

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zemědělská fakulta

Katedra anatomie a fyziologie hospodářských zvířat

Studijní program: M4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Všeobecné zemědělství

Obsah mikroprvků v konzumních vejcích

Diplomová práce

Autor:

Hana Dušová

Vedoucí diplomové práce:

prof. Ing. Jan Trávníček, CSc.

ČESKÉ BUDĚJOVICE

2009

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Zemědělská fakulta
Katedra anatomie a fyziologie hospodářských zvířat
Akademický rok: 2006/2007

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Hana DUŠOVÁ**
Studijní program: **M4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Všeobecné zemědělství**

Název tématu: **Obsah mikroprvků v konzumních vejcích**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cíl práce: Obsah mikroprvků ve vejci je podmíněn jejich příjmem krmnou dávkou, úrovní metabolismu související intenzitou snášky a stádiem snáškového cyklu. V závislosti na jejich koncentraci mohou být vejce i jejich nezanedbatelným zdrojem v lidské výživě. Cílem práce je analyticky ověřit aktuální stav jodu (případně Zn a Cu) v konzumních vejcích.

Metodika: Jod případně zinek a měď budou stanoveny ve žloutku konzumních vajec získaných ve velkochovech a malochovech. Jejich obsah bude zhodnocen v souvislosti s příjmem, intenzitou snášky a dalšími charakteristikami chovů. Jod bude stanoven na katedře anatomie a fyziologie hospodářských zvířat metodou podle Sandell-Kolhoffa (Zn a Cu metodou AAS). Výsledky budou vyhodnoceny statisticky, zpracovány graficky a v diskusi zhodnoceny v závislosti na obdobných údajích prezentovaných v literatuře. Diplomová práce bude členěna na kapitoly: úvod, literární přehled, metodika a materiál, výsledky, diskuse a závěr.

Rozsah grafických prací: **tabulky a grafy**
Rozsah pracovní zprávy: **přibližně 40 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Sborník z mezinárodní konference: Trace elements in the food Chin, Budapešť 2006.

Kolektiv autorů: Regulace obsahu jodu v potravinách živočišného původu. Závěrečná zpráva výzkumného projektu NAZV, JU- ZF 2007.

Sborníky z mezinárodní konference: Macro and Trace Elements, Friedrich Schiller University Jena, ročníky 2000-2006.

Trávníček, J. a kol.: Iodine content in consumer hen eggs. Veterinární medicína, 51, (3), 2006, s. 93-100.

Kroupová, V. a kol.: Iodine content in egg yolk during its excessive intake by laying hens. Czech Journal of Animal Science, 44, 1999, s. 369-376.

Databáze: Atria, Agricola, Web of Science, příslušné odborné a vědecké časopisy.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jan Trávníček, CSc.**
Katedra anatomie a fyziologie hospodářských zvířat

Datum zadání diplomové práce: **15. března 2007**
Termín odevzdání diplomové práce: **30. dubna 2009**

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13
370 05 České Budějovice

prof. Ing. Martin Křížek, CSc.
děkan

L.S.

doc. Ing. Jan Trávníček, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 15. března 2007

Anotace

Název: Obsah mikroprvků v konzumních vejcích

Cílem diplomové práce bylo analyticky ověřit aktuální stav mikroprvků (jódu, mědi, zinku a manganu) v konzumních vejcích. Výsledky výzkumu přináší informace o obsahu sledovaných mikroprvků ve vaječném žloutku a významu vajec jako zdroje těchto mikroprvků pro výživu člověka. Vejce pocházela v roce 2007 i 2008 ze 13 malochovů a ze 7 velkochovů. Průměrný obsah jódu v čerstvém žloutku vajec z velkochovů byl v roce 2007 $1285,2 \pm 861,6 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, zinku $63,71 \pm 31,08 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, mědi $7,42 \pm 4,88 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a manganu $1,02 \pm 0,84 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Průměrný obsah jódu v čerstvém žloutku vajec z malochovů byl v roce 2007 $387,1 \pm 214,3 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, mědi $10,90 \pm 5,28 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, zinku $73,54 \pm 44,33 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a manganu $1,28 \pm 0,75 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. V roce 2008 byla průměrná koncentrace jódu v čerstvé hmotě žloutku vajec z velkochovů $1071,9 \pm 543,9 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, Cu $20,63 \pm 8,85 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, Zn $29,59 \pm 8,67 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a Mn $1,42 \pm 0,62 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. V roce 2008 byla průměrná koncentrace jódu čerstvé hmotě žloutku vajec z malochovů $340,7 \pm 330,6 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, mědi $17,95 \pm 6,19 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, zinku $33,10 \pm 7,97 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a manganu $1,22 \pm 0,54 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Vejce z velkochovů kryjí denní potřebu jódu dospělého člověka z 6,8 – 13,5%, mědi z 13 – 17,3%, zinku z 2,5 – 3,1% a manganu z 0,4 – 1,1%. Ze získaných výsledků vyplývá, že pouze obsah jódu ve žloutku je zřetelně ovlivněn jeho příjmem krmnou dávkou, intenzitou snášky a stádiem snáškového cyklu. U ostatních prvků uvedené závislosti nebyly jednoznačné. Koncentrace jódu ve vaječném žloutku byla stanovena spektrofotometricky metodou podle Sandell-Kolthoffa, modifikovanou Bednářem et al., (1964). Obsahy zinku, manganu a mědi ve vaječném žloutku byly stanoveny metodou plamenné absorpční spektrofotometrie (AAS).

Klíčová slova: vaječný žloutek, jód, měď, zinek, mangan

Annotation

Title: The content of the micronutrients in consumer eggs

The aim of the diploma work was to analytically verify the actual status of the micronutrients (iodine, copper, zinc and manganese) in consumer eggs. The results of the research gives information about the content of the observed micronutrients in egg yolk and the importance of eggs as a source of these micronutrients for the nutrition of people. The eggs came from 13 small flocks and 7 large flocks in both 2007 and 2008. The average content of iodine in fresh matter of yolk of the eggs from the large flocks in 2007 was $1285,2 \pm 861,6 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, zinc $63,71 \pm 31,08 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, copper $7,42 \pm 4,88 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ and manganese $1,02 \pm 0,84 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. The average content of iodine in fresh matter of yolk of the eggs from the small flocks in 2007 was $387,1 \pm 214,3 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, Cu $10,90 \pm 5,28 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, Zn $73,54 \pm 44,33 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a Mn $1,28 \pm 0,75 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. In 2008 the average concentration of iodine in fresh matter of yolk of the eggs from the large flocks was $1071,9 \pm 543,9 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, Cu $20,63 \pm 8,85 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, Zn $29,59 \pm 8,67 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a Mn $1,42 \pm 0,62 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. In 2008 the average concentration of iodine in fresh matter of yolk of the eggs from the small flocks was $340,7 \pm 330,6 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, Cu $17,95 \pm 6,19 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, Zn $33,10 \pm 7,97 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ and Mn $1,22 \pm 0,54 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. The Eggs from the large flocks cover 6,8 – 13,5% of the daily iodine requirement in adults, 13 – 17,3% of copper, only 2,5 – 3,1% of zinc and 0,4 – 1,1% of manganese. The gained results imply that only the content of iodine in the egg yolk is evidently affected by the intake of it in the feeding rations, the intensity of the egg production and the stage of the laying cycle. The stated relations were not definite with the other elements. The concentration of iodine in the egg yolk was assessed spectrophotometrically by the method of Sandell – Kolthoff, modified by Bednář et al., (1964). The content of zinc, manganese and copper in the egg yolk were assessed by the method of atomic absorption spectroscopy (AAS).

Key words: egg yolk, iodine, copper, zinc, manganese

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

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě, fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG, provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne 22. dubna 2009

Dušová.Hana.....

Děkuji prof. Ing. Janu Trávníčkovi, CSc. a pracovníkům laboratoře katedry anatomie a fyziologie hospodářských zvířat, především paní Ing. Staňkové a paní Richterové za připomínky, pomoc a cenné rady při realizaci mé diplomové práce.

Použité zkratky:

USDA – United States Department Of Agriculture

NRC – National Research Council

WHO – World Health Organization

KS – krmná směs

OBSAH

1. ÚVOD	11
2. LITERÁRNÍ REŠERŠE	12
2.1 Minerální látky ve vejcích	12
2.2 Jód	13
2.2.1 Význam a výskyt jódu	13
2.2.2 Funkce jódu a jeho význam pro štítnou žlázu	14
2.2.3 Obsah jódu v konzumních vejcích	15
2.2.4 Potřeba jódu pro drůbež	17
2.2.5 Problematika nadbytečného příjmu jódu u slepic	17
2.2.6 Obsah jódu v rostlinných a živočišných potravinách	18
2.2.7 Vztah jódu k ostatním minerálním látkám	19
2.2.8 Důsledky nepřiměřeného příjmu jódu u lidí	20
2.2.9 Možnosti řešení jódového deficitu	20
2.3 Měď	21
2.3.1 Význam, výskyt a funkce mědi	21
2.3.2 Obsah mědi v konzumních vejcích	22
2.3.3 Potřeba mědi pro drůbež	23
2.3.4 Problematika nadbytečného příjmu mědi u slepic	24
2.3.5 Vztah mědi k ostatním minerálním látkám	25
2.3.6 Obsah mědi v rostlinných a živočišných potravinách	25
2.4 Zinek	26
2.4.1 Význam, výskyt a funkce zinku	26
2.4.2 Obsah zinku v konzumních vejcích	27
2.4.3 Potřeba zinku pro drůbež	29
2.4.4 Problematika nadbytečného příjmu zinku u slepic	29
2.4.5 Vztah zinku k ostatním minerálním látkám	30
2.4.6 Obsah zinku v rostlinných a živočišných potravinách	31
2.5 Mangan	32
2.5.1 Význam, výskyt a funkce manganu	32
2.5.2 Obsah manganu v konzumních vejcích	33
2.5.3 Potřeba manganu pro drůbež	33
2.5.4 Problematika nadbytečného příjmu manganu u slepic	34
2.5.5 Vztah manganu k ostatním minerálním látkám	35
2.5.6 Obsah manganu v rostlinných a živočišných potravinách	35

3. METODIKA A MATERIÁL	37
3.1 Původ vajec	37
3.2 Hodnocení obsahu mikroprvků	37
3.3 Vyhodnocení obsahu mikroprvků ve vaječném žloutku	38
3.4 Metoda stanovení jódu	38
3.5 Metoda stanovení zinku, manganu a mědi	39
3.6 Statistické vyhodnocení	40
3.7 Charakteristika nosných hybridů z velkochovů a malochovů	41
4. VÝSLEDKY	43
4.1 Obsah jódu ve vaječném žloutku	43
4.1.1 Obsah jódu ve žloutku vajec z velkochovů	43
4.1.1.2 Obsah jódu ve vaječném žloutku v závislosti na jeho příjmu, na intenzitě snášky, stádiu snáškového cyklu a kvalitativních parametrech vajec	45
4.1.1.2.1 Obsah jódu ve vaječném žloutku v závislosti na jeho příjmu krmnou dávkou	45
4.1.1.2.2 Obsah jódu ve vaječném žloutku v závislosti na snáškovém cyklu a intenzitě snášky	45
4.1.1.2.3 Závislost obsahu jódu ve žloutku na hmotnosti vejce a hmotnosti žloutku	46
4.1.2 Obsah jódu ve žloutku vajec z malochovů	47
4.1.2.1 Závislost obsahu jódu ve žloutku na hmotnosti vejce a hmotnosti žloutku	49
4.1.3 Dynamika obsahu jódu ve žloutku v letech 1996 – 2008	50
4.1.4 Vyjádření podílu vajec z velkochovů a malochovů na krytí denní potřeby jódu člověka	51
4.2 Obsah mědi ve vaječném žloutku	51
4.2.1 Obsah mědi ve žloutku vajec z velkochovů	51
4.2.1.2 Obsah mědi ve vaječném žloutku v závislosti na jejím příjmu, na intenzitě snášky, stádiu snáškového cyklu a kvalitativních parametrech vajec	53
4.2.1.2.1 Obsah mědi ve vaječném žloutku v závislosti na jejím příjmu krmnou dávkou	53
4.2.1.2.2 Obsah mědi ve vaječném žloutku v závislosti na snáškovém cyklu a intenzitě snášky	54
4.2.1.2.3 Závislost obsahu mědi ve žloutku na hmotnosti vejce a hmotnosti žloutku	54
4.2.2 Obsah mědi ve žloutku vajec z malochovů	55
4.2.2.1 Závislost obsahu mědi ve žloutku na hmotnosti vejce a hmotnosti žloutku	57
4.2.3 Vyjádření podílu vajec z velkochovů a malochovů na krytí denní potřeby mědi člověka	58

4.3 Obsah zinku ve vaječném žloutku	58
4.3.1 Obsah zinku ve žloutku vajec z velkochovů	58
4.3.1.2 Obsah zinku ve vaječném žloutku v závislosti na jeho příjmu, na intenzitě snášky, stádiu snáškového cyklu a kvalitativních parametrech vajec	60
4.3.1.2.1 Obsah zinku ve vaječném žloutku v závislosti na jeho příjmu krmnou dávkou	60
4.3.1.2.2 Obsah zinku ve vaječném žloutku v závislosti na snáškovém cyklu a intenzitě snášky	61
4.3.1.2.3 Závislost obsahu zinku ve žloutku na hmotnosti vejce a hmotnosti žloutku	61
4.3.2 Obsah zinku ve žloutku vajec z malochovů	62
4.3.2.1 Závislost obsahu zinku ve žloutku na hmotnosti vejce a hmotnosti žloutku	64
4.3.3 Vyjádření podílu vajec z velkochovů a malochovů na krytí denní potřeby zinku člověka	65
4.4 Obsah manganu ve vaječném žloutku	65
4.4.1 Obsah manganu ve žloutku vajec z velkochovů	65
4.4.1.2 Obsah manganu ve vaječném žloutku v závislosti na jeho příjmu, na intenzitě snášky, stádiu snáškového cyklu a kvalitativních parametrech vajec	67
4.4.1.2.1 Obsah manganu ve vaječném žloutku v závislosti na jeho příjmu krmnou dávkou	67
4.4.1.2.2 Obsah manganu ve vaječném žloutku v závislosti na snáškovém cyklu a intenzitě snášky	68
4.4.1.2.3 Závislost obsahu manganu ve žloutku na hmotnosti vejce a hmotnosti žloutku	68
4.4.2 Obsah manganu ve žloutku vajec z malochovů	69
4.4.2.1 Závislost obsahu manganu ve žloutku na hmotnosti vejce a hmotnosti žloutku	71
4.4.3 Vyjádření podílu vajec z velkochovů a malochovů na krytí denní potřeby manganu člověka	72
5. DISKUSE	73
6. ZÁVĚR	81
6.1 Doporučení pro praxi	83
7. PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY	84
7.1 Internetové zdroje	93
8. PŘÍLOHY	94

1. ÚVOD

Při spalování organické hmoty rostlin a živočišných tkání se uvolňuje oxid uhličitý, voda a amoniak, zatímco anorganické látky zůstávají jako usazeniny - popel. Prvky, které se nachází v tomto popelu patří mezi minerální prvky (Georgievskij et al., 1982).

Funkce minerálních látek je velmi všestranná a do organismu vstupují především prostřednictvím potravy a tekutin, někdy i vdechovaným vzduchem a přes kůži (Čermák et al., 2002). Minerální látky obsažené v těle živočichů v relativně velkém množství jsou označovány jako makroprvky (Ca, P, Mg, Na, S, K a Cl). Naopak minerální látky, jejichž koncentrace je v těle živočichů nízká, jsou označovány jako mikroprvky nebo také stopové prvky (Fe, Mn, Zn, Mo, Co, Cu, Se, F, Cr, Sn, Si, Ni, I a V). Mikroprvky jsou v tkáních obsaženy v množství asi 10^{-6} až 10^{-9} mg·kg⁻¹ a jsou pro život všech živočichů nezbytné a nemohou být nahrazeny jinými prvky nebo sloučeninami (Illek, 2003).

Mikroprvky jsou nezbytné pro udržení zdraví zvířat a zachování odpovídající produkce. Nedostatek mikroprvků může mít za následek snížení produkce, poruchy plodnosti a zastavení růstu (Fisher, 2008). Ze sledovaných mikroprvků je jód důležitý pro syntézu hormonů štítné žlázy a je její nezbytnou součástí. Ovlivňuje tak celou řadu fyziologických procesů. Přestože je jeho důležitost dostatečně známa, trpí jeho nedostatkem asi 1,6 miliard lidí. (Augustín a Dandár, 2006). Zvýšení jeho obsahu v mase, mléce a vejcích se jeví, kromě jodizace soli, jako vhodné řešení jeho nedostatku (Franke et al., 2008). Zinek je esenciálním stopovým prvkem potřebným pro všechny buňky v organismu. Je důležitým katalyzátorem řady metabolických přeměn, reguluje enzymatické pochody a má význam pro svalovou kontrakci. Měď se například jako složka řady enzymů podílí na metabolických pochodech organismu a na buněčném dýchání, většinou v součinnosti se zinkem. Mangan je nezbytný pro normální chod organismu. Podporuje například správný růst kostí, zúčastňuje se přeměny tuků, cukrů a bílkovin a podporuje proces hojení (Augustín a Dandár, 2006).

Cílem mé diplomové práce bylo analyticky ověřit aktuální stav mikroprvků (jódu, mědi, zinku a manganu) v konzumních vejcích. Práce byla rozšířena o zhodnocení významu vajec jako zdroje sledovaných mikroprvků pro lidskou výživu.

2. LITERÁRNÍ REŠERŠE

2.1 Minerální látky ve vejcích

Z biologického hlediska má vejce za úkol vytvářet nový organismus, a proto obsahuje výživné složky nezbytné pro vývoj zárodku. Jako obligatorní složka lidské výživy obsahuje důležité plnohodnotné bílkoviny, nepostradatelné aminokyseliny, lipidy, je bohaté na lecitin a vitamíny. Minerální látky ve vejci tvoří důležité makroelementy i mikroelementy, nezbytné k regulaci látkové přeměny v lidském organismu (Šatava, 1984).

Simeonová et al., (1999) a Steinhauserová et al., (2003) zjistily, že nejvíce je ve žloutku zastoupen fosfor (vázaný ve fosfolipidech), železo, mangan, selen, kobalt, nikl, chrom, měď a jód. Velmi nízký je obsah sodíku. Steinhauserová et al., (2003) uvádí, že v bílku jsou minerální látky tvořeny sodíkem, hořčíkem, železem, fosforem, selenem, bromem, draslíkem, vápníkem, zinkem, manganem, sírou, chlorem a jódem a kolísají v rozmezí 0,6 – 0,95%.

Obsah minerálních látek ve žloutku je velmi nestálý a kolísá v širokých mezích i u téže nosnice vlivem krmiva, prostředí i ročního období (Simeonová et al., 1999; Steinhauserová et al., 2003).

Podle Simeonové et al., (1999) je ve světlém žloutku obsah minerálních látek téměř 8 krát vyšší než v tmavém žloutku. V tabulce 1 a 2 je uveden obsah některých minerálních látek ve žloutku a v bílku.

Tabulka 1. Obsah minerálních látek a mikroprvků ve žloutku (průměrné hodnoty v mg·100g⁻¹) (Simeonová et al., 1999)

Prvek	Obsah	Prvek	Obsah
sodík	51,0	draslík	138,0
hořčík	16,0	vápník	140,0
baryum	2,25	železo	7,2
zinek	3,8	chrom	0,02
molybden	0,017	fosfor	590,0
síra	160,0	selen	30,0
fluor	0,03	chlor	140,0
brom	0,49	jód	0,000003

Tabulka 2. Obsah minerálních látek a mikroprvků v bílku (průměrné hodnoty v mg·100g⁻¹) (Simeonovová et al., 1999)

Prvek	Obsah	Prvek	Obsah
sodík	170,0	draslík	154,0
hořčík	12,0	vápník	11,20
baryum	0,35	železo	0,20
zinek	0,02	brom	0,49
mangan	0,04	fosfor	21,0
síra	195,0	selen	5,0
chlor	170,0	jód	0,0068

2.2 Jód

2.2.1 Význam a výskyt jódu

Výsledkem pokusu získat z mořských řas potaš pro výrobu ledku, který provedl v roce 1811 v domácí laboratoři francouzský lékárník, průmyslový chemik a výrobce ledku Bernard Courtois, byly z popele vystupující modrofialové páry, které kondenzovaly v modročerné krystaly. Teprve o dva roky později bylo zjištěno, jak významný objev se mu podařil. Z par získané krystaly byly dosud neznámým chemickým prvkem. Byl nazván jód podle řeckého slova „ioeidés“ fialový (Greenwood a Earnshaw, 1993; Roedigerová – Streubelová, 1997).

