívá i k ochraně buněk před oxidativním stresem, zachytává v těle volné radikály a tím zabraňuje rakovině. Pro pokrytí denní dávky selenu je dodavatelem doporučována konzumace 2,5 IQejce za den (IQejce, 2017). Výživové hodnoty IQejce a běžného vejce srovnává tabulka 2.3.

Tabulka 2.3: Srovnání výživových údajů IQejce a běžného vejce (na 100 g) (IQejce, 2017, McCance a Widdowson, 2008)

	IQejce	Konzumní vejce
Energie	618 kJ/148 kcal	627 kJ/150 kcal
Tuky	10,5 g	11,2 g
Z toho nasycené MK	3,1 g	9,3 g
Sacharidy	0,9 g	0,6 g
Bílkoviny	12,1 g	12,5 g
Sůl	0,33 g	0,35 g
Vitamin A	130 µg 16 % *	150 µg 19 % *
Vitamin B12	1,15 µg 46 % *	2,5 µg 100 % *
Selen	40 µg 72 % *	11 µg 20 % *
Jód	110 µg 73 % *	53 µg 35 % *
* denní referenční hodnoty příjmu		

Křepelka japonská (*Coturnix japonica*)

Křepelka japonská (*Coturnix japonica*) patří do řádu hrabavých (*Galliformes*) a vzhledem je málo odlišná od křepelky polní (*Coturnix coturnix*). Barva peří je skořicově hnědá, nicméně dospělé samice mají prsní peří světlé s tmavými skvrnami a dospělí samci mají na prsou rovnoměrně tmavé rezavé peří a rezavé tváře. Barevné rozdíly mezi pohlavími se objevují asi ve věku 3 týdnů. Velikost, tvar a barevný vzor na vejcích se značně liší. Počet vajec se pohybuje kolem 80-90 ks/100 dní. Tělesná hmotnost jednodenních křepelk je 6-8 g, dospělá samice váží 120-160 g a samec 100-130 g (Mizutani, 2003).

Vejce váží v průměru 10 g (8–14 g). Skořápka vajec je různě zbarvená od tmavě hnědé přes modrou až k smetanově bílé. Barva skořápky je skvrnitá a křepelka snáší po celý život vejce se stejnou kresbou. Vejce mají vyšší podíl žloutku (33 %), tloušťka skořápky je 0,2 mm (Ledvinka et al., 2009).

Přestože je křepelčí vejce asi 5 x menší než slepičí, obsahuje více vitamínů a přibližně 5x více fosforu, draslíku a železa. Tento dietetický produkt obsahuje také hodně mědi, kobaltu, niacinu a esenciálních aminokyselin. Rozdíly v nutričních látkách oproti slepičímu vejci uvádí tabulka 2.4. Vzhledem k vysokému obsahu lecitinu konzumace syrových křepelčích vajec snižuje hladinu cholesterolu. Křepelčí vejce jsou složena z 33 % žloutku, 59 % bílku a 8 % skořápky. Tloušťka skořápky je udávaná průměrně 0,2 mm. Obsah jednoho vajíčka je 65 J a 15,8 kalorií. Křepelčí vajíčka jsou také přirozeným zdrojem Omega – 3 a Omega – 6 mastných kyselin, které příznivě ovlivňují kardiovaskulární systém.

Na rozdíl od slepičích, křepelčí vejce nezpůsobují alergie ani u dětí ani u dospělých. Naopak je v nich přítomen protein ovomukoid schopný inhibovat alergické reakce – a tak se na základě křepelčích vajec produkuje lék – ovomukoidový extrakt – používaný v léčbě alergie (Křepelka japonská.cz 2020).

Foo a Chandran (1996) provedli studii, ve které rozdělili pět týdnů staré křepelky do 6 skupin dle tělesné hmotnosti. Skupina U vážila 90-98 g, skupina V 100-108 g, skupina W 110-118 g, skupina X 120-128 g, skupina Y 130-138 g a skupina Z vážila 140-148 g. Došli k závěru, že větší křepelka (130 g a více) dospěla k pohlavní dospělosti a produkci dříve a měla celkově vyšší produkci vajec. Spotřeba krmiva na jedno vejce byla nižší. Nasrollah et al. (2006) zpracovali zase srovnání hmotnosti vajec mezi dvěma kmeny křepelky, japonskou křepelkou (*Coturnix japonica*) a křepelkou Range (*Coturnix ypsilophorus*). Hmotnost vajec japonských křepelky byla $11,23 \pm 0,03$ a křepelky Range $17,17 \pm 0,05$, což se významně nelišilo ($p > 0,05$).

Tabulka 2.4: Srovnání výživových údajů křepelčího a slepičího vejce (na 100 g) (CelySvet.cz, 2020, McCance a Widdowson, 2008)

	Křepelčí vejce	Slepičí vejce
Energie	662 kJ/158 kcal	627 kJ/150 kcal
Tuky	11,9 g	11,2 g
Z toho nasycené MK	3,6 g	9,3 g
Sacharidy	0,4 g	0,6 g

Bílkoviny	13,1 g	12,5 g
Sůl	0,34 g	0,35 g
Vitamin A	156 µg 20 % *	150 µg 19 % *
Vitamin B12	1,58 µg 63 % *	2,5 µg 100 % *
Selen	32 µg 58 % *	11 µg 20 % *
Jód	115 µg 76 %	53 µg 35 % *
* denní referenční hodnoty příjmu		

Křepelčí vejce byla nasbírána ve čtyřech domácích chovech vždy po 10 ks. Celkem jich bylo 40 ks. Skupiny vajec od jednotlivých chovatelů byly pojmenovány jako K1, K2, K3 a K4.

- K1 – křepelčí vejce 10 ks: tyto křepelky byly krmeny kompletním krmivem pro křepelky složeným z pšenice, kukuřice, sójového extrahovaného šrotu toastovaného, uhličitanu vápenatého, rybí moučky, sójového oleje, živočišného tuku, hydrogenfosforečnanu vápenatého a chloridu sodného. Jód je v krmné směsi ve formě jodičnanu vápenatého bezvodého v množství 0,60 mg/kg. Dále jim byla podávána strouhaná mrkev a skořápky. Přístup k čisté vodě adlibitní. Chovány byly při stálé teplotě kolem 20 °C na slaměné podestýlce. Přes léto byly chovány venku.
- K2 – křepelčí vejce 10 ks: tyto křepelky byly také krmeny kompletním krmivem pro křepelky se stejným složením, jakým byly krmeny křepelky K1. Přístup k vodě adlibitní. Chovány byly bez podestýlky na pletivu. Přes léto byly také chovány venku.
- K3 – křepelčí vejce 10 ks: tyto křepelky byly krmeny konvenční směsí pro nosnice N1. Ta je složena z pšenice, sójového extrahovaného šrotu toastovaného, kukuřice, uhličitanu vápenatého, sójového oleje, monokalciumpfosfátu a chloridu sodného. Jód je v této směsi ve formě jodidu draselného v množství 3,6 mg/kg. Dále je podáván sójový (bílkovinový) koncentrát a grit. Přístup k čisté vodě adlibitní. Chovány byly ve voliérách na slaměné podestýlce.
- K4 – křepelčí vejce 10 ks: tyto křepelky byly krmeny kompletní krmnou směsí pro křepelky pro vyšší snášku bez antikokcidik. Analytické složky krmné směsi jsou: hrubý protein 18,6 %, hrubé oleje a tuky 3,90 %, hrubá vláknina 4,70 %, fosfor

0,48 % a sodík 0,15 %. Jód je v krmné směsi ve formě jodičnanu vápenatého bezvodého v množství 1,00 mg/kg. Přístup k pitné vodě adlibitní. Křepelky byly chovány v klecích na roštích (obrázek 2.2).



Obrázek 2.2: Klece s rošty v chovu K4

Spotřeba kompletní krmné směsi se u dospělé křepelky v nosné fázi pohybuje kolem 20-25 g za den (Skřivan et al., 2000). U slepic se při krmení kompletní krmnou směsí pohybuje spotřeba kolem 120 g na den, kdy záleží i na velikosti slepice. Těžká plemena, jakými jsou kočiny, brahmánky a orpingtonky, mají vyšší spotřebu krmiva než plemena lehká. Nejmenší spotřebu krmné směsi pak mají plemena zakrslá. Na spotřebu krmné směsi má vliv i věk slepic, kdy starší zvířata mají nízké přírůstky, a to většinou tuku, a vysokou spotřebu krmiva (Chozadru.wbs.cz).

2.3. Hodnocení jódu

Obsah jódu ve vaječném žloutku slepic byl hodnocen v závislosti na plemenné příslušnosti, na obsahu jódu přijatého potravou v krmných směsích a u české zlaté kropenky z účelového zařízení (ČZK ÚZ) také v závislosti na snáškové fázi. U obsahu jódu ve žloutku vajec ČZK ÚZ byla ještě zhodnocena dynamika obsahu jódu v období od června do listopadu 2020. Obsah jódu u křepelk byl hodnocen z hlediska jódu přijatého v krmné směsi (tabulka 2.5). Spotřeba krmné směsi u křepelk byla odhadnuta na 23 g. Stejně tak spotřeba krmné směsi u slepic plemene maranska, araukana, leghornka a ČZK z malochovu byla odhadnuta, a to v závislosti na jejich stáří. Spotřeba u ČZK ÚZ byla měřena v den, kdy byly slepice ve voliére a v den, kdy

byly ve výběhu. Výsledná hodnota byla zprůměrována na jeden den na 122 g u slepic a 101 g u kuřic (tabulka 2.6). Na závěr výsledků bylo zhodnoceno, z kolika procent se jednotlivé skupiny podílejí na úhradě denní potřeby jódu, která je u dospělého člověka 150 µg (Zamrazil a Čerovská, 2014).

