

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Katedra anatomie a fyziologie hospodářských zvířat

Studijní program: M4103 Zootechnika

Studijní obor: Zootechnika

OBSAH JÓDU VE VEJCÍCH

IODINE CONTENT IN EGGS

Vypracovala:
Magda Mikulová

Vedoucí diplomové práce:
doc. Ing. Jan Trávníček, CSc.

ČESKÉ BUDĚJOVICE

2007

Prohlašuji, že diplomovou práci s názvem „**Obsah jódu ve vejcích**“ jsem vypracovala samostatně, na základě vlastních zjištění, práce a materiálů, které jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Českých Budějovicích dne 14. dubna 2007

.....

Úvodem bych chtěla poděkovat rodičům za to, že mi umožnili studium na této škole a za jejich podporu.

Děkuji doc. Ing. Janu Trávníčkovi, CSc. a pracovníkům katedry anatomie a fyziologie hospodářských zvířat, za připomínky a rady poskytnuté při realizaci této diplomové práce.

Diplomová práce na téma: „**Obsah jódu ve vejcích**“, byla zpracována v rámci projektu: NAZV 1B44013/2004 s názvem: „**Regulace obsahu jódu v potravinách živočišného původu**“.

OBSAH

1. ÚVOD	1
2. LITERÁRNÍ PŘEHLED	3
2.1. Význam jódu	3
2.1.1. Výskyt a význam jódu	3
2.1.2. Význam jódu pro štítnou žlázu a sekreci jejích hormonů	4
2.1.3. Poruchy funkce štítné žlázy	6
2.1.4. Vztah jódu k ostatním minerálním látkám	7
2.2. Strumigeny	8
2.2.1. Strumigeny u slepic	8
2.2.2. Strumigeny u ostatních zvířat	9
2.3. Zdroje jódu, potřeba a jeho význam	11
2.3.1. Význam a potřeba jódu u drůbeže	11
2.3.2. Potřeba jódu u zvířat	11
2.3.3. Účinek nadbytku jódu u slepic	12
2.3.4. Zdroje jódu pro zvířata	13
2.3.5. Potřeba jódu pro člověka a rizikové skupiny populace	14
2.3.6. Možná onemocnění spojená s deficitem jódu u lidí	15
2.4. Obsah jódu v potravinách	16
2.4.1. Obsah jódu v konzumních vejcích	16
2.4.2. Obsah jódu v potravinách rostlinného původu	18
2.4.3. Obsah jódu v ostatních živočišných produktech	20

3.	M A T E R I Á L A M E T O D Y	21
3.1.	Původ vajec	21
3.2.	Hodnocení obsahu jódu	21
3.3.	Charakteristika plemen slepic	22
3.4.	Metoda stanovení jódu	24
3.5.	Statistické vyhodnocení	24
4.	V Ý S L E D K Y	25
4.1.	Obsah jódu ve vejcích z velkochovů	25
4.1.1.	Obsah jódu v závislosti na týdnu snášky a jeho příjmu	29
4.1.2.	Statistické vyhodnocení velkochovů	31
4.1.3.	Dynamika obsahu jódu	33
4.2.	Obsah jódu ve vejcích z malochovů	34
4.2.1.	Statistické vyhodnocení malochovů	34
4.3.	Regionální rozdíly v obsahu jódu	39
5.	D I S K U S E	42
6.	S O U H R N	45
7.	S E Z N A M P O U Ž I T É L I T E R A T U R Y	47

A B S T R A C T

The aim of diploma work was contents supervision iodine solution in egg yolk in the consumer eggs and evaluates importance of eggs as an iodine source in human nutrition. In total, iodine content was determined in the yolk of 189 eggs (large flocks) and 210 eggs (small flocks). There were 3,2 times lower of iodine content in the egg yolk from small flocks compare to eggs from large flocks. Eggs from large flocks cover 2 - 25% and from small flocks only 0,4 – 12% of the daily iodine requirement in adults. Iodine content in eggs depends on daily iodine intake and the effect of laying cycle. Egg iodine concentration was determined by spectrophotometric metod based on the Sandell-Kolthoff reaction (Bednář a kol. 1964).

A B S T R A K T

Cílem diplomové práce bylo sledování obsahu jódu ve vaječném žloutku konzumních vajec a zhodnocení jejich významu jako zdroje jódu v lidské výživě. Celkem byl jód stanoven ve žloutku 189 vajec z velkochovů a 210 vajec z malochovů. V porovnání s velkochovy obsahovala vejce z malochovů přibližně 3,2 krát méně jódu. Vejce z velkochovů se podílejí na pokrytí denní potřeby jódu dospělého člověka z 2 – 25% a vejce z malochovů jen z 0,4 – 12%. Obsah jódu ve vejcích závisí na jeho denním příjmu a na vlivu snáškového období. Koncentrace jódu ve vejcích byla stanovena spektrofotometrickou metodou založenou na Sandell-Kolthoffově reakci (Bednář a kol. 1964).

1. ÚVOD

V současných podmínkách chovu hospodářských zvířat dochází v důsledku nevyvážení výživy k častým poruchám metabolismu a nedostatku stopových prvků, nezbytných pro fyziologickou činnost organismu, zajišťování dobrého zdravotního stavu, produkce a reprodukce zvířat. Pro aplikaci do krmných dávek hospodářských zvířat jsou vyvíjeny nové produkty do krmivářských biotechnologií, zdroje makro i mikroprvků v organicky vázaných formách. Tyto zdroje představují nutriční faktory, které mohou příznivě ovlivnit využití živin (stravitelnost, retenci a bilanci), zlepšit zdravotní stav, kvalitu a hlavně kvantitu výsledné produkce, která může pozitivně ovlivňovat zdravotní stav spotřebitelů (Nehasilová 2005).

Minerální látky se účastní velkého počtu trávicích, fyziologických a biosyntetických procesů. Jsou součástí tělesných orgánů, tkání a tekutin a fungují jako elektrolyty a katalyzátory v enzymatických hormonálních systémech. Mikroelementy, také označované jako stopové prvky, jsou na rozdíl od makroelementů ve tkáních organismů obsaženy ve velmi malém množství 10^{-6} až 10^{-9} mg·kg⁻¹ (Illek 2002), mají však v organismu mimořádný význam v řadě katalytických, enzymatických, aktivačních a regulačních procesů. Jsou pro život nezbytné, nemohou být nahrazeny jinými prvky nebo sloučeninami (Brade a kol. 2003).

Jedním z nepostradatelných stopových prvků je jód, jeho nedostatku je celosvětově vystaveno přibližně 30% populace (1,6 miliardy lidí), minimálně způsobuje u stovek milionů dětí menší opožďování jejich tělesného a duševního vývoje. Každoročně se narodí 100 000 dětí, postižených endemickým kretenismem (z uvedené 1,6 miliardy lidí je 655 milionů postiženo strumou z nedostatku jódu, 26 milionů má již poškozené funkce mozku a 5,6 milionů lidí je postiženo kretenismem). Nejvíce je postiženo obyvatelstvo vnitrozemských a horských oblastí jižní Ameriky, centrální Afriky a Asie. Řešení jódového deficitu a jeho následků je jednou z celosvětových aktivit UNICEF v oblasti péče o zdraví, podporovanou (i finančně) v zemích s nedostatkem jódu v přirozené stravě, tedy i v ČR. Spolupracuje při ní zejména se Světovou zdravotnickou organizací a Mezinárodním výborem pro kontrolu poruch způsobených jodovou nedostatečností (ICCIDD – International Council for Control of Iodine Deficiency Disorders).

Profylaxe jodového deficitu je celosvětově zaměřena zejména na aditivní příjem jódu, nejčastěji formou jodidované soli nebo doplňování jódu (jodidované soli) do potravin v průběhu jejich výroby. Obohacení krmných dávek hospodářských zvířat o jód umožňuje zvýšení jeho obsahu přirozenou cestou i v potravinách živočišného původu, především v mléce (Herzig a Kursa 1997) a ve vejcích (Kroupová a kol. 1999).

Na základě obsahu jódu ve vaječném žloutku lze odvodit i úroveň zásobení nosnic jódem. Téma mé diplomové práce jsem zpracovávala v rámci grantového projektu s názvem: Regulace obsahu jódu v potravinách živočišného původu (číslo:1B44013/2004) Národní agentury pro zemědělský výzkum (NAZV), řešeného na katedře anatomie a fyziologie hospodářských zvířat Zemědělské fakulty JU v Českých Budějovicích.

2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

2. 1. Význam jódu

2.1.1. Výskyt a význam jódu

Jód je velmi vzácný prvek, který se v přírodě vyskytuje pouze ve sloučeninách. Byl objeven roku 1811 francouzským chemikem Bernardem Courtoisem. Elementární jód je tmavě fialová až černá látka, která za atmosférického tlaku přechází přímo do plynné fáze, sublimuje. Na zemi je jód přítomen ve formě sloučenin, většina z nich je rozpuštěna v mořské vodě. Je zde přítomen nejen jako jodid, ale také ve formě jodičnanu. Mineralogicky doprovázejí sloučeniny jódu analogické sloučeniny chlóru a bromu, ovšem pouze ve velmi nízkých koncentracích. Relativní zastoupení jódu v zemské kůře i ve vesmíru je velmi nízké. V zemské kůře je jód přítomen v koncentraci 0,1 až 0,5 mg·kg⁻¹. Výskyt jódu ve vodách kolísá. Ve studničních vodách kolísají obsahy jódu mezi 0,002 – 0,012 mg·l⁻¹. Obsah jódu v mořské vodě dosahuje až 2 mg·l⁻¹. V průmyslových střediscích a ve městech je obsah jódu v atmosféře vyšší, následkem spalování uhlí, ze kterého se uvolňují různé minerální a organické sloučeniny jódu (Podoba 1995).

Základní surovinou pro jeho výrobu jsou mořské řasy, v jejichž tkáních se jód koncentruje. Oxidací jodidů, obsažených v popelu ze spálených řas, se získá elementární jód, který se rafinuje sublimací. Z půdy, vody a atmosféry se jód dostává do rostlin. V mořských rostlinách bylo zjištěno v 1 kg sušiny až 0,9 mg jódu. V ostatních rostlinách se jeho obsah pohybuje mezi 0,01 – 0,05 mg jódu v 1 kg sušiny. Značný vliv na resorbci jódu rostlinami má pH půdy (Görner 1996).

Vliv vzdálenosti stanoviště od oceánu prokázali Anke a kol. (1993), kteří zjistili statisticky významný pokles koncentrace jódu v napájecí vodě z 9 µg až na 1 µg·l⁻¹ při nárůstu vzdálenosti z 60 na 410 km od moře.

Příčinou zvýšeného obsahu jódu v půdě a ve vodě v přímořských oblastech, je kromě geologického podloží mořská voda, která zaujímá značný podíl z celkového obsahu jódu na Zemi (50 µg·l⁻¹), většinou ve formě jodidů. Ty jsou účinkem slunečního záření oxidovány na jód. Z atmosférického vzduchu se jód účinkem dešťů a sněhových srážek

dostává do půdy a na vegetaci. Obsah jódu v 1 m³ vzduch v přímořských oblastech dosahuje až 400 µg a v kontinentálních oblastech pouze 0,74 µg (McDowell 1992).

U zvířat chovaných na půdách s obsahem jódu nižším než 10 mg·kg⁻¹ se vyskytuje primární nedostatek jódu (Bíreš a kol. 1993). Vzhledem k tomu, že přežvýkavci přijímají téměř výhradně krmivo, ale i vodu z oblasti, ve které žijí, mohou pro určitá území sloužit jako indikátor saturace prostředí jódem (Herzig a Kursa 1997).

Trávníček a kol. (2004) uvádí, že při nízkém příjmu jódu z objemných a koncentrovaných krmiv, daném geografickou polohou ČR (Oliveriusová 1997) je akceptován závěr, že celkový obsah jódu v krmných dávkách je u nás především ovlivněn úrovní arteficiálních doplňků. Vědecké informace, zájem chovatelů a široká nabídka minerálních krmných přísad s obsahem jódu vyústily v polovině devadesátých let minulého století v proces celoplošné suplementace jódu.

Experimentálně byla prokázána poměrně snadná ovlivnitelnost příjmu jódu i obsah jódu v potravinách živočišného původu cestou aditivních zásahů (Anke a kol. 1993; Herzig a kol. 1999).

2.1.2. Význam jódu pro štítnou žlázu a sekreci jejích hormonů

Štítná žláza je největší endokrinní žláza lidského těla, váží průměrně kolem 20 g. Vzniká z výchlípků ventrálního parafaryngu, ke které se připojily další dvě výchlípky, ze kterých vznikla přištitná tělíska a parafolikulární C-buňky štítné žlázy secernující kalcitonin. Základní jednotkou štítné žlázy jsou její folikuly vystlané buňkami: při malé činnosti jsou tyto buňky ploché, při zvýšené kuboidní. Ve folikulech je umístěn koloid. Štítná žláza patří mezi nejvíce vaskularizované orgány těla. Hypofyzární TSH (tyreotropin), jakožto hlavní regulační faktor štítné žlázy, je za kontroly zpětné vazby uvolňován pod vlivem TRH (tyreotropní regulační hormon z hypotalamu). TSH stimuluje biosyntézu T3 a T4 i růst štítné žlázy. Sekrece TSH se inhibuje při vysoké hladině hormonů štítné žlázy, jako hlavní zpětnovazebný faktor působí T3 (Blumhart a Williams 1996).

Štítná žláza secernuje hormon tyroxín (T4), za fyziologického klidového stavu kolem 80 – 90 µg za 24 h, pak malé množství trijódtyronínu (T3), kolem 5 µg a nepatrné množství rT3, tj. obráceného reverzního T3 (2 – 3 µg). Jak T3 tak rT3 vznikají hlavně dejódací T4 ve tkáních (Kordač 1989).

Metabolismus tyroxínu probíhá ve čtyřech etapách:

- Dejódace je kvantitativně i funkčně nejvýznamnější, protože jejím výsledkem je aktivace tyroxínu na trijódtyronín, nebo jeho inaktivace na r-trijódtyronín (neaktivní reverzní trijódtyronín). Tyto dva metabolické procesy probíhají současně uvnitř buněk účinkem dejódázy, která podle metabolického stavu buňky reguluje poměr tvorby trijódtyronínu (Langer 1998).

- Konjugace na glukuronáty nebo sulfáty probíhá převážně v játrech. Glukuronace je prvním stupněm enterohepatálního cyklu těchto hormonů. Touto cestou se tyroxín a trijódtyronín inaktivují a jejich konjugáty se vylučují žlučí do stolice. Část z nich však podléhá štěpení účinkem enzymů střevních bakterií. Určitá část takto uvolněného tyroxínu a trijódtyronínu se potom ze střeva resorbuje a enterohepatálním oběhem se dostává zpět do organismu (Langer 1993; 1998).

- Oxidační deaminace je méně významný metabolický proces, při kterém vzniká mírně hormonálně aktivní kyselina trijódtyrooctová, která je metabolicky účinná podobně jako trijódtyronín, avšak její fyziologický význam není jasný.

- Štěpení esterické vazby je rozklad hormonů ve struktuře mezi dvěma fenolovými jádry. Tato metabolická cesta je málo významná (Langer 1998).

Biosyntéza hormonů štítné žlázy je dokončena ve tkáních, ve kterých monodejódázy přeměňují tyroxín na hlavní účinný hormon trijódtyronín. Okolo 80% tyroxínu je metabolizováno dejódací. Zbytek je inaktivovaný převážně glukuronidizací v játrech a sekrecí do žluče. Menší část je konjugovaná na sulfáty a dejódovaná v játrech nebo ledvinách. Dále vznikají deriváty kyseliny tyreoctové s nízkou biologickou aktivitou. Tyto tři enzymy katalyzují monodejódací reakce: 1,5 – dejódáza, typ 2,5 – dejódáza, typ 3 – dejódáza tyrozylového okruhu nebo 5 – dejódáza (Límanová a kol. 1995).

Všechny patří do skupiny tzv. selenoenzymů, protože cystein v jejich molekule místo síry obsahuje selen, což současně upozorňuje na význam selenu ve výživě (Kvíčala a kol. 1995).

Metabolicky je T3 3–5 krát účinnější než T4. Hormony štítné žlázy řídí povšechně úroveň metabolismu, působí kalorigenně, zajišťují správný vývoj i tkáňovou diferenciaci. Jsou krví přenášeny ve vazbě na transportní proteiny, a to na vazebný globulin (TBG), transcystein (TTR) a na vazebný albumin (TBA). Za normálních okolností je vazebně přenášeno 99,96% T4, 99,6% T3, čímž se vysvětluje větší účinnost trijódtyronínu (Blumhart a Williams 1996).

2.1.3. Poruchy funkce štítné žlázy

Při nadprodukcii hormonů štítné žlázy hovoříme o hypertyreóze nebo se naopak projeví její snížená funkce (hypotyreóza). Dle lokalizace (jako u jiných endokrinopatií) dělíme poruchy na lokalizované přímo ve štítné žláze (primární), poruchy v regulaci na úrovni hypofýzy (sekundární), poruchy hypotalamické sekrece TRH (terciální). Ukazatelem primárního hypotyroidismu je elevace TSH a naopak snížená (nebo normální) hladina TSH za současného zvýšení koncentrace tyreohormonů je příznakem hypertyroidismu. Proto patří stanovení TSH k základním vyšetřením štítné žlázy (Blumhart a Williams 1996).