Jód je významným biogenním prvkem, jehož obsah v zemské kůře a hydrosféře je 0,46 mg·kg⁻¹. V přírodě se vyskytuje hlavně ve formě jodidů, ve velmi malých koncentracích je průvodcem sloučenin chloru a bromu. Největší množství jódu je v mořské vodě, přestože 1 litr obsahuje pouze 2 až 3 mg jódu (Hubáček et al., 1993). Větší množství sloučenin jódu obsahuje popel některých druhů mořských řas (*Laminaria a Fucus*), které v sušině obsahují až 0,45 hmotnostních % jódu (Greenwood a Earnshaw, 1993).

Jód se z půdy, vody a ovzduší dostává do rostlin. Jeho obsah v půdě a rostlinách klesá se vzrůstající vzdáleností od moře. Nízký obsah jódu je např. v Alpách, Himalájích, Číně, Novém Zélandu, USA, Asii, Austrálii a v zemích střední Afriky. V těchto částech světa se také často vyskytuje endemická struma (Latham, 1997). Podle Dvořáka (2002) se naopak vysoký obsah jódu vyskytuje v některých minerálních vodách (v ČR Luhačovice).

Nedostatek jódu v některých oblastech má nepříznivý vliv na člověka i na hospodářská zvířata. Může mít za následek snížený růst a poruchy reprodukce u skotu, koz a drůbeže (Latham, 1997). Naopak nadbytek jódu je zvířaty docela dobře tolerován (přijatý jód se snadno vyloučí močí) a až jeho enormě vysoký příjem může vyvolat poruchy zdravotního stavu, které souvisejí s navozením hyperfunkce štítné žlázy (Illek, 2003).

2.2.2 Funkce jódu a jeho význam pro štítnou žlázu

Jód se nachází ve všech tělních tkáních i tekutinách a pravděpodobně i ve všech buňkách. Soustřeďuje se však ve štítné žláze (Georgievskij et al., 1982). Štítná žláza je uložena na krku povrchně a je tvořena dvěma laloky, které jsou spojené istmem před průdušnicí. Nezvětšená není zřetelná ani hmatná a její hmotnost je u lidí asi 20 – 40 g (Poršová – Dutoit, 1995). U slepic nosného hybrida Hisex Brown zjistili Trávníček et al., (1999) hmotnost štítné žlázy mezi 0,18 – 0,21 g.

Po požití se jód vstřebává v gastrointestinálním traktu téměř stoprocentně a během 24 hodin se 40 – 70% tohoto množství dostane do štítné žlázy. Hormony štítné žlázy zpětně uvolní jód, který je převážně vyloučen ledvinami (Roedigerová – Streubelová, 1997). Relativně značné množství jódu je vylučováno kolostrem a mlékem (Illek, 2003).

Jód využívá štítná žláza k syntéze hormonů tyroxinu (T_4) a trijodtyroninu (T_3). Štítná žláza produkuje denně asi 80 μg T_4 a 20 μg T_3 . Tyreoidální hormony obsahují asi 59 – 65% jódu. Proto doporučený příjem jódu je u lidí přibližně 150 – 200 $\mu\text{g}/\text{den}$. Již při příjmu nižším než 50 $\mu\text{g}/\text{den}$ dochází k poruchám štítné žlázy (Límanová et al., 1995).

Tyroxin a trijodtyronin ovlivňují mnoho fyziologických procesů v organismu, zejména metabolismus lipidů, sacharidů a bílkovin. Mají účinek kalorigenní, působí na růst a vývoj, ovlivňují nervové funkce a sexuální vývoj (Watkins et al., 1982; Poršová – Dutoit, 1995). Faktory, které omezují funkci štítné žlázy u lidí platí i pro hospodářská zvířata a ty také podobně reagují na suplementaci jódem. Mezi tyto faktory patří environmentální nedostatek jódu, přítomnost strumigenů v potravě, nedostatek dalších mikroprvků ve výživě (selen a železo) a environmentální faktory jako chladový stres, který zvyšuje bazální metabolismus. Správná funkce štítné žlázy zvyšuje u

hospodářských zvířat produkci zahrnující mléčnou užitkovost, produkci vajec, růst vlny a reprodukční funkce (Underwood a Suttle, 1999).

Strumigeny jsou látky, které narušují normální průběh syntézy hormonů štítné žlázy (Kalač, 2001). Mezi strumigeny patří glukosinoláty, dusičnany, dusitany, kyanogenní glykosidy, huminové látky a izoflavonoidy (Illek, 2003). Vyskytují se v rostlinách například v řepce, brukvi, mrkvi, zelí a dalších rostlinách. Strumigenně působí i rašelinná voda (Marádová, 2007). Vlivem strumigenů na zdravotní stav nosnic se zabýval Trávníček et al., (1999). Zjistil, že strumigenní účinek 80 mg dusičnanů na kg napájecí vody, bez kompenzace alespoň 0,5 mg I·kg⁻¹ krmiva, působící po dobu 30 dnů nevyvolal nápadné zdravotní odchylky a patologickoanatomické změny. Naopak Schöne et al., (1993) uvádí výskyt těžké strumy, zastavení růstu, nedokonalé opeřování a poškození končetin u brojlerů krmených extrahovaným šrotem s obsahem glukosinolátů a nedostatkem jódu.

2.2.3 Obsah jódu v konzumních vejcích

Homeostáza jódu je určena nasyceností organismu jódem, činností štítné žlázy a mírou resorpce a exkrece jódu (Illek, 2003). Koncentrace I ve vejcích je závislá na jeho příjmu krmivem a jeho převážná část se nachází ve žloutku (Georgievskij et al., 1982; Lewis, 2004). Souci et al., (2000) uvádí obsah jódu 8 – 16 μg·100g⁻¹ tekutého žloutku. Haldimann et al., (2005) uvádí 1 600 μg·kg⁻¹ jako průměrný obsah jódu ve vejcích pocházejících ze švýcarských chovů. Naopak výrazně nižší obsah jódu v roce 2003 v norských vejcích, pouze 450 μg·kg⁻¹, uvádí Dahl et al., (2004). Ve vejcích pocházejících z britských chovů byl také v roce 1991 zjištěn poměrně nižší obsah jódu, který se pohyboval okolo 340 μg·kg⁻¹ (Lee et al., 1994). Georgievskij et al., (1982) udává obsah jódu ve vejcích 5 – 12 μg, Food Standards Agency (2002) naopak až 27 μg ve vejci o hmotnosti 58 g.

Průzkumy orientované na stanovení obsahu jódu ve vaječném žloutku vajec pocházejících z velkochovů prokázaly v letech 2003 a 2004 významný vzestup z hodnoty 762 ± 250 μg I·kg⁻¹ čerstvé hmoty v roce 1996 na 1125 ± 217 v roce 2003 a 1057 ± 333 μg I·kg⁻¹ čerstvé hmoty v letech 2003 a 2004 (Trávníček et al., 2005). Také v roce 2005 vzrostl obsah jódu ve žloutku vajec z velkochovů o 123,7% a o 19,2% ve

žloutku vajec z malochovů ve srovnání s rokem 1996 (Trávníček et al., 2006b). Tyto výsledky ukazují na zvyšující se obsah jódu ve vejcích z velkochovů ve světě i v České republice vlivem suplementace krmiva jódem.

Trčková et al., (2003) sledovali vliv přídatku jodidu draselného na obsah jódu ve žloutku. Ve skupině nosnic, která přijala jednorázovou dávkou 10 mg I·kg⁻¹ živé hmotnosti byl pátý den po podání jódu jeho obsah ve žloutku 12,863 ± 3,269 mg·kg⁻¹, přičemž nebyl potvrzen vliv přídatku jódu na produkci vajec a vaječné hmoty. Kroupová et al., (1998) zjistili po přídatku 15 mg I·kg⁻¹ krmiva obsah jódu ve žloutku 23 592 ± 9 436 μg·kg⁻¹ čerstvé hmoty.

Yalcin et al., (2004) sledovali obsah jódu, další parametry vajec a výkonnost nosnic, při suplementaci krmiva jódem. U nosnic, které byly krmeny 12 mg I·kg⁻¹ krmiva došlo ke zvýšení spotřeby krmiva v porovnání se skupinami krmenými 0 a 6 mg I·kg⁻¹ krmiva. Nosnice krmené 12 a 24 mg I·kg⁻¹ krmiva měly nižší hmotnost vajec než skupina, která jód nedostávala. Vzhledem k těmto výsledkům se domnívají, že suplementace do 6 mg I·kg⁻¹ krmiva je adekvátní a nemá nepříznivé účinky na produkci a kvalitu vajec a celkovou výkonnost nosnic.

Zvýšení obsahu I ve vejcích po přidání stabilního koncentráту jódu v množství 1 a 4 mg I·kg⁻¹ krmiva zjišťovali Čepulienė et al., (2008). Obsah jódu ve vejcích se zvýšil o 24% (z 5,8 na 7,2 μg·100g⁻¹) a o 196% (z 5,8 na 17,2 μg·100g⁻¹) v porovnání s nosnicemi krmenými pouze směsí s jodidem draselným. Také Herzig et al., (2002) experimentálně prokázali vliv jednorázové vnitrosvalové aplikace jodovaných esterů mastných kyselin (JEMK) na statisticky významně vyšší hladiny jódu ve žloutku. Aplikace JEMK řeší neprodleně deficit jódu v krmné dávce a omezuje působení strumigenů přijímaných krmivem nebo vodou. Aplikace JEMK také pozitivně ovlivnila hmotnost vajec.

Kroupová et al., (1999) zjišťovali zvyšování obsahu jódu ve žloutku se zvyšujícím obsahem jódu v krmivu. Nosnice přijímaly neomezené množství směsi pro nosnice N1 s obsahem jódu od 0,3 – 0,7 mg·kg⁻¹ KS. Vaječný žloutek obsahoval jód v koncentracích od 924 ± 121 μg·kg⁻¹ do 1974 ± 243 μg·kg⁻¹ čerstvé hmoty. V případě přídatku 3,5 mg I·kg⁻¹ dosahoval obsah jódu 5 000 až 20 000 μg·kg⁻¹ čerstvého žloutku.

Trávníček et al., (2006b) zjišťovali obsah jódu ve vejcích z velkochovů a malochovů v České republice v letech 2004 a 2005. Obsah jódu ve žloutku vajec z velkochovů byl v roce 2004 průměrně 1014,1 ± 356,6 a v roce 2005 1663,8 ± 1179,7 μg·kg⁻¹ čerstvé hmoty (P < 0,01). Ve žloutku vajec z malochovů byl obsah jódu 307,1 ± 255,7 v roce 2004 a v roce 2005 519,5 ± 508,2 μg·kg⁻¹ čerstvé hmoty (P < 0,01). Obsah jódu v bílku

byl $16,2 \pm 9,7 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty a podílel se na celkovém obsahu jódu v 1 vejci ze 2,6 - 5,0%.

2.2.4 Potřeba jódu pro drůbež

Jód je pro drůbež esenciálním prvkem a působí pozitivně na celkový zdravotní stav nosnic. Při jeho nedostatku se zvětšuje štítná žláza, drůbež pomalu roste a ukládá mnoho tuku (Zelenka a Zeman, 2006). Akutní deficit jódu u dospělých slepic snižuje líhnivost vajec a embryonální hmotnost kuřat (Georgievskij et al., 1982). Jód se doplňuje se ve formě jodidu draselném, jodidu sodném a jodičnanu vápenatém (Zelenka a Zeman, 2006). Zelenka et al., (2006) udávají potřebu jódu pro slepice nosného typu produkující konzumní vejce 1 mg jódu na kg krmné směsi (při spotřebě 115 g krmiva na den).

2.2.5 Problematika nadbytečného příjmu jódu u slepic

Řízené zvyšování obsahu jódu ve vejcích vychází z experimentálních poznatků o faktorech uplatňujících se na poměrně snadném přestupu jódu do vaječného žloutku. Na přednostní vychytávání jódu ve vaječniku slepic a na tisícinásobné zvýšení jeho obsahu ve vejcích nosnic přijímajících 100 – 150 mg jódu na kus a den upozornila, jak uvádějí Underwood (1977) a McDowell (1992), již před třiceti lety řada autorů. Tato vysoká zátěž měla negativní vliv na produkci vajec.

Při interpretaci vlivu různých faktorů na stav jódu ve žloutku je nutné počítat se zákonitostmi homeostázy a homeorheze při nadbytečném příjmu jódu nosnicemi. Zvyšování obsahu jódu v krmivu vede ke zvyšování jeho koncentrace ve žloutku a v krevní plasmě (Bobek, 1998). NRC (2005) uvádí jako maximální obsah jódu v krmivu pro drůbež hranici $300 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Lewis (2004) zjistil, že kromě zvýšené koncentrace jódu ve žloutku, dochází i k nežádoucím účinkům vyvolaných vysokými dávkami jódu. Koncentrace přibližně 2 500 mg I $\cdot\text{kg}^{-1}$ krmiva potlačuje ovulaci a ukončuje produkci vajec. Zvyšuje se embryonální mortalita a počet mrtvě narozených kuřat, snižuje se plodnost kohoutů větším výskytem

mrtvých spermií. Vysoké koncentrace jódu potlačují i růst u masných typů kuřat. Přerušení snášky a zhoršení líhivosti vajec udávají také Georgievskij et al., (1982) při dávkách převyšujících 300 až 1000 násobně optimální potřebu jódu pro nosnice.

Trávníček et al., (1999) zjistili, že ještě $15 \text{ mg I}\cdot\text{kg}^{-1}$ krmiva nemá vliv na zhoršení kondice, nedochází ani k onemocnění ani k úhynům, neprojevuje se také významně na změnách hmotnosti štítné žlázy, ale snižuje se výška tyreocytů.

2.2.6 Obsah jódu v rostlinných a živočišných potravinách

Obsah jódu v rostlinných a živočišných potravinách závisí především na obsahu jódu v půdě, který je velmi proměnlivý. Rostliny obsahují jód v ultramikromnožstvích (kromě řas, které ho soustřeďují) a pravděpodobně nemá pro jejich život podstatnou úlohu. Ani rostlinná krmiva neobsahují mnoho jódu, krmné plodiny $200 - 400 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny, zrno pouze $50 - 300 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a okopaniny $200 - 500 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Georgievskij et al., 1982). Naopak mořské ryby a mušle obsahují velké množství jódu. V rámci každodenního příjmu jódu zajišťují jeho příjem mléko, ryby a vejce. Až 20% jódu v rybách může být zničeno smažením a grilováním a až 60% vařením (Agerbo a Andersen, 1997). Franke et al., (2008) zjistili, že z přijatého jódu se 80% nachází ve štítné žláze, 14% ve vnitřnostech/krvi, 5% ve svalech/tuku a 1% v kostech. V tabulce 3 jsou uvedeny potraviny zvláště bohaté na jód (Roedigerová – Streubelová, 1997).

Z živočišných potravin obsahuje relativně vysoké množství jódu mléko, je to především jód pocházející ze suplementace krmiva tímto prvkem. Množství jódu vylučovaného do mléka není limitováno jako u jiných prvků a jeho koncentrace v mléce se velice rychle mění v závislosti na jeho obsahu v krmivu (Swanson et al., 1990; Herzig et al., 2003). Používáním prostředků obsahujících jód (např. Jodonal B) při hygieně mléčné žlázy se může obsah jódu v mléce zvyšovat (Herzig et al., 1999; Underwood a Suttle, 1999).

Trávníček et al., (2006a) zjistili průměrný obsah I v syrovém mléce $442,5 \pm 185,6 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Obsahem jódu ve svalovině jatečného skotu se zabývali Haldimann et al., (2005) a uvádí jeho průměrný obsah $41,0 \pm 3,0 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Herzig et al., (2007) zjistili průměrný obsah jódu v prsní svalovině brojlerů $18,9 \pm 6,71 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a ve stehenní svalovině až

$38,1 \pm 19,79 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Ve stehenní svalovině prasat zjistili také Herzig et al., (2005b) průměrnou koncentraci jódu $25,6 \pm 15,5 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Tabulka 3. Potraviny zvláště bohaté na jód (Roedigerová – Streubelová, 1997)

100 ml mléka plnotučného (3,5 % tuku)	11 μg
100 g brokolice (vařené)	13 μg
100 g hřebenatek	120 μg
100 g humrů	100 μg
1 g jodidované soli	20 μg
100 g krabů	130 μg
100 g makrely	74 μg
100 g mořského okouna	99 μg
100 g mrkve (syrové)	10 μg
100 g mušlí	120 μg
100 g tvarohu (10 – 20 % tuku v sušině)	35 μg
100 g sýra plátkového (45 %)	40 μg
100 g špenátu	12 μg
1 kus vejce (asi 58 g)	10 μg

2.2.7 Vztah jódu k ostatním minerálním látkám

Jód může působit s ostatními prvky synergicky nebo antagonisticky. Synergicky působí např. fosfor, měď a další (Pohůnková a Němec, 1988). Metabolismus jódu negativně ovlivňuje nadbytek fluoru, arsenu a vápníku, nadbytek nebo nedostatek kobaltu a snížené vychytávání manganu (Underwood a Suttle, 1999). Pro metabolismus hormonů štítné žlázy je nezbytný jód, železo, selen a zinek. Nedostatek železa narušuje tvorbu hormonů štítné žlázy a kombinace nedostatku Se a I vede k myxedématickému kretenismu. Dostatek selenu podporuje tvorbu hormonů štítné žlázy a jejich metabolismus a chrání štítnou žlázu před účinky nadměrného příjmu jódu (Zimmermann a Kohrle, 2002).

2.2.8 Důsledky nepřiměřeného příjmu jódu u lidí

Pro růst a vývoj celého organismu, především mozku, je velmi nežádoucí nedostatek jódu. Vliv jeho nedostatku se projevuje ve všech etapách života, je důležitý již pro plod během nitroděložního vývoje, stejně tak i pro dospělé. Nedostatek jódu je celosvětovým problémem lidstva a životního prostředí. Podle WHO trpí nedostatkem jódu čtvrtina obyvatelstva (Dvořák, 2002).

Mezi nejčastější onemocnění štítné žlázy z nedostatku jódu patří endemická struma. Pokud klesne příjem jódu potravou na přibližně 50 µg na den u dospělých, tak štítná žláza začne vyrovnávat nedostatek jódu pomalým zvětšováním. Při chronickém nedostatku jódu v potravě se štítná žláza začne zvětšovat již během dětství a dále se výrazně zvětšuje v pubertě, především u dívek. Nejzávažnějším nevratným důsledkem nedostatku jódu je kretenismus. Vyskytuje se u dětí narozených matkám, které trpí nedostatkem jódu. Děti jsou postižené mentální a fyzickou retardací (Latham, 1997). Nedostatek jódu může být i jednou z příčin hypotyreózy. Hypotyreóza - snížená činnost štítné žlázy je komplex onemocnění, jejichž společným rysem je nedostatek hormonů štítné žlázy (Stárka et al., 1997). Mezi příznaky hypotyreózy patří podle Teppermana (1973) nespavost, citlivost na chlad, snížený krevní tlak, zastavení růstu, poruchy reprodukce, zvýšená náchylnost k infekcím a další. Naopak nadměrný přísun jódu může být jednou z mnoha příčin hypertyreózy. Hypertyreóza - zvýšená činnost štítné žlázy je stav vyvolaný nadměrným množstvím tyreoidálních hormonů v tkáních. Mezi příznaky hypertyreózy patří únava, třes, úbytek váhy, průjem, zvýšený lesk očních bulbů, neustálý hlad, poruchy reprodukce, nesnášenlivost tepla a další (Poršová – Dutoit, 1995; Dvořák, 2002).

2.2.9 Možnosti řešení jódového deficitu

Česká republika má dlouhou historii nedostatku jódu. Iodizace soli byla zavedena v roce 1947 a poté následovala postupná úprava jódového deficitu (Zamrazil et al., 2004). V současné době prováděné studie však prokázaly, že deficit jódu se stále v některých oblastech vyskytuje a v těchto oblastech klesá jodurie i k 50 µg·ml⁻¹. Proto

se dnes doporučuje podávat jód dospívajícím, těhotným a kojícím ženám v dávce 100 μg denně (Límanová et al., 1995). Doporučený denní příjem jódu je podle Roedigerové – Streubelové, (1997) pro kojence do 4 měsíců 50 μg , pro děti do 4 let 100 μg , pro děti do 7 let 100 - 120 μg , pro děti do 10 let 100 - 140 μg , pro děti do 13 let 100 - 180 μg , pro dospívající a dospělé 100 - 200 μg , pro těhotné ženy 150 - 230 μg a pro kojící matky 180 - 260 μg .