Tabulka 2.5: Denní příjem jódu u křepelek

Chov	Krmivo	Ø Denní spotřeba KS (g)	Obsah jódu v KS (mg/kg)	Způsob chovu	Denní příjem jódu (mg)
K1	KKS	25 (odhad)	0,60	voliéra se slaměnou podestýlkou	0,014
K2	KKS	25 (odhad)	0,60	klece s pletivem	0,014
K3	KKS	25 (odhad)	3,60	voliéra se slaměnou podestýlkou	0,083
K4	KKS	25 (odhad)	1,00	klece s rošty	0,023

Tabulka 2.6: Denní příjem jódu u slepic

Plemeno	Věk	Krmivo	Ø Denní spotřeba KS (g)	Obsah jódu v KS (mg/kg)	Obsah jódu v minerálních doplňcích (mg/kg) *	Denní příjem jódu (mg)
ČZK ÚZ nosnice	364	KKS	122	0,60	-	0,073
ČZK ÚZ kuřice	32	KKS	101	0,60	-	0,061
ČZK malochov	52	pšenice, kuchyňské zbytky	75 (odhad)	0,20	-	0,015
Araukana	28	obilný a hrachový šrot	65 (odhad)	0,20	100	0,063

Leghornka	40	obilný a hrachový šrot	70 (odhad)	0,20	100	0,064
Maranska	28	obilný a hrachový šrot	65 (odhad)	0,20	100	0,063
* Denní dávka 0,5 g						

2.4 Metoda stanovení jódu ve vzorcích

Obsah jódu ve žloutku byl stanoven spektrofotometrickou metodou dle Sandell – Kolthoffa, založenou na katalytickém účinku jódu při redukci Ce^{4+} na Ce^{3+} za účasti As^{3+} v prostředí kyseliny sírové.

Provedení metody bylo následující:

- Odměřil se 1 ml žloutku do spalovací zkumavky z těžkotavitelného skla a přidal se 1 ml 10 % roztoku síranu zinečnatého a 1 ml roztoku hydroxidu draselného 4 mol/l (obrázek 2.3).
- Směs se mírně protřepala a přidalo se několik krystalků chlorečnanu draselného.
- Směs se přes noc vysušila při 115 °C a poté se vzorky žihaly v muflové peci, kdy se po dosažení teploty 500 °C pec udržovala v této teplotě půl hodiny. Poté se teplota zvýšila na 600 °C na dobu 1 hodiny.
- Zbytek po vyžihání se pomocí skleněné tyčinky suspendoval v 6 ml deionizované H_2O o vysoké čistotě.
- Následovala centrifugace po dobu 10 minut při 3000 otáčkách.
- Ze zkumavek se odměřily 2 ml vzorku, kam se přidaly 2 ml kyselé směsi (116,9 g chloridu sodného rozpuštěného ve 400 ml deionizované H_2O a 13,0 g metaarsenitanu sodného rozpuštěného ve 40 ml 7 % hydroxidu draselného). Postup přípravy kyselé směsi byl následující: připravila se zředěná kyselina sírová (241 ml kys. sírové + 1000 ml deionizované H_2O), kam se přidaly připravené roztoky chloridu sodného a metaarsenitanu sodného a doplnilo se deionizovanou H_2O do 2000 ml.
- Po důkladném protřepání se vzorek inkuboval 10 min. v ledové lázni o teplotě 4 °C.
- Následně se přidaly 2 ml roztoku síranu ceričito-amonného, směs se opět protřepala a byla vložena do 40 °C teplé vodní lázně na dobu 20 minut.

- Síran ceričito-amonný vznikl jeho rozpuštěním v množství 6,325 g v 1000 ml deionizované H₂O. Poté se k roztoku přidalo 161 ml koncentrované kyseliny sírové a doplnilo se deionizovanou H₂O do 2000 ml.
- Po teplé vodní lázni následovalo 10 min. chlazení vzorku ve 4 °C ledové vodní lázni.
- Poté se přidalo 0,5 ml roztoku octanu brucinu a po promísání se vzorky daly do sušárny na 15 min. při teplotě 105 °C.
- Octan brucinu vznikl z 0,5 g čistého brucinu smíšeného s 0,6 ml kyselinou ledovou octovou a 50 ml deionizované H₂O.
- Po 30 min. chlazení se měřila absorbance proti vodě.
- Během analýzy vzorku byla sestavena kalibrační křivka, ze které byly odečteny hodnoty absorbance získané z měření vzorků. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v mg/kg mokré hmoty.



Obrázek 2.3: Vzorky žloutků před odměřením 1 ml

3. Výsledky

Obsah jódu ve vaječném žloutku slepic a křepelk je vyjádřen v μg v 1 kg mokré hmoty žloutku ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$). Výsledky obsahu jódu ve žloutku vajec slepic jsou uvedeny v tabulkách 3.1, 3.2, 3.3 a 3.4 a v grafu 3.1 a 3.2. Obsah jódu ve žloutku křepelk je uveden v tabulkách 3.5, 3.6 a v grafu 3.3 a 3.4. Závislosti mezi obsahem jódu ve žloutku vajec uvádí korelace v tabulce 3.7. Vyhodnocení vaječného žloutku jako zdroje jódu v lidské výživě pak uvádí tabulka 3.8.

3.1 Obsah jódu ve vaječném žloutku slepic

Obsah jódu ve žloutku vajec slepic z různých plemen a chovů je uveden v tabulce 3.1. Nejvyšší průměrný obsah jódu byl ve žloutku vajec (IQejce) získaných z prodejní sítě ($1205,1 \pm 318,8 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$), statisticky významně nižší byl ve žloutku vajec slepic z malochovů (tabulka 3.2). Nejnižší obsah jódu byl ve žloutku slepic plemene maranska ($122,8 \pm 43,8 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$). Rozdíly v obsahu jódu ve žloutku vajec získaných v malochovech byly statisticky nevýznamné (tabulka 3.2). Statistické parametry (maximum, minimum) ukazují na velkou variabilitu obsahu jódu ve žloutku. Nejvyšší variační koeficient (V%) v obsahu jódu ve žloutku vajec je u nosnic ČZK z malochovu (81,17), nejnižší u IQejce (26,45).

Tabulka 3.1: Obsah jódu ve vaječném žloutku slepic různých plemen

Plemeno	Počet vajec	Hmotnost vajec (g)	Hmotnost žloutku (g)	Jód v mokré hmotě žloutku ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)		
				$\bar{x} \pm \text{sx}$	max	min
ČZK ÚZ	96	$55,24 \pm 5,07$	$20,40 \pm 2,08$	$499,6 \pm 254,0$	1300,8	71,9
ČZK malochov	10	$57,20 \pm 8,49$	$16,79 \pm 3,64$	$204,0 \pm 165,6$	641,9	43,9
Araukana	10	$40,51 \pm 1,11$	$11,66 \pm 0,29$	$321,0 \pm 157,7$	573,0	48,9
Leghornka	10	$64,68 \pm 3,32$	$17,38 \pm 0,68$	$134,2 \pm 63,0$	241,4	60,1
Maranska	10	$52,67 \pm 1,53$	$15,03 \pm 0,49$	$122,8 \pm 43,8$	194,8	55,8
IQ vejce	10	$57,31 \pm 2,13$	$14,40 \pm 2,13$	$1205,1 \pm 318,8$	2020,5	828,6

ČZK – česká zlatá kroupka

Tabulka 3.2: Porovnání obsahu jódu ve žloutku mezi skupinami slepic (Kruskal-Wallisův test)

Plemeno Původ vajec	ČZK ÚZ	ČZK malochov	Araukana	Leghornka	Maranska	IQ vejce
ČZK ÚZ		0,005	1,000	0,001	0,000	0,002
ČZK malochov	0,005		1,000	1,000	1,000	0,000
Araukana	1,000	1,000		0,912	0,659	0,001
Leghornka	0,001	1,000	0,912		1,000	0,000
Maranska	0,000	1,000	0,659	1,000		0,000
IQ vejce	0,002	0,000	0,001	0,000	0,000	

3.2 Obsah jódu ve vaječném žloutku nosnic a kuřic

Průměrný obsah jódu ve vaječném žloutku nosnic plemen česká zlatá kropenka z chovu ÚZ byl ve srovnání s kuřicemi vyšší (tabulka 3.3). Rozdíl v průměrném obsahu byl 12,4 %, nedosahoval však statistické významnosti (t-test $p > 0,05$). Statisticky významně vyšší rozdíly ($p < 0,001$) byly jak ve hmotnosti žloutku, tak i celých vajec. Žloutek byl u nosnic v průměru o 11,7 % těžší a celé vejce o 10,3 %. Rozdíly v obsahu jódu je možné spatřovat v nestejném příjmu krmné směsi a tím i celkového množství jódu. Spotřeba směsi na 1 krmný den byla u nosnic 122 g a u kuřic 101 g.

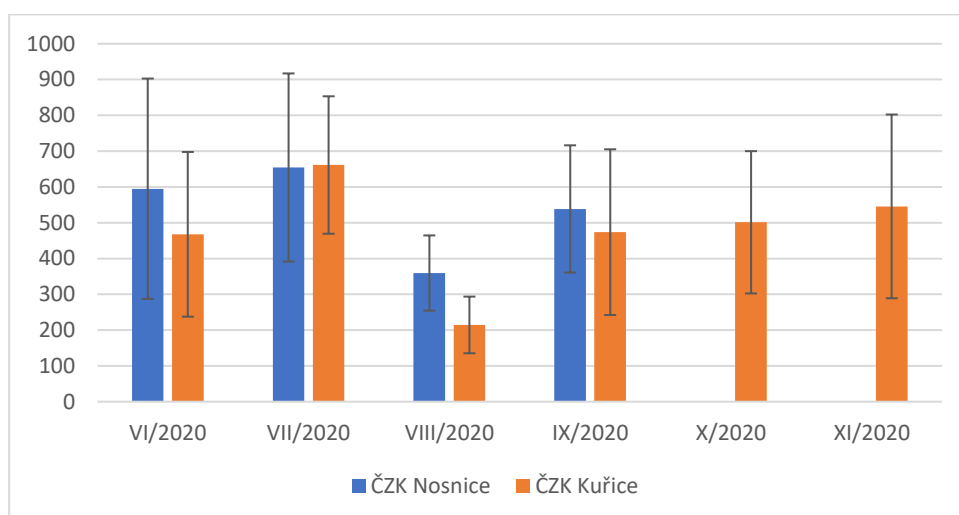
V grafu 3.1 je uvedena dynamika jódu ve žloutku nosnic a kuřic. U obou kategorií byl zaznamenán výrazný pokles obsahu jódu ve žloutku v srpnu v roce 2020. U nosnic se snížil obsah jódu ve srovnání s předcházejícím měsícem (VIII/2020) o 45,1 % a u kuřic o 67,6 %. K poklesu hmotnosti žloutku a ani vajec u nosnic ani kuřic nedošlo. Důvodem poklesu jódu ve žloutku v měsíci srpnu mohla být vysoká teplota, která v odpoledních hodinách dosahovala i 32,7 °C. Ta měla za následek snížení příjmu KS a tím i snížení příjmu jódu v krmné dávce.