U hospodářských zvířat je z hlediska frekvence výskytu nejčastější hypotyreóza vyvolaná přímou nebo druhotnou karencí jódu. Jsou známy i genetické defekty receptorů folikulárních buněk pro TSH pracujících na principu adenylcyklázy. Syndrom rezistence na TSH vzniká při jejich deficitu. Klinicky se projevuje hypotyreózou i při zvýšených hladinách TSH. Mutace receptorů vedou naopak k jejich aktivitě bez TSH s následnou hyperfunkcí. Takto je vysvětlován vznik hyperfunkčního tyreoidálního adenomu (Kašpar 1994) nebo i difúzní hyperfunkční strumy (Schreiber 1997).

Klinicky významnou tyreopatií je i autoimunní hypotyreóza (následek autoimunní tyreoiditidy) a autoimunní hypertyreóza (Graves-Basedowova nemoc). Účinek virové infekce, vedoucí k depresi tyreoidálních autoantigenů se preferuje z hlediska patogeneze. Takto vznikají protilátky například proti tyreoidální peroxidáze a proti receptorům pro TSH. Při hypotyreóze jsou tyto protilátky blokující nebo naopak stimulující (například TSI, tyreoidu stimulujícího imunoglobulinu) s genezí Graves-Basedowovy nemoci (Schreiber 1997).

Hashimotova choroba (lymfoidní zánět štítné žlázy) projevující se spontánní autoimunní tyreoiditou – SAT, postihuje 2 – 4% lidské populace nejčastěji ve věku 40 – 50 let. Jako vhodný model pro studium této choroby se využívají imbridní kmeny slepic OS (Obese Strain of Chickens) a CS (Cornall Strain) selektované na dědičnou predispozici k SAT (Hala a kol. 1996).

Mezi morfologické změny štítné žlázy patří hyperplastické procesy zodpovědné za zvětšení štítné žlázy a vznik strumy, z nich nejčastěji difúzní (struma hyperplastica difusa) případně ložiskové vedoucí k tvorbě uzlů (struma hyperplastica nodosa).

Ke zvětšení štítné žlázy vedou i maligní a benigní nádory. Patofyziologie vzniku hyperplastické strumy je ve zvýšené stimulaci štítné žlázy TSH. Příčiny zvýšené aktivity TSH mohou být například nutriční, genetické a nervové. Podle charakteru tkáně štítné žlázy se dělí hyperplastické difúzní strumy na parenchymatózní (při převaze parenchymu nad koloidem) a koloidní při převaze koloidu (Bednář 1984).

2.1.4. Vztah jódu k ostatním minerálním látkám

Jód může působit s ostatními minerálními látkami synergicky nebo antagonisticky. Synergicky působí např. na fosfor, vápník, měď a na mnoho dalších. Nároky organismu na přísun jódu jsou ovlivněny řadou faktorů. Potřeba jódu stoupá se zvýšenými požadavky, které jsou na štítnou žlázu kladeny například v pubertě, graviditě a laktaci. Nutný příjem jódu závisí také na věku, pohlaví a interakci s jinými minerálními látkami v organismu (Pohůnková a Němec 1988).

Donald a kol. (1993) uvádějí vyšší obsah cirkulujícího tyroxínu a trijódtyronínu u ovcí, krmených krmnou dávkou s normálním obsahem jódu, obohacenou selenem. Mezi oblasti s nedostatkem selenu patří i Česká republika (Kvíčala a kol. 1995; Kučera a kol. 1995). Suplementací selenu a jódu se dá dosáhnout zvýšení mléčné užitkovosti, obsahu tuku a bílkovin v mléce ovcí (Angelow a kol. 1993).

Kombinovaný deficit jódu a selenu je spojovaný s myxedematickou formou endemického kretenismu (Chanoine a kol. 1993). Americké výzkumy prokázaly u nosnic při suplementaci krmné dávky organickou formou selenu vyšší produkci vajec, zlepšenou fertilitu, vyšší antioxidační status a u kuřat byla prokázána lepší líhivost (Edens 2002).

Zkrmování seleničitanu a selenových kvasinek mělo za následek jak zvýšení obsahu selenu ve vejcích, tak vzestup jeho celkové hladiny. V porovnání s anorganickou formou tohoto prvku vedlo podávání organického selenu ke zvýšení jeho obsahu ve vejcích nosné linie slepic o 20% (Cantor 1996).

Při aplikaci vyšších dávek stopových prvků v zájmu saturace zvýšené produkce se uplatňuje homeorhetický kontrolní mechanismus. Například u zinku se jeho obsah ve vejcích zvýšil na dvojnásobek pouze do koncentrace 100 mg na kilogram sušiny krmiva. Při dalším zvyšování koncentrace zinku v krmivu zůstává obsah jódu ve vejcích již stabilní. Obdobný experiment s odstupňovanými dávkami jódu v krmivu a jejich odrazem na stav jódu ve vejcích by umožnil stanovit tuto homeorhetickou hranici i pro jód (Kirchgessner 1993).

2. 2. Strumigeny

Strumigeny patří mezi látky, které snižují činnost štítné žlázy, mohou způsobit buď inhibování tyreoidního hormonu, nebo mohou zabránit tvorbě tyroxínu. Jedná se o přirozené toxické složky krmiv a potravin, ale i syntetické produkty, které dočasně ruší možnost tvorby nebo distribuce hormonů štítné žlázy (Zrůnek 1989).

2.2.1. Strumigeny u slepic

U výkrmových kuřat, krmených krmnou směsí s nedostatkem jódu, vedlo zkrmování řepkového extrahovaného šrotu s obsahem glukosinolátů a jejich degradačních produktů k depresi růstu, nedokonalému opeření, poškození končetin a těžké strumě (Schöne a kol. 1993a).

Podobný problém ve svých výzkumných pracích řešila Angelovičová (1996) obohatila řepkové výlisky jodidem draselným $1\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ při obsahu glukosinolátů v krmné směsi 1,76 resp. $3,46\text{ mmol}\cdot\text{kg}^{-1}$ beztukové hmoty. Tato úprava krmiva měla pozitivní vliv na snášku nosného typu slepic Shaver Starcross 288. Obsah glukosinolátů nižší než $2\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ krmné směsi nenarušuje příjem krmiva, méně než $1\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ krmné směsi neovlivňuje hmotnost štítné žlázy, ale stoupají požadavky na suplementaci jódu (Schöne 1993a).

Richter a kol. (1996) potvrdili riziko GLS u slepic. Při zkrmování směsí s 5 – 20% podílem řepkového extrahovaného šrotu byl s nízkým obsahem glukosinolátů zaznamenali pokles snášky, tělesné hmotnosti, hmotnosti vajec, snížení příjmu krmiva a současně zvětšení štítné žlázy. Na základě svých experimentů doporučují ve výživě nosnic pouze 5% přídavek ŘEŠ do krmných směsí.

Při obsahu glukosinolátů $3,46\text{ mmol}\cdot\text{kg}^{-1}$ beztukové hmoty se u nosného typu slepic zhoršilo využití dusíkatých látek krmiva. Statisticky průkazně ($P<0,05$) se snížila hmotnost vajec (Angelovičová a kol. 1994).

2.2.2. Strumigeny u ostatních zvířat

Mimo endemických regionů se sníženým obsahem jódu v půdě, vodě, a v plodinách, může dojít k relativnímu nedostatku jódu při krmení velkými dávkami strumigenních krmiv, např. kapusty, hořčice, řepky, obsahujících tiokyanáty a oxazolidintiony. Environmentálními strumigeny mohou být i huminové kyseliny v pitné vodě (Huang a kol. 1994).

Barry a kol. (1985) použili k prevenci vzniku strumy při krmení ovcí kapustou jód. Po jeho aplikaci pozorovali zvýšené plazmatické koncentrace volného tyroxínu a vyšší hladinu růstového hormonu. Také glukosinoláty v řepkových pokrutinách vyvolávají vedle snížené chutnosti i hypothyreózu.

V experimentálních studiích byly pod vlivem strumigenů tiokyanátů zjištěny biochemické změny, související s vývojem mozku. Přídavek tiokyanátu do potravy, zbavené jodidu draselného, vyvolal u pokusných myší významné snížení hladiny cirkulujícího tyroxínu, nižší byl také obsah nukleových kyselin a bílkovin v některých oblastech mozku (Rao a Lakshmy 1995).

Při zkrmování krmné směsi s řepkovým extrahovaným šrotem rostoucím selatům byl zjištěn snížený příjem krmiva, retardace růstu a klinická hypothyreóza. Bylo zjištěno narušení metabolismu zinku, zvýšení obsahu vitamínu A v krevním séru a akumulace mědi ve střevech (Schöne 1993b).

Krmivo s obsahem degradačních produktů glukosinolátů, podávané v průběhu gravidity, způsobuje hypertrofii štítné žlázy prasnic a plodu a negativně ovlivňuje původní hmotnost a obsah tyroxínu v krevní plazmě prasat (Etienne a kol. 1994).

Hypothyroidní stav prasat negativně ovlivňuje vývoj termoregulace a projevuje se poklesem rektální teploty a zpomalením metabolismu (Berthon a kol. 1994).

Hermansen a kol. (1995) uvádějí výrazně zvýšený obsah glukosinolátů a snížení obsahu jódu v mléce při zkrmování víc než 4,4 kg sušiny řepky olejné na dojnici a den.

Suplementace jódu může zmírnit antityroidní působení glukosinolátů, ale jen jejich nízká koncentrace v krmivu (pod $0,7 \text{ mmol}\cdot\text{kg}^{-1}$) nenaruší funkci štítné žlázy. Jód nepůsobí preventivně při vysokém příjmu glukosinolátů (Schöne a kol. 1993b).

Hypotyroidismus a snížení užitkovosti, vyvolané zkrmováním řepkových pokrutin s vysokým obsahem glukosinolátů, zmírňuje doplněk jódu a tento účinek je stimulovaný přidavkem mědi. Obsah glukosinolátů v řepkových pokrutinách může být redukován nebo eliminován ošetřením pokrutin roztokem síranu měďnatého (Ludku a Schöne 1988, Schöne 1993).

Podobně mohou působit i další přirozené, resp. antropogenní strumigeny jako jsou dusičnany, jodičnany, chloristany, lithium, deriváty anilínu, kyselina p-aminobenzoová, fenoltiazín, sulfoamidy, antibiotika, některé pesticidy a insekticidy, nedostatek hořčíku, zinku a selenu a řada dalších faktorů. Jednomocné anionty (dusičnany, dusitany, jodičnany a jiné) se velikostí a nábojem podobají jodidu a tímto způsobem interferují s vychytáváním jódu ve štítné žláze. Korelační analýzou byl zjištěn vysoce významný vztah mezi obsahem dusičnanů v pitné vodě a obsahem jódu v moči dojnic (Písaříková a kol. 1995; 1996).

K podobným výsledkům dospěli Van der Heide a Schröder (1993), kteří zjistili významnou korelaci mezi obsahem dusičnanů ve vodě a výskytem strumy.

Organické a některé anorganické látky mohou specificky blokovat jednotlivé stupně biosyntézy tyreoidního hormonu a tím i funkci štítné žlázy. Hovoříme o antityreoidálním účinku. Pokud jejich působení trvá déle, štítná žláza se zvětší a vznikne struma. V tom případě hovoříme o strumigenním účinku. Rychlost a intenzita strumigenního působení všech látek je nepřímě úměrná příjmu jódu (Černý 1995).

Rostlinné strumigeny nazýváme také goitrogeny. Nacházejí se v kapustě a zabraňují tvorbě tyroxínu. Onemocnění se dá léčit pouze přidavkem hormonu. Goitrogeny sóji, arašídů a luštěnin se od kapustovitých goitrogenů liší tím, že neinhibují přímo tyreoidní žlázu, a proto se tento druh strumy dá léčit jódovou terapií (Golian 1998).

Z anorganických látek může mít strumigenní účinek i nadbytek jódu a lithia (Langer 1993). Stejný výsledek je možné pozorovat při dlouhodobém podávání jodidu draselného nebo sodného. V experimentech se podařilo zabránit vzniku jodidové strumy chloridem sodným. Naopak nadbytek chloridu sodného může způsobit strumu, které se může kompetičně zabránit zvýšeným obsahem jódu v potravě (Klimo 1990).

Z kontaminantů, neboli antropogenních strumignů, jsou významné zejména polychlorované bifenyly (používají se při výrobě umělých hmot) a polycyklické aromatické uhlovodíky (skupina DDT), pesticidy, již zmíněné nitráty, a také všude přítomné PVC, ze kterého se vlhkostí uvolňují strumigenní ftalové estery, např. sáčkové mléko a skleníková zelenina. (Langer 1993).

Průměrná jódová profylaxe dokáže sice část strumigenních účinků eliminovat. Tyto se však mohou projevit především u geneticky zatížené části obyvatelstva a to u jedinců s vrozenými poruchami biosyntézy hormonů štítné žlázy nebo se zvýšenou produkcí autoprotilátek, jejichž podíl může být v různých oblastech rozdílný (Kreze a kol. 1993).

2. 3. Zdroje jódu, potřeba a jeho význam

2.3.1. Význam a potřeba jódu u drůbeže

Jód je součástí sekretu štítné žlázy a působí příznivě na celkový zdravotní stav nosnic a na líhnivost vajec. Ve formě organické ve spojení s albuminy a globuliny podporuje snášku a růst mladé drůbeže. Normovaná potřeba jódu je v České republice pro slepice lehkého nosného typu 0,3 mg a pro slepice těžšího nosného typu 0,5 mg jódu na kg sušiny krmné směsi (Zelenka a kol. 1993). Při tomto normovaném krytí je obsah jódu v kg čerstvé hmoty žloutku $807 \pm 392 \mu\text{g}$ a bílku $52 \pm 2 \mu\text{g}$ (Arkuszewska a kol. 1997).

V období pohlavního dospívání kohoutů sledovali vliv různých forem podávaného jódu Suchý a kol. (2001). Přídavek jódu ani jeho jednotlivé formy průkazně neovlivnily tělesnou hmotnost kohoutů ani hodnoty ukazatelů krevního obrazu. V obsahu hemoglobinu byl sledovaný neprůkazný pokles jeho hodnot po aplikaci jódu, hodnot biochemických ukazatelů krevní plazmy, hmotnost a velikost gonád. Po aplikaci jodidu draselného byl v 25. týdnu věku kohoutů pozorován jejich lepší vývin.

2.3.2. Potřeba jódu u zvířat

Nároky organismu na přísun jódu jsou ovlivněny řadou faktorů. U krav se vymezení potřeby jódu řídí potřebou jódu matky a sajícího mláděte, ale také člověka, pro kterého je mléko přirozeným zdrojem jódu (Anke 1985).

Pokud jsou na štítnou žlázu kladeny zvýšené požadavky potřeba jódu stoupá a to zejména v pubertě, graviditě a při laktaci. Nutný příjem jódu závisí také na interakcích s jinými minerálními látkami v organismu, věku, pohlaví a dalších okolnostech (Pohůnková a Němec 1988).

Většina autorů považuje potřebu jódu $0,25 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ za základní a u laktujících zvířat ji zvyšuje na $0,6 - 0,8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny. Při 20% zastoupení krmiv bohatých na strumigeny se uvádí až dvojnásobné zvýšení potřeby jódu.

Podle Grahama (1991) by se denní příjem jódu u dojnic při jeho obsahu $0,2 - 2,0 \text{ mg}$ na kg sušiny krmiva a průměrném příjmu 13 kg sušiny měl pohybovat od $2 - 27 \text{ mg}$ na krávu. Slanina (1991) uvádí denní potřebu jódu pro ovce $0,2 - 0,5 \text{ mg}$ na kilogram sušiny krmiva.

2.3.3. Účinek nadbytku jódu u slepic

Při interpretaci vlivu různých faktorů na stav jódu ve žloutku je nutno počítat i se zákonitostmi homeostáze a homeorheze při nadbytku jódu (Bobek 1998).

Ve vztahu ke stálosti vnitřního prostředí se při nadbytečném příjmu jódu může bezprostředně uplatnit nejen pohotové vychytávání jódu mléčnou žlázou, slinnými žlázami a vaječníky, ale i jeho zvýšená depozice do svalové tkáně (Kirchgessner 1993; Kaufmann 1997; Herzig a Suchý 1996).

Podle Kirchgessnera (1993) dochází při nadbytku stopových prvků postupně k jejich zvýšené exkreci v ledvinách a trávicím traktu tak k omezení jejich resorpce.

Zatížení nosnic zvýšenými odstupňovanými dávkami jódu se odráží nejen na jeho vzestupu ve vaječném žloutku, ale i na vyšší koncentraci v krevní plasmě (Bobek 1998).