Latham (1997) a Tepperman (1973) uvádějí, že pro odstranění jódového deficitu je obvyklou a často i nejlepší volbou jodizace soli. Kurša et al., (2000), Marádová (2007), Thamm (2007) a Franke et al., (2008) se domnívají, že nejefektivnější cestou je kromě jodizace soli zvýšení obsahu jódu v mase, mléce, mléčných produktech a vejcích obohacováním krmných směsí jódem. Tyto závěry potvrdily i výzkumy Zamrazila et al. (2004), kdy došlo ke zvýšenému vylučování jódu močí u pokusných osob během zimního období. To bylo způsobeno vyšší suplementací skotu jódovými preparáty a jeho následným uvolňováním do masa a především mléka.

2.3 Měď

2.3.1 Význam, výskyt a funkce mědi

Měď je podle tradičního způsobu použití spolu se zlatem a stříbrem označována jako mincovní kov. Měď je známa již 7 000 let a před 5 000 lety, kdy lidstvo objevilo schopnost mědi tvořit s cínem tvrdé bronzы, začala doba bronzová (Toužín, 2001). Obsah mědi v zemské kůře je 68 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a měď se vyskytuje nejčastěji ve sloučeninách se sírou, nebo ve formě oxidů a uhličitánů (Greenwood a Earnshaw, 1993; Toužín, 2001).

Měď patří mezi biologicky důležité mikroprvky. Nízký obsah mědi v horninách a tím i v půdách ovlivňuje všechny poruchy z nedostatku tohoto prvku. V půdách se iont mědi vyskytuje nejvíce v černozemích a nejméně v rašelinných půdách (Hubáček et al., 1988).

Obsah mědi v organismu je poměrně malý a mění se s příjmem mědi v potravě (Čermák et al., 2002). V tkáních novorozených mláďat je obsah mědi 2 – 3 krát vyšší než u dospělých zvířat (Zalabák a Kejmar, 1980). Například tělo vylíhnutého kuřete obsahuje 0,06 – 0,08 mg mědi (Georgievskij et al., 1982).

Funkce mědi v organismu je však velmi mnohostranná. Je nezbytná pro tvorbu pigmentů, elastinu, kolagenu, ovlivňuje metabolismus kostí, krvetvorbu, keratinizaci chlupů, reprodukční funkce i činnost nervové soustavy. Měď je složkou a aktivátorem důležitých enzymů. Jejich prostřednictvím zasahuje do řady biochemických reakcí a ovlivňuje tak metabolismus. Je obsažena v metaloproteinech ceruloplasminu, erytrokupraeinu a cerebrokupraeinu (Illek, 2003). Ke vstřebávání mědi dochází v horní části tenkého střeva. Vstřebaná měď se ukládá především v játrech, v kostní dřeni, ve slezině, v pankreatu a u mláďat i v epifýzách kostí. Játra jsou však hlavním rezervoárem mědi a její koncentrace v játrech je indikátorem využití Cu přijaté z krmiva a krytí její potřeby pro organismus zvířat (Georgievskij et al., 1982). Játra jsou také hlavním exkretčním orgánem. Měď je vylučována žlučí do střeva, kde se může opět resorbovat (Illek, 2003). Větší část se však vylučuje výkaly (Zalabák a Kejmar, 1980; Pesti a Bakalli, 1998; Illek, 2003; Komprda, 2003; Zadák, 2006).

2.3.2 Obsah mědi v konzumních vejcích

Pro homeostázu mědi je důležitá regulovaná resorpce, kdy se při nedostatku mědi procento resorpce zvyšuje a při nadbytku mědi v krmivu se resorpce snižuje (Illek, 2003).

Využitelnost mědi z krmiv je také více závislá na obsahu a poměru živin v krmné dávce. Biologická využitelnost mědi u krmiv a minerálních přísad je u monogastrů přibližně 40%. Využitelnost z řepného šrotu je u drůbeže kolem 60% a u sojové mouky 50% (Šimek, 1993). Illek (2003) soudí, že resorpce mědi činí pouze 10 – 30%.

Přestože pohlavní orgány patří mezi orgány s nízkým obsahem mědi (Georgievskij et al., 1982), obsahuje vejce poměrně značné množství mědi (Zalabák a Kejmar, 1980). Také Pesti a Bakalli (1998) uvádí ukládání malého, ale významného množství mědi ve vejcích a především ve žloutku při obohacování krmiva mědí. Güçlü et al., (2008) soudí, že se zvyšující se dotací krmiva mědí se zvyšuje její obsah ve vejcích, kdy maximální koncentrace mědi ve vejcích (Chiou, 1997) je dosaženo při suplementaci kg krmiva 400 mg mědi. Naopak již v roce 1929 zjistili Elvehjem et al., (1929), že ani doplňky mědi v krmivu nezvyšují hladinu mědi ve vejcích nad normál. Také Zalabák a

Kejmar (1980) soudí, že při nedostatku mědi v krmivu její obsah ve vejcích úměrně klesá. Další příčiny kolísání obsahu mědi ve vejcích jsou prozatím nevysvětlitelné.

Údaje v literatuře o koncentraci mědi ve vejcích se výrazně neliší. Georgievskij et al., (1982) udávají 0,03 – 0,07 mg jako průměrný obsah mědi ve vejci. Zalabák a Kejmar (1980) udávají obsah mědi ve vejci 2 mg·kg⁻¹ sušiny. Souci et al., (2000) zjistili obsah mědi 0,065 mg·100g⁻¹ celého vejce. USDA (2002) uvádí obsah mědi ve žloutku 0,077 mg·100g⁻¹ čerstvého žloutku. Pouze Lindow et al., (1929) zjistili již v roce 1929 vyšší obsah Cu než ostatní autoři. Udávají koncentraci mědi ve žloutku 4 mg·kg⁻¹ čerstvé hmoty.

Skřivan et al., (2005) zjišťovali obsah mědi ve vejcích pocházejících z českých chovů. Při krmení nosnic směsí, která obsahovala 9,0 mg Cu·kg⁻¹ krmiva, byl její obsah ve žloutku 3,32 mg·kg⁻¹sušiny. Po přidavku 25 mg Cu·kg⁻¹ krmiva byl její obsah ve žloutku 4,23 mg·kg⁻¹ sušiny. Po dotaci krmiva 80 mg·kg⁻¹ zinku a 25 mg·kg⁻¹ mědi byla koncentrace mědi ve žloutku 3,74 mg·kg⁻¹ sušiny. Také Mabe et al., (2003) se zabývali obsahem Cu ve žloutku a uvádí její obsah ve žloutku 1,64 mg·kg⁻¹ čerstvé hmoty (kdy krmná směs obsahovala 4,95 mg Cu·kg⁻¹) a po následné suplementaci krmiva 5 a 10 mg anorganické Cu byl její obsah ve žloutku pouze 1,56 a 1,68 mg·kg⁻¹ čerstvé hmoty a při použití 5 a 10 mg organické Cu byl 1,81 mg·kg⁻¹ čerstvé hmoty.

Koncentraci mědi ve žloutku sledovali i Idowu et al., (2006), kteří uvádí její obsah ve žloutku pouze 0,77 ± 0,01 mg·kg⁻¹ čerstvé hmoty při koncentraci mědi v krmivu 5,9 mg·kg⁻¹. Po přidavku 125 mg Cu·kg⁻¹ krmiva se zvýšil obsah Cu ve žloutku jen na 0,99 ± 0,05 mg·kg⁻¹ čerstvé hmoty a po přidavku 250 mg Cu·kg⁻¹ krmiva na 1,17 ± 0,09 mg·kg⁻¹ čerstvé hmoty.

2.3.3 Potřeba mědi pro drůbež

Stanovení potřeby mědi je velmi obtížné, protože měřítkem potřeby mědi nemůže být její obsah v krmivu, neboť její využití a účinky jsou ovlivněny dalšími prvky. Jsou-li ale v krmivu všechny prvky v optimu, je potřeba mědi minimální (Zalabák a Kejmar, 1980). Také Georgievskij et al., (1982) udávají, že ve většině případů nejsou potřebné speciální přídatky mědi do krmné dávky a Zalabák a Kejmar (1980) uvádí, že v praxi se u drůbeže s projevy nedostatku mědi prakticky nesetkáme. Projevy nedostatku mědi

nebyly zjištěny ani u dobrých nosnic a snížený obsah mědi ve vejcích nemá vliv ani na líhivost a ani na vývoj zárodku.

Deficit mědi u kuřat je možné vyvolat odchováváním na syntetické krmné dávce, jejíž základ tvoří sušené odstředěné mléko. Nedostatek mědi se projevuje poruchami tvorby kostí, deformacemi končetin a výrony krve (Georgievskij et al., 1982). Výrony krve jsou způsobeny sníženou pružností cév s následnými rupturami aorty (Zelenka a Zeman, 2006). Wolf et al., (1998) zahrnuje mezi příznaky nedostatku mědi u ptáků snížený příjem krmiva, zhoršenou kvalitu skořápky a blednutí peří.

Zelenka et al., (2006) stanovili potřebu mědi pro slepice nosného typu produkující konzumní vejce na $10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ krmné směsi (při denní spotřebě 115 g krmiva). NRC (1994) uvádí potřebu mědi pro nosnice pouze $2,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ krmiva. Měď se doplňuje ve formě krystalického síranu měďnatého, methionátu měďnatého a dalších. Nevhodné jsou vysoké přídavky krystalického síranu měďnatého do krmných směsí, protože ovlivňují složení mikrobiální populace v trávicím traktu. Nejvyšší přípustná dávka mědi je $35 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ krmné směsi (Zelenka a Zeman, 2006).

2.3.4 Problematika nadbytečného příjmu mědi u slepic

Údaje autorů o vlivu mědi na snášku, hmotnost, kvalitu vajec a další parametry se vesměs liší.

Při dlouhodobějším krmení slepic vysokými dávkami mědi se měď intenzivně ukládá v játrech a vylučuje se výkaly (Davis, 1974). To potvrzují i Chiou et al., (1998), kteří uvádí zvýšené vylučování mědi výkaly a také významné snižování obsahu mědi ve vejcích při zvyšování koncentrace mědi v krmivu (ze 400 až na $600 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ krmiva). Naproti tomu Lim a Paik (2006) zjistili, že obsah mědi ve žloutku a v játrech není dotací $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ mědi ve formě chelátů ovlivněn. Güçlü et al., (2008) uvádí, že se zvyšující se adicí krmiva Cu se její obsah ve žloutku zvyšuje. Také Skřivan et al., (2006) uvádí zvýšení obsahu Cu ve žloutku o 26% při suplementaci krmiva téměř 35 mg mědi. Zlepšení parametrů snášky a kvality skořápky při suplementaci krmiva $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ mědi zjistili Paik (2001) a Lim a Paik (2003).

Pozitivní ovlivnění snášky při suplementaci krmiva 100 až $300 \text{ mg Cu}\cdot\text{kg}^{-1}$ zjistili ve svých výzkumech Pesti a Bakalli (1998), Lim a Paik (2003), Idowu et al., (2006), Lim a Paik (2006) a Güçlü et al., (2008). Naopak Ankari et al., (1998) uvádí při dotaci kg

krmiva 250 mg mědi snížení snášky. Nižší snášku při suplementaci krmiva 450 mg $\text{Cu}\cdot\text{kg}^{-1}$ zjistili rovněž Güçlü et al., (2008) a při zvýšení dotace krmiva mědí ze 400 na 600 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ uvádí snížení snášky i Chiou et al., (1998). Rovněž příjem krmiva se suplementací krmiva mědí snižuje (Chiou et al., 1998; Idowu et al., 2006). Holoubek et al., (2002) uvádí snížení spotřeby krmiva ze 122 g na 120g na kus a den, nižší spotřebu krmné směsi na jedno vejce a na 1 kg vaječné hmoty a zvýšení snášky o 2,89%, po přidavku neantibiotického přípravku s obsahem účinné složky sacharátu železa a síranu měďnatého. Naopak Balevi a Coskun (2004) nezjistili žádný vliv adice mědi na příjem krmiva.

2.3.5 Vztah mědi k ostatním minerálním látkám

Mezi činitele, které snižují retenci mědi v organismu, patří nadbytek molybdenu, vápníku, sulfátu železa a přítomnost silných redukčních činidel (Georgievskij et al., 1982). Stravitelnost mědi dále negativně ovlivňuje také zinek, stříbro, olovo, mangan a kadmium (Čermák et al., 2002). Šimek, (1993) udává snížení využitelnosti mědi i při zkrmování vyšších dávek kyseliny askorbové, fyтину, síry a rtuti. Experimentálně se vzájemným antagonismem prvků zabývali Skřivan et al., (2005) a zjistili snížení obsahu mědi ve žloutku při suplementaci krmiva zinkem a také významné snížení koncentrace mědi v játrech po obohacení krmiva zinkem a železem.

2.3.6 Obsah mědi v rostlinných a živočišných potravinách

Obsah mědi v rostlinách je ovlivněn druhem rostliny, půdním typem, vegetačním stádiem a použitím hnojiv obsahujících měď (Georgievskij et al., 1982). Přírodními zdroji mědi jsou obiloviny, luštěniny a potraviny živočišného původu (Čermák et al., 2002). Maso a ryby obsahují obvykle 5 – 15 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny a játra 80 - 100 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny. Mléko a mléčné výrobky obsahují pouze přibližně 1 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny, ale mohou být kontaminovány mědí během jejich zpracování a skladování (Underwood a Suttle, 1999). V tabulce 4 jsou uvedeny potraviny zvláště bohaté na měď (Ursellová, 2004).

Denní potřeba mědi je podle Čermáka et al., (2002) pro děti do osmi let 0,3 – 0,6 mg, nad 8 let 0,8 mg, pro ženy 1,5 mg a pro muže a těhotné ženy 2 mg.

Tabulka 4. Potraviny zvláště bohaté na měď (Ursellová, 2004)

100 g telecích jater	11,0 mg
100 g ústřic	7,50 mg
100 g sardinek v tomatě	2,40 mg
100 g slunečnicových semen	2,27 mg
100 g kraba	1,77 mg
100 g humra	1,35 mg
100 g burských oříšků	1,20 mg
100 g hub	0,40 mg
100 g celozrnného chleba	0,26 mg
100 g švestek	0,14 mg

2.4 Zinek

2.4.1 Význam, výskyt a funkce zinku

Zinek byl poprvé připraven ve 13. století v Indii redukcí oxidu zinečnatého dřevěným uhlím při 1000 °C a za nepřístupu vzduchu. V přírodě se zinek vyskytuje ve formě sloučenin, jeho obsah v zemské kůře je 76 mg·kg⁻¹. Zinek patří mezi chalkofilní prvky a v redukční atmosféře se vyloučil v sulfidové fázi a jeho nejdůležitější rudy jsou tedy sulfidy ZnS (sfalerit) a ZnCO₃ (kalamín) (Greenwood a Earnshaw, 1993; Toužín, 2001).

Zinek jako biogenní prvek je jedním z nejdůležitějších a zřejmě pro jakékoli formy života nezbytným kovem. Zinek se v biologickém materiálu obtížně prokazuje, proto se o jeho významu pro organismus dlouho nevědělo. Poprvé byl zinek zjištěn v roce 1940 v karbonátdehydratáze a v roce 1955 v karboxypeptidáze A. Nyní již známe přes 300 enzymů, které zinek obsahují (Toužín, 2001).

Zinek je v tělesných tkáních zastoupen v poměrně značném množství. V živočišném organismu je (vedle železa) druhým mikroprvkem, který je zastoupen v nejvyšším množství (Šimek, 1993). V těle dospělého člověka jsou asi 2 – 3 g zinku (Fantó, 1993;

Latham, 1997) a zinek je zřejmě přítomen ve všech buňkách organismu. Jsou na něj bohaté především vlasy, srst, vlna, pigmentovaná pletiva, epidermální tkáň a kosti. Ve větších množstvích je přítomen v orgánech, které obsahují větší množství fosfatidů a nukleoproteidů. Nachází se také v pohlavních orgánech a u samců působí na spermatogenezi a vedlejší funkce pohlavních žláz (Zalabák a Kejmar, 1980). Protože je zinek součástí a aktivátorem mnoha enzymů, zasahuje tak do řady biochemických reakcí na celulární i subcelulární úrovni. Je nezbytný pro růst zvířat, metabolismus kostí, fyziologické procesy v kůži a v kožních derivátech. Je součástí inzulinu, ovlivňuje aktivitu glukagonu a kortikotropního hormonu. Má i důležitou roli v imunitním systému (Illek, 2003).

K resorpci zinku dochází především v tenkém střevě aktivní formou (Kvasničková, 1998; Illek, 2003; Komprda, 2003). Účinnost resorpce je asi 30%. Kolísá ve značném rozmezí a ovlivňuje ji hlavně aktuální potřeba zinku, stupeň zabezpečení organismu zinkem, tělesná hmotnost (nižší hmotnost znamená vyšší účinnost resorpce) a způsob chemické vazby Zn v potravinách a další složky potravy (Komprda, 2003).

Zinek je vylučován slinami, pankreatickou, střevní šťávou a žlučí. Takto vyloučený zinek se může opět vstřebat. Velké množství zinku se vylučuje do mléka a kolostra. Neresorbovaný zinek z krmné dávky a zinek vyloučený do trávicího ústrojí odchází z těla výkaly (Illek, 2003).

2.4.2 Obsah zinku v konzumních vejcích

Účinný homeostatický mechanismus pro zinek funguje na úrovni střeva, homeostáza se udržuje změnami hodnoty resorpce a endogenní fekální exkrece zinku (Georgievskij et al., 1982; Illek, 2003). Johnson a Greger (1984) soudí, že se zvyšujícím se obsahem zinku v krmivu se prokazatelně snižuje jeho vstřebávání v organismu a zvyšuje se jeho vylučování výkaly.

Skřivan et al., (2005) zjišťovali obsah zinku ve vejcích pocházejících z českých chovů. Při krmení nosnic směsí, která obsahovala 63,4 mg zinku na kg krmiva byl jeho obsah ve žloutku 70,4 mg·kg⁻¹ sušiny a v bílku 11,4 mg·kg⁻¹ sušiny. Ani další přídavek 80 mg Zn na kg krmiva nezvýšil jeho obsah ve žloutku, naopak se mírně snížil na 69,2 mg·kg⁻¹ sušiny. To ukazuje na nedostatečné využití zinku nosnicemi při jeho nadměrném příjmu krmivem. Také Kaya et al., (2005) zjišťovali obsah zinku ve žloutku

vajec plemene Hisex hnědý chovaných v Turecku. Bez adice krmiva zinkem byl obsah ve žloutku průměrně $38,36 \pm 1,18 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty, po přidání $25 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Zn ve formě oxidu zinečnatého byl jeho obsah ve žloutku $30,35 \pm 2,73$ a po přidání $50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ krmiva se zvýšila jeho koncentrace ve žloutku na $39,48 \pm 3,29$. Při dávce 100 a $200 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ krmné směsi došlo ke snížení obsahu Zn ve žloutku na $28,87 \pm 2,19$ a $28,89 \pm 3,86 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty.

Podobné výsledky zjistili i Mabe et al., (2003), kteří uvádí obsah zinku ve žloutku $37,08 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty (kdy krmná směs obsahovala $32,58 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ zinku). Po následné suplementaci krmiva 30 a 60 mg anorganického Zn byl jeho obsah ve žloutku pouze 38,99 a $39,54 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty. Při použití 30 a 60 mg organického Zn byl jeho obsah ve žloutku $40,84$ a $39,71 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty. Paulicks a Kirchgessner (1994) uvádí obsah zinku ve vejcích bez jeho dotace $14,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a ve vejcích s přídatkem Zn pouze $15,9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Naopak Verheyen et al., (1990) upozorňují na významné zvyšování obsahu zinku ve žloutku při suplementaci krmiva zinkem (nosnice byly krmeny $10\,000 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ zinku po dva dny a následující čtyři dny $5\,000 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Zn). Také Jankowski et al., (2003) udávají zvýšení obsahu zinku ve žloutku a bílku u krůt při suplementaci $60 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ krmiva. Stahl et al., (1988) také zjistili, že nosnice, které byly krmeny vysokými dávkami zinku ($1\,762$ nebo $1\,861 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ krmiva) po 4 až 40 týdnů, snášely vejce, které obsahovaly o 57 – 90% více zinku než nosnice přijímající pouze 28 nebo $26 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ krmiva.

Údaje v literatuře o obsahu zinku ve vejcích se výrazně neliší, například Simeonovová et al., (1999) udávají obsah zinku ve žloutku $3,8 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$. I dánské tabulky potravin uvádí obsah zinku ve žloutku $3,8 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ čerstvé hmoty (Danish Food Composition Databank, 2007). S nimi se shoduje i Souci et al., (2000), kteří udávají obsah Zn $2,6 - 4 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ tekutého žloutku. Také USDA (2002) udává $2,30 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ jako obsah Zn v čerstvém žloutku. Již Birkner (1919) uvádí koncentraci zinku ve žloutku vajec z USA $56,71 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty a Sandstead (1973) uvádí průměrnou hodnotu $35,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Food Standards Agency (2002) zjistilo průměrný obsah Zn ve vejci o hmotnosti 58 g $0,7 \text{ mg}$ a Georgievskij et al., (1982) uvádějí obsah zinku ve vejcích mezi $0,4 - 0,7 \text{ mg}$.