Tabulka 3.3: Obsah jódu ve vaječném žloutku nosnic a kuřic plemen česká zlatá kropenka

Plemeno	Počet vajec	Hmotnost vajec (g)	Hmotnost žloutku (g)	Jód v mokré hmotě žloutku ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)		
				$\bar{x} \pm \text{sx}$	max	min
ČZK Nosnice	36	58,85 \pm 3,49 ¹	21,91 \pm 1,28 ²	536,7 \pm 259,6 ³	1300,8	205,9
ČZK Kuřice	60	53,37 \pm 4,74 ¹	19,61 \pm 1,98 ²	477,3 \pm 247,9 ³	1123,6	71,9

¹ Leven P = 0,247, t-test $p < 0,001$, ² Leven P = 0,068, t-test $p < 0,001$, ³ Leven P = 0,923, t-test $p = 0,272$

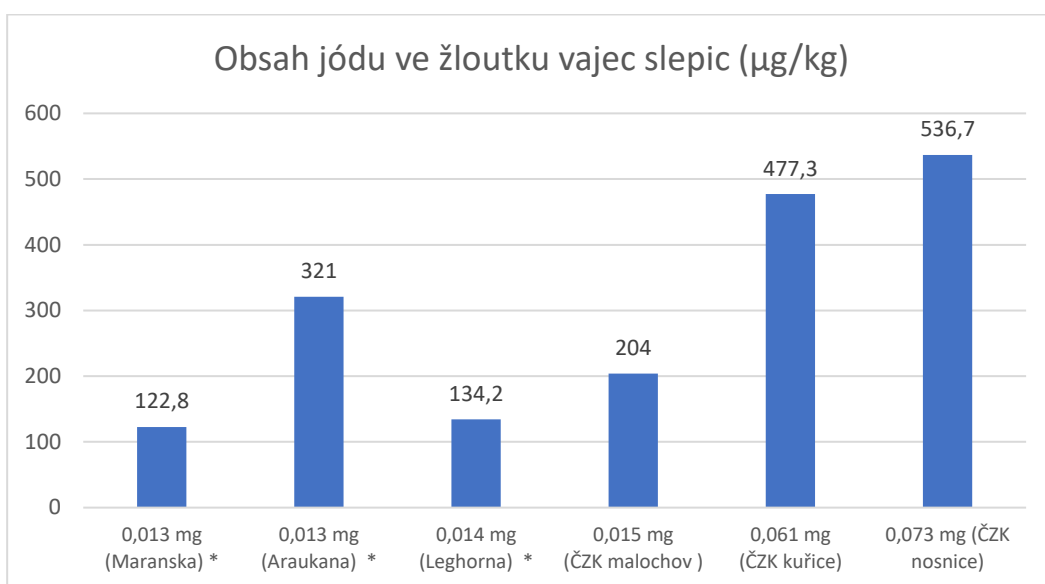
Graf 3.1: Obsah jódu ve vaječném žloutku nosnic a kuřic v průběhu roku ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)



3.3. Obsah jódu ve vaječném žloutku slepic v závislosti na jeho příjmu

V grafu 3.2 je uvedena závislost mezi příjmem jódu krmnou dávkou a jeho obsahem ve vaječném žloutku. Obsah jódu ve žloutku vajec nosnic s příjmem jódu pouze z jaderného krmiva bez minerálního přídatku (ČZK malochoy, ČZK kuřice a ČZK nosnice) vykazuje zřetelnou závislost na obsahu jódu v krmivu, respektive na jeho příjmu. Nejvyšší obsah ($536,7 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) jódu byl ve žloutku nosnic s nejvyšším příjmem jodu (nosnice ČZK s deklarovaným denním příjmem $0,073 \text{ mg}$ jódu), nejnižší v případě malochovy nosnic plemene ČZK ($204,0 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ při deklarovaném obsahu jódu v krmné dávce $0,015 \text{ mg}$). V malochovech nosnic plemene maranska, araukana a leghorn, ve kterých se do krmiva přidával minerální doplněk zajišťující denní doplněk jódu $0,05 \text{ mg/ks}$, se obsah jódu uvedenou dotací zásadně nezvýšil. Zřetelné je to zejména v chovech nosnic plemen maranska a leghornka. Výsledky obsahu jódu ve žloutku slepičích vajec ukazují rozdíly v obsahu jódu slepic krmených kompletní krmnou směsí a jódu ve žloutku vajec získaných z malochovů (tabulka 3.4).

Graf 3.2: Obsah jódu ve vaječném žloutku slepic v závislosti na jeho příjmu



* Doplněk jódu v množství 0,05 mg na 1 nosnici do krmné dávky v podobě minerálního doplňku

Tabulka 3.4: Obsah jódu ve žloutku vajec slepic krmených KKS a slepic z malochovů

Plemeno	Počet vajec	Druh KS	Obsah jódu v KS	Jód v mokré hmotě žloutku (µg · kg ⁻¹)		
				x ± sx	max	min
ČZK ÚZ	96	KKS	0,60	499,6 ± 254,0	1300,8	71,9
ČZK malochovy	10	pšenice, kuchyňské zbytky	0,20	204,0 ± 165,6	641,9	43,9
Araukana	10	obilný a hrachový šrot	0,20	321,0 ± 157,7	573,0	48,9
Leghornka	10	obilný a hrachový šrot	0,20	134,2 ± 63,0	241,4	60,1
Maranska	10	obilný a hrachový šrot	0,20	122,8 ± 43,8	194,8	55,8

ČZK – česká zlatá kropenka

3.4 Obsah jódu ve vaječném žloutku křepelky

Obsah jódu ve žloutku vajec křepelky byl analyzován celkem ve 40 vejcích získaných ze 4 zdrojů domácích chovů. V chovech K1, K2 a K4 byla krmná dávka založena na kompletní krmné směsi pro křepelky. V chovu K3 byly křepelky krmeny konvenční

směsí N1 pro nosnice. Bližší údaje ohledně složení krmné dávky a způsobu chovu jednotlivých křepelek uvádí metodika.

3.5. Obsah jódu ve žloutku vajec křepelek z různých chovů

Obsah jódu ve vaječném žloutku křepelek z různých chovů je uveden v tabulce 3.5 a znázorněn v grafu 3.3. Nejvyšší průměrný obsah jódu byl ve žloutku křepelek K3 získaných z chovu v Hrdějovicích ($3308,7 \pm 779,1 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$). Tyto křepelky měly také zjištěn nejvyšší denní příjem jódu z krmné směsi. Nejnižší obsah jódu byl ve žloutku křepelek K2 z chovu v Ševětíně ($1639,9 \pm 290,1 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$). Mezi jednotlivými chovy je zřetelný rozdíl v obsahu jódu ve žloutku, statisticky významný ($p < 0,01$, $p < 0,05$) je rozdíl pouze mezi chovem K3 a ostatními chovy (tabulka 3.6).

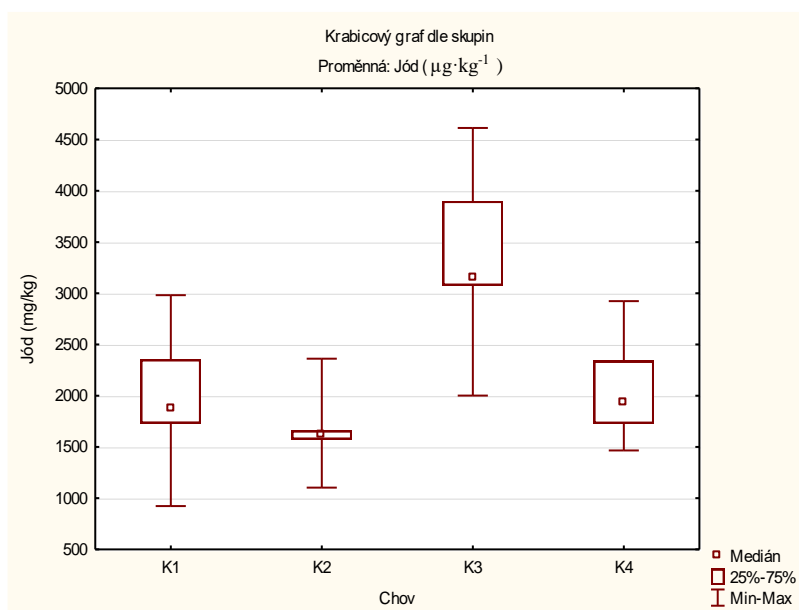
Tabulka 3.5: Obsah jódu ve vaječném žloutku křepelek

Chov	Počet vajec	Hmotnost vajec (g)	Hmotnost žloutku (g)	Jod v mokré hmotě žloutku ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)		
				$\bar{x} \pm \text{sx}$	max	min
K1	10	$15,10 \pm 1,67$	$5,24 \pm 0,83$	$1994,9 \pm 541,0$	2980,9	923,5
K2	10	$13,74 \pm 2,04$	$4,76 \pm 0,91$	$1639,9 \pm 290,1$	2362,3	1104,2
K3	10	$14,59 \pm 1,30$	$4,70 \pm 0,82$	$3308,7 \pm 779,1$	4614,0	2001,6
K4	10	$12,06 \pm 0,83$	$4,68 \pm 0,62$	$2014,2 \pm 418,8$	2924,2	1467,0

Tabulka 3.6: Porovnání obsahu jódu ve žloutku mezi chovy křepelek (Kruskal-Wallisův test)

Chov	K1	K2	K3	K4
K1		0,365	0,037	1,000
K2	0,365		0,000	0,452
K3	0,037	0,000		0,028
K4	1,000	0,452	0,028	