Ve vztahu k oplozenosti vajec a líhivosti jsou dávky jódu převyšující 35 mg na kilogram sušiny krmné směsi vesměs považovány za rizikové. Nejčastěji jsou registrovány zvýšená embryonální mortalita, pokles líhivosti, prodloužení doby inkubace a pro oplozenost nepříznivé záněty vejcovodů (Christensen a Ort 1990; Christensen a Donaldson 1992).

Vzhledem k tomu, že v embryonálním období je tyroxín považován ze rozhodující regulátor růstu, lze při hypotyreózním efektu nadbytku jódu očekávat i snížení růstu (Stallard a McNabb 1990). Efekt zvýšeného příjmu jódu lze předpokládat až od druhé poloviny vývoje embrya v souvislosti s nástupem funkční aktivity štítné žlázy (Döcke 1994).

Richter (1995) ověřil experimentálně nárůst obsahu jódu ve vejcích během osmítýdenního obohacování kompletních krmných směsí o $0,5 - 40 \text{ mg}$ jódu na kilogram

v podobě jodičnanu draselného. Nárůst obsahu jódu byl úměrný použitým dávkám až do přídatku 20 mg jódu na kilogram směsi, při kterém dosáhl obsah jódu ve žloutku 18500 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty. Další nárůst koncentrace jódu ve žloutku při obohacení krmné směsi o 40 mg jódu nebyl již významný. Při této zátěži jódem byla již pozorována tendence k poklesu snášky, což autor uváděl v možné souvislosti se zvýšením bazálního metabolismu, s útlumem ovulace a se sklonem k zánětu vejcovodu.

Při aplikaci vyšších dávek stopových prvků v zájmu saturace zvýšené produkce se uplatňuje homeorhetický kontrolní mechanismus. (Kirchgesner 1993).

2.3.4. Zdroje jódu pro zvířata

Jód využitelný zvířaty může být přítomný v rostlinách nebo ve vodě. Obsah jódu v rostlinách a ve vodě závisí na geologickém složení, typu půdy a vzdálenosti od moře. V rostlinách je obsah jódu všeobecně větší v seně a v silážovaných objemných krmivech, než v zelené hmotě a v zrninách. Jód obsažený v krmivech, je téměř kompletně vstřebaný, 15 až 45% je zachyceno štítnou žlázou, zbytek je vyloučen především močí (Anke a kol. 1993).

Obsah jódu v krmivech se pohybuje od několika setin mg (0,01 mg pšeničný škrob, kvasnice, 0,02 mg čirok, 0,03 mg sušená syrovátka, 0,04 – 0,05 mg pšenice, kukuřice, ječmen) do 0,91 mg až 2,20 mg (rybí moučka), nebo 593 000 až 846 000 mg sloučeniny jódu (jodičnan draselný, jodid draselný, jodid sodný) jako minerální krmiva (Angelovičová 2004).

V evropských státech se používá v minerálních premixech nebo vitamínových minerálních směsích převážně anorganicky vázaný jód. V USA se používá anorganická forma a organický ethylendiamin dyhydrojodid (EDDI).

U jednotlivých sloučenin je dobrá biologická využitelnost uváděna u jodidu sodného a draselného, jodičnanu vápenatého, jodičnanu draselného, dijódtymolu, pentakalciumorto-jodistanu a nedostatečná u kyseliny dijódosalicilové (Phillips 1982).

Z hlediska možné částečné náhrady krmných antibiotik jinými biologicky bezpečnými krmnými doplňky. Angelovičová a kol. (2005) použili do krmných směsí výkrmových kuřat jóduvaný olej ve formě premixu 0,5%. Dosáhlo se vyšší tělesné hmotnosti kuřat v průběhu výkrmu, která byla statisticky významná ($P < 0,05$) ve věku kuřat 21 a 28 dní.

Ve východním Německu (Hesse 1993) byla prováděna jodizace minerálních premixů pro prasata a ovce 18 mg jodičnanu draselného na kg (11,3 mg jódu na kg) a od roku 1991 20 mg jodičnanu draselného na kilogram.

U králíků a zajíců žijících v horské oblasti s nedostatečným výskytem jódu a v nížinné oblasti s relativně dostatečným zabezpečením přísunu jódu byl sledován obsah volných aminokyselin v mase. Na základě výsledků bylo zjištěno, že maso polních zajíců a králíků z horské oblasti obsahuje víc volných aminokyselin v porovnání s masem stejných zvířat žijících v nížinné oblasti. Maso polních zajíců na rozdíl od domácího králíka, jak v horské oblasti tak i v nížinné oblasti, je bohatší na převážnou většinu volných aminokyselin. Na základě těchto výsledků bylo zjištěno, že v případě vyššího výskytu volných aminokyselin v mase je jejich využití a zapojení v procesu syntézy bílkovin nižší (Turianica a kol. 2004).

U přežvýkavců je zajištění dostatečného příjmu jódu problematické z důvodu skladby krmné dávky a techniky krmení. Tato zvířata jsou do určité míry závislá na příjmu objemných krmiv místní produkce, která nezabezpečí dostatečný příjem jódu. Na množství v krmné dávce je přitom závislé 90% příjmu jódu. Proto je nezbytné jód spolu se stopovými prvky, biofaktory a minerálními látkami saturovat do optimální hladiny prostřednictvím doplňkových zdrojů (Thér 2001).

2.3.5. Potřeba jódu pro člověka a rizikové skupiny populace

Od roku 1996 je každoročně sledován stav jódového zásobení novorozenecké populace jako nejrizikovější populační skupiny vzhledem k následkům jódového deficitu, tj. nevratného mentálního poškození v důsledku poškození vývoje a růstu mozku. Hormony štítné žlázy, pro jejichž tvorbu je jód nutný, jsou nezastupitelné pro normální vývoj a růst mozku od počátku těhotenství do 3 let po narození (doba, kdy se vyvíjí a roste centrální nervový systém). Sledování jódového zásobení novorozenecké populace probíhá v rámci novorozeneckého screeningu kongenitální hypothyreózy od r. 1996, kdy byla v ČR změněna screeningová metoda za stanovení štítnou žlázou stimulujícího hormonu (TSH). Neonatální TSH umožňuje posoudit nejlépe stav zásobení plodových mozkových receptorů pro hormony štítné žlázy. Jeho koncentrace v séru je nepřímo úměrná koncentraci T4. Klinický význam vyšetření spočívá v tom, že za předpokladu normální funkce hypotalamo-

hypofyzární osy odráží hladina TSH dostupnost T4 pro tkáň. Výrazně zvýšené hodnoty TSH jsou signifikantní pro primární hypotyreózu. U hypotalamických příčin hypotyreózy mohou být koncentrace TSH nízké, normální i mírně zvýšené. Hypotalamicky podmíněná hypotyreóza s nedostatkem tyreoliberinu může být spjata se sekrecí imunochemicky aktivního, ale biologicky neúčinného TSH. Běžnými imunochemickými metodami tedy stanovíme dokonce vysoké koncentrace tohoto modifikovaného TSH, protože se v cirkulaci pomaleji odbourává, výsledek však neodpovídá stimulaci sekrece tyroidálních hormonů.

Mateřský hormon štítné žlázy tyroxín v první polovině těhotenství plně zajišťuje počínající vývoj plodových mozkových struktur, zatímco v druhé polovině jen asi z 20%. Pak již pracuje samostatně štítná žláza plodu a vyrábí vlastní tyroxín. Nicméně činnost štítné žlázy plodu je zcela závislá na dodávce mateřského jódu.

I když je v ČR potvrzeno od roku 2000 dostatečné zásobení populace, je třeba neustále mít na paměti nutnost dvojnásobné spotřeby jódu u těhotných žen a kojících maminek. Výsledky jódového zásobení novorozenců v ČR za rok 2004 ukazují vcelku už zásobení těsně se blížící k normě. Nicméně stále ještě jsou evidovány oblasti v ČR, kde je opakovaně jódové zásobení matek a potažmo pak jejich novorozenců nedostatečné a bude vyžadovat důslednější plnění uvedených opatření. Doporučené denní dávky jódu: kojenci 50 mg, děti 1–6 let 90 mg, děti 6–17 let 120 mg, dospělí 150 mg, těhotné a kojící ženy 200 mg. (Hníková 2003).

2.3.6. Možná onemocnění spojená s deficitem jódu u lidí

Mezi nejvýznamnější choroby a poruchy způsobené nedostatkem jódu patří: struma, poruchy funkce štítné žlázy, poruchy funkcí žláz s vnitřní sekrecí a metabolických procesů v organismu, arytmie, ateroskleróza, negativní vliv na činnost srdečně-cévního systému a jater, poruchy funkcí formování tkání a funkce spotřeby kyslíku těmito tkáněmi, poruchy činnosti nervového systému člověka, mozku, pohlavních a mléčných žláz, hrudní a bederní radikulitida, slabost a svalové bolesti, anémie, změna vnějšího vzhledu a vlastností kůže, vlasů a nehtů v důsledku špatného vstřebávání vápníku, nedostatek mléka u kojících matek, vysoká úmrtnost kojenců, kretenismus, hluchoněmota, poruchy duševního i tělesného vývoje dětí. Nesoustředěnost, zvýšená únavnost, zpomalené reflexy, mrznutí končetin, suchá kůže, zácpa, bušení srdce, zvýšení tělesné hmotnosti mohou být

příznaky nedostatku jódu, které zpravidla nepřivádí postiženého k lékaři. Teprve až viditelné zbytnění štítné žlázy, někdy spojené s problémy při polykání. (Ryšavá 2004).

2.4. Obsah jódu v potravinách

Hlavními zdroji jódu v potravě člověka jsou mléko a mléčné výrobky, maso, ryby a cereálie, dalšími významnými zdroji jsou vejce a jodidovaný chlorid sodný. Podle různých autorů (Hemken 1980; Pennington 1990) tvoří mléko a mléčné výrobky 18 až 50% denního příjmu jódu dospělých, 25% u mládeže, 30 až 85% u dětí a kojenců.

2.4.1. Obsah jódu v konzumních vejcích

Řízené zvyšování obsahu jódu ve vejcích vychází z experimentálních poznatků o faktorech uplatňujících se na poměrně snadném přestupu jódu do žloutku. Na přednostním vychytávání jódu ve vaječnicku slepic a na tisícinásobné zvýšení jeho obsahu ve vejcích nosnic přijímajících 100 – 150 mg jódu na kus a den, upozornila podle McDowella (1992) již před třiceti lety řada autorů. Tato extrémně vysoká zátěž jódem byla již spojena s narušením snášky.

Množství jódu ve vejcích se mění v závislosti na jeho příjmu krmnou dávkou, přičemž převážná část jódu se nachází ve žloutku. Při zkrmování krmné směsí s 0,3 až 0,7 mg jódu na kilogram krmné směsi obsahoval vaječný žloutek v pokusech Kroupové a kol. (1999) od $924,0 \pm 121 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ do $1974 \pm 243 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty.

Při obsahu jódu odpovídajícímu rámcově 0,35 mg na kilogram krmné směsi se v bílku nachází 14 až 50 μg a ve žloutku 500 – 1000 μg jódu v kilogramu čerstvé hmoty. Po obohacení krmných směsí přísady jódu od 40 mg na kg se zvyšuje koncentrace jódu jak v bílku, tak ve žloutku. Podle Kaufmann a kol. (1997) platí mezi koncentrací jódu ve žloutku a úrovní přísady jódu do 5 mg na kilogram krmné směsi významný lineární vztah ($r = 0,93$). Časový průběh změn koncentrace jódu ve žloutku a její úroveň jsou ovlivněny genotypem nosnic a sloučeninou v jejíž podobě je jód podáván. K nejrychlejšímu nárůstu dochází v prvních dvou týdnech po zahájení aplikace jódu. Vzhledem k uplatnění výše uvedených faktorů se odezva na srovnatelné přísady jódu u jednotlivých autorů liší.

Například při aplikaci jodidu draselného v dávkách 1,72 a 3,45 mg na kilogram směsi došlo podle Ryše a kol. (1997) po 38 týdnech aplikace k vzestupu obsahu jódu na 6440 a 16700 µg v kilogramu čerstvé hmoty.

Naproti tomu při aplikaci jodidu vápenatého v množství odpovídajícímu 2,7 mg jódu na kg krmné směsi vzrostla koncentrace jódu ve žloutku po dvaceti týdnech pouze na 5280 µg na kg krmné směsi (Rys a kol. 1997).

V porovnání s jodidem vápenatým je využití jódu z jodičnanu draselného vyšší. Kaufmann a kol. (1997) docílili při přídávku 5 mg na kilogram krmné směsi již po čtyřech týdnech aplikace 3500 µg jódu v kilogramu čerstvého žloutku. V pokusu Richtera (1995) vzrostla při přídávkách 5, 20 a 40 mg jódu na kg směsi koncentrace jódu po osmi týdnech aplikace na 5750, 18500 a 19250 µg na kilogram čerstvého žloutku. Při výše uvedených dávkách jódu vesměs nedocházelo k poruchám zdraví, k poklesu snášky nebo ke zvýšené spotřebě krmiva.

V pokusech Kroupové a kol. (1999) výživa nosnic spočívala v neomezeném příjmu krmné směsi pro užitkové nosnice N1. Obsah jódu v kompletní krmné směsi kolísal v rozsahu od 0,3 do 0,7 mg v kilogramu. Příjem jódu u kontrolní skupiny A odpovídal pouze jeho obsahu v krmné směsi. Pokusné skupiny B, C, D byly v průběhu čtyř měsíců zatěžovány ve třech etapách aditivními dávkami jódu od 1,3 do 20 mg na kg krmné směsi. Jód byl podáván v podobě jodidu draselného. Z testovaných přídavek jódu v rozsahu 1,3 až 20 mg na kg kompletní krmné směsi pro nosnice se jako nejvhodnější pro produkci zvláštního sortimentu konzumních vajec, využitelných k cílenému doplnění nedostatku jódu u lidí, uplatnil přídavek 3,5 mg jódu na kilogram krmné směsi v podobě jodidu draselného. Při použití takto obohacené kompletní krmné směsi N1 lze v prvních třech týdnech jódové zátěže dosáhnout průměrné koncentrace 5000 µg a v následujících sedmi týdnech až 20 000 µg jódu v kilogramu čerstvého žloutku.

Další plošné zkrmování jódu v krmných směsích je již sporné, neboť při spotřebě jednoho vejce je optimální potřeba jódu u dospělého člověka 150 µg kryta v průměru z 12%. V současné době by již nebylo vhodné plošně zvyšovat koncentraci jódu ve žloutku konzumních vajec nad 2000 µg v kg čerstvé hmoty žloutku s ohledem na nižší denní potřebu jódu u dětí, na zvyšující se obsah jódu i v jiných živočišných produktech (Herzig a Suchý 1996) a na důslednější jódování kuchyňské soli (Bobek 1998).

2.4.2. Obsah jódu v potravinách rostlinného původu

Z půdy, vody a atmosféry se jód dostává do rostlin. V mořských rostlinách se zjistilo v 1 kg sušiny až 0,9 mg jódu. V ostatních rostlinách se jeho obsah pohybuje mezi 0,01 – 0,05 mg jódu v 1 kg sušiny. Značný vliv na resorpci jódu rostlinami má pH půdy (Görner 1996). V tabulce č. 3 je uvedena zelenina a ovoce s nejvyšším obsahem jódu. Určitý obsah jódu je zachován i v technologicky upravené zelenině a ovoci.

Tab.1 Obsah jódu v mg v některých obilovinách a luštěninách (Kováčiková a kol. 1999)

Druh obiloviny	Jód (mg·100g ⁻¹)	Druh luštěniny	Jód (mg·100g ⁻¹)
oves	0,0170	hrách	0,0190
rýže	0,0080	sója	0,0170
žito	0,0070	sója vařená	0,0070
ječmen	0,0069	čočka	0,0020
proso	0,0025	fazole	0,0020
pšenice	0,0006	fazole vařená	0,0006

Tab. 2 Obsah jódu v zelenině a v ovoci v mg·100 g⁻¹ (Strmiska 1992)

Druh zeleniny	Obsah jódu	Druh ovoce	Obsah jódu
paprika zelená	1,15189	třešně	0,05962
kedlubna	0,10272	ostružiny	0,05680
česnek	0,03088	maliny	0,05365
špenát	0,01404	citróny	0,01451
kapusta hlávková	0,01200	banány	0,01153
mrkev	0,014129	rybíz	0,01117
brambory rané	0,00844	brusinky	0,00575

Tab. 3 Obsah jódu v některých základních surovinách a z nich vyrobených pekárenských výrobců (Strmiska 1992)

Základní suroviny	Jód (mg·100g ⁻¹)	Pekárenské výrobky	Jód (mg·100g ⁻¹)
Pohanková mouka	0,0250	Chléb bramborový	0,0090
Pšeničná mouka polovýběrová	0,00060	Chléb pšeničný bílý	0,0050
Sójová mouka	0,0030	Chléb celozrnný pšeničný grahamový	0,0020
Pšeničná mouka hladká	0,0010	Chléb celozrnný pšeničný	0,0020
Pšeničná mouka polohr.	0,0009	Bílé pečivo	0,0008
Pšeničná mouka hrubá	0,0007	Chléb kmínový	0,0005

Tab. 4 Obsah jódu v upravované zelenině (mg·100 g⁻¹), (Strmiska 1992)

Sterilizovaný hrášek	0,0770
Sterilizovaná kapusta bílá	0,0142
Mražený hrášek	0,0060
Mražené zelí	0,0042

Tab. 5 Obsah jódu v upravovaném ovoci (mg·100 g⁻¹), (Strmiska 1992)

Sušené meruňky	0,0032
Sušené šípky	0,0040
Kompot třešňový	0,0030
Kompot ananasový	0,0010

2.4.3. Obsah jódu v ostatních živočišných produktech

Z důvodu zvýšení obsahu jódu v mléce a mléčných produktech jako zdroje jódu pro lidskou populaci, je žádoucí aditivní příjem jódu až do výše 40 mg bez jakýchkoliv negativních vlivů na zdraví zvířat. Podle předpisů EU je jako maximální množství jódu v celkové sušině krmné dávky skotu uváděno 46 mg (Mee a Rogers 1996).