2.4.3 Potřeba zinku pro drůbež

Potřeba zinku drůbeží se liší v závislosti na pohlaví, věku a druhu drůbeže. Potřeba zinku se také zvyšuje při krmení čistě rostlinnými krmivy, zvláště při zkrmování sojového a sezamového extrahovaného šrotu, které vážou zinek. Přebytek Ca i P v krmné směsi inhibuje využití zinku ze základní krmné dávky i z minerálních přísad (Georgievskij et al., 1982). Zeman et al., (1988) uvádí, že kromě pohlaví a věku ovlivňují potřebu zinku i další faktory jako rychlost růstu, hladina mědi v krmivu a zdroj zinku. Tvrzník a Zeman (2005) zjistili, že využitelnost zinku přijatého potravou také do značné míry ovlivňuje vláknina. Účinky vlákniny na absorpci zinku nejsou stejné a je to dáno odlišným složením jednotlivých typů vlákniny. Pokud je ve stravě vysoký obsah fytátů, dochází k tvorbě nevyužitelných komplexů, což může vést k deficienci zinku. Absorpci zinku dále negativně ovlivňují oxaláty, tanin, nadbytek Fe a další. Nedostatek zinku se podle Zelenky a Zemana (2006) projevuje u drůbeže sníženým příjmem krmiva, zpomalením růstu, záněty kůže, špatným opeřením a roztrepeným peřím. Kuřata a krůťata mají zkrácené a ztlustlé dlouhé kosti pánevních končetin, zvětšené a špatně pohyblivé klouby a nejistou chůzi. Snižuje se produkce vajec a jejich líhnivost.

Potřeba zinku je pro slepice nosného typu produkující konzumní vejce $70 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ krmné směsi (při denní spotřebě 115 g krmiva) (Zelenka et al., 2006). Doplnjuje se ve formě oxidu, síranu, uhličitanu a chloridu zinečnatého (Georgievskij et al., 1982; Zelenka a Zeman, 2006). Doporučovanou formou pro perorální suplementaci je organická forma (chelát). V České republice je nejvyšší obsah zinku v kompletním krmivu stanoven na $250 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. V praxi se však tento limit překračuje (Tvrzník a Zeman, 2005).

2.4.4 Problematika nadbytečného příjmu zinku u slepic

Údaje autorů o vlivu zinku na snášku, líhnivost vajec, spotřebu krmiva, kvalitu vajec a další parametry se vesměs liší. Například Kim a Patterson (2005) zjistili, že suplementace krmiva $1\ 000 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ zinku nemá vliv na hmotnost nosnic, spotřebu krmiva, snášku, hmotnost vajec a tloušťku skořápky, ale jeho zvýšení na $3\ 000 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ uvedené parametry negativně ovlivňuje. Také Swiatkiewicz a Koreleski (2008) uvádí,

že adice kg krmiva 30 mg zinku neovlivňuje snášku, příjem krmiva a ani hmotnost vajec. Durmus et al., (2004) uvádí jako optimální obsah zinku $180 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ krmiva, který má pozitivní vliv na parametry snášky a líhnivost vajec. Zvýšený obsah Zn v krmivu nemá vliv na produkci vajec, ale zvyšuje hmotnost vajec. Také Stahl et al., (1986) zjistili, že snáška, konverze krmiva, příjem krmiva, plodnost a líhnivost nejsou ovlivněny suplementací krmiva zinkem.

Naopak Zamani et al., (2005) zjistili vyšší produkci vajec u nosnic krmených směsí s obsahem zinku $150 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ krmiva. Rovněž El- Husseiny et al., (2008) uvádí při dotaci krmiva zinkem (105, 140 a $175 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ krmiva) a niacinem (150, 300 a $450 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ krmiva) zvýšení snášky ve srovnání se skupinou nosnic, které byly krmeny $70 \text{ mg Zn}\cdot\text{kg}^{-1}$ a $30 \text{ mg Nia}\cdot\text{kg}^{-1}$ krmiva. Také Paulicks a Kirchgessner (1994) udávají zlepšení konverze krmiva a zvýšení produkce vaječné hmoty (ze 41 g na 47 g za den) po přidavku zinku do krmné směsi. Již v roce 1961 zjistil Kienholz et al., (1961), že suplementace krmiva $55 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ zinku je prevencí vzniku abnormalit v embryonálním stádiu kuřat.

Naproti tomu Lim a Paik (2003) udávají snížení snášky po adici krmiva $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ zinku (jako methionin chelát). Palafox a Ho (1980) udávají snížení produkce vajec do 4 týdnů po pětidenní zátěži $20 \text{ mg Zn}\cdot\text{g}^{-1}$ krmiva, nižší plodnost slepic a nižší líhnivost vajec, které se objevily za 14 – 28 dní po zátěži zinkem.

2.4.5 Vztah zinku k ostatním minerálním látkám

Metabolismus zinku v organizmu souvisí s metabolismem železa, mědi, manganu, kobaltu a molybdenu. Antagonistická vzájemná závislost při absorpci zinku a mědi spočívá v jejich vzájemné konkurenci při absorpci v zažívacím traktu (Anke et al., 2002). Výrazný antagonismus mezi Zn a Cu potvrdili i Skřivan et al., (2005) kteří zjistili, že obsah zinku ve vaječném žloutku slepic, které dostávaly krmivo obohacené mědí, se výrazně snižuje. A také naopak při suplementaci krmiva zinkem se snižuje obsah mědi ve žloutku.

2.4.6 Obsah zinku v rostlinných a živočišných potravinách

Obsah zinku v obilninách a jiných plodinách je závislý na obsahu zinku v půdě. Obsah Zn v pšenici, ovsu, ječmeni a prosu kolísá mezi 30 – 40 mg·kg⁻¹ sušiny, lehce nižší obsah je v kukuřičném zrně a v dalších obilovinách rostoucích na půdách na zinek chudých, pokud nebyly hnojeny hnojivem zinek obsahujícím (Underwood, 1962). Průměrná koncentrace Zn v pastevním porostu je 36 mg·kg⁻¹ sušiny a kolísá mezi 7 a 100 mg·kg⁻¹ sušiny (Minson, 1990). Underwood a Suttle (1999) uvádí obsah zinku ve vojtěškovém seně 13 – 25 mg·kg⁻¹ sušiny a v kukuřičné siláži 12 – 45 mg·kg⁻¹ sušiny.

Hodnotným zdrojem zinku pro člověka je maso, mořské plody a vejce (Latham, 1997; Tvrzník a Zeman, 2005). Ovoce, zelenina a ryby jsou na zinek relativně chudé (Marádová, 2007). Murphy et al., (1975) zjistili vyšší obsah zinku v tmavém mase drůbeže než ve světlém, vyšší obsah Zn v krutím mase než v kuřecím a uvádí také relativně vysoký obsah zinku ve žloutku. Terrés et al., (2001) udávají obsah zinku v pitné vodě ve Španělsku 0,02 µg·ml⁻¹ a ve vepřových játrech 71,0 µg·g⁻¹ čerstvé hmoty. V tabulce 5 jsou uvedeny Potraviny zvláště bohaté na zinek (Ursellová, 2004).

Denní potřeba zinku je podle McDowella (1992) pro muže 15 mg, pro ženy 12 mg, pro těhotné ženy 15 mg, pro kojící 16 mg, pro děti 6 – 12 měsíců 5 mg, pro děti 1 – 10 let 10 mg a pro děti 11 – 18 let 15 mg.

Tabulka 5. Potraviny zvláště bohaté na zinek (Ursellová, 2004)

100 g ústřic	59,2 mg
100 g obilných klíčků	17,0 mg
100 g telecích jater	7,8 mg
100 g dýňových semen	6,6 mg
100 g hovězího masa	5,6 mg
100 g pečeného hovězího masa	5,5 mg
100 g pečeného jehněčího masa	5,3 mg
100 g krabího masa	5,0 mg
100 g vepřového hřbetu	3,5 mg
100 g sardinek v oleji	3,0 mg

2.5 Mangan

2.5.1 Význam, výskyt a funkce manganu

Mangan se ve formě burele (oxid manganičitý) používal již za doby faraonů k výrobě skla. Jako prvek byl objeven a v nečisté formě připraven koncem 18. století C. W. Scheelem a J. G. Gahnem (Greenwood a Earnshaw, 1993; Toužín, 2001).

Mangan je v zemské kůře relativně hojným mikroprvkem a těžkým kovem a je obsažen ve většině hornin (Šimek, 2003). Jeho obsah v zemské kůře je 0,106% a po železe a niklu je třetím nejrozšířenějším přechodným kovem (Georgievskij et al., 1982; Greenwood a Earnshaw, 1993). Zvláště vysoký obsah manganu mají některé bazické vyvřeliny jako gabro a bazalt. Mangan je součástí mnoha minerálů především pyroluzitu, manganitu, rhodochrozitu, rhodonitu a dalších oxidů a hydroxidů. Zdrojem Mn v půdě jsou půdotvorné minerály. Jejich zvětráváním a hydrolyzou se uvolňuje do půdního roztoku. Nedostatek manganu se vyskytuje na půdách s vyšším pH a na půdách s vyšším obsahem organické hmoty a vápníku (Šimek, 2003).

Obsah manganu v těle je přibližně 0,4 až 0,6 mg na kg živé hmotnosti zvířat. Největší množství manganu je uloženo ve skeletu, nejvyšší koncentrace je však v játrech a v ledvinách. Naopak nejnižší koncentrace je v kosterních svalech (Illek, 2003). Věková dynamika manganu je málo prozkoumaná, ale zjistilo se, že v počátečním období ontogeneze se koncentrace manganu v těle zvyšuje, ale potom postupně klesá. Například v těle vylíhnutého kuřete je 0,01 – 0,02 mg manganu (Georgievskij et al., 1982).

Mezi důležité funkce manganu patří tvorba mukopolysacharidů chrupavky a kostní tkáně. Mangan je součástí řady enzymů a jejich prostřednictvím ovlivňuje energetický, lipidový, bílkovinný a minerální metabolismus (Illek, 2003). Underwood a Suttle (1999) uvádí, že funkce tohoto prvku je spojena s metaloenzymy, které jsou jím aktivovány. Mangan je také nezbytný pro správnou strukturu kostí, pro rozmnožování a pro správnou funkci centrálního nervového systému. Aktivuje metabolismus mědi, ovlivňuje využití thiaminu a podílí se na regulaci vylučování moči (Marádová, 2007).

Resorpce manganu probíhá v tenkém střevě aktivní formou. Účinnost resorpce je velmi nízká, pohybuje se mezi 1 - 5% z celkového příjmu potravou (Illek, 2003). Mathers a Hill (1967) zjistili, že kuřata vstřebávají méně než 5% manganu přijatého krmivem (kdy krmivo obsahovalo pouze 4 mg Mn·kg⁻¹). Proto je drůbež velmi

tolerantní k obsahu manganu v krmivu (NRC, 1980). Endogenní mangan je vylučován do žluči a tak se dostává do střev, kde je pak společně s neresorbovaným manganem vyloučen výkaly. Velmi malé množství se vylučuje močí (Illek, 2003).

2.5.2 Obsah manganu v konzumních vejcích

Homeostáza manganu se zajišťuje kontrolovanou exkrecí a variabilní resorpcí v závislosti na potřebě organismu a obsahu Mn v krmné dávce (Illek, 2003). Mangan přijatý potravou snadno přechází do vajec (Underwood a Suttle, 1999; Hui, 2002). Zalabák a Kejmar (1980) soudí, že přijímání manganu u drůbeže je závislé na jeho vylučování vejci, především žloutkem.

Údaje v literatuře o koncentraci manganu ve vejcích se výrazně neliší, například Janča (1991) udává obsah manganu ve vejcích $0,05 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty. Zalabák a Kejmar (1980) a Georgievskij et al., (1982) udávají $0,01 - 0,02 \text{ mg}$ jako průměrný obsah manganu ve vejci. USDA (2002) uvádí obsah manganu ve žloutku $0,055 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ čerstvého žloutku. Mírně vyšší hodnoty zjistili Souci et al., (2000) $0,125 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ tekutého žloutku. Hill a Mathers (1968) zjistili obsah manganu ve vejci $0,0049 \text{ mg}$ při obsahu 6 mg Mn v kg krmiva. Při obsahu $50 \text{ mg Mn}\cdot\text{kg}^{-1}$ krmiva se zvýšil obsah manganu ve vejci na $0,01 \text{ mg}$.

Mabe et al., (2003) zjistili koncentraci manganu ve žloutku $0,63 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty (kdy krmná směs obsahovala $24,7 \text{ mg Mn}\cdot\text{kg}^{-1}$). Po následné dotaci krmiva 30 a 60 mg anorganického Mn byl jeho obsah ve žloutku pouze $0,79$ a $0,93 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty a při použití 30 a 60 mg organického Mn $0,72$ a $0,94 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty. Také Ochrimenko et al., (1990) uvádí, že dávka Mn do $200 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ nemění jeho obsah ve vejcích. Ale adice krmiva nad $200 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Mn zvyšuje jeho obsah v peří.

2.5.3 Potřeba manganu pro drůbež

Drůbež má z hospodářských zvířat vyšší nároky na tento prvek (Zelenka a Zeman, 2006). Již v roce 1939 Gallup a Norris (1939) zjistili, že nedostatek manganu se u kuřat, krůťat a kachňat projevuje jako peróza a u kuřat v embryonálním stádiu vzniká také chondrodystrofie. U nosnic způsobuje nedostatek Mn i vysokou embryonální úmrtnost

jejich kuřat (Underwood a Suttle, 1999), nosnice snižují snášku (Leach a Gross, 1983) a snášejí vejce se zhoršenou kvalitou skořápky (Zelenka a Zeman, 2006). Také Fantó (1993) zjistila, že slepice, jejichž strava neobsahuje Mn, snáší vejce s velmi tenkými skořápkami.

Minimální potřeba manganu u drůbeže závisí na mnoha faktorech – plemeni, obsahu vápníku, železa, fosforu v krmivu apod. (Zalabák a Kejmar, 1980). Potřeba manganu je pro slepice nosného typu produkující konzumní vejce $70 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ krmné směsi (při denní spotřebě 115 g krmiva) (Zelenka et al., 2006). Zalabák a Kejmar (1980) udávají potřebu manganu pro slepice $33 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny krmné dávky. Biehl et al., (1995) zjistili, že přidáním enzymu fytázy lze pravděpodobně předejít potřebě suplementace krmiva manganem.

Přídavek manganu u drůbeže vede ke zvýšení snášky, zlepšení kvality skořápky a lepší kvalitě kostí (Čermák et al., 2002). Například u nosnic se dosahuje dobrý zdravotní stav a vysoká snáška při obsahu $30 - 35 \text{ mg Mn}\cdot\text{kg}^{-1}$ krmiva a nejlepší kvality skořápky se dosahuje při obsahu $55 - 60 \text{ mg Mn}\cdot\text{kg}^{-1}$ krmiva (Georgievskij et al., 1982). Mangan se do krmiva přidává např. v chloridu, síranu, uhličitanu nebo oxidu mangannatém. Nejvyšší dávka je $250 \text{ mg Mn}\cdot\text{kg}^{-1}$ krmiva (Zelenka a Zeman, 2006), i když NRC (1980) stanovilo bezpečný limit obsahu manganu v krmivu na $2000 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny.

2.5.4 Problematika nadbytečného příjmu manganu u slepic

Údaje autorů o vlivu manganu na snášku, hmotnost vajec, kvalitu skořápky, příjem krmiva, konverzi krmiva a další parametry se vesměs liší. Například Hossain a Rezende (1996) a Hossain a Bertechini (1998) zjistili zvýšení snášky a hmotnosti vajec při suplementaci krmiva 50 a $75 \text{ mg Mn}\cdot\text{kg}^{-1}$. Ale Sazzad et al., (1994) a Swiatkiewicz a Koreleski (2008) uvádí, že doplnění kg krmiva $50 - 120 \text{ mg}$ manganu neovlivňuje snášku a ani hmotnost vajec. Také příjem krmiva a konverze krmiva není ovlivněna zvyšujícím se obsahem Mn v krmivu (Henry et al., 1986), ale Black et al., (1985) uvádí snížení průměrného příjmu krmiva při suplementaci krmiva $3000 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Mn.

Ochrimenko et al., (1992) a Faria et al., (1999) uvádí, že adice krmiva Mn nemá vliv na kvalitu skořápky. Naopak Abdallah et al., (1994) uvádí snížení hmotnosti skořápky u nosnic snášejších vejce s těžkou skořápkou po odstranění manganu z krmiva. Také

Hill a Mathers (1968) uvádí snížení tloušťky skořápky při krmení krmivem obsahujícím pouze 6 – 7 mg Mn·kg⁻¹.

Henry et al., (1986) zjistili, že zvyšující se suplementace krmiva manganem zvyšuje přímo úměrně jeho obsah v kostech, ledvinách a v játrech. Black et al., (1985) soudí, že vysoký obsah Mn v krmivu zvyšuje obsah mědi v játrech a v plazmě a snižuje obsah železa v pankreatu. Adice krmiva 3000 mg·kg⁻¹ manganu zvyšuje obsah zinku v ledvinách.

2.5.5 Vztah manganu k ostatním minerálním látkám

Absorpci manganu ze střev ovlivňuje řada faktorů, např. chemická forma, přítomnost látek vytvářejících cheláty nebo komplexy (Kvasničková, 1998). Například vysoký obsah vápníku a fosforu v krmivu snižuje vstřebávání manganu (Wedekind et al., 1991; Fantó, 1993; Kvasničková, 1998; Illek, 2003; Zelenka a Zeman, 2006). Vstřebávání manganu stoupá také při deficitu železa (Kvasničková, 1998), ale když je příjem železa vyšší, vstřebávání manganu klesá (Ursellová, 2004; Zelenka a Zeman, 2006). Vysoký příjem železa blokuje jeho vstřebávání nejspíše tím, že spolu soutěží o mechanismy v absorpčních cestách (Zadák, 2006). Illek (2003) uvádí negativní ovlivnění resorpce manganu také draslíkem.

2.5.6 Obsah manganu v rostlinných a živočišných potravin

Obsah manganu v pastevních porostech je ovlivněn druhem rostliny, stářím rostliny a zejména půdním pH (Georgievskij et al., 1982). Jeho obsah v pastevních porostech je dle Minsona (1990) průměrně 86 mg·kg⁻¹ sušiny a pouze 3% trav obsahují méně než 20 mg Mn·kg⁻¹ sušiny. Nejvíce manganu je v listech a zvláště v semenech rostlin, nejméně je ho v kořenech a také rostliny chudé na chlorofyl obsahují málo manganu (Hubáček et al., 1988). Například ječmen obsahuje obvykle 15 – 28 mg Mn·kg⁻¹ (Underwood a Suttle, 1999). Mléko a mléčné produkty jsou na Mn chudé, kravské mléko obsahuje pouze 0,02 – 0,04 mg Mn·l⁻¹ a jeho obsah v mléce není ovlivněn příjmem Mn z krmiva (Underwood a Suttle, 1999). V tabulce 6 jsou uvedeny potraviny zvláště bohaté na mangan (Roedigerová – Streubelová, 1997).

Doporučený denní příjem manganu je podle Roedigerové – Streubelové (1997) pro kojence do 4 měsíců 0,3 – 0,6 mg, pro kojence do 12 měsíců 0,6 – 1,0 mg, pro děti do 4 let 1,0 – 1,5 mg, pro děti do 7 let 1,5 – 2,0 mg, pro děti do 10 let 2,0 – 3,0 mg, pro děti nad 10 let 2,0 – 5,0 mg a pro dospívající a dospělé 2,0 – 5,0 mg.