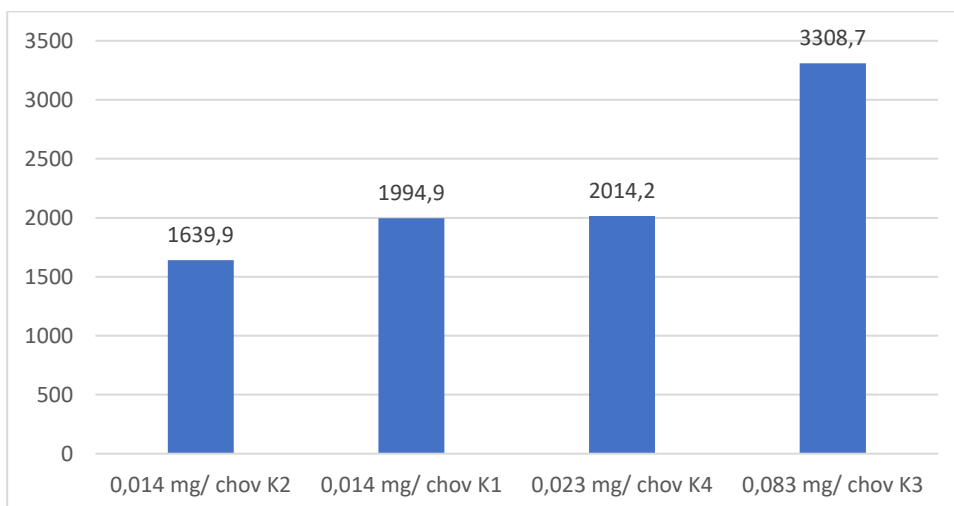
Graf 3.3: Obsah jódu ve žloutku vajec z jednotlivých chovů křepelk



3.6. Obsah jódu ve vaječném žloutku křepelk v závislosti na jeho příjmu

Obsah jódu ve vaječném žloutku křepelk v závislosti na denní dávce jódu přijatého z krmiva uvádí graf 3.4. Největší obsah jódu obsahovaly žloutky K3 křepelk z chovu v Hrdějovicích. Také jejich denní příjem jódu v krmné dávce byl největší, a to 0,083 mg. Naopak nejmenší denní příjem jódu z krmné směsi měly křepelky K1 a K2 z chovů v Ševětíně (0,014 mg). To se také odrazilo v obsahu jódu ve vaječném žloutku, který byl v těchto chovech 1994,9 mg/kg v chovu K1 a 1639,9 mg/kg v chovu K2. V chovu K4 z lokality Klení křepelky denně dostávaly v krmné dávce 0,023 mg jódu a jeho obsah ve vaječném žloutku byl 2014,2 mg/kg.

Graf 3.4: Obsah jódu ve vaječném žloutku křepelek v závislosti na obsahu jódu v krmné dávce



3.7 Závislost mezi obsahem jódu ve žloutku a vlastnostmi vajec

Vztahová závislost byla zjišťována u 60 vajec nosnic ČZK, 36 vajec kuřic ČZK a 40 vajec křepelek. Sledovanými vlastnostmi byla hmotnost vajec k hmotnosti žloutku, hmotnost vajec k obsahu jódu ve žloutku a hmotnost žloutku k obsahu jódu ve žloutku (tabulka 3.6). Mezi hmotnostmi vajec a hmotnostmi žloutku existuje význačně těsná závislost (r 0,5-0,7), a to jak u slepic i kuřic plemene ČZK, tak u křepelek (tabulka 3.7). Mezi hmotnostmi vajec a obsahem jódu ve žloutku je u všech hodnocených skupin nízká těsnost závislosti a je zde volná závislost. Záporné hodnoty u hodnocení vztahu mezi hmotnostmi žloutku a obsahem jódu ve žloutku ukazují na nepřímou závislost a na stav, kdy při růstu jedné vlastnosti druhá vlastnost klesá. Hodnoty kolem nuly ale znamenají, že hodnoty žádný vztah nemají. Korelační koeficient u kuřic ČZK r -0,092 tedy ukazuje, že hmotnost žloutku u nich neměla žádný vztah k obsahu jódu ve žloutku. Stejně tak tomu bylo u křepelek, které měly korelační koeficient r -0,096. Mezi hodnocenými skupinami byla největší závislost mezi hmotnostmi žloutku a obsahem jódu u nosnic ČZK (r -0,242).

Tabulka 3.7: Závislost mezi vlastnostmi vajec a obsahem jódu ve žloutku (korelační koeficienty)

Sledované vlastnosti vajec	Nosnice ČZK	Kuřice ČZK	Křepelky
	N = 60	N = 36	N = 40
Hmotnost vajec: hmotnost žloutku	0,727	0,675	0,514
Hmotnost vajec: obsah jódu ve žloutku	0,102	0,102	0,125
Hmotnost žloutku: obsah jódu ve žloutku	-0,242	-0,092	-0,096

3.8. Význam vajec jako zdroje jódu ve výživě člověka

Největší obsah jódu v 1 žloutku byl zjištěn u IQejce z prodejní sítě s hodnotou 17,35 μg (tabulka 3.8). Představuje tak 11,57 % denní úhrady potřeby jódu, která je pro dospělého člověka 150 μg . Abychom pokryli celou denní potřebu jódu, museli bychom zkonzumovat 8,6 žloutků. Nejmenší obsah jódu byl naměřen u žloutku slepic plemene maranska (1,85 μg). Jeho podíl na denní úhradě potřeby jódu by byl pouze z 1,23 %. Křepelky měly v jednom žloutku 9,57 μg jódu a představují tak 6,38 % denní potřeby jódu. K pokrytí celé denní potřeby 150 μg jódu bychom museli spotřebovat 15,67 ks křepelčích žloutků.

Tabulka 3.8: Průměrný obsah jódu v 1 vaječném žloutku

Plemeno	Počet vajec	Průměrná hmotnost žloutku (g)	Průměrný obsah jódu ve žloutku ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	Průměrný obsah jódu v 1 vaječném žloutku (μg)
ČZK nosnice	60	21,91	536,7	11,76
ČZK kuřice	36	19,61	477,3	9,36
ČZK malochoy	10	16,79	204,0	3,43
Araukana	10	11,66	321,0	3,74
Leghornka	10	17,38	134,2	2,33
Maranska	10	15,03	122,8	1,85
IQ vejce	10	14,40	1205,1	17,35
Křepelky	40	4,87	1964,9	9,57

4 Diskuse

Snaha o optimální zásobení hospodářských zvířat včetně drůbeže jódem je významně ovlivněna i snahou o dosažení úměrného obsahu jódu v živočišných produktech (vejcích, mléce a mase). Jako přirozený zdroj jódu je tato skupina potravin v podmínkách České republiky mimořádně významná vzhledem k jejich spotřebě a výživovým zvyklostem populace (Borkovcová a Řehůřková, 2001). Obsah jódu ve vejcích a dalších živočišných produktech je na pracovišti ZF Jihočeské univerzity sledován dlouhodobě (Kroupová et al., 1999, Trávníček et al., 2006, Dušová et al., 2012). Výsledky jsou průběžně podstoupeny i Meziresortní komisí pro řešení jódového deficitu při SZÚ v Praze (Kříž a Ryšavá, 2016), která jich využívá při hodnocení bilance zásobení obyvatel ČR.

4.1 Obsah jódu ve vaječném žloutku slepic

Na přednostní vychytávání jódu ve vaječniku slepic a na snadný přestup jódu do oocytu poukazují mnozí autoři již v dřívějších sděleních, například Kroupová et al. (1999). Obsah jódu ve vaječném bílku je ve srovnání se žloutkem řádově nižší a dosahuje přibližně 1,6 % ($16,2 \pm 9,7 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty).

Aktuální výsledky v této práci u obsahu jódu ve žloutku slepičích vajec ukazují rozdíly v obsahu jódu slepic z chovu s výživou na bázi kompletní směsi a jódu ve žloutku vajec získaných z malochovů (tabulka 3.4). Nejvyšší hodnoty jódu ve žloutku byly zjištěny v IQejci s cílenou produkcí vajec s vyšším obsahem jódu a nejnižší ve žloutku slepic z malochovu (tabulka 3.1). Rozdíly byly statisticky významné. Podle Kaufmanna (1997) slepičí vejce obsahují v průměru $1135 \pm 205 \mu\text{g}$ jódu na kg čerstvého žloutku, což je vyšší hodnota, než byly hodnoty naměřené u většiny plemen slepic v této práci. Jediné IQejce se svojí průměrnou hodnotou $1205,1 \pm 318,8 \mu\text{g}$ jódu na kg čerstvého žloutku bylo jeho průměru blízko. Trávníček et al. (2006) v roce 2004 porovnávali 54 ks vajec z velkochovů a 96 ks vajec z malochovů a zjistili podobné průměrné koncentrace jódu v 1 kg čerstvého žloutku s hodnotou $1014,1 \pm 356,6 \mu\text{g/kg}$ a se střední hodnotou $1010,5 \mu\text{g/kg}$. V roce 2005 hodnoty porovnali se 135 ks vajec z velkochovů a 114 ks vajec z malochovů a zjistili zvýšení středního obsahu jódu ve žloutku o 64 % na $1663,8 \pm 1179,7 \mu\text{g/kg}$ a zvýšení střední hodnoty na $1352,7 \mu\text{g I/kg}$ čerstvé hmoty. Zvýšení střední hodnoty obsahu jódu ve žloutku v roce 2005 bylo

doprovázeno také vyšší variabilitou (V% 70,9 % oproti 35,5 % v roce 2004). V této práci byl zjištěný nejvyšší variační koeficient (V%) v obsahu jódu ve žloutku vajec u nosnic české zlaté kropenky (ČZK) z malochovu (81,17) a nejnižší u IQejce (26,45). Takto rozdílné variační koeficienty mohou odrážet způsob chovu, kdy nosnice z malochovu byly na rozdíl od slepic produkujících IQejce chovány ve volném výběhu a není tedy zaručeno, že měla každá nosnice stejný příjem jódu přijatý krmnou směsí, tedy v jejich případě vypočtených 0,015 mg jódu (graf 3.2).