Průměrné koncentrace jódu v mléčné surovině i konzumním mléce v roce 2006 i v roce 2005 odpovídají nebo překračují úroveň ($500 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$), kterou lze považovat za hraniční. Denní potřeba jódu dospělého člověka je průměrnou spotřebou 0,64 litrů mléka pokryta v roce 2005 (počítáno z průměrného obsahu v mléce vzorkovaného z transportních cisteren) ze 132% a v roce 2006 (konzumní mléko) z 212%.

Obsah jódu v kosterní svalovině prasat, skotu a kuřecích brojlerů byl vyšetřen v letech 2004 – 2005 u jatečných zvířat z náhodně vybraných chovů.

Průměrná koncentrace jódu ve vzorcích stehenní svaloviny jatečných prasat byla $25,6 \pm 15,5 \mu\text{g}\cdot\text{I}\cdot\text{kg}^{-1}$. Při průměrné roční spotřebě 40,9 kg vepřového masa na obsahu je zajištěna potřeba jódu na 2 – 10 dní (0,5 – 2,7%).

Obsah jódu ve stehenní svalovině jatečného skotu byl v průměru $56,7 \pm 16,7 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty. Průměrná roční spotřeba 11,2 kg hovězího masa s obsahem jódu $56,7 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ představuje příjem 635 μg jódu a zajištění 0,9 – 0,14% roční potřeby člověka.

Průměrná koncentrace jódu v prsní svalovině brojlerových kuřat byla $18,9 \pm 6,7 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a ve stehenní svalovině $37,2 \pm 19,3 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Statisticky vyšší obsah jódu ve stehenní svalovině lze vysvětlit větší lokomoční zátěží a vyšším stupněm krevního zásobení. Průměrnou spotřebou 23,9 kg drůbežího masa lze zajistit 0,5 – 2,7% potřeby jódu, přibližně požadavky na 2 – 10 dní (Kursa a kol. 2007).

Řešení regionálního nedostatku jódu u lidí spočívá ve zvyšování jeho obsahu v hlavních komponentech diet (spotřebního koše) jednotlivých sociálních skupin obyvatelstva. Stav saturace hospodářských zvířat jódem se sleduje dlouhodobě podobně jako stav zásobení jódem obyvatel. Při těchto šetřeních se prokázala významná závislost mezi příjmem jódu v krmných dávkách a jeho obsahem v potravinářsky nejvýznamnějších živočišných produktech: mléce, vejcích, mase. Suplementace krmiv pro hospodářská zvířata jódem takto přispívá ke snížení jeho deficitu u lidí.

3. MATERIÁL A METODY

3.1. Původ vajec

Stanovení jódu v roce 2004 bylo provedeno u 54 vajec z devíti velkochovů a u 96 vajec z šestnácti malochovů (celkem 150 vajec). V roce 2005 bylo vyšetřeno 135 vajec ze čtrnácti velkochovů a 114 vajec z devatenácti malochovů (celkem 249 vajec).

Velkochovy zařazené do sledování pocházely v roce 2004 z pěti krajů (Jihočeský, Středočeský, Královehradecký, Plzeňský, Jihomoravský) a v roce 2005 ze čtyř krajů České republiky (Jihočeský, Středočeský, Plzeňský a Ústecký).

Vejde z malochovů byla odebírána od soukromých chovatelů, v roce 2004 z osmi krajů (Jihočeský, Středočeský, Vysočina, Plzeňský, Liberecký, Pardubický, Ústecký, Jihomoravský), v roce 2005 ze čtyř krajů (Jihočeský, Středočeský, Plzeňský, Ústecký).

Vejde z velkochovů v roce 2004 byla získána nákupem v prodejní síti a v roce 2005 byla odebrána přímo z velkoprodukčních farem.

3.2. Hodnocení obsahu jódu

Obsah jódu ve žloutku vajec z velkochovů byl v roce 2005 zhodnocen v závislosti na aktuálním týdnu snáškového cyklu, na denním příjmu jódu, který byl vypočítán z obsahu jódu v krmné směsi (od 0,220 do 1,180 mg jódu na kg sušiny krmné směsi) a na denním příjmu krmné směsi pohybujícím se v rozmezí od 112,2 do 140,0 g na kus.

Dále bylo vyhodnoceno, jakou částí se podílí vejce z velkochovů a malochovů na krytí denní potřeby jódu dospělého člověka a to za předpokladu, že průměrná hmotnost žloutku činí 18 g a roční spotřeba vajec na obyvatele je 242 kusů. Přínos obsahu jódu ve vaječném bílku byl při výpočtech záměrně opomenut vzhledem k jeho nejméně dvacetinásobně nižší koncentraci (Groppel a kol. 1989)

Pro zhodnocení trendu a dynamiky obsahu jódu ve vaječném žloutku byly výsledky z let 2004 a 2005 porovnány s výsledky získanými v letech 1996 a 2003.

3. 3. Charakteristika plemen slepic

Vejce získaná z velkochovů pocházela (kromě jednoho případu, chov č. 10) od nosného hybridu ISA Brown. Výchozím plemenem pro křížení je Rodajlendka červená a Rodajlendka bílá. Tyto plemena se v současnosti využívají k tvorbě meziplenných a meziliniových barevných snáškových hybridů sexovatelných pomocí barevného autosexingu. Plemena Rodajlendka červená se staví vždy do otcovské pozice v rodičovském kompletu, plemena Rodajlendka bílá do mateřské pozice.

Nosný hybrid Shaver white je hybridní kombinace získaná křížením většinou jednotlivých linií plemene Leghornka bílá. Využívá se zpravidla tříliniových resp. čtyřliniových hybridních kombinací.

ISA Brown – je hybridní kombinace slepic kolorsexingového typu s nižší živou hmotností, na konci odchovu 1450 g, na konci snášky 2100 g. Pohlavně dospívá ve 145 dnech věku, snáška vajec je vysoká – 295 ks vajec do 500 dnů věku na počáteční stav, při hmotnosti vajec 63,3 g, s hnědě pigmentovanou skořápkou. Je to v současnosti nejrozšířenější hybridní kombinace slepic v EU, je zhruba v 60% velkochovů. Spotřeba krmiva vzhledem k nižší živé hmotnosti se pohybuje na úrovni 115 až 118 g na kus a den a 2,2 kg krmiva na 1 kg vaječné hmoty.

Shaver White – je tříliniový hybrid s bílým opeřením. Hmotnost slepic na konci odchovu je 1325 g, na konci snášky asi 1800 g. Pohlavní dospělost dosahuje ve 135 až 150 dnech. Snáška se pohybuje od 285 do 295 vajec na počáteční stav, průměrná hmotnost vajec je 62 g, skořápka je bez pigmentu – bílá. Spotřeba krmiva na 1 kus a den 110 g, na 1 kg vaječné hmoty 2,21 kg krmiva.

Obrázek 1 Ilustrační fotografie plemena ISA Brown v klecovém chovu



Obrázek 2 Ilustrační fotografie plemena ISA Brown v malochovu



3.4. Metoda stanovení jódu

Stanovení obsahu jódu bylo prováděno po alkalickém spálení vzorku spektrofotometricky dle Sandell-Kolthoffa. Princip metody je založen na katalytickém působení jódu na redoxní reakci $\text{As}^{3+}/\text{Ce}^{4+}$.

Pro stanovení jódu ve vaječném žloutku se navažovalo okolo 100 mg předem důkladně homogenizovaného vzorku. Vlastní analýza byla provedena podle následujícího postupu.

Ke 100 mg vzorku byl přidán:

- 1) 1 ml 10% síranu zinečnatého
- 2) 1 ml 4M hydroxidu draselného
- 3) několik krystalek chlorečnanu draselného

Směs byla důkladně promíchána a vysušena při teplotě 115°C . Vysušený vzorek byl žíhán cca 1 hodinu při teplotě 600°C . Žíháním vzniklé popeloviny byly po zchladnutí suspendovány v 6 ml destilované vody.

Po přečištění vzorku centrifugací byly ke 2 ml kapalného vzorku přidány 2 ml kyselé směsi. Po 10 minutách inkubace v ledové lázni se přidaly 2 ml síranu ceřičitoamoného. Následovala inkubace při teplotě 40°C po dobu 20 minut, poté bylo přidáno 0,5 ml octanu brucinu a směs inkubovala dalších 15 minut při teplotě 105°C .

Po 30 minutách byla Spekelem změřena absorbance při vlnové délce 430 nm. Souběžně s analýzou vzorku byly zpracovávány standardy o známých koncentracích, potřebné k sestavení kalibrační křivky. Hodnoty absorbance získané z měření vzorků byly odečteny z kalibrační křivky a přepočítány na výsledné $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ mokré hmoty žloutku.

3.5. Statistické vyhodnocení

Hlavní statistické analýzy použité pro interpretaci výsledků zahrnují: průměrné hodnoty obsahu jódu ve vaječném žloutku (\bar{x}), směrodatnou odchylku (SD), variační koeficient (V%), minimální a maximální hodnoty, median, korelační koeficient (r), test hypotézy o průměrech dvou nezávislých výběrů (T-test) statistické významnosti.

4. V Ý S L E D K Y

4. 1. Obsah jódu ve vejcích z velkochovů

Průměrná koncentrace jódu v čerstvé hmotě vaječného žloutku analyzovaných vajec pocházejících z velkovýrobních technologií v České republice byla v roce 2004 $1014,1 \pm 356,6 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a hodnota medianu $1010,5 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (tabulka 7). V roce 2005 se průměrný obsah jódu ve žloutku zvýšil o $649,7 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Nárůst průměrného obsahu jódu ve žloutku v roce 2005 byl doprovázen vyšší variabilitou souboru (V% 70,9% oproti 35,2% v roce 2004), vyšší maximální hodnotou ($8128 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ oproti $2022 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ v roce 2004) a zvýšením počtu chovů s maximálními hodnotami přesahujícími $2000 \mu\text{g}$ jódu na kg a to i opakovaně (v roce 2005 šest chovů, v roce 2004 pouze jeden chov, tabulky 9 a 10).

Výrazný vzestup obsahu jódu ve žloutku vajec z velkochovů dokumentuje i zvýšení procentického podílu vzorků s obsahem jódu nad $2000 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, kterých bylo v roce 2005 8,2%, v roce 2004 pouze 1,9% (tabulka 6).

Tab. 6 Intervalové třídění v procentech podle obsahu jódu ve vaječném žloutku ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) u velkochovů a malochovů za rok 2004 – 2005

Obsah jódu ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	< 500	501–1000	1001–1500	1501–2000	2001–2500	> 2500
Velkochovy 2004	14,8	37,0	40,7	5,6	1,9	0
Velkochovy 2005	8,9	22,2	25,9	14,8	8,2	20,0
Malochovy 2004	84,4	11,4	4,2	0	0	0
Malochovy 2005	77,5	12,3	4,9	3,5	1,8	0

Tab. 7 Porovnání průměrného obsahu jódu ve žloutku ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) vajec z velkochovů a malochovů slepic v letech 2004 – 2005

	VELKOCHOVY		MALOCHOVY	
	2004	2005	2004	2005
\bar{x}	1014,1	1663,8	307,1	519,5
SD	356,6	1179,7	255,7	508,2
V%	35,2	70,9	83,3	97,8
Min.	340	201,4	73,1	70,7
Max.	2022	8128,8	1417,4	2463,3
Počet vajec	54	135	96	114

Tab. 8 Obsah jódu v jednom vaječném žloutku a pokrytí denní potřeby jódu dospělého člověka (150 – 300 μg)

VELKOCHOVY 2005	Obsah jódu v jednom žloutku (μg)	Pokrytí denní potřeby jódu (150 μg)	Pokrytí denní potřeby jódu (300 μg)
Nejnižší průměrný obsah jódu 429,4 ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	7,73	3%	2%
Nejvyšší průměrný obsah jódu 3098,1 ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	55,77	25%	12%

Tab. 9 Obsah jódu ve vaječném žloutku u velkochovů slepic v roce 2004 ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)

VELKOCHOVY 2004									
Číslo chovu	Kraj	Okres	Počet vajec	\bar{x}	SD	V%	Min	Max.	Med.
1	Jihočeský	ČB	6	823,7	238,6	29	479,5	1204,5	814,2
2	Jihočeský	Strakonice	6	774,1	256,1	33,1	466,1	1088	751,3
3	Jihočeský	Písek	6	1189,2	537	45,1	575,5	2022	1102,9
4	Jihočeský	J. Hradec	6	699,5*	225,1	27,9	673,5	1410,4	996,1
5	Středočeský	Benešov	6	1126,2	162,3	14,4	880,9	1346,3	1143,2
6	Středočeský	Kladno	6	1149,2	256,7	22,3	750,4	1459,5	1151,7
7	Královeshrad.	H.Králové	6	1118,8	198,4	17,7	884,1	1417,4	1117,5
8	Plzeňský	Domažlice	6	1397,2*	245,2	17,6	1047,6	1739,2	137,4
9	Jihomoravský	Znojmo	6	849,2	409,2	48,3	506,3	1417,4	660,8
Suma			54	1041,1	356,6	35,2	466,1	2022	1010,5

* T-test $P < 0,01$

Tab. 10 Obsah jódu ve vaječném žloutku u velkochovů slepic v roce 2005 ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)

VELKOCHOVY 2005									
Číslo chovu	Kraj	Okres	Počet vajec	\bar{x}	SD	V%	Min	Max.	Med.
1a	Jihočeský	ČB	10	1738,3	1220,5	70,2	489,2	4917,7	1531,4
1b	Jihočeský	ČB	5	2775,6	863,8	31,1	1901,9	4043,6	2785,4
1c	Jihočeský	ČB	10	2998,2	695,5	23,2	1651,8	3858,4	3209,2
1d	Jihočeský	ČB	10	977,9	628,1	64,2	201,4	2480,3	801,4
2a	Jihočeský	Strakonice	10	2545,6	2319,8	91,1	911,6	8128,8	1586,3
2b	Jihočeský	Strakonice	10	1590	416,4	26,2	1053,6	2283	1514,2
3	Jihočeský	J. Hradec	10	3098,1*	526,7	37,2	1979,7	3762,4	3141,8
4	Středočeský	Benešov	10	1181,8	632,5	56,8	681,1	2971,6	1061,5
5	Středočeský	Rakovník	10	1822	700,7	40,5	1083,3	3662,7	1627,6
6	Středočeský	Praha záp.	10	712,6	247,8	34,7	436,8	1154,4	669,9
7	Plzeňský	Plzeň záp.	10	1963,6	693,4	35,3	1102,3	3365,3	1730,6
8	Plzeňský	Plzeň jih	10	429,4*	146,7	32,4	316,3	779,9	374
9	Ústecký	Litoměřice	10	1049,4	292,7	27,9	673,5	1410,4	996,1
10	Ústecký	Litoměřice	10	967,2	289,2	29,9	634,1	1430,8	981,3
Suma			135	1663,8	1179,7	70,9	201,4	8128,8	1352,7

* T-test $P < 0,01$

4.1.1. Obsah jódu v závislosti na týdnu snášky a jeho příjmu

Vztah mezi aktuálním týdnem snášky slepic ve velkochovech (rok 2005) a obsahem jódu ve žloutku je vyjádřen v grafu 1. Průměrné koncentrace jódu nad $2500 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ byly zjišťovány mezi 32. a 60. týdnem snášky.