Tabulka 6. Potraviny zvlášť bohaté na mangan (Roedigerová – Streubelová, 1997)

100 g brambor (průměrně)	2 – 3 mg
100 g celozrnné mouky (průměrně)	1 - 8 mg
100 g ořechů (průměrně)	1 - 5 mg
100 g celozrnné rýže (průměrně)	5 - 7 mg
100 g zeleniny (průměrně)	0,2 - 1,5 mg

3. METODIKA A MATERIÁL

3.1 Původ vajec

Sledované mikroprvky byly stanoveny v roce 2007 i 2008 u třinácti malochovů a sedmi velkochovů. Stanovení obsahu jódu v roce 2007 a 2008 bylo provedeno každý rok u 77 vajec ze třinácti malochovů a u 69 vajec ze sedmi velkochovů (celkem 292 vajec). Stanovení obsahu mědi v roce 2007 bylo provedeno u 74 vajec z malochovů a u 69 vajec z velkochovů. V roce 2008 byla měď stanovena u 70 vajec z velkochovů a u 73 vajec z malochovů. Zinek byl stanoven v roce 2007 u 71 vajec z malochovů a u 66 vajec z velkochovů. V roce 2008 byl zinek zjištěn u 68 vajec z velkochovů a u 77 vajec z malochovů. Mangan byl v roce 2007 stanoven u 73 vajec z malochovů a u 69 vajec z velkochovů. V roce 2008 byl mangan zjištěn u 68 vajec z velkochovů a u 76 vajec z malochovů.

Sledované velkochovy pocházely v roce 2007 i 2008 ze čtyř krajů ČR (Jihočeský, Středočeský, Plzeňský a Ústecký) a vejce byla získána buď nákupem v prodejní síti (vejce z chovu č. 3) nebo odběrem přímo u velkoprodukčních farem (tabulky 7, 8, 10, 17, 18, 19, 26, 27, 28, 35, 36 a 37). Vejce z malochovů pocházela v roce 2007 i 2008 také ze čtyř krajů ČR (Jihočeský, Vysočina, Plzeňský a Středočeský) a vejce byla odebrána přímo od soukromých chovatelů (tabulky 12, 13, 14, 21, 22, 23, 30, 31, 32, 39, 40 a 41).

3.2 Hodnocení obsahu mikroprvků

Volba vaječného žloutku jako rozhodujícího materiálu pro hodnocení obsahu mikroprvků ve vejci vycházela z poznatků, že ve žloutku je obsah sledovaných mikroprvků vyšší než v bílku. Například Groppe et al., (1989) uvádí nejméně dvacetinásobně nižší koncentraci jódu v bílku než ve žloutku, Trávníček et al., (2006b) zjistili obsah jódu v bílku $16,2 \pm 9,7 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty a jeho podíl na celkovém obsahu jódu v 1 vejci 2,6 – 5%. Zjistili také statisticky vysoce významný korelační koeficient 0,67 mezi obsahem jódu ve žloutku a bílku.

Také koncentrace zinku, manganu a mědi ve vaječném žloutku jsou vyšší než v bílku. Obsah zinku sledovali například Simeonovová et al., (1999), kteří zjistili i 190 krát nižší koncentraci zinku v bílku než ve žloutku, 6 krát nižší obsah Cu v bílku oproti žloutku uvádí například USDA (2002) v USA a 16 krát nižší obsah Mn v bílku oproti žloutku uvádí Míková (1996).

3.3 Vyhodnocení obsahu mikroprvků ve vaječném žloutku

Obsah mikroprvků (I, Cu, Zn a Mn) ve žloutku vajec z velkochovů byl v letech 2007 i 2008 vyhodnocen v závislosti na stádiu snáškového cyklu (na aktuálním týdnu snášky) (grafy 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 a 24, viz příloha), na úrovni intenzity snášky (grafy 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22 a 25, viz příloha) a denním příjmu jódu, který byl vypočítán z obsahu příslušného mikroprvku v krmné směsi a jejím příjmu na kus a den (grafy 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20 a 23, viz příloha).

Dále bylo vyhodnoceno z jaké části se podílí vejce z malochovů a velkochovů na krytí průměrné denní potřeby sledovaných mikroprvků dospělého člověka (tabulky 16, 25, 34, 43), a to za předpokladu, že průměrná spotřeba vajec je 260 kusů na osobu a rok a průměrná hmotnost žloutku je 18 g (obsah mikroprvků v bílku byl záměrně opomenut, viz kapitola 3.2).

Pro zhodnocení vývoje obsahu jódu ve vaječném žloutku byly výsledky z let 2007 a 2008 porovnány s výsledky získanými na pracovišti katedry anatomie a fyziologie hospodářských zvířat ZF JU v Českých Budějovicích v letech 1996 a 2003 – 2005 (viz graf 1) (Trávníček et al., 2006b).

3.4 Metoda stanovení jódu

Jód ve žloutku byl stanoven po jeho spálení v alkalickém prostředí spektrofotometricky metodou podle Sandell-Kolthoffa, modifikovanou Bednářem et al., (1964). Uvedenou metodou se stanovuje celkový jód - organický i anorganický.

Pro stanovení jódu ve žloutku se navažovalo do spalovací zkumavky 80 - 100 mg předem důkladně zhomogenizovaného žloutku. Vlastní stanovení bylo provedeno podle

následujícího postupu. Ke vzorkům byl přidán 1 ml 10% síranu zinečnatého, 1 ml 4 M hydroxidu draselného a několik krystalků chlorečnanu draselného. Souběžně s analýzou vzorku byly zpracovávány i kalibrační vzorky, připravené ze základního standardního roztoku o známých koncentracích jódu v $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Následně se vzorky (i kalibrační) vysoušely 24 hodin při teplotě 115°C. Po vysušení se vzorky spalovaly v muflové peci, kdy spalování probíhalo tak, že po dosažení teploty 500°C se pec udržovala půl hodiny při této teplotě. Potom se teplota zvýšila na 600°C. Při této teplotě se vzorky spalovaly asi hodinu, přičemž se pec krátce po 15 sekundách ventilovala po 5, 20 a 40 minutách.

Po ukončení spalování a vychladnutí zkumavek byly vzniklé popeloviny suspendovány v 6 ml deionizované vody. Zkumavky se centrifugovaly 10 minut při 3000 ot/min. Ke 2 ml kapalného vzorku převedeného do tenkostěnných zkumavek byly přidány 2 ml kyselé směsi. Dále byly vzorky protřepány a inkubovány v ledové lázni o teplotě 4°C po 10 minut. Po inkubaci byly ke vzorkům přidány 2 ml síranu ceričito amonného a následovala inkubace v lázni o teplotě 40°C po dobu 20 minut a poté opět v ledové lázni po dobu deseti minut. Po vyjmutí z ledové lázně se obsah zkumavek převrstvil 0,5 ml octanu brucinu, promíchal a inkuboval v horkovzdušné sušárně při 105°C po 15 minut.

Po 30 minutách chladnutí vzorků při pokojové teplotě byla Spekelem změřena absorbance při vlnové délce 430 nm proti deionizované vodě. Z naměřených hodnot kalibračních roztoků byla sestrojena kalibrační křivka a odečteny naměřené hodnoty absorbancí vzorků. Hodnoty odečtené z kalibrační křivky byly přepočítány na výsledné $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty žloutku.

3.5 Metoda stanovení zinku, manganu a mědi

Zinek, mangan a měď se stanovily metodou plamenné absorpční spektrofotometrie (AAS). Při atomové absorpci dochází k absorpci záření charakteristické vlnové délky volnými atomy daného prvku. Zdrojem světla určité vlnové délky je katodová lampa. Světlo z ní prochází plamenem, do kterého se zavádí jemná mlha roztoku vzorku. Zjišťuje se absorbované množství prvku ve vzorku. Na katedře anatomie a fyziologie hospodářských zvířat je používán atomový absorpční spektrofotometr UNICAM 969 od firmy Chromspek Praha.

Pro stanovení zinku, manganu a mědi ve žloutku se navažovalo do spalovacích kelímků okolo 1 g předem důkladně zhomogenizovaného žloutku. Následovalo předsušení vzorků před spalováním v sušárně při 60 °C 1 hodinu a pak ještě při 105°C 4 hodiny. Vlastní spalování se provádělo suchou cestou v muflové peci při 600°C 24 hodin ve třech opakováních. Po 1. spalování následovalo zkropení vychladlého popele 2 ml 10% $\text{NH}_4 \text{NO}_3$ a vysušení na desce vařiče. Po 2. spalování byl popel zkropen 5 ml koncentrované HNO_3 a vysušen na desce vařiče. Po 3. spalování byl vychladlý popel rozpuštěn v 1 ml ředěné HNO_3 1:3, mírně zahřán a přidalo se cca 5 ml redistilované vody. Po důkladném promíchání se popel převedl do 25 ml zkumavky a doplnil redistilovanou vodou po rysku. Po filtraci byly vzorky připraveny k měření na AAS. Stejným způsobem se zpracoval i slepý vzorek a vnitřní standard. Pro kalibraci byl použit základní roztok, který byl od firmy ASTASOL a z něj byl připraven pracovní roztok. Z pracovního roztoku se pak připravila kalibrace.

Po zjištění koncentrace stanovovaného prvku v $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ analytu byly vypočítány koncentrace stanovovaných prvků ve vaječném žloutku v $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ čerstvé hmoty.

3.6 Statistické vyhodnocení

Statistické analýzy použité pro interpretaci výsledků zahrnují: průměrné hodnoty obsahu jódu, zinku, manganu a mědi ve vaječném žloutku, směrodatné odchylky, variační koeficienty (V%), hodnoty minima a maxima, mediány, korelační koeficienty, statistickou významnost rozdílů průměrných hodnot stanovenou metodou Tukeyův test (Anova). Použitým programem byl statistický program STATISTICA Cz - verze 6. Významnost rozdílů průměrných hodnot obsahu mikroprvků ve žloutku vajec z velkochovů a malochovů byla testována T-testem v programu STAT Plus.

3.7 Charakteristika nosných hybridů z velkochovů a malochovů

Vejce z velkochovů pocházela od nosného hybridu Hisex Brown (chov č. 6) a nosného hybridu ISA Brown (ostatní chovy). U vajec z malochovů nebyl zjištěn přesný původ nosnic (kromě chovů č. 4 a 12). Vejce z chovu č. 4 pocházela od nosného hybridu Hisex Brown a vejce z chovu č. 12 od nosného hybridu ISA Brown. Isa Brown a Hisex Brown jsou hybridní kombinace získané na základě meziplemenného a meziliniového křížení plemen s barevným autosexingem. Výchozím materiálem pro šlechtění těchto hybridů je rodajlendka červená (v otcovské linii) a rodajlendka bílá (v mateřské linii).

Hisex Brown - je hybridní kombinace vzniklá v roce 1997, s nižší živou hmotností, na konci odchovu 1400 g a na konci snášky 2050 g. Snáší kolem 290 ks vajec na počáteční stav a hnědě pigmentovaná vejce mají hmotnost v průměru 63,2 g. Spotřeba krmiva činí 116 až 120 g na kus a den a 2,2 kg na 1 kg vaječné hmoty. V ČR zaujímal tento hybrid v roce 2001 50% početních stavů velkochovů.

ISA Brown - v současnosti nejrozšířenější nosný hybrid s nižší živou hmotností, v 80 týdnech věku váží kolem 2000 g. 50% snášky dosahuje ve 143 dnech. Snáší kolem 351 ks vajec přepočteno na počáteční stav a produkce vaječné hmoty je 22,1 kg na ks přepočteno na počáteční stav. Vrchol snášky je 95% a hnědě pigmentovaná vejce mají hmotnost v průměru 63,1 g. Spotřeba krmiva činí 115 až 118 g na kus a den.

Obrázek 1. Ilustrační fotografie nosného hybridu Isa Brown ve velkochovu



Obrázek 2. Ilustrační fotografie nosného hybridu Isa Brown z vlastního malochovu



Obrázek 2. Ilustrační fotografie nosného hybridu Hisex Brown z vlastního malochovu



4. VÝSLEDKY

4.1 Obsah jódu ve vaječném žloutku

4.1.1 Obsah jódu ve žloutku vajec z velkochovů

Průměrný obsah jódu v čerstvé hmotě žloutku z vajec pocházejících z velkochovů byl v roce 2007 $1285,2 \pm 861,6 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a v roce 2008 $1071,9 \pm 543,9 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (tabulky 7, 8, 10). Průměrný obsah jódu se v roce 2008 snížil o 16,6% (o $213,3 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) (tabulky 8, 10). Snížení průměrného obsahu jódu ve vaječném žloutku v roce 2008 doprovázela nižší variabilita souboru (V% - 50,7 oproti 67,0 v roce 2007), nižší maximální hodnota ($2239,5 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ oproti $3381,9 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ v roce 2007) i nižší hodnota mediánu ($971,8 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ oproti $1098,2 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ v roce 2007) (tabulky 7, 8, 10). Snížení průměrné koncentrace jódu ve žloutku vajec z velkochovů ukazuje i snížení procentního podílu vzorků s obsahem jódu nad $2000 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, jichž bylo v roce 2007 16%, a v roce 2008 jen 8,7% (tabulka 9).

Tabulka 7. Obsah jódu ve žloutku vajec z velkochovů slepic – rok 2007

Číslo chovu	Kraj	Okres	Vejece n	Jód ve žloutku ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty)					
				\bar{x}	Sx	V%	min.	max.	medián
1	Jihočeský	Str	10	729,4 ¹	211,4	30,0	451,2	972,6	702,1
2	Jihočeský	CB	10	1333,8 ²	282,8	21,2	835,6	1709,3	1289,6
3	Středočeský	Ben	10	556,5 ³	235,7	42,4	308,6	1098,2	480,3
4	Plzeňský	Plz-S	10	584,8 ⁴	330,7	56,6	196,5	1360,4	520,6
5	Ústecký	Lit	10	2813,0 ⁵	511,0	18,2	1895,4	3381,9	2966,9
6	Jihočeský	J.Hr	9	1636,3 ⁶	941,9	57,6	451,8	3060,5	1217,8
7	Plzeňský	Plz-J	10	1377,6 ⁷	250,9	18,2	1052,1	1728,0	1327,8
Suma			69	1285,2	861,6	67,0	196,5	3381,9	1098,2

Statisticky významné rozdíly ⁵: 1, 2, 3, 4, 6, 7 P < 0,001; ^{3, 4}: 2 P < 0,05; ^{6, 7}: 1, 3, 4, 5 P < 0,05

Tabulka 8. Obsah jódu ve žloutku vajec z velkochovů slepic – rok 2008

Číslo chovu	Kraj	Okres	Vejce n	Jód ve žloutku ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty)					
				\bar{x}	Sx	V%	min.	max.	medián
1	Jihočeský	Str	10	983,5 ¹	283,6	28,8	580,5	1368,0	1032,9
2	Jihočeský	ČB	10	669,9 ²	243,6	36,4	327,1	1104,3	628,4
3	Středočeský	Ben	10	514,7 ³	242,4	47,1	235,7	885,3	478,5
4	Plzeňský	Plz-S	10	770,3 ⁴	251,2	32,6	549,5	1395,1	691,1
5	Ústecký	Lit	10	1829,1 ⁵	320,1	17,5	1395,8	2239,5	1702,6
6	Jihočeský	J.Hr	9	1420,1 ⁶	546,2	38,5	711,9	2232,5	1237,1
7	Plzeňský	Plz-J	10	1350,7 ⁷	356,6	26,4	797,9	1938,1	1253,9
Suma			69	1071,9	543,9	50,7	235,7	2239,5	971,8

Statisticky významné rozdíly ⁵: 1, 2, 3, 4 P < 0,05; ³: 1, 5, 6, 7 P < 0,05; ⁶: 2, 3, 4 P < 0,05; ⁷: 2, 3, 4, 5 P < 0,05

Tabulka 9. Intervalové třídění v procentech podle obsahu jódu ve žloutku ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) u vajec z velkochovů v roce 2007 a 2008

Obsah jódu ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	< 500	501-1000	1001-1500	1501-2000	2001-2500	2501-3000	>3000
Velkochovy 2007	20,3	24,6	24,6	14,5	0	7,3	8,7
Velkochovy 2008	10,1	40,6	26,1	14,5	8,7	0	0

Tabulka 10. Porovnání popisných statistik u obsahu jódu ve žloutku vajec z velkochovů ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty)

Rok	Počet chovů	Počet vajec	\bar{x}	Sx	V%	Min.	Max.	Medián
2007	7	69	1285,2	861,6	67,0	196,5	3381,9	1098,2
2008	7	69	1071,9	543,9	50,7	235,7	2239,5	971,8

4.1.1.2 Obsah jódu ve vaječném žloutku v závislosti na jeho příjmu, na intenzitě snášky, stádiu snáškového cyklu a kvalitativních parametrech vajec

4.1.1.2.1 Obsah jódu ve vaječném žloutku v závislosti na jeho příjmu krmnou dávkou

Obsah jódu ve žloutku vyjádřený v závislosti na jeho denním příjmu byl vypočítán z obsahu jódu v krmné směsi (od 0,81 do 2,5 mg I·kg⁻¹ KS) a z denního příjmu krmné směsi na kus. Příjem krmné směsi byl v roce 2007 v rozmezí od 116 do 124 g na kus a den a v roce 2008 od 115 do 122 g na kus a den.

Vztah mezi příjmem jódu krmnou směsí a obsahem jódu ve žloutku je vyjádřen za rok 2007 v grafu 2 (viz příloha) a za rok 2008 v grafu 5 (viz příloha). Z obou grafů je zřejmá závislost obsahu jódu ve žloutku na jeho příjmu krmnou dávkou. Potvrzuje to i korelační koeficient 0,76 za rok 2007 a 0,79 za rok 2008 (vysoký stupeň korelační závislosti) (tabulka 11). Při nejnižším denním příjmu jódu 0,094 mg na kus v roce 2007 byl jeho obsah ve žloutku 1333,8 µg·kg⁻¹ čerstvé hmoty. Při nejvyšším denním příjmu jódu 0,3 mg se obsah jódu ve žloutku zvýšil na 2813,0 µg·kg⁻¹ čerstvé hmoty (chov č. 5, tabulka 7). V roce 2008 byl při nejnižším denním příjmu jódu 0,099 mg na kus jeho obsah ve žloutku 669,9 µg·kg⁻¹ čerstvé hmoty a při nejvyšším denním příjmu 0,288 mg jódu na kus došlo ke zvýšení obsahu jódu až na 1829,1 µg·kg⁻¹ čerstvé hmoty (chov č. 5, tabulka 8).

4.1.1.2.2 Obsah jódu ve vaječném žloutku v závislosti na snáškovém cyklu a intenzitě snášky

V grafu 3 (viz příloha) je vyjádřen vztah mezi aktuálním snáškovým týdnem nosnic a obsahem jódu v čerstvé hmotě vaječného žloutku v roce 2007 a v grafu 6 (viz příloha) za rok 2008. Z obou grafů je zřejmá závislost obsahu jódu ve žloutku na aktuálním týdnu snášky. Potvrzuje to i korelační koeficient 0,70 za rok 2007 a 0,88 za rok 2008 (vysoký stupeň korelační závislosti) (tabulka 11). Průměrná koncentrace jódu nad 1500 µg·kg⁻¹ byla zjištěna v roce 2007 ve 36. a 41. týdnu (ve 41. týdnu byla zjištěna nejvyšší

průměrná koncentrace jódu za rok 2007 i 2008 a to 2813,0 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$). V roce 2008 byla zjištěna průměrná koncentrace jódu nad 1500 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ve 35. týdnu snášky.

Vztah mezi intenzitou snášky a obsahem jódu v čerstvé hmotě vaječného žloutku v roce 2007 je vyjádřen v grafu 4 (viz příloha) a za rok 2008 v grafu 7 (viz příloha). Intenzita snášky byla u sledovaných chovů v čase odběru vajec v rozmezí 84,4 - 92,2% a v roce 2008 85,1 - 94,9%. Z výsledků vyplývá, že s růstem intenzity snášky (v rámci uvedeného rozmezí) se obsah jódu ve žloutku snižuje. Potvrzuje to i korelační koeficient -0,84 za rok 2007 a -0,78 za rok 2008 (tabulka 11). V roce 2007 (graf 4, viz příloha) byl nejvyšší obsah I ve žloutku zjištěn při intenzitě snášky 84,4% (chov č. 5) a to 2813,0 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a nejnižší při intenzitě snášky 89% (chov č. 4) pouze 584,8 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (tabulka 7). V roce 2008 (graf 7, viz příloha) byl nejvyšší obsah jódu při intenzitě snášky 85,1% (chov č. 5) a to 1829,1 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a nejnižší při intenzitě snášky 91,3% (chov č. 2) jen 669,9 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (tabulka 8).

4.1.1.2.3 Závislost obsahu jódu ve žloutku na hmotnosti vejce a hmotnosti žloutku

Závislost mezi obsahem jódu ve žloutku a hmotností vejce a hmotností žloutku je vyjádřena v tabulce 11. Korelace ve velkochovech (vypočítané ze všech vajec) v roce 2007 i 2008 byly záporné, jak mezi hmotností vejce a obsahem jódu ve žloutku (-0,08 v roce 2007, -0,17 v roce 2008), tak i mezi hmotností žloutku a obsahem jódu ve žloutku (-0,05 v roce 2007, -0,14 v roce 2008).