Experimentální znalost faktorů účastnících se na relativně snadném přechodu jódu do žloutku umožňuje kontrolovat zvýšení obsahu jódu ve vejcích (Kroupová et al., 1999). Toho nepochybně využívají i producenti IQejce. Ta měla téměř 10krát větší průměrnou hodnotu jódu v mokré hmotě žloutku ($1205,1 \pm 318,8$) než slepice plemene maranska ($122,8 \pm 43,8$), kde bylo jódu zjištěno nejméně. Velmi významný vliv na obsah jódu ve žloutku má příjem jódu v potravě. Standardizovaný obsah jódu v 1 kg dietní sušiny je v průměru 0,3-0,5 mg (Zelenka et al., 2007). Trávníček et al. (2006) zjistili v roce 2005 obsah jódu v krmné směsi aplikované při vyšetřování vajec z velkochovů v rozmezí od 0,22 do 1,18 mg/kg dietní sušiny a s výjimkou jednoho případu (0,22 mg I/kg sušiny) tak překračoval téměř dvojnásobek výše uvedeného standardu. Statisticky výrazně vyšší obsah jódu ve žloutku vajec z velkochovů ve srovnání s malochovy odpovídalo nasycení nosnic jódem ve velkochovech prostřednictvím jódu doplněného v krmných směsích, a to jak v letech 2004 tak 2005, jakož i v předchozích letech. Také v této práci zjištěné výsledky ukazují, že obsah jódu v potravě a jeho případné dodání do krmiva má klíčový význam v obsahu jódu ve žloutku. To se nepotvrdilo u vajec slepic z malochovů, kde suplement v množství 0,05 mg jódu na slepici jeho obsah ve žloutku zásadně nezvýšil. Důvodem mohlo být jeho nedostatečné vstřebávání, nebo špatné promíchání supplementu v krmivu. Největší obsah jódu v krmné směsi mezi hodnocenými slepicemi přijaly kuřice a nosnice české zlaté kropenky z účelového zařízení (ČZK ÚZ) v hodnotách 0,60 mg/kg (tabulka 2.6). I přes jejich stejný přijatý obsah jódu v krmné směsi měly nosnice ČZK ÚZ vyšší průměrné hodnoty jódu v mokré hmotě žloutku ($536,7 \pm 259,6 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$), než kuřice ($477,3 \pm 247,9 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$). Důvodem může být stáří slepice, a tedy snáškový cyklus. Nosnice ČZK ÚZ byly staré 364 týdnů a kuřice ČZK ÚZ 32 týdnů. Dle Posati a Orr (1976) má věk slepic a tím i snáška významný vliv na poměr žloutku a bílku ve vejci. Zvyšující se poměr žloutku k bílku potvrdil i Rossi a Pompei (1995). S tím může souviset také hmotnost žloutku. Žloutek u nosnic ČZK ÚZ starých 364 týdnů měl

hmotnost $21,91 \pm 1,28$ (g) a žloutek kuřic ČZK ÚZ starých 32 týdnů vážil pouze $19,61 \pm 1,98$ (g). Nejmenší zjištěný obsah jódu ($122,8 \pm 43,8 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) v mokré hmotě žloutku byl u slepic plemene maranska starých 28 týdnů, které měly hmotnost žloutku $15,03 \pm 0,49$ (g). Přesto vztah mezi hmotností vajec, hmotností žloutku a obsahem jódu nebyl statisticky významný. Nízká záporná korelace u kuřic ČZK ÚZ ($r = -0,092$) mezi hmotností žloutku a obsahem jódu nasvědčuje ke snížení obsahu jódu na jednotku hmotnosti (tedy k jeho většímu naředění), než u nosnic ČZK ÚZ ($r = -0,242$). Větší význam než vztahy mezi hmotnostmi má nejspíše doba tvorby žloutku a tím času, po kterou může jód přestupovat do folikulu.

Trávníček et al. (2006) při porovnávání obsahu jódu u slepic z malochovů a velkochovů zjistili, že nižší obsah je ve vejcích z malochovů, kde jejich spotřeba pokrývá pouze 2,2 - 4,4 % denní potřeby jódu. Mikulová (2007) ve své práci zaměřené také na hodnocení obsahu jódu ve žloutku slepic z malochovů a velkochovů zjistila, že při průměrné roční spotřebě vajec 242 kusů na obyvatele a za předpokladu, že vaječný žloutek váží 18 g, lze při nejnižší zjištěné průměrné hodnotě obsahu jódu ve vaječném žloutku slepic z malochovů pokrýt přibližně 0,4 % ze 150 μg denní potřeby jódu dospělého člověka. Při nejvyšší průměrné hodnotě obsahu jódu tuto potřebu pokrývá ze 6 %. Vyšší úhrada denní potřeby jódu, než v letech 2006 a 2007, byla zjištěna u slepic z malochovů v této práci, kde nejnižší zjištěná hodnota u plemene maranska pokrývá tuto potřebu z 1,2 % a nejvyšší hodnota u české zlaté kropenky z účelového zařízení pokrývá potřebu z 6,2 %. Celkově se od roku 2007 zvýšila spotřeba vajec z 242 ks na 263 kusů na obyvatele a rok (Pavlíková, 2020). Z toho lze usuzovat, že i denní úhrada potřeby jódu od roku 2007 vzrostla.

4.2 Obsah jódu ve vaječném žloutku křepelk

Na obsah jódu ve vejcích má vliv kromě způsobu chovu a snáškového cyklu i druh drůbeže, kdy například McCance a Widdowson (2008) uvádí u křepelčích vajec hodnoty 115 μg jódu na 100 g a u vajec slepičích 53 μg jódu na 100 g. U slepičích vajec byly v této práci zjištěny podobné hodnoty jódu (ČZK ÚZ měly 54 μg jódu na 100 g). Vyšší hodnoty byly zjištěny u žloutků křepelk. V jednom žloutku křepelk z chovu K2, které měly nejméně jódu ze všech hodnocených chovů, bylo 9,16 μg jódu na jeden žloutek. Při průměrné hmotnosti žloutku 4,65 g to představuje 197 μg jódu na 100 g. Téměř dvakrát vyšší hodnoty jódu byly zjištěny u křepelk z chovu K3

s hodnotou 16,31 μg jódu v jednom žloutku. Při průměrné hmotnosti žloutku 4,93 g to představuje 331 μg jódu na 100 g. Důvod rozdílu mezi chovem K2 a K3 je zřejmě opět v jejich rozdílném příjmu jódu v krmné směsi, kdy křepelky K2 denně přijaly v krmné směsi 0,014 mg jódu a křepelky K3 0,083 mg jódu.

Při porovnání obsahu jódu ve žloutku slepic a křepelek bylo zjištěno, že i přes jejich podobný denní příjem jódu v krmivu byl výrazně vyšší obsah jódu ve žloutku u křepelek. To mohlo být způsobeno jejich intenzivnějším metabolismem, nebo také vyšší spotřebou krmné směsi na jednotku hmotnosti, která je u křepelek přibližně 0,21 g/g hmotnosti a u slepic 0,05 g/g hmotnosti. Vliv mohla mít ale i vyšší kumulace jódu ve žloutku křepelek, která mohla být způsobená jejich nižší snáškou oproti slepicím.

Závěr

Obsah jódu ve slepičích vejcích byl vyšší u slepic krmených kompletní krmnou směsí, kde se průměrné hodnoty jódu ve žloutku pohybovaly od $204,0 \pm 165,6$ do $499,6 \pm 254 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, a nižší u slepic z malochovu krmených kuchyňskými zbytky, které měly průměrné hodnoty $122,8 \pm 43,8$ do $321,0 \pm 157,7 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Téměř desetkrát vyšší obsah jódu ve žloutku byl zjištěn u IQejce ($1205,1 \pm 318,8 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$), která jsou dodavatelem obohacena o jód formou jeho přídatku do krmné směsi. Rozdíly mezi nimi a ostatními vejci z malochovů byly statisticky významné. To potvrdilo i dříve zjištěný významný vliv potravy na obsah jódu ve žloutku. Přídavek jódu v množství 0,05 mg na slepici ale neovlivnil jeho množství u slepic plemene araukana, leghornka a maranska z malochovu. Důvodem mohlo být jeho nedostatečné vstřebávání nebo špatné promíchání suplementu v krmivu. Nejvyšší denní příjem jódu z krmné směsi mezi hodnocenými slepicemi měly kuřice a nosnice české zlaté kropenky z účelového zařízení (ČZK ÚZ) s hodnotami 0,60 mg/kg. I přes jejich stejný příjem jódu měly nosnice ČZK ÚZ vyšší průměrné hodnoty jódu v mokré hmotě žloutku ($536,7 \pm 259,6 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$), než kuřice ($477,3 \pm 247,9 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$). Důvodem mohlo být stáří slepic, a tedy i snáškový cyklus. Nosnice ČZK ÚZ byly staré 364 týdnů a kuřice 32 týdnů. Hmotnost žloutku u slepic ČZK ÚZ byla $21,91 \pm 1,28$ g a žloutek kuřic vážil pouze $19,61 \pm 1,98$ g. Přesto vztah mezi hmotností vajec, hmotností žloutku a obsahem jódu nebyl statisticky významný. Nižší záporná korelace u kuřic ($r = -0,092$) mezi hmotností

žloutku a obsahem jódu nasvědčuje k většímu poklesu obsahu jódu na jednotku hmotnosti (tedy k jeho většímu naředění), než u nosnic ČZK ÚZ ($r = 0,242$). Důležitější než vztahy mezi hmotnostmi je spíše doba tvorby žloutku a tím času, po který může jód přestupovat do folikulu, a to za předpokladu, že se velký a malý žloutek netvoří na vaječnících stejně dlouho.

Zjištěné hodnoty jódu u slepic připadající na jeden žloutek byly v rozmezí 1,85 - 17,35 μg . Nejvyšších hodnot dosahovala o jód obohacená IQejce. Ta se podílí na 150 μg denní potřebě jódu z 11,57 %. V tomto případě se o nich tak dá uvažovat jako o dobrém přirozeném zdroji jódu. Pokud bychom ale chtěli pokrýt celou 150 μg denní potřebu jódu pouze z jejich žloutků, museli bychom jich spotřebovat necelých 9 ks. Vzhledem k tomu, že obecně doporučovaná spotřeba je přibližně jedno vejce na den, je otázka, jaký vliv by to mělo z dlouhodobého hlediska na naše zdraví. V případě vajec z malochovů krměných kompletní krmnou směsí se jednalo o úhradu 2,29 - 6,24 % z celkové denní potřeby jódu a u slepic z malochovů krměných kuchyňskými zbytky jen o 1,23 - 2,49 %. Po porovnání s lety 2006 a 2007 bylo zjištěno, že krytí denní potřeby jódu pomocí vajec se nepatrně zvýšilo jak obsahem jódu ve žloutku, tak vyšší roční spotřebou na obyvatele. I tak je ale stále nutné využívat i jiných zdrojů jódu v potravě a v případě vajec z malochovů s nimi počítat spíše jako s přirozeným doplněním jódu v potravě.

Při porovnání obsahu jódu ve žloutku slepic a křepelk bylo zjištěno, že i přes jejich podobný denní příjem jódu v krmivu byl výrazně vyšší obsah jódu ve žloutku u křepelk. To mohlo být způsobeno jejich intenzivnějším metabolismem nebo také vyšší spotřebou krmné směsi, která je u křepelk přibližně 0,21 g/g hmotnosti a u slepic pak 0,05 g/g jejich hmotnosti. Vliv mohla mít ale i vyšší kumulace jódu ve žloutku křepelk, která mohla být způsobena jejich nižší snáškou.