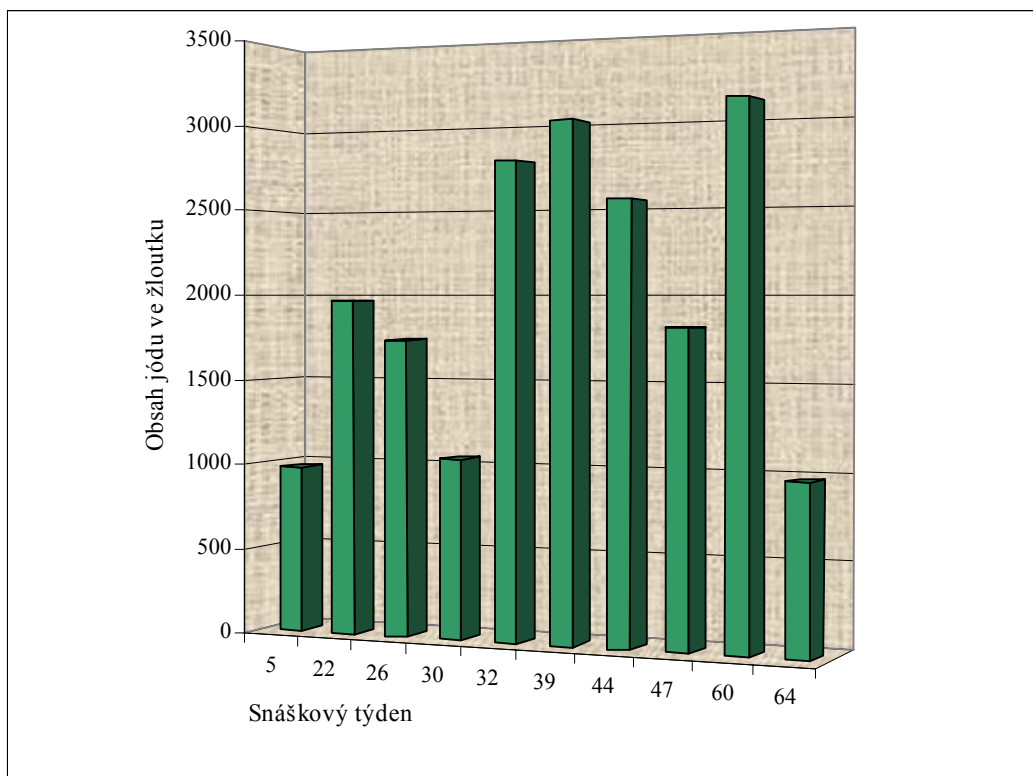
V grafu 2 je uveden obsah jódu ve žloutku v závislosti na jeho příjmu komerční krmnou směsí ve velkochovech v roce 2005. Při denním příjmu od 0,023 mg do 0,114 mg se obsah jódu ve žloutku analyzovaných vajec pohyboval od 976,2 do $1822,0 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, při vyšším denním příjmu (od 0,116 do $0,132 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) převyšoval průměrný obsah jódu ve žloutku $2500 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Obsah jódu ve žloutku vajec z velkochovů byl v roce 2005 zhodnocen v závislosti na denním příjmu jódu (tabulka 11), který byl vypočítán z obsahu jódu v krmné směsi (od 0,220 do 1,180 mg jódu na kg sušiny krmné směsi) a denního příjmu krmné směsi (od 112,2 do 140,0 g na kus).

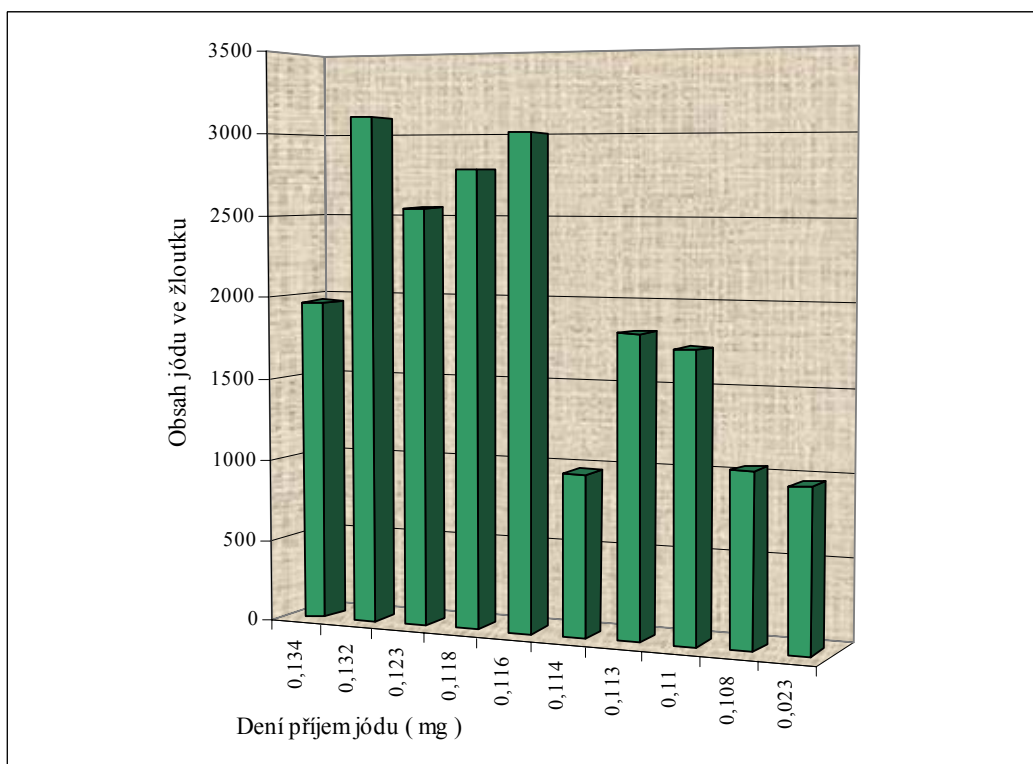
Tab. 11 Denní příjem krmné směsi (g na den) a obsah jódu v KS ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Chov	Obsah jódu v KS ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Hybrid	% snášky	Spotřeba KS (g/den)
10	0,22	Shaver white	85	105
1a	0,816	Issa brown	89,9	133 – 135
9	0,94	Issa brown	83–89	115–120
2a	0,97	Issa brown	91,3	116,2
7	1,18	Issa brown	95,3	114

Graf 1. Obsah jódu ve žloutku ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) v závislosti na týdnu snášky



Graf 2. Obsah jódu ve žloutku ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) v závislosti na jeho příjmu krmnou směsí



4.1.2. Statistické vyhodnocení velkochovů

U velkochovů slepic v roce 2004 činila nejnižší průměrná hodnota obsahu jódu ve vaječném žloutku $699,5 \pm 225,1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty a $429,4 \pm 146,7 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ v roce 2005, nejvyšší průměrná hodnota potom $1397,2 \pm 245,2 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (rok 2004) a $3098,1 \pm 526,7 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (rok 2005). V roce 2005 se průměrný obsah jódu ve žloutku zvýšil o 64% na $1663 \pm 1179,7 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ($P < 0,01$) a hodnota medianu na $1352,7 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty. V roce 2004 bylo ve velkochovech zastoupení vzorků s obsahem jódu nad $2000 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ pouze 1,9% a v roce 2005 již 8,2%. Ve srovnání s rokem 1996 vzrostl obsah jódu ve žloutku vajec z velkochovů v roce 2005 o $920 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a z malochovů jen o $84 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Nejvyšší maximální hodnota obsahu jódu ve velkochovech za rok 2004 byla zjištěna u chovu č. 3 z okresu Písek a to $2022 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, v roce 2005 $8128,8 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ u chovu č. 2 z okresu Strakonice.

Rozmezí korelačního koeficientu v jednotlivých chovech bylo od -0,42 do 0,95 (hmotnost celého vejce : obsahu jódu) a od -0,5 do 0,76 (hmotnost žloutku : obsah jódu). Počet záporných a kladných hodnot koeficientů u korelace hmotnosti žloutku s obsahem jódu byl stejný (7:7) a 8:6 (hmotnost celého vejce : obsah jódu).

Obě celkové korelace ve velkochovech za rok 2005 byly kladné (tabulka 13), jak mezi obsahem jódu a hmotností celého vejce (0,202), tak i mezi obsahem jódu a hmotností žloutku (0,197). Procentický podíl pozitivních korelací mezi obsahem jódu a hmotností celého vejce je 57% a mezi obsahem jódu a hmotností žloutku 50%.

Při průměrné roční spotřebě vajec 242 kusů na obyvatele a za předpokladu, že vaječný žloutek váží 18 g, lze při nejnižší průměrné hodnotě obsahu jódu ve vaječném žloutku (velkochovy 2005) pokrýt přibližně 2 – 3% ze 150 – 300 μg denní potřeby jódu dospělého člověka. Při nejvyšší průměrné hodnotě obsahu jódu je možno tuto potřebu pokrýt z 12 – 25% (tab. 8).

Tab. 12 Korelace obsahu jódu s váhou celého vejce a váhou žloutku ve velkochovech slepic za rok 2005

Číslo chovu	Průměrný obsah jódu ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Korelace hmotnosti celého vejce s obsahem jódu	Korelace hmotnosti žloutku s obsahem jódu
1a	1738,3	0,008	0,38
1b	2755,6	0,95	0,3
1c	2998,2	-0,31	-0,5
1d	977,2	-0,1	-0,19
2a	2545,6	0,05	0,21
2b	1590	0,31	0,48
3	3098,1	0,07	0,76
4	1181,8	0,61	-0,05
5	1822	-0,01	-0,13
6	712,6	0,54	-0,15
7	1963,6	-0,01	0,06
8	429,4	-0,41	-0,01
9	1049,4	0,57	0,41
10	967,2	-0,42	-0,35

Tab. 13 Celková korelace obsahu jódu mezi hmotností žloutku nebo hmotností celého vejce u velkochovů v roce 2005

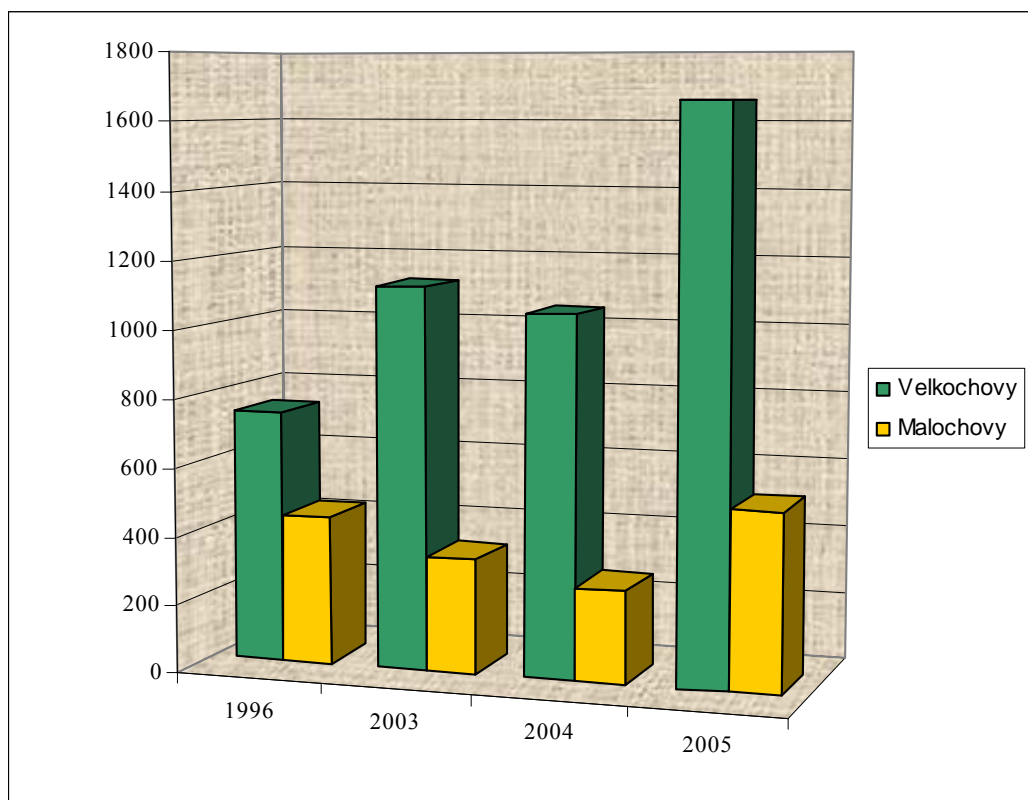
Celková korelace	
Hmotnost celého vejce s obsahem jódu = 0,202	Hmotnost žloutku s obsahem jódu = 0,197

4.1.3. Dynamika obsahu jódu

Dlouhodobý vývoj obsahu jódu ve vaječném žloutku je znázorněn v grafu č. 3, ve kterém jsou průměrné hodnoty jódu ve žloutku z let 2004 a 2005 porovnány s výsledky získanými v letech 1996 a 2003. Průměrný obsah jódu ve žloutku z velkochovů vzrostl v roce 2005 o 920 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (ze 743,6 \pm 251,3 v roce 1996 na 1663,8 \pm 1179,7 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ v roce 2005), zatímco v malochovech pouze o 84 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (ze 436,0 \pm 134,4 na 519,5 \pm 508,2 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$).

Graf 3. Obsah jódu ve vaječném žloutku ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) v letech 1996–2005

(Trávníček a kol. 2006).



4. 2. Obsah jódu ve vejcích z malochovů

Ve srovnání s velkochovy obsahují vejce z malochovů ve žloutku přibližně 3,2 krát méně jódu a vykazují i větší diferenci mezi chovy odrážející se ve vyšších hodnotách V% (tab. 15 a 16). Například v roce 2005 byla nejvyšší průměrná hodnota v malochovech 16,4 krát vyšší než hodnota nejnižší (chovy č. 6 a 8b, tabulka 16), kdežto ve velkochovech pouze 7,2 krát vyšší než hodnota nejnižší (chovy č. 3 a 8, tabulka 10). V roce 2004 byl průměrný obsah jódu ve žloutku vajec z malochovů $307,1 \pm 255,7 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a hodnota medianu $230,9 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, v roce 2005 byl průměr $519,5 \pm 508,2$ ($P < 0,01$) a median $301,6 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty žloutku. Vzestup obsahu jódu ve žloutku vajec z malochovů v roce 2005 je zřetelný i z podílu vajec s obsahem jódu ve žloutku nad $1000 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (tab. 6), kterých bylo v roce 2005 14,9% a v roce 2004 pouze 4,2%. Zvýšení průměrné hodnoty v malochovech v roce 2005 je ovlivněno čtyřmi chovy (1b, 4, 6 a 13, tab. 16) u nichž byl přísun jódu zvýšen zkrmováním komerční krmné směsí.

4.2.1. Statistické vyhodnocení malochovů

U malochovů byly zjištěny výrazně nižší průměrné hodnoty obsahu jódu a to za rok 2004, kdy nejnižší průměrná hodnota byla $93,3 \pm 20,1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a $92,9 \pm 17,6 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ v roce 2005. Naopak nejvyšší průměrný obsah jódu v malochovech za rok 2004 dosáhl úrovně $442,2 \pm 149,2 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a $1524,9 \pm 763,1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ v roce 2005.

Nejvyšší maximální hodnota obsahu jódu byla v malochovech za rok 2004 $1417,2 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ u chovu č. 16 okresu Znojmo a v roce 2005 $2463,3 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (chov č. 6 okres Strakonice).

V jednotlivých chovech se korelační koeficient pohyboval v rozmezí od -0,94 do 0,8 (hmotnost vejce : obsahu jódu) a od -0,92 do 0,73 (hmotnost žloutku : obsahu jódu). Počty dílčích záporných nebo kladných korelačních koeficientů (tabulka 17) mezi obsahem jódu ve žloutku a hmotností vajec nebo hmotností žloutku byl téměř shodný (11:8; 9:10). Procentický podíl pozitivních korelací mezi obsahem jódu a hmotností celého vejce je 42% a mezi obsahem jódu a hmotností žloutku a 53%. Celkové korelace mezi obsahem jódu ve žloutku a hmotností celého vejce nebo žloutku byly u malochovů v roce 2005 záporné (-0,15 ; -0,27, tabulka 18).

Při průměrné roční spotřebě vajec 242 kusů na obyvatele a za předpokladu, že vaječný žloutek váží 18 g, lze při nejnižší průměrné hodnotě obsahu jódu ve vaječném žloutku pokrýt přibližně 0,4 – 0,7% ze 150 – 300 µg denní potřeby jódu dospělého člověka. Při nejvyšší průměrné hodnotě obsahu jódu je možno tuto potřebu pokrýt ze 6 – 12% (tab. 14).