Tabulka 11. Korelace u velkochovů nosnic v roce 2007 a 2008

Rok	Korelace hmotnosti vejce s obsahem jódu ve žloutku	Korelace hmotnosti žloutku s obsahem jódu ve žloutku	Korelace příjmu jódu s průměrným obsahem jódu ve žloutku	Korelace týdnu snášky s průměrným obsahem jódu ve žloutku	Korelace intenzity snášky s průměrným obsahem I ve žloutku
2007	-0,08	-0,05	0,76	0,70	-0,84
2008	-0,17	-0,14	0,79	0,88	-0,78

4.1.2 Obsah jódu ve žloutku vajec z malochovů

Průměrný obsah jódu v čerstvé hmotě u analyzovaných vajec pocházejících z malochovů byl $387,1 \pm 214,3 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ v roce 2007 a $340,7 \pm 330,6 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ v roce 2008 (tabulky 12, 13, 14). Průměrný obsah jódu se v roce 2008 snížil o 12% (o $46,4 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) (tabulka 13). Snížení průměrného obsahu jódu ve vaječném žloutku v roce 2008 doprovázela vyšší variabilita souboru ($V\%$ - 97,0 oproti 55,4 v roce 2007), nižší minimální hodnota ($54,4 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ oproti $153,3 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ v roce 2007), ale i vyšší maximální hodnota ($1797,1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ oproti $1222,3 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ v roce 2007) (tabulky 12, 13, 14). V porovnání s velkochovy obsahuje žloutek vajec z malochovů průměrně 3,24 krát méně jódu.

Tabulka 12. Obsah jódu ve žloutku vajec z malochovů slepic – rok 2007

Číslo chovu	Kraj	Okres	Vejce n	Jód ve žloutku ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty)					
				\bar{x}	Sx	V%	min.	max.	medián
1	Středočeský	Ben	6	314,1 ¹	35,8	11,4	270,9	359,8	317,5
2	Jihočeský	ČB	5	620,6 ²	212,2	34,2	407,9	898,3	575,7
3	Vysočina	H.Brod	6	401,1 ³	56,2	14,0	330,3	483,9	399,3
4	Jihočeský	ČB	6	432,8 ⁴	106,3	24,6	329,0	580,0	409,2
5	Jihočeský	Pelhř	6	539,9 ⁵	282,2	52,3	361,8	1056,5	386,1
6	Jihočeský	Tábor	6	356,0 ⁶	60,0	16,9	280,2	423,3	358,9
7	Jihočeský	Tábor	6	192,7 ⁷	36,1	18,7	153,3	250,0	186,9
8	Středočeský	Příbram	6	350,8 ⁸	76,1	21,7	284,5	477,5	320,0
9	Jihočeský	ČB	6	203,3 ⁹	20,2	9,94	181,4	238,7	199,6
10	Plzeňský	Plzeň-J	6	808,3 ¹⁰	330,0	40,8	454,4	1222,3	719,8
11	Plzeňský	Plzeň-J	6	338,8 ¹¹	67,3	19,9	247,8	412,2	351,6
12	Jihočeský	ČB	6	260,6 ¹²	49,4	19,0	196,2	326,3	253,8
13	Jihočeský	Písek	6	251,9 ¹³	50,8	20,2	181,1	325,4	248,2
Suma			77	387,1	214,3	55,4	153,3	1222,3	337,2

Statisticky významné rozdíly ¹⁰: 1, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13 $P < 0,01$;
^{7, 9, 13}: 5 $P < 0,05$; ²: 7, 9, 12, 13 $P < 0,05$;

Tabulka 13. Obsah jódu ve žloutku vajec z malochovů slepic – rok 2008

Číslo chovu	Kraj	Okres	Vejsce n	Jód ve žloutku ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty)					
				\bar{x}	Sx	V%	min.	max.	medián
1	Středočeský	Ben	6	531,5 ¹	258,9	48,7	235,4	798,5	556,9
2	Jihočeský	ČB	6	252,9 ²	128,8	50,9	135,2	449,5	201,2
3	Vysočina	H.Brod	6	386,4 ³	231,1	59,8	119,0	681,3	334,9
4	Jihočeský	ČB	5	222,1 ⁴	56,9	25,6	155,4	308,3	219,6
5	Jihočeský	Pelhř	6	625,4 ⁵	157,8	25,2	412,0	895,0	598,8
6	Jihočeský	Tábor	6	166,2 ⁶	25,0	15,0	145,5	203,2	154,3
7	Jihočeský	Tábor	6	129,1 ⁷	37,7	29,2	85,2	181,2	131,9
8	Středočeský	Příbram	6	233,3 ⁸	142,1	60,9	85,6	506,5	196,7
9	Jihočeský	ČB	6	195,9 ⁹	52,5	26,8	124,9	280,3	189,5
10	Plzeňský	Plzeň-J	6	1101,9 ¹⁰	605,5	55,0	325,1	1797,1	1148,4
11	Plzeňský	Plzeň-J	6	270,0 ¹¹	63,2	23,4	207,9	363,5	250,5
12	Jihočeský	ČB	6	118,9 ¹²	34,2	28,8	69,4	149,1	133,8
13	Jihočeský	Písek	6	176,4 ¹³	107,0	60,7	54,4	320,1	138,3
Suma			77	340,7	330,6	97,0	54,4	1797,1	214,4

Statisticky významné rozdíly ¹⁰: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13 P < 0,001;
⁵: 6, 7, 9, 10, 12, 13 P < 0,05

Tabulka 14. Porovnání popisných statistik u obsahu jódu ve žloutku vajec z malochovů ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty)

Rok	Počet chovů	Počet vajec	\bar{x}	Sx	V%	Min.	Max.	Medián
2007	13	77	387,1	214,3	55,4	153,3	1222,3	337,2
2008	13	77	340,7	330,6	97,0	54,4	1797,1	214,4

4.1.2.1 Závislost obsahu jódu ve žloutku na hmotnosti vejce a hmotnosti žloutku

Závislost mezi obsahem jódu ve žloutku a hmotností vejce a hmotností žloutku je vyjádřena v tabulce 15. Korelace v malochovech (vypočítané ze všech vajec) v roce 2007 i 2008 byly záporné, jak mezi hmotností vejce a obsahem jódu ve žloutku (-0,06 v roce 2007, -0,04 v roce 2008), tak i mezi hmotností žloutku a obsahem jódu ve žloutku (-0,17 v roce 2007, -0,04 v roce 2008).

Tabulka 15. Korelace hmotností vejce a hmotností žloutku s obsahem jódu ve žloutku u vajec z malochovů - rok 2007 a 2008

Rok	Korelace	
2007	Korelace hmotnosti vejce s obsahem jódu ve žloutku = -0,06	Korelace hmotnosti žloutku s obsahem jódu ve žloutku = -0,17
2008	Korelace hmotnosti vejce s obsahem jódu ve žloutku = -0,04	Korelace hmotnosti žloutku s obsahem jódu ve žloutku = -0,04

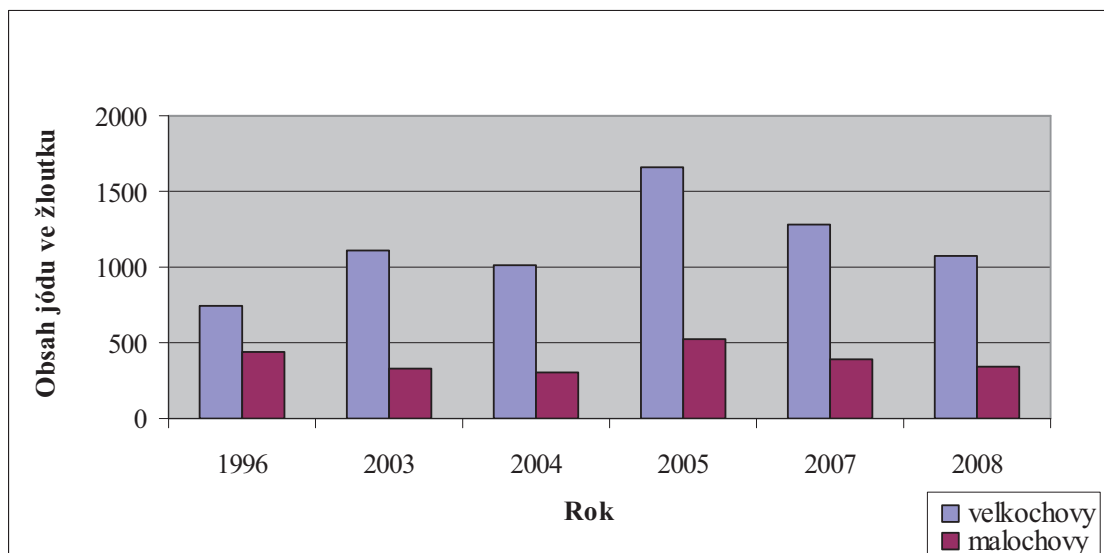
4.1.3 Dynamika obsahu jódu ve žloutku v letech 1996 – 2008

V grafu 1 je znázorněna dynamika obsahu jódu ve vaječném žloutku v České republice. Výsledky z let 1996 až 2005 publikované Trávníčkem et al., (2006b) byly doplněny o výsledky z let 2007 a 2008. Nejvyšší koncentrace jódu ve žloutku v čerstvém žloutku vajec z malochovů i velkochovů byla zjištěna v roce 2005. V letech 2007 i 2008 následoval oproti roku 2005 pokles obsahu jódu ve žloutku.

V roce 2007 se obsah jódu ve žloutku ve velkochovech snížil oproti roku 2005 o 378,6 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty (ze 1663,9 \pm 1179,7 v roce 2005 na 1285,2 \pm 861,6 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty v roce 2007). V roce 2008 následoval další pokles obsahu jódu na 1071,9 \pm 543,9 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty (tabulky 7, 8, 10).

V malochovech klesl obsah jódu v roce 2007 oproti roku 2005 o 132 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty (z 519,9 \pm 508,2 v roce 2005 na 387,1 \pm 214,3 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty v roce 2007). Také v roce 2008 následovalo další snížení obsahu jódu ve vaječném žloutku na 340,7 \pm 330,6 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty (tabulky 12,13).

Graf 1. Znázornění dynamiky obsahu jódu ve žloutku ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v letech 1996-2008



4.1.4 Vyjádření podílu vajec z velkochovů a malochovů na krytí denní potřeby jódu člověka

Tabulka 16 vyjadřuje obsah jódu v jednom vaječném žloutku a krytí denní potřeby jódu žloutkem vajec z velkochovů a malochovů v roce 2008. Doporučený denní příjem I je podle Roedigerové – Streubelové, (1997) 100 - 200 μg pro dospívající a dospělé. Při průměrné spotřebě vajec 260 kusů na osobu a rok a průměrné hmotnosti žloutku 18 g můžeme při průměrném obsahu jódu ve žloutku vajec z velkochovů v roce 2008 pokrýt vejcem 6,8 – 13,5% ze 100 – 200 μg doporučené denní potřeby jódu pro dospělého člověka. U vajec z malochovů v roce 2008 lze tuto potřebu krýt vejcem z 2,2 – 4,3%.

Tabulka 16. Vyjádření podílu vajec z velkochovů a malochovů na krytí denní potřeby jódu v roce 2008

Typ chovů	Průměrný obsah jódu ve žloutku ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Průměrný obsah jódu v jednom žloutku (μg)	Krytí denní potřeby jódu (100 μg)	Krytí denní potřeby jódu (200 μg)
Velkochovy 2008	1 071,9	19,30	13,5%	6,8%
Malochovy 2008	340,7	6,13	4,3%	2,2%

4.2 Obsah mědi ve vaječném žloutku

4.2.1 Obsah mědi ve žloutku vajec z velkochovů

Průměrný obsah mědi v čerstvé hmotě u analyzovaných vajec pocházejících z velkochovů byl $7,42 \pm 4,88 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ v roce 2007 a $20,63 \pm 8,85 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ v roce 2008 (tabulky 17, 18, 19). Průměrný obsah mědi ve žloutku se v roce 2008 zvýšil o 64% (o $13,21 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) (tabulky 18, 19). Zvýšení průměrného obsahu mědi ve vaječném žloutku

v roce 2008 doprovázela nižší variabilita souboru (V% - 42,90 oproti 65,77 v roce 2007), vyšší maximální hodnota (47,60 mg·kg⁻¹ oproti 19,60 mg·kg⁻¹ v roce 2007), vyšší minimální hodnota (7,70 mg·kg⁻¹ oproti 1,50 mg·kg⁻¹ v roce 2007) i vyšší hodnota mediánu (18,70 mg·kg⁻¹ oproti 5,10 mg·kg⁻¹ v roce 2007) (tabulky 17, 18, 19).

Tabulka 17. Obsah mědi ve žloutku vajec z velkochovů slepic – rok 2007

Číslo chovu	Kraj	Okres	Vejce n	Měď ^a ve žloutku (mg·kg ⁻¹ čerstvé hmoty)					
				\bar{x}	Sx	V%	min.	max.	medián
1	Jihočeský	Str	10	3,24 ¹	1,04	32,10	1,80	5,10	3,13
2	Jihočeský	ČB	9	9,43 ²	4,06	43,05	3,50	14,30	9,20
3	Středočeský	Ben	10	14,51 ³	4,01	27,64	7,40	19,60	13,95
4	Plzeňský	Plz-S	10	4,25 ⁴	2,40	56,47	1,99	10,45	3,77
5	Ústecký	Lit	10	10,41 ⁵	3,67	35,25	5,10	16,20	9,50
6	Jihočeský	J.Hr	10	6,08 ⁶	3,24	53,29	2,90	13,10	4,95
7	Plzeňský	Plz-J	10	4,25 ⁷	2,21	52,00	1,50	8,00	3,85
Suma			69	7,42	4,88	65,77	1,50	19,60	5,10

Statisticky významné rozdíly ^{1, 4, 7}: 2, 3, 5 P < 0,01; ³: 1, 2, 4, 6, 7 P < 0,05;
⁶: 3, 5 P < 0,05

Tabulka 18. Obsah mědi ve žloutku vajec z velkochovů slepic – rok 2008

Číslo chovu	Kraj	Okres	Vejce n	Měď ^a ve žloutku (mg·kg ⁻¹ čerstvé hmoty)					
				\bar{x}	Sx	V%	min.	max.	medián
1	Jihočeský	Str	10	16,82 ¹	4,90	29,13	10,88	24,70	17,29
2	Jihočeský	ČB	10	19,85	9,61	48,41	8,38	39,80	18,65
3	Středočeský	Ben	10	15,78 ³	5,85	37,07	7,70	24,60	15,70
4	Plzeňský	Plz-S	10	28,34 ⁴	4,06	14,33	22,20	32,90	29,80
5	Ústecký	Lit	10	18,43	4,06	22,03	12,40	25,50	19,00
6	Jihočeský	J.Hr	10	20,04	11,57	39,58	9,98	47,60	17,00
7	Plzeňský	Plz-J	10	25,12 ⁷	12,08	48,09	11,20	43,50	27,33
Suma			70	20,63	8,85	42,90	7,70	47,60	18,70

Statisticky významné rozdíly ⁴: 1, 3 P < 0,05

Tabulka 19. Porovnání popisných statistik u obsahu mědi ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty)

Rok	Počet chovů	Počet vajec	\bar{x}	Sx	V%	Min.	Max.	Medián
2007	7	69	7,42	4,88	65,77	1,50	19,60	5,10
2008	7	70	20,63	8,85	42,90	7,70	47,60	18,70

4.2.1.2 Obsah mědi ve žloutku v závislosti na jejím příjmu, na intenzitě snášky, stádiu snáškového cyklu a kvalitativních parametrech vajec

4.2.1.2.1 Obsah mědi ve vaječném žloutku v závislosti na jejím příjmu krmnou dávkou

Obsah mědi ve žloutku vyjádřený v závislosti na jejím denním příjmu byl vypočítán z obsahu mědi v krmné směsi (v roce 2007 od 13,4 do 15,5 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ KS a v roce 2008 od 13,3 do 15,0 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ KS) a z denního příjmu krmné směsi na kus. Příjem krmné směsi byl v roce 2007 v rozmezí od 116 do 124 g na kus a den a v roce 2008 od 115 do 122 g na kus a den.

Vztah mezi příjmem mědi krmnou směsí a obsahem mědi ve vaječném žloutku je vyjádřen za rok 2007 v grafu 8 (viz příloha) a za rok 2008 v grafu 11 (viz příloha). V roce 2007 byla zřejmá závislost obsahu mědi ve žloutku na jejím příjmu krmnou dávkou. Potvrzoval to i korelační koeficient 0,91 za rok 2007 (velmi vysoký stupeň korelační závislosti) (tabulka 20). Při nejnižším denním příjmu mědi 1,58 mg na kus v roce 2007 byl její obsah ve žloutku 3,24 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty. Při nejvyšším denním příjmu mědi 1,87 mg se obsah mědi ve žloutku zvýšil na 10,41 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty. V roce 2008 nebyla již zřejmá závislost obsahu mědi ve žloutku na jejím příjmu krmnou dávkou. Potvrzoval to i korelační koeficient -0,30 (tabulka 20).

4.2.1.2.2 Obsah mědi ve vaječném žloutku v závislosti na snáškovém cyklu a intenzitě snášky

V grafu 9 (viz příloha) je vyjádřen vztah mezi aktuálním snáškovým týdnem nosnic a obsahem mědi ve vaječném žloutku v roce 2007 a v grafu 12 (viz příloha) za rok 2008. V roce 2007 byla zřejmá závislost obsahu mědi ve žloutku na aktuálním týdnu snášky. Potvrzoval to i korelační koeficient 0,92 (velmi vysoký stupeň korelační závislosti) za rok 2007 (tabulka 20). V roce 2008 již tato závislost nebyla zcela jasná, i přestože korelační koeficient byl 0,20 (nízký stupeň korelační závislosti) (tabulka 20).

Vztah mezi intenzitou snášky a obsahem mědi ve žloutku v roce 2007 je vyjádřen v grafu 10 (viz příloha) a za rok 2008 v grafu 13 (viz příloha). Intenzita snášky byla u sledovaných chovů v čase odběru vajec z velkochovů v rozmezí 84,4 - 92,2% a v roce 2008 85,1 - 94,9%. Z výsledků vyplývá, že v roce 2007 se s růstem intenzity snášky (v rámci uvedeného rozmezí) obsah mědi ve žloutku snižuje. Potvrzuje to i korelační koeficient -0,85 za rok 2007. V roce 2007 byl nejvyšší obsah mědi ve žloutku zjištěn při intenzitě snášky 84,4% (chov č. 5), a to 10,41 mg·kg⁻¹ čerstvé hmoty a nejnižší byl nalezen při intenzitě snášky 92,2% (chov č.1) pouze 3,24 mg·kg⁻¹ čerstvé hmoty. V roce 2008 se s růstem intenzity snášky (v rámci uvedeného rozmezí) obsah mědi ve žloutku naopak zvyšuje. Korelační koeficient byl 0,80 (vysoký stupeň korelační závislosti) za rok 2008 (tabulka 20).

4.2.1.2.3 Závislost obsahu mědi ve žloutku na hmotnosti vejce a hmotnosti žloutku

Závislost mezi obsahem mědi ve žloutku a hmotností vejce a hmotností žloutku je vyjádřena v tabulce 20. Korelace ve velkochovech v roce 2007 byly záporné, jak mezi hmotností vejce a obsahem mědi ve žloutku (-0,30), tak i mezi hmotností žloutku a obsahem mědi ve žloutku (-0,29). V roce 2008 byly korelace ve velkochovech naopak kladné, jak mezi hmotností vejce a obsahem mědi ve žloutku (0,12), tak i mezi hmotností žloutku a obsahem mědi ve žloutku (0,13).

Tabulka 20. Korelace u velkochovů nosnic v roce 2007 a 2008

Rok	Korelace hmotnosti vejce s obsahem mědi ve žloutku	Korelace hmotnosti žloutku s obsahem mědi ve žloutku	Korelace příjmu mědi s průměrným obsahem mědi ve žloutku	Korelace týdnu snášky s průměrným obsahem mědi ve žloutku	Korelace intenzity snášky s průměrným obsahem Cu ve žloutku
2007	-0,30	-0,29	0,91	0,92	-0,85
2008	0,12	0,13	-0,30	0,20	0,80

4.2.2 Obsah mědi ve žloutku vajec z malochovů

Průměrný obsah mědi v čerstvé hmotě u analyzovaných vajec pocházejících z malochovů byl v roce 2007 $10,90 \pm 5,28 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a v roce 2008 $17,95 \pm 6,19 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (tabulky 21, 22, 23). Průměrný obsah mědi se v roce 2008 zvýšil o 39,3% (o $7,05 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) (tabulky 22, 23). Zvýšení průměrného obsahu mědi ve vaječném žloutku v roce 2008 doprovázela nižší variabilita souboru (V% - 34,49 oproti 48,44 v roce 2007) i vyšší minimální hodnota ($6,08 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ oproti $0,72 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ v roce 2007), vyšší maximální hodnota ($31,60 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ oproti $25,10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ v roce 2007) i vyšší hodnota mediánu ($18,10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ oproti $10,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ v roce 2007 (tabulka 21, 22, 23). Obsah mědi ve vejcích z malochovů je v porovnání s vejci z velkochovů (za oba roky) přibližně stejný.