Seznam použité literatury

Adibmoradi, M. et al. (2007). Effects of rapeseed flour levels on thyroid morphology in broiler chickens. In: *World Poultry Science Association, Proceedings 16*. World Poultry Science Association (WPSA), France, pp. 29–31.

Assey, V. D. et al. (2006). Iodine deficiency persists in the Zanzibar Islands of Tanzania. *Food and Nutrition Bulletin*, 27(4):292–299.

Asvold, B. O. et al. (2013). Changes in the prevalence of hypothyroidism: the HUNT Study in Norway. *European Journal of Endocrinology*, 1;169(5):613–620.

Bahn, R. S. et al. (2011). Hyperthyroidism and other causes of thyrotoxicosis: Management guidelines of the American Thyroid Association and American Association of Clinical Endocrinologists. *Thyroid*, 21(6):593–646.

Baker, D. H. (2004). Iodine Toxicity and Its Amelioration. *Experimental Biology and Medicine*, 229(6):473–478.

Balasundarum, K. a Mookkappan, M. (2000). Histomorphology of the thyroid in the domestic fowl (*Gallus domesticus*). *Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 31:28–31.

Bencko, V. et al. (2002). *Hygiena: učební texty k seminářům a praktickým cvičením*. 2. přeprac. vyd. Karolinum, Praha. ISBN 80-7184-551-5.

Bernal, J. (2015). Thyroid Hormones in Brain Development and Function. [online] Pubmed [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK285549/>.

Blount, B. C. et al. (2006). Urinary perchlorate and thyroid hormone levels in adolescent and adult men and women living in the United States. *Environmental Health Perspectives*, 114(12):1865–1871.

Bobek, S. (1998). Iodine prophylaxis in animal (in Polish). *Medycyna Weterynaryjna*, 54(2): 80–86.

Boelaert, K. a Franklyn J. A. (2005). Thyroid hormone in health and disease. *Journal of endocrinology*, 187(1):1–15.

Borkovcová, I. a Řehůrková, I. (2001). Study of iodine exposure sources in foodstuffs. *Report of the National Institute of Public Health*, 6:5–80.

Bouga, M. a Combet, E. (2015). Emergence of seaweed and seaweed-containing foods in the UK: Focus on labeling, iodine content, toxicity and nutrition. *Foods*, 4(2):240–253.

Braverman, L. E. a Cooper, D. (2012). *The thyroid: A fundamental and clinical text*. 10th edition. Lippincott, Williams & Wilkins. London. ISBN 978-1451120639.

Canaris, G. J. et al. (2000). The Colorado thyroid disease prevalence study. *Archives of internal medicine*, 160(4):526–534.

CelySvet.cz (2020). *Vejce křepelčí: Potraviny: Podrobné kalorické, energetické a nutriční hodnoty* [online] [cit. 2020-11-08]. Dostupné z: <http://www.celysvet.cz/recepty-potraviny-vejce-krepelci-kalorie-slozeni-nutricni-hodnoty>.

Cobra, C. et al. (1997). Infant survival is improved by oral iodine supplementation. *The Journal of Nutrition*, 127(4):574–578.

Dasgupta, P. K. et al. (2008). Iodine nutrition: Iodine content of iodized salt in the United States. *Environmental Science & Technology*, 42(4):1315–1323.

Delange, F. (2000). Iodine deficiency. In: Braverman, L. E., Utiger, R. D. (Eds.) *The thyroid: A fundamental and clinical text*. 8th edition. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia;London, pp. 295–316. ISBN 0781721938.

Delange, F. (2002). Iodine deficiency in Europe and its consequences: an update. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, 29(2):404–416.

Delange, F. a Dunn, J. T. (2004). Iodine deficiency. In: Braverman, L. E., Utiger, R. D. (Eds.) *The thyroid: A fundamental and clinical text*. 9th edition. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia;London, pp. 731–744. ISBN 978-0781750479.

Delange, F. a Hetzel, B. (2008) The iodine deficiency disorders. *The thyroid disease manager* [online]. Pubmed [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: <http://www.thyroidmanager.org/Chapter20/20-frame.htm>

Delange, F. et al. (1972). Circulating thyroid hormones in endemic goiter. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 34(5):891–895.

Dembitsky, V. M. (2006). Biogenic iodine and iodine-containing metabolites. *Natural Product Communications*, 1(2):139–175.

Dillon, J.C. a Milliez, J. (2000). Reproductive failure in women living in iodine deficient areas of West Africa. *British Journal of Obstetrics and Gynaecology*, 107(5):631–636.

Dušová, H. et al. (2012). Obsah jódu v potravinách živočišného původu. In: *Sborník přednášek z XLIV semináře O metodice stanovení a významu stopových prvků v biologickém materiálu a životním prostředí: Mikroelementy 2012*, Valtice, Václav Helán - 2 THETA, Český Těšín

Dušová, H. et al. (2012). Trace element content in market eggs in bohemia. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 60(6),75–80.

Ershow, A. G. et al. (2018). Development of Databases on Iodine in Foods and Dietary Supplements. *Nutrients*, 17;10(1):100.

Farebrother, J. et al. (2019). Excess iodine intake: sources, assessment, and effects on thyroid function. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1446(1):44–65.

Firdous, A. D. a Lucy, K. M. (2013). Histomorphological studies on the thyroid gland in female Kuttanad duck (*Anas platyrhynchos domesticus*). [online] Tanuvas [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: [http://www.tanuvas.ac.in/tnjvas/tnjvas/vol9\(3\)/1-6.pdf](http://www.tanuvas.ac.in/tnjvas/tnjvas/vol9(3)/1-6.pdf).

Flachowsky, G. et al. (2014). Influencing factors on iodine content of cow milk. *European Journal of Nutrition*, 53(2):351–365.

Foo, J. K. a Chandran, X. (1996). Relationship between 5th week weight and subsequent performance of one strain of layer breeder quail (*Coturnix Japonica*) proceeding of the silver jubilee. *Malaysian society of animal production*, Sarawak, p: 285-286.

Frechou, C. a Calmet, D. (2003). ^{129}I in the environment of the La Hague nuclear fuel reprocessing plant from sea to land. *Journal of Environment Radioactivity*, 70(1–2):43–59.

Fuge, R. a Johnson, C. C. (2015). Iodine and human health, the role of environmental geochemistry and diet: A review. *Applied Geochemistry*, 63:282–302.

Gaitan, E. (1989). Environmental Goitrogens. In: Braverman L.E. (Ed.) *Diseases of the Thyroid (Contemporary Endocrinology)*, 2nd edition. Humana Press, Totowa, NJ, pp. 331–348. ISBN 978-1-4757-2596-4.

Garmendia-Madariaga, A. et al. (2014). The incidence and prevalence of thyroid dysfunction in Europe: a meta-analysis. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 99(3):923–931.

Garralda, V. C. et al. (2015). Total diet study of iodine and the contribution of milk in the exposure of the catalan population. [online] Scientiasalut [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: https://scientiasalut.gencat.cat/bitstream/handle/11351/2886/Estudi_dieta_total_iode_contribució_de_llet_exposició_de_població_catalana_2015_2016_ang.pdf?sequence=7&isAllowed=y.

Genetické zdroje.cz (2020). *Metodika uchování genetického zdroje zvířat: Plemeno: Česká slepice zlatá kropenatá*. [online] [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: <http://genetickezdroje.cz/wp-content/uploads/2019/11/Metodika-uchov%C3%A1n%C3%AD-GZ-%C4%8Desk%C3%A1-slepice-ZK.pdf>.

Greenwood, N. N. a Earnshaw, A. (1993). *Chemie prvků*. 2. vyd. Informatorium, Praha. ISBN 80-85427-38-9.

Gribble, G. W. (2003). The diversity of naturally produced organohalogens. *Chemosphere*, 52(2):289–297.

Gross, J. a Pitt-Rivers, R. (1952). The identification of 3:5:3'-L-triiodothyronine in human plasma. *The Lancet*, 1(6705):439–441.

Gunnarsdottir, I. et al. (2009). Iodine intake and status in Iceland through a period of 60 years. *Food & Nutrition Research*, 53:1.

Hetzel, B. S. (1983). Iodine deficiency disorders (IDD) and their eradication. *The Lancet*, 12;2(8359):1126–1129.

Hetzel, B.S. (1989). Iodine and the Brain. In: DeLong G.R., Robbins J., Condliffe P.G. (Eds.) *Iodine and the Brain*. 1st edition. Springer, Boston, MA. New York. pp. 1–3. ISBN 978-1-4612-8071-2.

Holcomb, S. S. (2007). A delicate balance: Keeping thyroid hormones in check. *LPN2009*, 3(2):46–54.

Hunchak, A. V. et al. (2016). Metabolic effects of iodine in poultry due to its lack or excess in the diet. *Scientific messenger of LNU veterinary medicine and biotechnology. Series: Agricultural Sciences*, 18(2):70–76.

Chandra, K. A. (2010). Chapter 42 - Goitrogen in Food: Cyanogenic and Flavonoids Containing Plant Foods in the Development of Goiter In: Watson, R.R. a Preedy, V.R. (Eds.). *Bioactive Foods in Promoting Health: Fruit and Vegetables*, 1st edition. Academic Press, Amsterdam;Boston, pp. 691–716. ISBN 978-0-12-374628-3.

Chen, Z. P. (2007). New cretins discovered in southern Xinjiang, China. *IDD Newsletter*, 23(1):18.

Chozadru.wbs.cz (2015). *Chovatelská zařízení pro drůbež: krmení*. [online] [cit. 2021-02-12]. Dostupné z: <http://chozadru.wbs.cz/JAKE-PLEMENO.html>.

Christensen, V. L. et al. (1991). The effect of dietary iodine on the hatchability of eggs from two commercial strains of turkeys. *Poultry Science*, 70(12):2529–2537.

Imseis, R. E. et al. (1998). Pretreatment with Propylthiouracil But Not Methimazole Reduces the Therapeutic Efficacy of Iodine-131 in Hyperthyroidism. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 83(2):685–687.

Institute of Medicine (2001). *Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium and zinc*. National Academy Press, Washington, ISBN 10: 0-309-07279-4.