Tab. 14 Obsah jódu v jednom vaječném žloutku a pokrytí denní potřeby jódu dospělého člověka (150 – 300 µg)

MALOCHOVY 2005	Obsah jódu v jednom žloutku (µg)	Pokrytí denní potřeby jódu (150 µg)	Pokrytí denní potřeby jódu (300 µg)
Nejnižší průměrný obsah jódu 92,2 (µg·kg ⁻¹)	1,67	0,7%	0,4%
Nejvyšší průměrný obsah jódu 1524,9 (µg·kg ⁻¹)	27,44	12%	6%

Tab. 15 Obsah jódu ve vaječném žloutku vajec z malochovů v roce 2004 ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)

MALOCHOVY 2004									
Číslo chovu	Kraj	Okres	Počet vajec	\bar{x}	SD	V%	Min	Max.	Med.
1	Jihočeský	ČB	6	386	389,9	101	169,3	1174,5	231,5
2	Jihočeský	ČB	6	320,3	105,3	32,9	181,4	501,6	316,2
3	Jihočeský	ČB	6	221,1	83,8	37,9	116,3	322,1	226,8
4	Jihočeský	ČB	6	249,4	109,1	43,8	162,7	450	211,9
5	Jihočeský	ČB	6	323,9	122,3	37,8	169,1	529	327,6
6	Jihočeský	Strakonice	6	93,3*	20,1	21,6	73,1	126,7	87,9
7	Jihočeský	Písek	6	105,9	17,3	16,3	85	125,6	107,5
8	Jihočeský	Č.Krumlov	6	374,9	160	42,7	211,9	593,7	358,3
9	Středočeský	Příbram	6	276,4	277,6	100,3	89,1	827,5	161,6
10	Vysočina	Pelhřimov	6	442,2*	149,2	33,8	236,5	634	448,2
11	Plzeňský	Sušice	6	181,6	52,8	29,1	142,2	275,3	154,2
12	Plzeňský	Sušice	6	291,9	135,1	46,3	159,2	476,5	245,8
13	Liberecký	Liberec	6	394,6	400	101,3	170	1204,5	246,4
14	Pardubický	Pardubice	6	172,9	31,7	18,3	148,6	233,6	162,7
15	Ústecký	Chomutov	6	229,9	85	37	140,6	387,9	244,8
16	Jihomoravský	Znojmo	6	849,2	409,7	48,3	506,3	1417,2	660,8
Suma			96	307,1	255,7	83,3	73,1	1417,4	230,9

* T-test $P < 0,01$

Tab. 16 Obsah jódu ve vaječném žloutku vajec z malochovů v roce 2005 ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)

MALOCHOVY 2005									
Číslo chovu	Kraj	Okres	Počet vajec	\bar{x}	SD	V%	Min	Max.	Med.
1a	Jihočeský	ČB	6	684,1	316,1	46,2	376,2	1158,4	636,6
1b	Jihočeský	ČB	6	1328,6	244,5	18,4	1017,6	1581,2	1360,9
1c	Jihočeský	ČB	6	227,9	75,3	33	144,3	354,6	213,5
2a	Jihočeský	ČB	6	312,4	176,1	56,4	163,6	658	259,9
2b	Jihočeský	ČB	6	124,5	25	20,1	99,4	155,8	121,8
3	Jihočeský	ČB	6	153,6	18,7	12,2	135,5	189,4	147,8
4	Jihočeský	Strakonice	6	1143,8	99,5	8,7	1006,3	1310,2	1139,4
5	Jihočeský	Strakonice	6	623,9	303,4	48,6	291,2	1177,7	553,1
6	Jihočeský	Strakonice	6	1524,9*	763,1	50	712,2	2463,3	1370,6
7	Jihočeský	Strakonice	6	458	373,6	81,6	169,1	190	259,3
8a	Jihočeský	Písek	6	150,1	63,1	42	102,4	269,3	126,7
8b	Jihočeský	Písek	6	92,9*	17,6	19	73,9	117,4	89,4
9	Jihočeský	Prachatice	6	262,6	151	57,5	166,1	557,3	199,4
10	Jihočeský	Prachatice	6	172	96,8	56,3	103,2	356,6	126,6
11	Středočeský	Kolín	6	297,1	84,3	28,4	169,5	382,8	317,3
12	Středočeský	Kolín	6	517,2	183,9	35,6	298,8	834,8	472,6
13	Středočeský	Kolín	6	1212,6	495,3	40,8	452,3	1690,7	1275,5
14	Plzeňský	Rokycany	6	108,6	34,7	31,9	70,7	154,8	100,9
15	Ústecký	Litoměřice	6	476,7	164,2	34,5	310	747	447,8
SUMA			114	519,5	508,2	97,8	70,7	2463,3	301,6

* T-test $P < 0,01$

**Tab. 17 Korelace obsahu jódu s váhou celého vejce a váhou žloutku
v malochovech slepic za rok 2005**

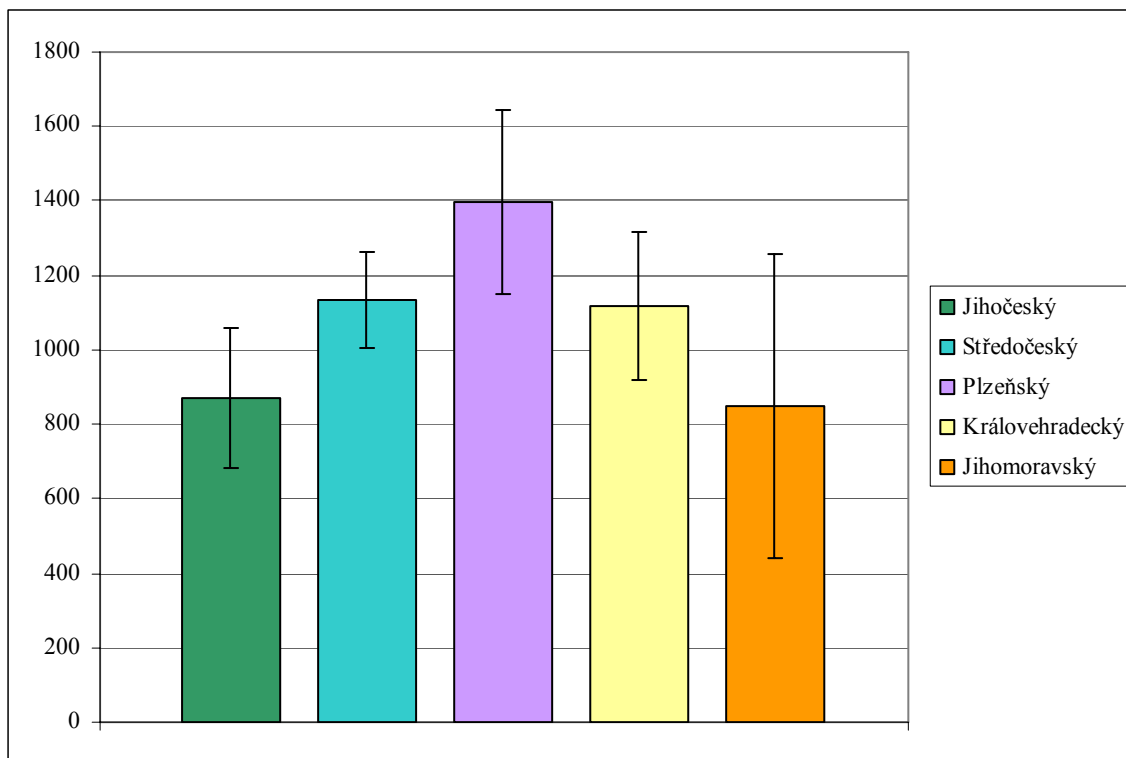
Číslo chovu	Průměrný obsah jódu ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Korelace hmotnosti celého vejce s obsahem jódu	Korelace hmotnosti žloutku s obsahem jódu
1a	684,1	-0,93	0,18
1b	1328,6	-0,6	-0,92
1c	227,9	0,53	-0,38
2a	312,4	0,8	-0,09
2b	124,5	-0,51	-0,62
3	153,6	-0,24	0,15
4	1143,8	-0,08	0,68
5	623,9	-0,55	0,53
6	1524,9	0,65	0,62
7	458	0,35	0,13
8a	150,1	-0,21	-0,71
8b	92,9	-0,28	-0,8
9	262,6	-0,94	-0,56
10	172	0,41	0,64
11	297,1	-0,19	0,59
12	597,2	0,2	-0,48
13	1212,6	-0,05	0,71
14	108,6	0,53	0,73
15	476,7	0,23	-0,1

Tab. 18 Celková korelace obsahu jódu mezi hmotností žloutku nebo hmotností celého vejce u malochovů v roce 2005

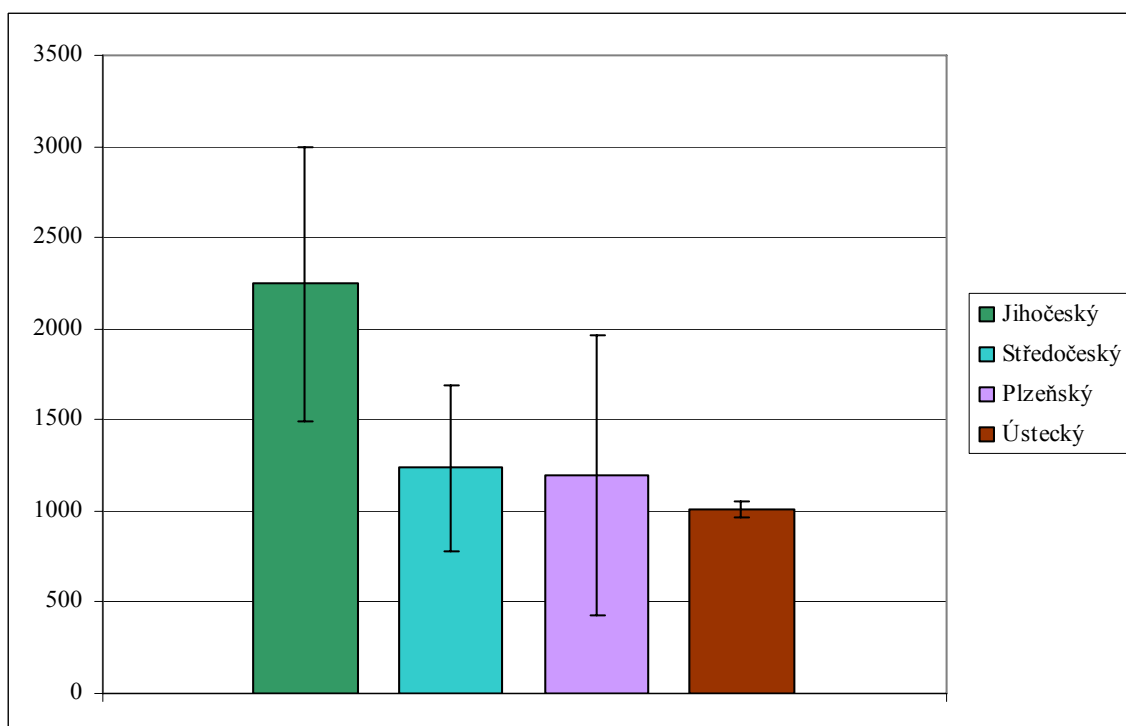
Celková korelace	
Hmotnost celého vejce s obsahem jódu = -0,147	Hmotnost žloutku s obsahem jódu = -0,268

4.3. Regionální rozdíly v obsahu jódu

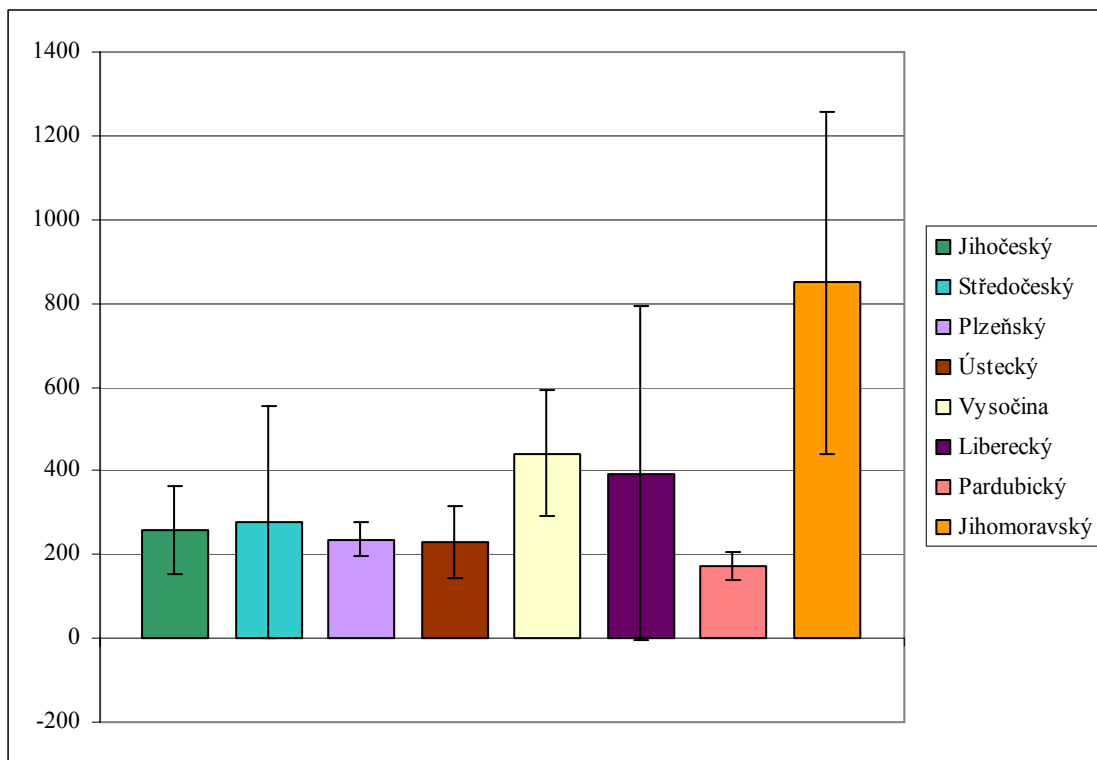
Graf 4. Obsah jódu ve vaječném žloutku podle krajů ve velkochovech rok 2004



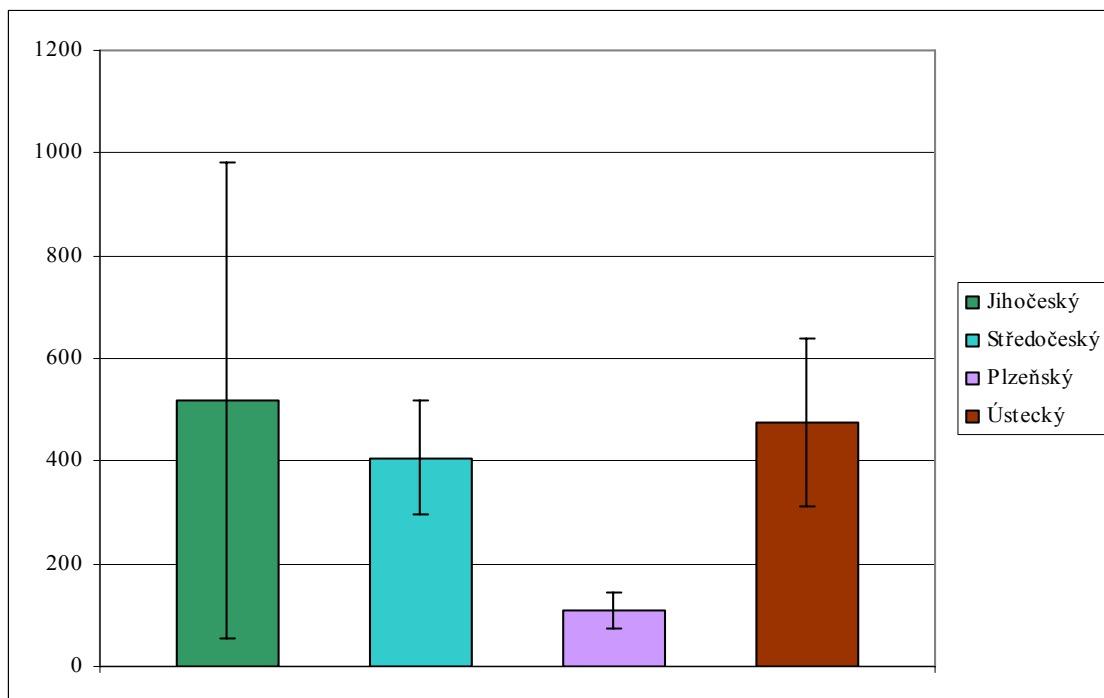
Graf 5. Obsah jódu ve vaječném žloutku podle krajů ve velkochovech rok 2005



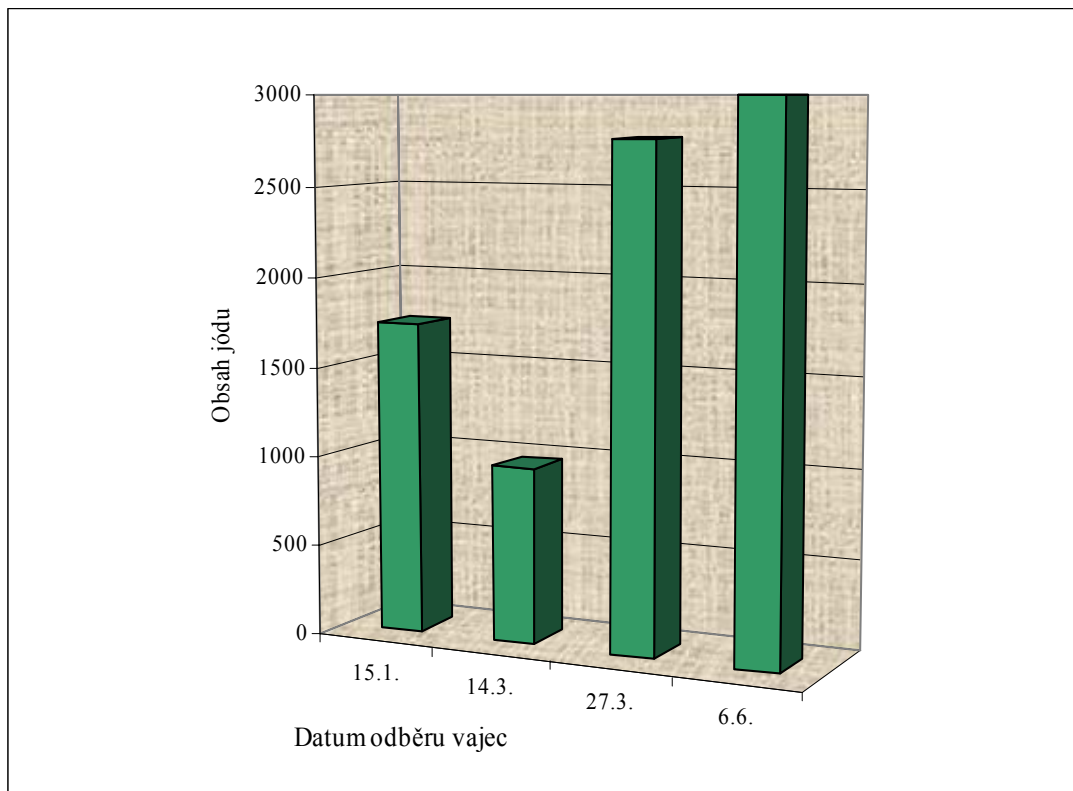
Graf 6. Obsah jódu ve vaječném žloutku podle krajů v malochovech rok 2004