Tabulka 21. Obsah mědi ve žloutku vajec z malochovů slepic – rok 2007

Číslo chovu	Kraj	Okres	Vejece <i>n</i>	Cu ve žloutku (mg·kg ⁻¹ čerstvé hmoty)					
				\bar{x}	Sx	V%	min.	max.	medián
1	Středočeský	Ben	5	9,96	1,82	18,27	8,50	13,10	9,20
2	Jihočeský	ČB	6	6,17 ²	3,55	57,54	0,72	11,85	6,00
3	Vysočina	H.Brod	5	9,78	3,76	38,45	6,50	15,80	8,95
4	Jihočeský	ČB	6	12,35	4,21	34,10	5,60	16,60	13,70
5	Jihočeský	Pelhř	6	10,55	4,84	45,88	5,20	18,10	10,70
6	Jihočeský	Tábor	6	9,78	4,13	42,23	5,70	15,60	8,40
7	Jihočeský	Tábor	6	16,37 ⁷	7,07	43,19	7,10	25,10	17,70
8	Středočeský	Příbram	5	13,22	4,46	33,74	5,50	16,80	15,00
9	Jihočeský	ČB	5	5,97 ⁹	3,25	54,44	3,26	9,80	4,30
10	Plzeňský	Plzeň-J	6	13,31	3,62	27,20	8,95	19,66	13,15
11	Plzeňský	Plzeň-J	6	9,20	4,96	53,91	3,60	15,20	8,60
12	Jihočeský	ČB	6	8,55	5,83	68,19	1,40	15,90	7,50
13	Jihočeský	Písek	6	15,73 ¹³	5,74	36,49	6,70	23,50	16,05
Suma			74	10,90	5,28	48,44	0,72	25,10	10,00

Statisticky významné rozdíly ²: 7, 13 P < 0,05; ⁹: 7 P < 0,05

Tabulka 22. Obsah mědi ve žloutku vajec z malochovů slepic – rok 2008

Číslo chovu	Kraj	Okres	Vejece <i>n</i>	Cu ve žloutku (mg·kg ⁻¹ čerstvé hmoty)					
				\bar{x}	Sx	V%	min.	max.	medián
1	Středočeský	Ben	5	15,36	6,03	39,26	6,20	22,40	16,20
2	Jihočeský	ČB	6	20,19	2,37	11,74	17,50	23,77	20,09
3	Vysočina	H.Brod	4	15,73	6,91	43,93	9,30	22,00	15,80
4	Jihočeský	ČB	6	20,94	5,45	26,03	13,97	28,80	20,78
5	Jihočeský	Pelhř	6	24,05	7,51	31,23	14,30	31,60	24,30
6	Jihočeský	Tábor	6	13,05	3,50	26,82	9,45	19,40	12,98
7	Jihočeský	Tábor	6	15,54	3,53	22,72	10,30	20,36	15,53
8	Středočeský	Příbram	5	24,52	2,01	8,20	22,70	27,90	23,90
9	Jihočeský	ČB	6	14,90	4,94	33,15	9,30	23,20	13,20
10	Plzeňský	Plzeň-J	6	15,24	6,13	40,22	6,08	21,10	16,24
11	Plzeňský	Plzeň-J	5	11,33	2,24	19,77	8,90	14,70	11,10
12	Jihočeský	ČB	6	17,23	6,05	35,11	6,80	24,60	18,11
13	Jihočeský	Písek	6	24,12	3,15	13,06	17,80	26,30	25,20
Suma			73	17,95	6,19	34,49	6,08	31,60	18,10

Statisticky významné rozdíly ^{6,11}: 5, 8, 13 P < 0,05

Tabulka 23. Porovnání popisných statistik u obsahu mědi ve žloutku vajec z malochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty)

Rok	Počet chovů	Počet vajec	\bar{x}	Sx	V%	Min.	Max.	Medián
2007	13	74	10,90	5,28	48,44	0,72	25,10	10,00
2008	13	73	17,95	6,19	34,49	6,08	31,60	18,10

4.2.2.1 Závislost obsahu mědi ve žloutku na hmotnosti vejce a hmotnosti žloutku

Závislost mezi obsahem mědi ve žloutku a hmotností vejce a hmotností žloutku je vyjádřena v tabulce 24. Korelace v malochovech v roce 2007 byly záporné, jak mezi hmotností vejce a obsahem mědi ve žloutku (-0,31), tak i mezi hmotností žloutku a obsahem mědi ve žloutku (-0,28). V roce 2008 byly korelace ve velkochovech naopak kladné, jak mezi hmotností vejce a obsahem Cu ve žloutku (0,22), tak i mezi hmotností žloutku a obsahem Cu ve žloutku (0,21).

Tabulka 24. Korelace hmotnosti vejce a hmotnosti žloutku s obsahem mědi ve žloutku u vajec z malochovů - rok 2007 a 2008

Rok	Korelace	
2007	Korelace hmotnosti vejce s obsahem mědi ve žloutku = -0,31	Korelace hmotnosti žloutku s obsahem mědi ve žloutku = -0,28
2008	Korelace hmotnosti vejce s obsahem mědi ve žloutku = 0,22	Korelace hmotnosti žloutku s obsahem mědi ve žloutku = 0,21

4.2.3 Vyjádření podílu vajec z velkochovů a malochovů na krytí denní potřeby mědi člověka

Tabulka 25 vyjadřuje obsah mědi v jednom vaječném žloutku a krytí denní potřeby mědi žloutkem vajec z velkochovů a malochovů v roce 2008. Doporučený denní příjem Cu je podle Čermáka et al., (2002) 1,5 mg pro ženy a pro muže a těhotné ženy 2 mg. Při průměrné spotřebě vajec 260 kusů na osobu a rok a průměrné hmotnosti žloutku 18 g můžeme při průměrném obsahu mědi ve žloutku vajec z velkochovů v roce 2008 pokrýt vejcem 17,3% z 1,5 mg doporučené denní potřeby mědi pro ženy a 13% ze 2 mg doporučené denní potřeby mědi pro muže. U vajec z malochovů v roce 2008 lze tuto potřebu krýt vejcem z 14,9% (u žen) a z 11,2% (u mužů).

Tabulka 25. Vyjádření podílu vajec z velkochovů a malochovů na krytí denní potřeby mědi v roce 2008

Typ chovů	Průměrný obsah mědi ve žloutku ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Průměrný obsah mědi v jednom žloutku (mg)	Krytí denní potřeby mědi u žen (1,5 mg)	Krytí denní potřeby mědi u mužů (2 mg)
Velkochovy 2008	20,63	0,37	17,3%	13,0%
Malochovy 2008	17,95	0,32	14,9%	11,2%

4.3 Obsah zinku ve vaječném žloutku

4.3.1 Obsah zinku ve žloutku vajec z velkochovů

Průměrný obsah zinku v čerstvé hmotě u analyzovaných vajec pocházejících z velkochovů byl v roce 2007 $63,71 \pm 31,08 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a v roce 2008 $29,59 \pm 8,67 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (tabulky 26, 27, 28). Průměrný obsah zinku ve žloutku se v roce 2008 snížil o 53,6% (o

34,12 mg·kg⁻¹) (tabulky 27, 28). Snížení průměrného obsahu zinku ve vaječném žloutku v roce 2008 doprovázela nižší variabilita souboru (V% - 29,30 oproti 48,78 v roce 2007), nižší maximální hodnota (58,30 mg·kg⁻¹ oproti 138,40 mg·kg⁻¹ v roce 2007), nižší minimální hodnota (15,20 mg·kg⁻¹ oproti 18,80 mg·kg⁻¹ v roce 2007) i nižší hodnota mediánu (29,25 mg·kg⁻¹ oproti 58,70 mg·kg⁻¹ v roce 2007) (tabulky 26, 27, 28). V roce 2008 nebyly zjištěny (Tukeyovým testem) statisticky významné rozdíly mezi průměrnými hodnotami obsahu zinku ve žloutku jednotlivých chovů.

Tabulka 26. Obsah zinku ve žloutku vajec z velkochovů slepic – rok 2007

Číslo chovu	Kraj	Okres	Vejce n	Zn ve žloutku (mg·kg ⁻¹ čerstvé hmoty)					
				\bar{x}	Sx	V%	min.	max.	medián
1	Jihočeský	Str	10	52,61	32,02	60,86	18,80	112,50	44,45
2	Jihočeský	ČB	8	76,48	40,11	52,45	24,50	135,70	71,58
3	Středočeský	Ben	9	85,24 ³	13,27	15,57	68,80	106,80	88,70
4	Plzeňský	Plz-S	9	58,58	21,63	36,92	32,10	82,70	53,70
5	Ústecký	Lit	10	71,39	37,71	52,82	23,10	138,40	74,85
6	Jihočeský	J.Hr	10	63,03	35,87	56,91	25,60	115,80	54,85
7	Plzeňský	Plz-J	10	42,83 ⁷	9,87	23,04	28,40	58,40	41,45
Suma			66	63,71	31,08	48,78	18,80	138,40	58,70

Statisticky významné rozdíly ^{7:3} P < 0,05

Tabulka 27. Obsah zinku ve žloutku vajec z velkochovů slepic – rok 2008

Číslo chovu	Kraj	Okres	Vejce n	Zn ve žloutku (mg·kg ⁻¹ čerstvé hmoty)					
				\bar{x}	Sx	V%	min.	max.	medián
1	Jihočeský	Str	9	26,82	6,29	23,45	20,40	38,20	25,30
2	Jihočeský	ČB	10	25,06	5,14	20,51	15,20	30,00	27,20
3	Středočeský	Ben	10	29,26	7,96	27,20	16,10	43,80	28,95
4	Plzeňský	Plz-S	10	30,18	5,22	17,30	18,10	36,30	30,05
5	Ústecký	Lit	10	29,57	7,40	25,03	19,60	43,70	29,45
6	Jihočeský	J.Hr	10	33,14	15,92	48,04	15,80	58,30	31,50
7	Plzeňský	Plz-J	9	33,16	6,79	20,48	20,70	38,00	36,40
Suma			68	29,59	8,67	29,30	15,20	58,30	29,25

Tabulka 28. Porovnání popisných statistik u obsahu zinku ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty)

Rok	Počet chovů	Počet vajec	\bar{x}	Sx	V%	Min.	Max.	Medián
2007	7	66	63,71	31,08	48,78	18,80	138,40	58,70
2008	7	68	29,59	8,67	29,30	15,20	58,30	29,25

4.3.1.2 Obsah zinku ve žloutku v závislosti na jeho příjmu, na intenzitě snášky, stádiu snáškového cyklu a kvalitativních parametrech vajec

4.3.1.2.1 Obsah zinku ve vaječném žloutku v závislosti na jeho příjmu krmnou dávkou

Obsah zinku ve žloutku vyjádřený v závislosti na jeho denním příjmu byl vypočítán z obsahu zinku v krmné dávce (v roce 2007 od 70,9 do 92,4 $\text{mg Zn}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny KS a v roce 2008 od 71,6 do 92,4 $\text{mg Zn}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny KS) a z denního příjmu krmné směsi na kus. Příjem krmné směsi byl v roce 2007 v rozmezí od 116 do 124 g na kus a den a v roce 2008 od 115 do 122 g na kus a den.

Vztah mezi příjmem zinku krmnou dávkou a obsahem zinku ve vaječném žloutku je vyjádřen za rok 2007 v grafu 14 (viz příloha) a za rok 2008 v grafu 17 (viz příloha). Z grafů není zřejmá závislost obsahu zinku ve žloutku na jeho příjmu krmnou dávkou. Potvrzuje to i záporný korelační koeficient -0,24 za rok 2007 i -0,40 za rok 2008 (tabulka 29).

4.3.1.2.2 Obsah zinku ve vaječném žloutku v závislosti na snáškovém cyklu a intenzitě snášky

V grafu 15 (viz příloha) je vyjádřen vztah mezi aktuálním snáškovým týdnem nosnic a obsahem zinku ve vaječném žloutku v roce 2007 a v grafu 18 (viz příloha) za rok 2008. Z grafu 15 (viz příloha) je zřejmá závislost obsahu zinku ve žloutku na aktuálním týdnu snášky. Potvrzuje to i korelační koeficient 0,77 za rok 2007. V roce 2008 z grafu 18 (viz příloha) vyplývá, že byla tendence ke zvyšování obsahu zinku ve žloutku se zvyšujícím se týdnem snáškového cyklu. Korelační koeficient v roce 2008 byl 0,83 (tabulka 29). I když zvyšování obsahu Zn ve žloutku nebylo nijak výrazné, protože se chovy v obsahu zinku výrazně nelišily.

Vztah mezi intenzitou snášky a obsahem zinku ve vaječném žloutku v roce 2007 je vyjádřen v grafu 16 (viz příloha) a v roce 2008 v grafu 19 (viz příloha). Intenzita snášky byla v roce 2007 u sledovaných chovů v čase odběru vajec v rozmezí 84,4 - 92,2% a v roce 2008 85,1 - 94,9%. Z výsledků vyplývá, že v roce 2007 byla tendence ke snižování obsahu zinku ve žloutku, s růstem intenzity snášky (v rámci uvedeného rozmezí) se obsah Zn ve žloutku snižoval. Potvrzuje to i korelační koeficient -0,58 v roce 2007 (tabulka 29). V roce 2008 z grafu 19 (viz příloha) již závislost mezi obsahem Zn ve žloutku a intenzitou snášky není zcela zřejmá, i když korelační koeficient byl -0,15 (tabulka 29). V roce 2007 byl nejvyšší obsah zinku ve žloutku zjištěn při intenzitě snášky 86,5% (chov č. 2) a to 76,48 mg·kg⁻¹ čerstvé hmoty a nejnižší byl nalezen při intenzitě snášky 87,6% (chov č. 7) pouze 42,83 mg·kg⁻¹ čerstvé hmoty (tabulka 26). V roce 2008 byl nejvyšší obsah zinku ve žloutku zjištěn při intenzitě snášky 90,16% (chov č. 7) a to 33,16 mg·kg⁻¹ čerstvé hmoty a nejnižší byl nalezen při intenzitě snášky 91,3% (chov č. 2) a to 25,06 mg·kg⁻¹ čerstvé hmoty (tabulka 27).

4.3.1.2.3 Závislost obsahu zinku ve žloutku na hmotnosti vejce a hmotnosti žloutku

Závislost mezi obsahem zinku ve žloutku a hmotností vejce a hmotností žloutku je vyjádřena v tabulce 29. Korelace ve velkochovech v roce 2007 byly záporné, jak mezi hmotností vejce a obsahem zinku ve žloutku (-0,26), tak i mezi hmotností žloutku a

obsahem Zn ve žloutku (-0,10). V roce 2008 byly korelace ve velkochovech naopak kladné, jak mezi hmotností vejce a obsahem Zn ve žloutku (0,08), tak i mezi hmotností žloutku a obsahem Zn ve žloutku (0,14).

Tabulka 29. Korelace u velkochovů nosnic v roce 2007 a 2008

Rok	Korelace hmotnosti vejce s obsahem zinku ve žloutku	Korelace hmotnosti žloutku s obsahem zinku ve žloutku	Korelace příjmu Zn s průměrným obsahem zinku ve žloutku	Korelace týdnu snášky s průměrným obsahem zinku ve žloutku	Korelace intenzity snášky s průměrným obsahem Zn ve žloutku
2007	-0,26	-0,10	-0,24	0,77	-0,58
2008	0,08	0,14	-0,40	0,83	-0,15

4.3.2 Obsah zinku ve žloutku vajec z malochovů

Průměrný obsah zinku v čerstvé hmotě žloutku vajec pocházejících z malochovů byl v roce 2007 $73,54 \pm 44,33 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a v roce 2008 $33,10 \pm 7,97 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (tabulky 30, 31, 32). Průměrný obsah zinku se v roce 2008 snížil o 55% (o $40,44 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) (tabulky 31, 32). Snížení průměrného obsahu zinku ve vaječném žloutku v roce 2008 doprovázela nižší variabilita souboru ($V\%$ - 24,08 oproti 60,28 v roce 2007), nižší maximální hodnota ($53,20 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ oproti $283,70 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ v roce 2007) i nižší hodnota mediánu ($31,50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ oproti $69,20 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ v roce 2007) (tabulky 30, 31, 32). Obsah zinku ve vejcích z malochovů byl oproti vejcům z velkochovů v průměru (za oba roky) o 12,5% vyšší.

Tabulka 30. Obsah zinku ve žloutku vajec z malochovů slepic – rok 2007

Číslo chovu	Kraj	Okres	Vejece n	Zn ve žloutku (mg·kg ⁻¹ čerstvé hmoty)					
				\bar{x}	Sx	V%	min.	max.	medián
1	Středočeský	Ben	6	66,27	20,03	30,23	36,60	91,50	66,55
2	Jihočeský	ČB	6	70,08	27,68	39,50	21,70	103,0	74,45
3	Vysočina	H.Brod	5	59,48	18,11	30,45	35,90	83,30	59,20
4	Jihočeský	ČB	5	102,36	38,29	37,41	44,60	150,70	108,30
5	Jihočeský	Pelhř	5	70,95	20,34	28,67	48,60	102,95	66,60
6	Jihočeský	Tábor	5	86,95	52,95	60,90	28,96	144,60	103,70
7	Jihočeský	Tábor	6	74,23	22,29	30,03	38,90	104,40	71,65
8	Středočeský	Příbram	6	29,11 ⁸	12,93	44,42	11,20	44,30	27,55
9	Jihočeský	ČB	6	139,85 ⁹	96,63	63,10	31,10	283,70	130,50
10	Plzeňský	Plzeň-J	5	53,62 ¹⁰	26,24	48,94	16,70	90,60	52,2
11	Plzeňský	Plzeň-J	5	78,24	38,83	49,63	19,40	116,80	74,20
12	Jihočeský	ČB	6	54,27 ¹²	24,48	45,11	25,70	91,40	46,55
13	Jihočeský	Písek	5	72,12	14,59	20,23	56,60	95,10	71,90
Suma			71	73,54	44,33	60,28	11,20	283,70	69,20

Statisticky významné rozdíly ⁹: 8, 10, 12, P < 0,05

Tabulka 31. Obsah zinku ve žloutku vajec z malochovů slepic – rok 2008

Číslo chovu	Kraj	Okres	Vejece n	Zn ve žloutku (mg·kg ⁻¹ čerstvé hmoty)					
				\bar{x}	Sx	V%	min.	max.	medián
1	Středočeský	Ben	6	28,48	3,78	13,27	21,10	31,80	29,45
2	Jihočeský	ČB	6	26,83 ²	4,47	16,66	20,90	31,40	28,50
3	Vysočina	H.Brod	5	35,38	9,79	27,67	23,60	45,50	32,60
4	Jihočeský	ČB	6	39,77 ⁴	8,63	21,70	25,50	50,80	40,50
5	Jihočeský	Pelhř	6	34,03	4,09	12,01	30,60	40,20	32,05
6	Jihočeský	Tábor	6	29,45	4,98	16,91	21,80	37,40	29,65
7	Jihočeský	Tábor	6	25,28 ⁷	5,95	23,54	17,60	34,60	25,00
8	Středočeský	Příbram	6	35,13	1,49	4,24	33,70	37,30	34,70
9	Jihočeský	ČB	6	40,67 ⁹	7,75	19,06	32,30	50,40	40,75
10	Plzeňský	Plzeň	6	36,42	10,92	29,98	26,90	53,20	31,20
11	Plzeňský	Plzeň	6	28,10	5,18	18,43	22,60	36,10	28,10
12	Jihočeský	ČB	6	37,87	5,46	14,42	30,10	44,70	39,90
13	Jihočeský	Písek	6	33,20	9,99	30,09	20,60	46,40	30,50
Suma			77	33,10	7,97	24,08	17,60	53,20	31,50

Statisticky významné rozdíly ^{2,7:9} P < 0,05 ^{4:7} P < 0,05

Tabulka 32. Porovnání popisných statistik u obsahu zinku ve žloutku vajec z malochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty)

Rok	Počet chovů	Počet vajec	\bar{x}	Sx	V%	Min.	Max.	Medián
2007	13	71	73,54	44,33	60,28	11,20	283,70	69,20
2008	13	77	33,10	7,97	24,08	17,60	53,20	31,50

4.3.2.1 Závislost obsahu zinku ve žloutku na hmotnosti vejce a hmotnosti žloutku

Závislost mezi obsahem zinku ve žloutku a hmotností vejce a hmotností žloutku je vyjádřena v tabulce 33. Korelace v malochovech v roce 2007 i 2008 byly záporné, jak mezi hmotností vejce a obsahem Zn ve žloutku (-0,16 v roce 2007, -0,002 v roce 2008), tak i mezi hmotností žloutku a obsahem Zn ve žloutku (-0,16 v roce 2007, -0,05 v roce 2008).