Iqejce.cz (2017). IQejce – chytrá vejce s jódem [online] [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: <http://iqejce.cz/>.

- Johnson, C. C. (2003). The geochemistry of iodine and its application to environmental strategies for reducing the risks from iodine deficiency disorders. *In British Geological Survey Commissioned Report Number CR/03/05*, British Geological Survey, Nottingham, UK, pp. 1–48.
- Julsham, K. et al. (2001). Determination of iodine in seafood by inductively coupled plasma/mass spectrometry. *Journal of AOAC International*, 84(6):1976–1983.
- Kaufmann, S. et al. (1998). Iodine supplementation of laying hen feed. A supplementary measure to eliminate iodine deficiency in humans? *Zeitschrift für Ernährungswissenschaft*, 37(3):288–293.
- Kaufmann, S. (1997). *Ergänzende strategien zur Bekämpfung von Jodmangel in Deutschland und Südostasien: Jodaueicherung in Lebensmitteln tierischen Ursprungs*. München. Dissertation. Technischen Universität.
- Kauser, R. a Shahid, R. U. (2006). Gross and Microscopic Anatomy of Thyroid Gland of One-Humped Camel (*Camelus dromedarius*). *Pakistan Veterinary Journal*, 26(2):88–90.
- Kendall, E. C. (1915) Isolation in the crystalline form of the compound containing iodine, which occurs in the thyroid. Its chemical nature and physiologic activity. *Journal of the American Medical Association*, 2;250(15):2045–2046.
- Khurana, I. et al. (2019). Endocrinal system. In: Khurana, I., Khurana, A., Kowlgi, N.G. (Eds.). *Textbook of Medical Physiology*. 3rd edition. Reed Elsevier, India, pp. 710–715. ISBN 978-81-312-5572-8.
- Kim, B. (2008). Thyroid hormone as a determinant of energy expenditure and basal metabolic rate. *Thyroid*, 18(2):141–144.
- Klein, B. G. (2013). *Cunningham's textbook of veterinary physiology*. 5th edition. Elsevier Health Sciences, St. Luis. ISBN 978-1-4377-2361-8.
- Konečný, R. et al. (2019). Vývoj obsahu jódu v syrovém kravském mléce ve třech regionech České republiky v letech 2008 až 2018. *Acta Veterinaria Brno*, 88(3):265–270.

Konečný, R. et al. (2020). The iodine content in areas with enhanced landscape management in the Czech republic. *Journal of Elementology*, 25(3):1234-1240.

Kopp, P. et al. (1994). Polyclonal and monoclonal thyroid nodules coexist within human multinodular goiters. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 79(1):134–139.

Kritchevsky, J. E. (2019). Goiter in Animals: (Non-neoplastic Enlargement of the Thyroid Gland). [online] Msdvetmanual [cit. 2021-02-11]. Dostupné z: <https://www.msdvetmanual.com/endocrine-system/the-thyroid-gland/goiter-in-animals>.

Kroupová, V. et al. (1999). Iodine content in egg yolk during its excessive intake by laying hens. *Czech Journal of Animal Science*, 44(8):369–376.

Křepelka japonská.cz (2020). *Křepelka japonská – Křepelčí vejce do každé rodiny!!!* [online] [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: <https://www.krepelkajaponska.cz/C4%8Desk%C3%A11-slepice-ZK.pdf>.

Kříž, J. a Ryšavá, L. (2016). Prevence jódového deficitu v ČR – historie a současný stav. In: Sborník „Zásobení jodem a prevence tyreopatií“ (XI. konference u příležitosti Dne jodu a 20 ti let MKJD). Státní zdravotní ústav, Praha, s. 4.

Kumar, A. et al. (2018). Hormones and Behavior. In: Vonk J., Shackelford T. (Eds.) *Encyclopedia of Animal Cognition and Behavior*. 1st edition. Springer International Publishing, New York, pp 1–22. ISBN 978-3-319-55066-4.

Laba, M. (2015). *Jód v potravinách*. Bakalářská práce, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta chemická.

Laternus, F. (2001). Marine macroalgae in polar regions as natural sources for volatile organohalogens. *Environmental Science and Pollution Research International*, 8(2):103–108.

Laurberg, P. (2004). Victories and challenges in optimizing iodine intake. *Thyroid*, 14(8):589.

Laurberg, P. et al. (1991). High incidence of multinodular toxic goitre in the elderly population in a low iodine intake area vs. high incidence of Graves' disease in the

young in a high iodine intake area: comparative surveys of thyrotoxicosis epidemiology in East-Jutland Denmark and Iceland. *Journal of Internal Medicine*, 229(5):415–420.

Ledvinka, Z. (2011). *Chov drůbeže I*. Česká zemědělská univerzita, Praha. ISBN 978-80-213-2164-9.

Ledvinka, Z. et al. (2009). *Vybrané kapitoly z chovu drůbeže*. 2.vyd. Česká zemědělská univerzita, Praha. ISBN 978-80-213-1921-9.

Leung, A. M. et al. (2012). History of U.S. Iodine Fortification and Supplementation. *Nutrients*, 4(11):1740–1746.

Lewis, P. (2004). Responses of domestic fowl to excess iodine: a review. *British Journal nutrition*, 91(1):29–39.

Lipiec, E. (2012). Investigation of iodine bioavailability from chicken eggs versus iodized kitchen salt with in vitro method. *European Food Research and Technology*, 234:913–919.

Lucy, K. M. et al. (2009). Age related changes in the histomorphology of thyroid gland in Kuttanad ducks (*Anas platyrhynchos domesticus*). In: *IV World Waterfowl Conference*, Thrissur, India, pp. 244–249.

Malouf, J. et al. (2015). Iodized salt sales in the United States. *Nutrients*, 10;7(3):1691–1695.

Masopust, J. a Průša, R. (2004). *Patobiochemie metabolických drah*. 2. vyd. Univerzita Karlova, Praha. ISBN 80-238-4589-6.

McCance R.A. a Widdowson E.M. (2008). *The Composition of Foods*. 6th summary edition, Royal Society of Chemistry Cambridge, Great Britain. ISBN 978-0-85404-428-3.

Mcnabb, F. M. A. et al. (1998). The endocrine system. In: Starck, J. M., Ricklefs, R. E. (Eds.). *Avian Growth and Development: Evolution within the Altricial–Precocial Spectrum*. 1st edition. Oxford University Press, New York, pp. 174–202. ISBN 978-0195106084.

- Messina, M. a Redmond, G. (2006). Effects of soy protein and soybean isoflavones on thyroid function in healthy adults and hypothyroid patients: a review of the relevant literature. *Thyroid*, 16(3):249–258.
- Mikulová, M (2007). *Obsah jódu ve vejcích*. Diplomová práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta zemědělská.
- Mizutani, M. (2003). The Japanese Quail. [online] Angrin.tlri.gov [cit. 2021-08-10]. Dostupné z: <http://www.angrin.tlri.gov.tw/%5C/apec2003/Chapter5JPQuail.pdf>.
- Morreale de Escobar, G. a Obregon, M.A. (2004). Role of thyroid hormone during early brain development. *European Journal of Endocrinology*, 151(Suppl 3):U25–U37.
- Murray, R. a Harperova, K. (2002). *Biochemie*. 4. české vyd. H&H, Jinočany. ISBN 80-7319-013-3.
- Nap.edu (2005) *Health Implications of Perchlorate Ingestion* [online] [cit. 2021-01-22]. Dostupné z: https://www.nap.edu/resource/11202/perchlorate_brief_final.pdf.
- Nasrollah, V. M. et al. (2006). Comparison of Egg Weight Between Two Quail Strains. *International Journal of Poultry Science*, 5(4):398–400.
- Ojha, L. et al. (2018). Effects of Iodine on Livestock. [online] Benisonmedia [cit. 2021-02-11]. Dostupné z: <http://benisonmedia.com/effects-of-iodine-on-livestock/>.
- Ovadia, Y. S. et al. (2016). Can desalinated seawater contribute to iodine-deficiency disorders? An observation and hypothesis. *Public Health Nutrition*, 19(15):2808–2817.
- Pal, G. K. (2017). *Comprehensive Textbook of Medical Physiology*. 1st edition. Jaypee Brothers Medical Publishers, India. ISBN 978-93-86107-68-8.
- Parchami, A. a Fatahian Dehkordi, R. A. (2012). Histological structure of the thyroid gland in duck: a light and electron microscopic study. *World Applied Sciences Journal*, 16(2):198–201.
- Patrick, L. (2008). Iodine: Deficiency and therapeutic considerations. *Alternative Medicine Review*, 13(2):116–27.

Paul, T., et al. (1988). The effect of small increases in dietary iodine on thyroid function in euthyroid subjects. *Metabolism*, 37(2):121–124.

Pavlíková, L. (2020). ČESKÉ VELIKONOCE V ČÍSLECH: SPOTŘEBA VAJEC I LÍHNUTÍ KUŘAT. [online] České infografiky [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: <https://ceskeinfografiky.cz/ceske-velikonoce-v-cislech-spotreba-vajec-i-lihnuti-kurat/>.

Pearce, E. N. (2007). National trends in iodine nutrition: is everyone getting enough? *Thyroid*, 17(9):823–827.

Pearce, E. N. et al. (2004). Sources of dietary iodine: bread, cow's milk and infant formula in the Boston area. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 89(7):3421–3424.

Peterson, M. E. (2019). The Thyroid Gland in Animals. [online] Msdvetmanual [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: <https://www.msdvetmanual.com/endocrine-system/the-thyroid-gland/the-thyroid-gland-in-animals>.

Posati, L.P. a Orr, M. L. (1976). Composition of foods: dairy and egg products raw-processed-prepared. [online] Cool.culturalheritage [cit. 2021-01-05]. Dostupné z: <https://cool.culturalheritage.org/albumen/library/c20/posati.html>.

Pramyothin, P. et al. (2011). Clinical problem-solving. A hidden solution. *The New England Journal of Medicine*, 365(22):2123–2127.

Procházka, M. (2013). Leghornka: *Gallus gallus f. domestica*. [online] Webnode [cit. 2021-02-12]. Dostupné z: <http://www.chovzvirat.cz/zvire/831-leghornka/>.

Qing-xiang, L. a Xiao, F. (1998). Iodine content of Sargassum in Southern China. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 16:286–288.

Raed, E. et al. (1998). Pretreatment with Propylthiouracil But Not Methimazole Reduces the Therapeutic Efficacy of Iodine-131 in Hyperthyroidism. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 83(2):685–687.