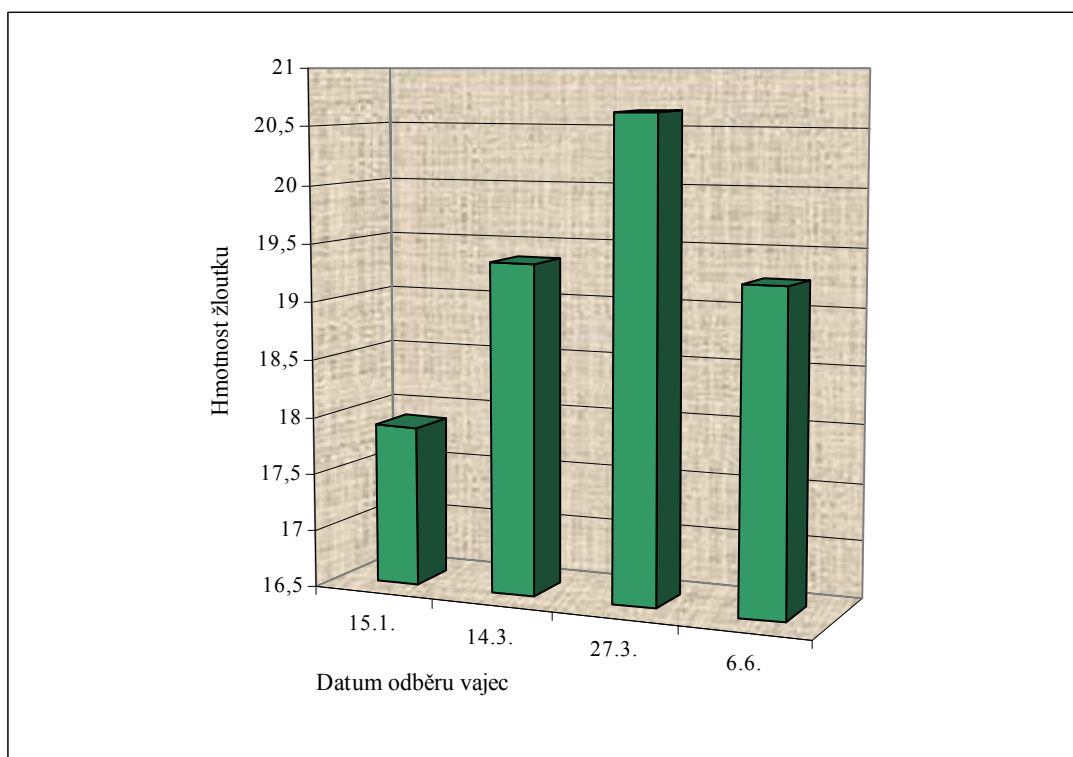
Graf 7. Obsah jódu ve vaječném žloutku podle krajů v malochovech rok 2005



Graf 8. Změna obsahu jódu ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) ve velkochovu č. 1 rok 2005



Graf 9. Změna hmotnosti žloutku (g) ve velkochovu č. 1 rok 2005



5. DISKUSE

Výsledky diplomové práce, které vyhodnocují obsah jódu v konzumních slepičích vejcích, byly získány v rámci grantu NAZV „Regulace obsahu jódu v potravinách živočišného původu“ v letech 2004 – 2005. Uvedený projekt řešený na katedře anatomie a fyziologie hospodářských zvířat ZF JU v Č. Budějovicích ve spolupráci s VÚVeL v Brně, navazuje na předcházející sledování obdobné problematiky na uvedeném pracovišti a tím umožňuje zhodnocení dlouhodobějších trendů.

Pro zjištění aktuálního obsahu jódu v konzumních slepičích vejcích produkovaných v ČR byl stanoven obsah jódu ve žloutku celkem u 399 vajec. V roce 2004 byla odebrána vejce z 9 velkochovů a 16 malochovů a v roce 2005 ze 14 velkochovů a 19 malochovů. Volba vaječného žloutku jako rozhodujícího materiálu pro hodnocení obsahu jódu ve vejcích a příjmu jódu nosnicemi, vycházela z poznatků o snadném přestupu jódu do žloutku experimentálně potvrzeném například Kaufmann (1997) a Kroupová a kol. (1999). Obsah jódu ve žloutku je podle mnohých autorů 10 až 20 krát vyšší než v bílku (Groppe a kol. 1989). Například Kaufmann (1997) uvádí $49 \pm 14 \mu\text{g I}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvého bílku. Výraznému rozdílu obsahu jódu ve žloutku a bílku odpovídají i naše zjištěné koncentrace jódu ve žloutku (tab. 7). Trávníček a kol. (2006) uvádí statisticky vysoce významný korelační koeficient 0,67 mezi obsahem jódu ve žloutku a bílku.

Průměrné obsahy jódu ve žloutku konzumních vajec z velkochovů zjištěné v roce 2004 a 2005 ($1041,1 \pm 356,6$ a $1663,8 \pm 1179,7 \mu\text{g I}\cdot\text{kg}^{-1}$, tab. 9, 10) jsou ve srovnání s literárními údaji vyšší. Například Kaufmann (1997) uvádí v průměru $1135 \pm 205 \mu\text{g I}\cdot\text{kg}^{-1}$, Arkuszewska a kol. (1997) $807 \pm 392 \mu\text{g I}\cdot\text{kg}^{-1}$. Průměrné obsahy jódu ve žloutku vajec z malochovů $307,1 \pm 255,7$ (rok 2004) nebo $519,5 \pm 508,2 \mu\text{g I}\cdot\text{kg}^{-1}$ v roce 2005 (tab. 15, 16) byly ve srovnání s údaji Kroupové a kol. (1999) vyšší.

Hodnoty variačních koeficientů, maxima i minima (viz tabulky 9, 10, 15, 16) poukazují na značnou variabilitu obsahu jódu v čerstvém žloutku, a to jak z velkochovů, tak i malochovů, kterou je možné dát do souvislosti s odlišným příjmem jódu v krmných dávkách jednotlivých chovů.

Na významné závislosti obsahu jódu ve žloutku a jeho příjmu krmnou dávkou v různých formách se shodují autoři zabývající se obsahem jódu ve vejcích hrabavé drůbeže (Richter 1995; Kaufmann 1997; Kroupová a kol. 1999). Normovaný obsah jódu v kg sušiny krmiva se v průměru pohybuje na úrovni 0,3 – 0,5 mg (Zelenka a kol. 1993).

Obsah jódu v krmných směsích podávaných ve velkochovech kolísal v roce 2005 od 0,22 do 1,18 mg na kg sušiny krmné směsi a kromě jednoho případu (0,22 mg na kg sušiny) převyšoval vesměs uvedenou normu dvakrát. V roce 2004, 2005 (graf 3) byl zjištěn statisticky významně vyšší obsah jódu ve žloutku vajec z velkochovů (tab. 9 a 10) v porovnání s malochovy (tab. 15 a 16) což odpovídá saturaci nosnic jódem ve velkochovech prostřednictvím krmných směsí, které byly obohaceny o jód. Rozdíl v celkovém průměru výrazně narostl za posledních deset let ve prospěch velkochovatelů (Trávníček a kol. 2006).

Průměrný obsah jódu v čerstvém vaječném žloutku od roku 1996 (Trávníček a kol. 2006) do roku 2005 vzrostl ve velkochovech o $920 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, zatím co v malochovech jen o $84 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (graf 3).

Vysoká variabilita obsahu jódu ve žloutku odráží skutečný příjem jódu (graf 2), ale i aktuální týden snáškového cyklu a s ním související intenzitu snášky a dobu setrvání oocytu na vaječniku (graf 1). V případě obsahu jódu v krmné směsi od 0,220 do 1,180 mg jódu na kg sušiny krmné směsi (tab. 11) nebo denního příjmu krmnou dávkou od 0,023 do 0,132 mg se obsah jódu ve žloutku nacházel v rozmezí od $976,2$ do $2500 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (graf 2). Vyšší koncentrace jódu ve žloutku u nosnic v pokročilejším stádiu snáškového cyklu (graf. 1), může souviset s intenzitou snášky a tím dobou existence folikulu na vaječniku (Trávníček a kol. 2006).

Podle mnohých autorů nelze vynechat ani vlivy homeostáze a homeorheze na obsah jódu ve žloutku, které se projevují zvýšeným ukládáním nadbytečných stopových prvků do svaloviny, případně jejich zvýšeným nebo sníženým výdejem (Bobek 1998; Kroupová a kol. 1999).

Grafy (4, 5, 6, 7), které demonstrují dynamiku a koncentrace jódu ve žloutku podle regionů potvrzují velkou diferencí v obsahu jódu ve žloutku v závislosti vesměs na jeho příjmu. V grafu 8 jsou uvedeny změny v koncentraci jódu ve žloutku v jednom z chovů s opakovaným stanovením jódu. Uvedené rozdíly ukazují na výkyvy obsahu jódu ve vejcích i v rámci jednoho chovu a na jejich rychlé změny.

Za předpokladu průměrné roční spotřeby 242 vajec na obyvatele České Republiky v roce 2005 lze z vajec produkovaných ve velkochovech pokrýt v případě maximálního a minimálního obsahu jódu ve žloutku ($3098,1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a $429,4 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) přibližně 12 – 25% a 2 – 3% ze 150 – 300 μg denní potřeby jódu dospělého člověka (Trávníček a kol. 2006). V malochovech lze tuto denní potřebu pokrýt při nejvyšším průměrném obsahu jódu ($1524,9 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) z 6 – 12% a při nejnižším průměrném obsahu jódu ($92,9 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) pouze z 0,4 – 0,7% .

Vejsce z velkovýrobních podmínek se jeví jako významný přirozený zdroj jódu ve výživě člověka. Další zvyšování příjmu jódu v krmných dávkách pro drůbež ve velkochovech není z hlediska zdraví a produkce nosnic nebo výživy stávající populace lidí v ČR opodstatněné (Trávníček a kol. 2006).

Větší pozornost je třeba věnovat nižšímu obsahu jódu ve vejcích z malochovů, které jsou často vyhledávány v souvislosti s chuťovými přednostmi a narůstajícím zájmem o biopotravinu. Jejich konzumace zajišťuje denní potřebu jódu pouze z 0,4 – 12%. Vhodné řešení nízké úrovně jódu v malochovech je možné spatřovat ve vyšší nabídce minerálních krmných přísad certifikovaných i pro bioprodukcí a v jejich propagaci (Jeroch a Strobel 1999).

Vliv obsahu jódu ve vaječném žloutku na vybrané kvalitativní parametry vajec je uveden v tabulkách č. 12 a 17 v podobě korelací (mezi množstvím jódu ve žloutku a hmotností vajec a žloutku). Hodnoty korelačních koeficientů (r_{xy}) vypočítané ze všech vajec z malochovů jsou záporné (-0,147 a -0,268), ze všech vajec z velkochovů naopak kladné (0,202 a 0,197). Je však potřeba uvést, že mezi chovy byly značné rozdíly v obsahu jódu ve vejcích a soubory nebyly proto homogenní. Při zhodnocení dílčích koeficientů (tab. 12) se jeví, že v případě vyššího obsahu jódu ve žloutku od 1049,4 do $3098,1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ jsou obě korelace vesměs kladné.

Uvedené závislosti jsou podobné výsledkům, které pokusech s doplňkovým příjmem jódu uvádí Trávníček (2000). Ve skupinách s příjmem krmné směsi s vyšším obsahem jódu (3,5 mg jódu v kg) se zvyšovala hmotnost žloutku a celého vejce, hmotnost bílku klesala.

6. S O U H R N

1. Sledování obsahu jódu ve žloutku konzumních slepičích vajec z velko a malochovů z různých regionů České republiky potvrdilo 3,2 krát nižší obsah jódu ve žloutcích vajec pocházejících z malochovů. Nižší úroveň obsahu jódu ve vejcích z malochovů souvisí s tím, že krmné směsi nejsou obohacovány o jód.
2. Obsah jódu ve vaječném žloutku se v roce 2004 u malochovů pohyboval v rozsahu od 93,3 do 442,2 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a v roce 2005 od 92,9 do 1524,9 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Ve velkochovech od 699,5 do 1397,2 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (rok 2004) a od 429,4 do 3098,1 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (rok 2005).
3. Vejce z velkochovů se jeví jako významný přirozený zdroj jódu ve výživě člověka. Při průměrné roční spotřebě 242 vajec na obyvatele, je možno z vajec produkovaných ve velkochovech pokrýt při nejnižší průměrné hodnotě obsahu jódu ve vaječném žloutku přibližně 2 – 3% ze 150 – 300 μg denní potřeby jódu dospělého člověka. Při nejvyšší průměrné hodnotě obsahu jódu je možno tuto potřebu pokrýt ze 12 – 25%. Vejce z malochovů se podílí při maximálním průměrném obsahu jódu na pokrytí této potřeby z 6 – 12% a při nejnižším průměrném obsahu jódu pouze z 0,4 – 0,7%.
4. V závislosti na příjmu jódu krmnou dávkou se mění jeho obsah ve vejcích. Obsah jódu ve vaječném žloutku lze cíleně zvýšit aditivním příjmem krmných směsí obohacených o jód. Při obsahu odpovídajícímu rámcově 0,35 mg jódu na kilogram krmné směsi se ve žloutku nachází 500 – 1000 μg jódu v kilogramu čerstvé hmoty. S rostoucím příjmem jódu v krmné dávce se zvyšuje jeho obsah ve vaječném žloutku a vejce z poslední části snáškového cyklu mají tendenci obsahovat větší množství jódu.
5. Obohacení krmné směsi o 40 mg jódu na kilogram má již za následek pokles snášky a vzhledem k oplozenosti a líhivosti se za rizikové považují již přídatky jódu překračující 35 mg na kilogram krmné směsi.

6. Další zvyšování příjmu jódu v krmných dávkách pro drůbež ve velkochovech není z hlediska zdraví a produkce nosnic nebo výživy stávající populace lidí v ČR opodstatněné.

7. Vzhledem ke značnému rozptylu obsahu jódu ve žloutku vajec z velkochovů, ze kterých se dá pokrýt denní potřeba jódu člověka od 2 do 25% se zdá, že by bylo žádoucí přidavek jódu do krmných směsí rovnoměrněji řídit. Řešení lze spatřit ve vhodné propagaci, podporující zájem konzumentů o jódem dotované potraviny.

8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. Angelovičová, M.: Vplyv glukozinolátov repkových výliskov na znášku a kvalitu konzumných vajec. In: Kováč, M. a kol.: Repkové výlisky vo výžive zvierat. SPU Nitra, 1996, 65 s. ISBN 80-7137-331-1
2. Angelovičová, M.: Jód vo výžive hydiny stále aktuálny. In: Krmivárství, roč. 8, 2004, č. 4, s. 35-36.
3. Angelovičová, M., Magic, D., Rohlík, V.: Pokrutiny repky olejnej ako zvyšok pri výrobe bionafty vo výžive nosivého typu sliepok. In: Živočíšna výroba, roč. 39, 1994, č. 11, s. 993-1013
4. Angelovičová, M., Melen, M., Turianica, I., Angelovič, M.: Použitie jódovaného oleja vo výžive výkrmových kurčiat. In: Sborník referátů Kabrtovy dietetické dny. VFU Brno, 2005, 158 s.
5. Angelow, L., Drusch, S., Petrova, I., Todorova, P., Dotshevsky, D.: The influence of selenium and iodine supplementation on milk performance and composition of milk in a selenium deficiency region. In: Trace elements in man and animals, Gersdorf, Germany, 1993, s. 21-28.
6. Anke, M.: Nutriční nezbytnost širšího spektra stopových prvků. In: Sborník konference Biologické aspekty vysoké produkce mléka. České Budějovice, Dům techniky. ČSVTS, 1985, s. 191 - 200.
7. Anke, M., Groppe, B., Bauch, K. H.: Iodine in the food Chin. In: Delange, F.: Iodine deficiency in Europe, Plenum Press New York, 1993, s. 151-157.
8. Arkuszewska, E., Źarski, P. T., Čermák, B., Sokol, J., Valka, J.: Minerální látky v drůbežích produktech. Zemědělec, roč. 5, 1997, č. 11, 23 s.
9. Barry, T. N., Manley, T. R., Redekon, C., Allsop, T. F.: Endocrine regulation of metabolism in sheep given kale (*Brassica oleracea*) and ryegrass (*Lolium perenne*) - clover (*Trifolium repens*) fresh-forage diets. In: Brit. J. Nutr., roč. 54, 1985, 165 s.
10. Bednář, B.: Patologie (III)., Vyd. 2., Avicenum, Praha 1984, 1856 s.
11. Bednář, J., Röhling, S., Vohnout, S.: Příspěvek ke stanovení proteinového jódu v krevním séru. Českoslov. Farm., roč. 13, 1964, s. 203 - 209.
12. Berthon, D., Herpin, P., Duchamp, C., Dauncey, M. J., Ledividich, J.: Medification of thermogenic capacity in neonatal pigs by changes in thyroid status during late gestation. In: I. Develop. Phys., roč. 19, 1994, s. 253 - 261.