Remer, T. et al. (2006). Longitudinal examination of 24-h urinary iodine excretion in schoolchildren as a sensitive, hydration status-independent research tool for studying iodine status. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 83(3):639–646.

Rossi, M. a Pompei, C. (1995). Changes in Some Egg Components and Analytical Values Due to Hen Age. *Poultry Science*, 74(1):152–160.

Röttger, A.S. et al. (2012). The effects of iodine level and source on iodine carry-over in eggs and body tissues of laying hens. *Archives of Animal Nutrition*, 66(5):385–401.

Řehořová, K. (2012). Maranska – slepice snášejí hnědá vejce. [online] *Chovatelka* [cit. 2021-02-12]. Dostupné z: <https://chovatelka.cz/clanek/maranska-slepice-snasejici-hneda-vejce>.

Sack, J. (2003). Thyroid function in pregnancy – maternal-fetal relationship in health and disease. *Pediatric Endocrinology Reviews*, 1(2):170–76.

Shahid, M. A. et al. (2020). Physiology, Thyroid Hormone. [online] *StatPearls* [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK500006/>.

Schneiderka, P. et al. (2004). *Kapitoly z klinické biochemie*. 2. vyd. Karolinum, Praha. ISBN 80-246-0678-X.

Schöne, F. (2013). Jód v kravském mléce v Německu. In: *X. konference u příležitosti Dne jódu*. Státní zdravotní ústav Praha, Karviná. pp. 37–41.

Schweizer, U. a Köhrle, J. (2013). Function of thyroid hormone transporters in the central nervous system. *Biochimica Biophysica Acta*, 1830(7):3965–3973.

Simeonovová, J. et al. (1999). *Technologie drůbeže, vajec a minoritních živočišných produktů*. 1. vyd. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno. ISBN 80-7157-405-8.

Singh, R. a Beigh, S.A. (2013). Diseases of Thyroid in Animals and Their Management. [online] *Intechopen* [cit. 2021-12-07]. Dostupné z: <https://www.intechopen.com/books/insights-from-veterinary-medicine/diseases-of-thyroid-in-animals-and-their-management>.

Situační a výhledová zpráva (2007). Ministerstvo zemědělství, Praha. ISBN 978-80-7084-591-2. ISSN 1211-7692.

Skřivan, M. et al. (2000). *Drůbežnictví*. 1.vyd. Agrospoj, Praha. ISBN 80-239-4225-5.

Slupczynska, M. et al. (2014). Effect of various sources and levels of iodine, as well as the kind of diet, on the performance of young laying hens, iodine accumulation in eggs, egg characteristics, and morphotic and biochemical indices in blood. *Poultry science*, 93(10):2536–2547.

Snyder, P. J. (1996). The pituitary in hypothyroidism. In: Werner, S.C. a Ingbar, S.H. (Eds.). *The thyroid*. 7th edition. Lippincott-Raven Publishers, Philadelphia, pp. 836-840, ISBN 978-0397514069.

Státní zdravotní ústav.cz (2018). Meziřesortní komise pro řešení jódového deficitu. [online] [cit. 2021-02-11]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/podpora-zdravi/meziřesortni-komise-pro-reseni-jodoveho-deficitu-mkjd>.

Stránský M. a Ryšavá, L. (1997): *Diseases associated with high iodine intake* (In Czech). *Výživa a potraviny*, 52, 119.

Szebesta, J. (2009). Co to je Araukana??? [online] *Webnode* [cit. 2021-02-12]. Dostupné z: <https://araukana.webnode.cz/co-to-je-araukana/>.

Šatava, M. (1984). *Chov drůbeže: velká zootechnika*. 1. vyd. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.

Taki, K. et al. (2002). A thyroid-specific far-upstream enhancer in the human sodium/iodide symporter gene requires Pax-8 binding and cyclic adenosine 3',5'-monophosphate response element-like sequence binding proteins for full activity and is differentially regulated in normal and thyroid cancer cells. *Molecular Endocrinology*, 16(10):2266–2282.

Teas, J. et al. (2004). Variability of iodine content in common commercially available edible seaweeds. *Thyroid*, 14(10):836–841.

Thamm, M. et al. (2007). Jodversorgung in Deutschland. Ergebnisse des Jodmonitorings im Kinder- und Jugendgesundheitsurvey (KiGGS). *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz*, 50:744–749.

Thomson, B.M. et al. (2008). Dietary exposure and trends of exposure to nutrient elements iodine, iron, selenium and sodium from the 2003–4 New Zealand Total Diet Survey. *British Journal of Nutrition*, 99(3):614–625.

Trávníček, J. et al. (2011). *Optimalizace obsahu jodu v kravském mléce*. Jihočeská univerzita v Č. Budějovicích, České Budějovice. ISBN 978-80-7394-328-8.

Trávníček, J. et al. (2006). Iodine content in consumer hen eggs. *Veterinární Medicína*, 51(3):93-100.

Trefný, D. et al. (1990). The possibility of influencing the strumigenic action of rapeseed meal in fattened chickens and turkey poults by adding iodine and zinc to their diets. *Biologizace a Chemizace Živočišné Výroby – Veterinaria*, 26(4–5):293–302.

Troan, G. et al. (2015). A model to secure a stable iodine concentration in milk. *Food & Nutrition Research*; 59(1):29829.

Tuláček, F. a Pavel, I. (2006). *Vzorník plemen drůbeže*. 1. vyd. Český svaz chovatelů, Praha. ISBN 80-239-9542-1.

Underwood, E. J. (1977). *Trace element in human and animal nutrition*. 4th edition. Academic Press, New York. ISBN 0-12-709065-7.

Vanderpump, M. P. (2011). The epidemiology of thyroid disease. *British medical bulletin*, 99:39–51.

Vilímovský, M. (2019). Které potraviny obsahují nejvíce jódu? [online] Medlicker [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: <https://cs.medlicker.com/1385-jod-v-potravinach>.

Vitti, P. et al. (2003). Europe is iodine deficient. *The Lancet*, 5;361(9364):1226.

Vokurka, M. et al. (2015). Velký lékařský slovník. [online] Maxdorf [cit. 2020-24-10]. Dostupné z: [kretenismus | Velký lékařský slovník On-Line \(slovníky.cz\)](http://kretenismus.com)

Whittow, G. (1999). *Sturkie's Avian Physiology*. 5th edition. Academic Press, New York. ISBN 9780127476056.

WHO (2001). *Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination*. 2nd edition. WHO Press, France. ISBN 978 92 4 159582 7.

WHO (2014). *Fortification of Food-grade Salt with Iodine for the Prevention and Control of Iodine Deficiency Disorders—Guideline*. [online] [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: <http://www.who.int/nutrition/>.

Winger, R. J. et al. (2008). Technological issues associated with iodine fortification of foods. *Trends in Food Science & Technology*, 19(2):94–101.

Woeber, K. A. (2000). Update on the management of hyperthyroidism and hypothyroidism. *Archives of Internal Medicine*, 160(8):1067–1071.

Yalcin, S. et al. (2004). Effects of supplementary iodine on the performance and egg traits of laying hens. *British Poultry Science*, 45(4):499–503.

Zamrazil, V. a Čerovská, J. (2014). *Jod a štítná žláza: optimální příjem jodu a poruchy z jeho nedostatku*. 1. vyd. Mladá fronta, Praha. ISBN 978-80-204-3302-2.

Zelenka, J. (2014). *Výživa a krmení drůbeže*. 1. vyd. Agriprint, Olomouc. ISBN 978-80-87091-53-1.

Zelenka, J. et al. (2007). *Doporučený obsah živin v krmných směsích a výživná hodnota krmiv pro drůbež*. 1. vyd. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno. ISBN 978-80-7375-091-6.

Zimmermann, M. B. (2009). Iodine Deficiency. *Endocrine Reviews*, 30(4):376–408.

Seznam obrázků

Obrázek 2.1: Česká zlatá kroupka z účelového zařízení	34
Obrázek 2.2: Klece s rošty v chovu K4	38
Obrázek 2.3: Vzorky žloutků před odměřením 1 ml	41

Seznam tabulek

Tabulka 1.1: Hodnoty doporučeného příjmu jódu za den (Zamrazil a Čerovská, 2014)	16
Tabulka 1.2: Potřeba minerálních látek v 1 kg krmné směsi pro slepice nosného typu (Zelenka et al., 2007)	24
Tabulka 2.1: Počty kusů odebraných slepičích vajec.....	30
Tabulka 2.2: Počty kusů odebraných křepelčích vajec.....	31
Tabulka 2.3: Srovnání výživových údajů IQejce a běžného vejce (na 100 g) (IQejce, 2017, McCance a Widdowson, 2008).....	35
Tabulka 2.4: Srovnání výživových údajů křepelčího a slepičího vejce (na 100 g) (CelySvet.cz, 2020, McCance a Widdowson, 2008)	36
Tabulka 2.5: Denní příjem jódu u křepelek	39
Tabulka 2.6: Denní příjem jódu u slepic.....	39
Tabulka 3.1: Obsah jódu ve vaječném žloutku slepic různých plemen.....	42
Tabulka 3.2: Porovnání obsahu jódu ve žloutku mezi skupinami slepic (Kruskal-Wallisův test).....	42
Tabulka 3.3: Obsah jódu ve vaječném žloutku nosnic a kuřic plemene česká zlatá kroupka	43
Tabulka 3.4: Obsah jódu ve žloutku vajec slepic krmených KKS a slepic z malochovů.....	45
Tabulka 3.5: Obsah jódu ve vaječném žloutku křepelek	46
Tabulka 3.6: Porovnání obsahu jódu ve žloutku mezi chovy křepelek (Kruskal-Wallisův test)	46
Tabulka 3.7: Závislost mezi vlastnostmi vajec a obsahem jódu ve žloutku (korelační koeficienty)	49
Tabulka 3.8: Průměrný obsah jódu v 1 vaječném žloutku.....	49

Seznam grafů

Graf 3.1: Obsah jódu ve vaječném žloutku nosnic a kuřic v průběhu roku ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	44
Graf 3.2: Obsah jódu ve vaječném žloutku slepic v závislosti na jeho příjmu	45
Graf 3.3: Obsah jódu ve žloutku vajec z jednotlivých chovů křepelek	47
Graf 3.4: Obsah jódu ve vaječném žloutku křepelek v závislosti na obsahu jódu v krmné dávce	48