13. Bireš, J., Bartko, P., Pauer, T.: Jodopénia u plemenných baranov – klinika, patologicko-anatomický nález a laboratorný nález. *Veterinárstvi*, roč. 43, 1993, s. 6 – 8.
14. Blumhart, R., Williams, S.: *Thyroid-Nuclear Medicine. Reviwand Reference Notes on Nuclear Medicine*, roč. 1, 1996, 4 s.
15. Bobek, S.: Profylaktyka jodowa u zwierzat. *Medycyna Wet.*, roč. 54, 1998, s. 80 – 86.
16. Brade, W., Doluschitz, R., Flachowski, G., Spohr, M.: *Rinderzucht und Milcherzeugung. Empfehlungen für die Praxis*. Landwirtschaftskammer Hannover, 2003, 186 s.
17. Cantor, A. H.: The role of selenium in poultry nutrition. *Biotechnology in the Feed Industry*. 13th Annual Symposium, Nottingham University Press, UK Nottingham, 1996, s. 199 – 207.
18. Černý, J.: *Špeciálna chirurgia*, Osveta Martin, Vyd.4, 1995, 492 s., ISBN 80 – 217 – 047103.
19. Döcke, F.: *Veterinärmedizinische Endokrinologie*, Jena, VEB Gustav Fischer Verlag, Vyd. 3, 1994, 863 s.
20. Donald, G. E., Langlands, J. P., Bowles, J. E., Smith, A. J.: Effects of selenium, iodine, and thiocyanate supplementation of grazing ewes on their selenium and iodine status, and on the status and growth of their lambs. In: *Aust. J. Exp. Agric.*, roč. 33, 1993, s. 411– 416.
21. Edens, F. W.: Practical applications for selenomethionine. *Broiler breeder reproduction*. 2002, s. 29 – 42.
22. Etienne, M., Dourmad, J. V.: Effect if zearalenone or glucosinolates in the diet on reproduction in cows: A review. In: *Livestock Prod. Sci.*, roč. 40, 1994, s. 99 – 113.
23. Golian, J.: *Ochorenia z potravín*. SPU Nitra, 1998, s. 22–23, ISBN 80–7137-519–5.
24. Görner, M.: Jód v potravinách. In: *Rolnické noviny*, roč. 6, 1996, č. 40, 16 s.
25. Graham, T. W.: Trace element deficiencies in cattle. *Vet. Clin. Of North. Am: Food Anim. Pract.*, roč. 7, 1991, s. 153 – 215.
26. Groppe, B., Köhler, B., Scholz, E.: *Aktuelle interdisziplinäre Probleme des Iodmangels, der Iodoprophylaxe, des Iodexzesses und antithyreoidaler Substanzen*, Leipzig, Karl – Marx – Universität, 1989, s. 69 – 73.
27. Hala, K., Malin, G., Ditrich, H., Loesch, U., Boeck, G., Wolf, H., Kaspers, B., Geryk, J., Falk, M., Boyd, L. R.: Analysis of the Initiation Period of Spontaneous Autoimmune Thyroiditis (SAT) in Obse strain (OS) of chickens. *Journal of Autoimmunity*, roč. 9, 1996, s. 129 – 138.

28. Hemken, R. W.: Milk and meat iodine content. Relation to human health. In: J. Amer. Vet. Med. Assoc., roč. 176, 1980, s. 1119 – 1121
29. Hermansen, J. E., Aaes, O., Ostersein, S., Vestergaard, M.: Rapeseed products for dairy cows – milk yield and milk quality. In: Forskningsrapport fra Statens Husdyrbrugsforsog., roč. 29, 1995, 31 s.
30. Herzig, I., Kursá, J.: Současný stav zásobení hospodářských zvířat jódem. In: Krmivářství, roč. 4, 1997, s. 31 – 32.
31. Herzig, I., Písaříková, B., Kursá J., Říha J.: Defined iodine intake and changes of its concentration in urine and milk of dairy cows. Vet. Med. – Czech., roč. 44, 1999, č. 2, s. 35 – 40.
32. Herzig, I., Suchý, P.: Současný pohled na význam jódu pro zvířata Vet. Med. – Czech., roč. 41, 1996, č. 12, s. 379 – 386.
33. Hesse, V.: National programme of iodine prophylaxis and neonatal thyroid function. In: Delange F. a kol. Iodine deficiency in Europe. Plenum Press New York, 1993, s. 219 – 224.
34. Hníková, O.: Novorozenecký screening. (Neonatal screening). In: Lebl, J., Provazník, K., Hejčmanová, L.: Preklinická pediatrie. Galén Praha, 2003, s. 183 – 186.
35. Huang, T. S., Lu, F. S., Tsai, C. W., Chopra, I. J.: Effect of humic acids on thyroidal function. In: J. Endocrin. Invest., roč. 17, 1994, 787 s.
36. Chanoine, J. P., Lednard, J. L., Braverman, L. E.: Selenium, iodine and the thyroid. In: Delange, F. a kol. Iodine deficiency in Europe. Plenum Press New York, 1993, s. 71 – 77.
37. Christensen, V. L., Donaldson, W. E.: Effect of oxygen and maternal dietary iodine on embryonic carbohydrate metabolism and hatchability of turkey eggs. Poultry Sci., roč. 71, 1992, č. 4, s. 747 – 753.
38. Christensen, V. L., Ort J. F.: Iodine Toxicity in White Turkey Breeder Hens. Poultry Sci., roč. 70, 1990, s. 2402 – 2410.
39. Illek, J.: Mikroelementy ve výživě skotu. Správnou výživou k plnohodnotnému sexu u skotu. Sborník přednášek, Brno, 2002, s. 37–46.
40. Jeroch, H., Strobel, E.: Probleme und Lösungswege einer bedarfsgerechten Energie und Nährstoffversorgung von unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus gehaltenem Geflügel, Dargestellt am Beispiel der Legehennen. In: Tagung: Ökologische Erzeugung von Geflügelfleisch und Eieren. Univ. Halle, roč.13, 1999, s. 51 – 58.
41. Kašpar, R.: Poruchy štítné žlázy koček. Veterinářství, roč. 3, 1994, s. 121 – 122.

42. Kaufmann, S.: Ergänzende strategie zur Bekämpfung von Jodmangel in Deutschland und Südostasien. Dissertation TU Munchen, Fakultät für Landwirtschaft und Gartenbau., 1997, 95 s.
43. Kaufmann, S., Arnold, R., Rambeck, W. D.: Iodine supplementation in chicken, pig and cow feed. In: Proc. ESVCN Conference, 1997, 23s.
44. Kirchgessner, M.: Homeostasis and homeorhesis in trace element metabolism. In: Anke, M a kol. Trace elements in man and animals Tema – 8, Verl. Media Turistik, 1993, s. 4 – 21.
45. Klimo, F.: Všeobecné lékařstvo, Vyd. 3., Osveta Martin, 1990, 871 s., ISBN 80 – 217 – 009701.
46. Kordač, V.: Vnitřní lékařství 3, Vyd. 1., 1989, s. 349 – 350.
47. Kováčiková, E., Vojtaššáková, L., Simonová, E., Holčíková, K.: Obilniny a strukoviny. VPÚ Bratislava, 1999, 268 s.
48. Kreze, A., Langer, P., Illmeš, I., Lichardus, B.: Praktická endokrinológia. SAP Bratislava, 1993, 549 s., ISBN 80 – 85665 – 17 – 4.
49. Kroupová, V., Trávníček, J., Kursá, J., Kratochvíl, P., Krabačová, I.: Obsah jódu ve vaječném žloutku při jeho nadměrném příjmu nosnicemi. Czech J. Anim. Sci., roč. 44, 1999, s. 369 – 376.
50. Kučera, J., Bencko, V., Sabbioni, E., Vandervenne, M. T.: Review of trace elements in blood, serum and urine for the Czech and Slovak populations and critical evaluation of their possible use as reference values. In: Sci. Total Envir., roč. 166, 1995, s. 211 – 234.
51. Kursá, J., Herzig, I., Suchý, P.: Jódový deficit u hospodářských zvířat. In: Náš chov, roč. 4, 1998, s. 34 – 35.
52. Kursá, J., Herzig, I., Trávníček, J., Kroupová, V.: Obsah jódu v potravinách živočišného původu. In: Jódový deficit a jeho prevence v ČR. Sborník SZÚ Ostrava, 2007, s. 7 – 10.
53. Kvíčala, J., Zamrazil, V., Čeřovská, J., Bednář, J., Janda, J.: Evaluation of selenium supply and status of inhabitants in three selected rural and urban regions of the Czech Republic. In: Biol. Trace Elem. Res., roč. 47, 1995, s. 365 – 375.
54. Langer, P.: Poruchy z nedostatku jódu na Slovensku. In: Lékařské listy, roč. 3, 1993, č. 7, s. 113 – 118.

55. Langer, P.: Gravidita a štítina žľaza – patofyziologický pohľad. In: Payer, J., Borovský, M.: Ochorenia štítnej žľazy v gynekologickej praxi. Media Group v.o.s., Bratislava, 1998, s. 12 – 23.
56. Límanová, Z., Němec, J., Zamrazil, V.: Nemoci štítné žlázy. Galena Praha, 1995, 180 s., ISBN 80 – 85824 – 25 – 6.
57. Ludku, M., Schöne, F.: Copper and iodine in pig diets with high glukosinolate rapeseed meat. II. Influence of iodine supplements for rations with rapessed meat untreated with copper ions on performance and thyroid hormone status of growing pigs. In: Anim. Fd. Sci. Technol., roč. 22, 1988, s. 33 – 34.
58. McDowell, L. R.: Minerals in animal and human nutrition. Academic Press. Inc. Harcourt Brace Jovanovich, Publisher, 1992, 524 s.
59. Mee, J. F., Rogers, P. A. M.: Prevalence of iodine, selenium, copper and kobalt deficiencies on irish cattle farms. Irish Veterinary Journal incoroporating Irish Veterinary Times, roč. 49, 1996, č. 9, s. 529 – 537.
60. Nehasilová, D.: Stopové prvky ve výživě hospodářských zvířat. In: Informační přehledy ÚZPI, 2005.
61. Oliveriusová, L.: Obsah jódu v prostředí v ČR. In: Sborník: Jak řešit nedostatek jódu v naší výživě. Státní zdravotní ústav Praha, roč. 8, 1997.
62. Pennington, J. A. T.: Iodine connentrations in US milk: variation due to time, season, and region. In: J. Dairy Sci., roč. 73, 1990, s. 3421 – 3427.
63. Philips, R. W.: Trace elements. In: Veterinary pharmacology and therapeutics., Vyd. 5. The Iowa: State University Press, 1982, 1134 s.
64. Písaříková, B., Herzig, I., Říha, J.: Anorganické anionty s možným strumigenním účinkem v pitných a napájacích vodách. In: Kábrtovy dietetické dny, Brno. In: Veterinární a farmaceutická univerzita, 1995, s. 101–105.
65. Písaříková, B., Herzig, I., Říha, J.: Inorganic anions with potential strumigenic effect in potable water for humans and animals. In: Vet. Med. – Czech, roč. 41, 1996, s. 33 – 39.
66. Podoba, J.: Účinnosť jódovej profylaxie endemickej strumy na Slovensku z hľadiska fyzikálneho a ultrasonografického vyšetrenia štítnej žľazy. In: Bratislavské lekárske listy, roč. 96, 1995, č. 11, 622 s.
67. Pohůnková, D., Němec, J.: Aktuální otázky endemické strumy a jodového deficitu. Čas. Lék. Čes., roč. 127, 1988, s. 641 – 647

68. Rao, R. S., Lakshmy, R.: Role of goitrogens in iodine deficiency disorders and brain development. In: Indian, J. Med. Res., roč. 102, 1995, s. 223 – 226.
69. Richter, G.: Einfluss der Jodversorgung der Legenhennen auf den Jodgehalt im Ei. In: Anke a kol. (Hrsg): Mengen und Spurenelemente 15. Arbeitstagung. Verlag Hafale Schubert, Leipzig, 1995, s. 457 – 464
70. Richter, G., Lemser, A., Bargholz, J.: Rapeseed and rapeseed meal as components in diets of laying hens. Arch Tierernähr, roč. 49, 1996, č. 3, s. 229 – 241.
71. Ryś, R., Wir – Konas, E., Pyska, H., Kuchta, M., Pietras, M.: Changes in egg iodine concentration in three hen strains in relation to iodine level in diets. Roczn. Nauk. Zoot., roč. 24, 1997, s. 229 – 242.
72. Ryšavá, L.: Vox Pediatrice – prosinec 2004, roč. 4, 2004, č. 10, s. 32 – 33.
73. Schöne, F.: Investigations into the use of rape with different glucosinolate content in growing pigs. A contribution for the evaluation of native harmful substances in the food. In: Dtsch. Tierärztl. Wschr., roč. 100, 1993, s. 94 – 99.
74. Schöne, F., Jahreis, G., Richter, G., Langer, R.: Evaluation of rapessed meals in broiler chicks-effect of iodine supply and glucosinolate degradation by myrosinase or copper. In: Fd. Agric., roč. 61, 1993a, s. 245 – 251.
75. Schöne, F., Groppe, B., Hennig, A., Jahreis, G.: Evaluation of diets with thioglucosides on growth, serum thyroid hormone level and thyroid iodine content in pigs. In: Delange, F. a kol. Iodine deficiency in Europe. Plenum Press New York, 1993b, 450 s.
76. Schreiber, V.: Štítná žláza: fyziologie a patofyziologie. AMI studio s.r.o., 1997, 5 s.
77. Slanina, L.: Vademecum veterinárního lékaře. Příroda Bratislava, 1991, 1182 s.
78. Stallard, L. C., McNabb, F. M.: The effect of different iodine availabilities on thyroid function during development in Japanese quail. Domest. Anim. Endocrinol, roč. 7, 1990, č. 2, s. 239 – 250.
79. Strmiska, R.: Poživatinové tabulky. Bratislava: Slovenská spoločnosť pre výživu, 1992, 133 s.
80. Suchý, P., Starková, E., Illek, J., Hertik, I.: Vliv jódu na metabolický profil, rozvoj gonád a spermiogeneze u samců plemenných kohoutů. In: Závěrečná zpráva za období 1996 – 2000. VFU Brno, 2001, 52 s.
81. Thér, R.: Eliminace jódového deficitu u hospodářských zvířat (disertační práce). JU České Budějovice, 2001, 149 s.

82. Trávníček, J.: Biologický účinek aditivního příjmu jódu u hospodářských zvířat (habilitační práce), 2000, s. 68 – 70.
83. Trávníček J., Kroupová V., Šoch M.: Iodine content in bulk feeds in western and southern Bohemia. Czech Journal of animal Science, roč. 49, 2004, č. 11, s. 483 – 484
84. Trávníček, J., Kroupová, V., Herzig, I., Kursa, J.: Iodine content in consumer hen eggs. In: Vet. Med., roč. 51, 2006, č. 3, s. 93–100
85. Turianica, I. M., Angelovičová, M., Rostoka, L., Habánová, M.: Kvalita mäsa domácich králikov a poľných zajacov žijúcich v horskej a nížinnej oblasti. In: Chov hospodárskych zvierat v podmienkach EÚ. Agrostar Nitra, 2004, s. 85 – 86.
86. Van der Heide, D., Schröder, Van der Elst, J. P.: Iodine and goitre in the Netherlands a role for nitrate pollution. In: Delange, F.: Iodine deficiency in Europe. Plenum Press New York, 1993, 450 s.
87. Zelenka, J., Zeman, L., Kočí, S., Kočíová, Z.: Potreba živin a tabulky výživné hodnoty krmiv pro drůbež ČAZV, Komise výživy hospodářských zvířat. Vyd. 1., 1993, 54 s.
88. Zrůnek, A.: Rostlinné strumigeny ve vztahu ke zdraví hospodářských zvířat. Veterinářství, roč. 39, 1989, č. 11, 483 s.