Tabulka 33. Korelace hmotnosti vejce a hmotnosti žloutku s obsahem zinku ve žloutku u vajec z malochovů - rok 2007 a 2008

Rok	Korelace	
2007	Korelace hmotnosti vejce s obsahem zinku ve žloutku = -0,16	Korelace hmotnosti žloutku s obsahem zinku ve žloutku = -0,16
2008	Korelace hmotnosti vejce s obsahem zinku ve žloutku = -0,002	Korelace hmotnosti žloutku s obsahem zinku ve žloutku = -0,05

4.3.3 Vyjádření podílu vajec z velkochovů a malochovů na krytí denní potřeby zinku člověka

Tabulka 34 vyjadřuje obsah zinku v jednom vaječném žloutku a krytí denní potřeby zinku žloutkem vajec z velkochovů a malochovů v roce 2008. Doporučený denní příjem zinku je podle McDowella (1992) 15 mg pro muže a 12 mg pro ženy. Při průměrné spotřebě vajec 260 kusů na osobu a rok a průměrné hmotnosti žloutku 18 g můžeme při průměrném obsahu zinku ve žloutku vajec z velkochovů v roce 2008 pokrýt vejcem 3,1% z 12 mg doporučené denní potřeby zinku pro ženy a 2,5% z 15 mg doporučené denní potřeby zinku pro muže. U vajec z malochovů v roce 2008 lze tuto potřebu krýt vejcem z 3,5 % (u žen) a z 2,8 (u mužů).

Tabulka 34. Vyjádření podílu vajec z velkochovů a malochovů na krytí denní potřeby zinku v roce 2008

Typ chovů	Průměrný obsah zinku ve žloutku ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Průměrný obsah zinku v jednom žloutku (mg)	Krytí denní potřeby zinku u žen (12 mg)	Krytí denní potřeby zinku u mužů (15 mg)
Velkochovy 2008	29,59	0,53	3,1%	2,5%
Malochovy 2008	33,10	0,60	3,5%	2,8%

4.4 Obsah manganu ve vaječném žloutku

4.4.1 Obsah manganu ve žloutku vajec z velkochovů

Průměrný obsah manganu v čerstvé hmotě žloutku vajec pocházejících z velkochovů byl v roce 2007 $1,02 \pm 0,84 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a v roce 2008 $1,42 \pm 0,62 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (tabulky 35, 36, 37). Průměrný obsah Mn ve žloutku se v roce 2008 zvýšil o 28,2% (o $0,40 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)

(tabulky 36, 37). Zvýšení průměrného obsahu manganu ve vaječném žloutku v roce 2008 doprovázela nižší variabilita souboru ($V\%$ - 43,66 oproti 82,35 v roce 2007), vyšší maximální hodnota ($3,84 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ oproti $3,65 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ v roce 2007), vyšší minimální hodnota ($0,39 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ oproti $0,14 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ v roce 2007) i vyšší hodnota mediánu ($1,30 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ oproti $0,70 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ v roce 2007 (tabulky 35, 36, 37). V roce 2008 nebyly zjištěny (Tukeyovým testem) statisticky významné rozdíly mezi průměrnými hodnotami obsahu Mn ve žloutku jednotlivých chovů.

Tabulka 35. Obsah manganu ve žloutku vajec z velkochovů slepic - rok 2007

Číslo chovu	Kraj	Okres	Vejce n	Mn ve žloutku ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty)					
				\bar{x}	Sx	V%	min.	max.	medián
1	Jihočeský	Str	10	0,32 ¹	0,13	40,63	0,17	0,55	0,28
2	Jihočeský	ČB	10	1,92 ²	0,85	44,27	0,99	3,42	1,66
3	Středočeský	Ben	10	1,69 ³	0,85	50,30	0,68	3,65	1,56
4	Plzeňský	Plz-S	10	0,54 ⁴	0,28	51,85	0,14	0,94	0,58
5	Ústecký	Lit	10	0,70 ⁵	0,36	51,43	0,21	1,16	0,71
6	Jihočeský	J.Hr	9	1,63 ⁶	0,84	51,53	0,44	3,19	1,57
7	Plzeňský	Plz-J	10	0,42 ⁷	0,11	26,19	0,24	0,59	0,42
Suma			69	1,02	0,84	82,35	0,14	3,65	0,70

Statisticky významné rozdíly ^{1, 4, 5, 7 : 2, 3, 6} $P < 0,05$

Tabulka 36. Obsah manganu ve žloutku vajec z velkochovů slepic – rok 2008

Číslo chovu	Kraj	Okres	Vejce n	Mn ve žloutku ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty)					
				\bar{x}	Sx	V%	min.	max.	medián
1	Jihočeský	Str	10	1,11	0,26	23,42	0,81	1,58	1,06
2	Jihočeský	ČB	9	1,56	0,52	33,33	0,69	2,48	1,43
3	Středočeský	Ben	10	1,51	0,81	37,07	0,50	2,70	1,18
4	Plzeňský	Plz-S	10	1,62	0,48	29,63	0,71	2,25	1,57
5	Ústecký	Lit	10	1,30	0,29	22,31	0,98	1,75	1,24
6	Jihočeský	J.Hr	10	1,21	0,67	55,37	0,39	2,44	1,01
7	Plzeňský	Plz-J	9	1,67	0,96	57,49	0,48	3,84	1,57
Suma			68	1,42	0,62	43,66	0,39	3,84	1,30

Tabulka 37. Porovnání popisných statistik u obsahu manganu ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty)

Rok	Počet chovů	Počet vajec	\bar{x}	Sx	V%	Min.	Max.	Medián
2007	7	69	1,02	0,84	82,35	0,14	3,65	0,70
2008	7	68	1,42	0,62	43,66	0,39	3,84	1,30

4.4.1.2 Obsah manganu ve žloutku v závislosti na jeho příjmu, na intenzitě snášky, stádiu snáškového cyklu a kvalitativních parametrech vajec

4.4.1.2.1 Obsah Mn ve vaječném žloutku v závislosti na jeho příjmu krmnou dávkou

Obsah manganu ve žloutku vyjádřený v závislosti na jeho denním příjmu byl vypočítán z obsahu manganu v krmné dávce (v roce 2007 od 99,8 do 134,0 $\text{mg Mn}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny KS a v roce 2008 od 99,8 do 132,0 $\text{mg Mn}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny KS) a z denního příjmu krmné směsi na kus. Příjem krmné směsi byl v roce 2007 v rozmezí od 116 do 124 g na kus a den a v roce 2008 od 115 do 122 g na kus a den.

Vztah mezi příjmem manganu krmnou dávkou a jeho obsahem ve vaječném žloutku je vyjádřen za rok 2007 v grafu 20 (viz příloha) a za rok 2008 v grafu 23 (viz příloha). Z grafů není zřejmá závislost obsahu manganu ve žloutku na jeho příjmu krmnou dávkou. Potvrzuje to i korelační koeficient -0,30 za rok 2007 a -0,43 v roce 2008 (tabulka 38).

4.4.1.2.2 Obsah Mn ve vaječném žloutku v závislosti na snáškovém cyklu a intenzitě snášky

V grafu 21 (viz příloha) je vyjádřen vztah mezi aktuálním snáškovým týdnem nosnic a obsahem Mn ve vaječném žloutku v roce 2007 a v grafu 24 (viz příloha) v roce 2008. V roce 2007 je zřejmá tendence ke zvyšování obsahu manganu ve žloutku v souladu se zvyšujícím se aktuálním týdnem snášky. Potvrzuje to i korelační koeficient 0,73 (vysoký stupeň korelační závislosti) (tabulka 38). Tato tendence je, jak vyplývá z grafu 21 (viz příloha) a tabulky 35 způsobena chovy č. 2 a 6, jejichž žloutky obsahovaly ze sledovaných chovů nejvyšší množství Mn ve žloutku. V roce 2008 z grafu 24 (viz příloha) již tato závislost jasně nevyplývala, i když korelační koeficient byl 0,05 (nízký stupeň korelační závislosti) (tabulka 38). Průměrné koncentrace Mn nad 1,5 mg·kg⁻¹ čerstvé hmoty byly zjištěny v roce 2007 u 36 a 43 týdne snášky. V roce 2008 byly průměrné koncentrace Mn nad 1,5 mg·kg⁻¹ čerstvé hmoty zjištěny u 18. 26. a 34. týdne snášky.

Vztah mezi intenzitou snášky a obsahem Mn ve žloutku v roce 2007 je vyjádřen v grafu 22 (viz příloha) a v roce 2008 v grafu 25 (viz příloha). Intenzita snášky byla u sledovaných chovů v čase odběru vajec v rozmezí 84,4 - 92,2% a v roce 2008 mezi 85,1 - 94,9%. Z výsledků vyplývá, že v roce 2007 byla tendence ke snižování obsahu Mn ve žloutku s růstem intenzity snášky (v rámci uvedeného rozmezí). Potvrzuje to i korelační koeficient -0,46 za rok 2007 (tabulka 38). Tato tendence je, jak vyplývá z grafu 22 (viz příloha) a tabulky 35 způsobena chovy č. 2 a 6, jejichž žloutky obsahovaly ze sledovaných chovů nejvyšší množství Mn ve žloutku. V roce 2008 se s růstem intenzity snášky (v rámci uvedeného rozmezí) obsah Mn ve žloutku zvyšuje. Korelační koeficient byl 0,78 (vysoký stupeň korelační závislosti) v roce 2008 (tabulka 38). V roce 2007 byl při nejnižší intenzitě snášky 84,4% obsah Mn ve žloutku 0,70 mg·kg⁻¹ čerstvé hmoty a při nejvyšší intenzitě snášky 92,2% byl obsah Mn ve žloutku 0,32 mg·kg⁻¹ čerstvé hmoty (tabulka 35).

4.4.1.2.3 Závislost obsahu Mn ve žloutku na hmotnosti vejce a hmotnosti žloutku

Závislost mezi obsahem manganu ve žloutku a hmotností vejce a hmotností žloutku je vyjádřena v tabulce 38. Korelace ve velkochovech v roce 2007 byly záporné, jak

mezi hmotností vejce a obsahem Mn ve žloutku (-0,16), tak i mezi hmotností žloutku a obsahem Mn ve žloutku (-0,25). V roce 2008 byly korelace ve velkochovech naopak kladné, jak mezi hmotností vejce a obsahem Mn ve žloutku (0,13), tak i mezi hmotností žloutku a obsahem Mn ve žloutku (0,08).

Tabulka 38. Korelace u velkochovů nosnic v roce 2007 a 2008

Rok	Korelace hmotnosti vejce s obsahem manganu ve žloutku	Korelace hmotnosti žloutku s obsahem manganu ve žloutku	Korelace příjmu Mn s průměrným obsahem manganu ve žloutku	Korelace týdnu snášky s průměrným obsahem manganu ve žloutku	Korelace intenzity snášky s průměrným obsahem Mn ve žloutku
2007	-0,16	-0,25	-0,30	0,73	-0,46
2008	0,13	0,08	-0,43	0,05	0,78

4.4.2 Obsah manganu ve žloutku vajec z malochovů

Průměrný obsah manganu v čerstvé hmotě u analyzovaných vajec pocházejících z malochovů byl v roce 2007 $1,28 \pm 0,75 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a v roce 2008 $1,22 \pm 0,54 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (tabulky 39, 40, 41). Průměrný obsah manganu se v roce 2008 snížil o 4,7% (o $0,06 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) (tabulky 40, 41). Snížení průměrného obsahu manganu ve vaječném žloutku v roce 2008 doprovázela nižší variabilita souboru (V% - 44,26 oproti 58,59 v roce 2007), ale i vyšší maximální hodnota ($3,69 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ oproti $3,44 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ v roce 2007) a vyšší minimální hodnota ($0,23 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ oproti $0,20 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ v roce 2007) (tabulky 39, 40, 41). V roce 2008 nebyly zjištěny (Tukeyovým testem) statisticky významné rozdíly mezi průměrnými hodnotami obsahu Mn ve žloutku jednotlivých chovů. Obsah manganu ve vejcích z malochovů je oproti vejcům z velkochovů v průměru (za oba roky) o 2,4% vyšší.

Tabulka 39. Obsah manganu ve žloutku vajec z malochovů slepic – rok 2007

Číslo chovu	Kraj	Okres	Vejce n	Mn ve žloutku (mg·kg ⁻¹ čerstvé hmoty)					
				\bar{x}	Sx	V%	min.	max.	medián
1	Středočeský	Ben	6	1,07 ¹	0,55	51,40	0,59	2,10	0,93
2	Jihočeský	ČB	6	0,72 ²	0,54	75,00	0,20	1,70	0,55
3	Vysočina	H.Brod	6	0,85 ³	0,57	67,06	0,20	1,75	0,78
4	Jihočeský	ČB	6	1,77	0,89	50,28	0,85	2,89	1,59
5	Jihočeský	Pelhř	6	1,06 ⁵	0,29	27,36	0,60	1,45	1,06
6	Jihočeský	Tábor	5	0,95 ⁶	0,40	42,11	0,45	1,50	0,99
7	Jihočeský	Tábor	6	2,40 ⁷	0,71	29,58	1,65	3,44	2,24
8	Středočeský	Příbram	6	1,13	0,73	64,60	0,22	2,20	1,28
9	Jihočeský	ČB	5	1,13	0,46	40,71	0,50	1,73	1,23
10	Plzeňský	Plzeň-J	5	0,95 ¹⁰	0,73	76,84	0,39	1,75	0,43
11	Plzeňský	Plzeň-J	5	1,64	0,64	39,02	0,90	2,20	1,90
12	Jihočeský	ČB	6	1,46	1,08	73,97	0,36	2,55	1,44
13	Jihočeský	Písek	5	1,42	0,31	21,83	1,02	1,69	1,57
Suma			73	1,28	0,75	58,59	0,20	3,44	1,14

Statisticky významné rozdíly ^{1, 2, 3, 5, 6, 10:7} P < 0,05

Tabulka 40. Obsah manganu ve žloutku vajec z malochovů slepic – rok 2008

Číslo chovu	Kraj	Okres	Vejce n	Mn ve žloutku (mg·kg ⁻¹ čerstvé hmoty)					
				\bar{x}	Sx	V%	min.	max.	medián
1	Středočeský	Ben	6	1,23	0,48	39,02	0,80	1,91	1,08
2	Jihočeský	ČB	5	1,14	0,35	30,70	0,82	1,54	0,97
3	Vysočina	H.Brod	6	0,83	0,49	59,04	0,48	1,81	0,68
4	Jihočeský	ČB	6	1,37	0,50	36,50	0,76	1,89	1,39
5	Jihočeský	Pelhř	6	0,92	0,56	60,87	0,23	1,56	0,95
6	Jihočeský	Tábor	6	1,43	0,27	18,88	1,01	1,77	1,48
7	Jihočeský	Tábor	6	1,23	0,14	11,38	1,03	1,39	1,23
8	Středočeský	Příbram	6	0,98	0,26	26,53	0,58	1,27	1,02
9	Jihočeský	ČB	6	1,34	0,29	21,64	0,89	1,73	1,37
10	Plzeňský	Plzeň-J	6	1,61	0,67	41,61	0,95	2,55	1,34
11	Plzeňský	Plzeň-J	6	1,03	0,48	46,60	0,32	1,78	0,97
12	Jihočeský	ČB	5	1,37	0,42	30,66	0,72	1,72	1,56
13	Jihočeský	Písek	6	1,44	1,17	13,06	0,39	3,69	0,97
Suma			76	1,22	0,54	44,26	0,23	3,69	1,17

Tabulka 41. Porovnání popisných statistik u obsahu manganu ve žloutku vajec z malochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty)

Rok	Počet chovů	Počet vajec	\bar{x}	Sx	V%	Min.	Max.	Medián
2007	13	73	1,28	0,75	58,59	0,20	3,44	1,14
2008	13	76	1,22	0,54	44,26	0,23	3,69	1,17

4.4.2.1 Závislost obsahu Mn ve žloutku na hmotnosti vejce a hmotnosti žloutku

Závislost mezi obsahem manganu ve žloutku a hmotností vejce a hmotností žloutku je vyjádřena v tabulce 42. Korelace mezi hmotností vejce a obsahem Mn ve žloutku v malochovech v roce 2007 (-0,12) i 2008 (-0,11) byly záporné, naopak mezi hmotností žloutku a obsahem Mn v roce 2007 (0,06) i 2008 (0,03) byly kladné.

Tabulka 42. Korelace hmotnosti vejce a hmotnosti žloutku s obsahem manganu u vajec z malochovů - rok 2007 a 2008

Rok	Korelace	
2007	Korelace hmotnosti vejce s obsahem manganu ve žloutku = - 0,12	Korelace hmotnosti žloutku s obsahem manganu ve žloutku = 0,06
2008	Korelace hmotnosti vejce s obsahem manganu ve žloutku = - 0,11	Korelace hmotnosti žloutku s obsahem manganu ve žloutku = 0,03

4.4.3 Vyjádření podílu vajec z velkochovů a malochovů na krytí denní potřeby manganu člověka

Tabulka 43 vyjadřuje obsah manganu v jednom vaječném žloutku a krytí denní potřeby manganu žloutkem vajec z velkochovů a malochovů v roce 2008. Doporučený denní příjem manganu je podle Roedigerové – Streubelové (1997) pro dospívající a dospělé 2,0 – 5,0 mg. Při průměrné spotřebě vajec 260 kusů na osobu a rok v České republice a průměrné hmotnosti žloutku 18 g můžeme při průměrném obsahu manganu ve žloutku vajec z velkochovů v roce 2008 pokrýt vejcem 0,4 – 1,1% ze 2,0 – 5,0 mg doporučené denní potřeby manganu. U vajec z malochovů v roce 2008 lze tuto potřebu krýt vejcem z 0,3 – 0,7%.

Tabulka 43. Vyjádření podílu vajec z velkochovů a malochovů na krytí denní potřeby manganu v roce 2008

Typ chovů	Průměrný obsah Mn ve žloutku ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Průměrný obsah Mn v jednom žloutku (mg)	Krytí denní potřeby Mn (2 mg)	Krytí denní potřeby Mn (5 mg)
Velkochovy 2008	1,42	0,03	1,1%	0,4%
Malochovy 2008	1,22	0,02	0,7%	0,3%

5. DISKUSE

Náplní mé diplomové práce bylo analyticky ověřit aktuální stav mikroprvků (jódu, zinku, manganu a mědi) v konzumních vejcích. Práce byla rozšířena o zhodnocení významu vajec jako zdroje sledovaných mikroprvků pro lidskou výživu.

Jód ve vaječném žloutku

Průměrný obsah jódu v čerstvé hmotě žloutku vajec z velkochovů byl v roce 2007 $1285,2 \pm 861,6 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a v roce 2008 $1071,9 \pm 543,9 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (tabulky 7, 8, 10). Literární zdroje se v případě obsahu jódu ve žloutku liší. Vyšší hodnoty průměrného obsahu jódu ve žloutku zjistili například Trávníček et al., (2006b), kteří udávají $1663,8 \pm 1179,7 \mu\text{g I}\cdot\text{kg}^{-1}$ a Haldimann et al., (2005) $1\ 600 \mu\text{g I}\cdot\text{kg}^{-1}$. Podobné hodnoty zjistili například Kaufmann (1997), která uvádí $1135 \pm 205 \mu\text{g I}\cdot\text{kg}^{-1}$ a Herzig et al., (2005a) $1089 \pm 279 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Nižší průměrný obsah jódu ve žloutku uvádějí například Dahl et al., (2004) $450 \mu\text{g I}\cdot\text{kg}^{-1}$ a také Lee et al., (1994), pouze $340 \mu\text{g I}\cdot\text{kg}^{-1}$. Průměrné obsahy jódu v čerstvé hmotě žloutku vajec pocházejících z malochovů ($387,1 \pm 214,3 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ v roce 2007 a $340,7 \pm 330,6 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ v roce 2008) jsou mírně vyšší v porovnání s průměrnou hodnotou obsahu jódu ve žloutku $287 \pm 166 \mu\text{g I}\cdot\text{kg}^{-1}$ zjištěnou Herzigem et al., (2005a) a naopak nižší než průměrná hodnota $519 \mu\text{g I}\cdot\text{kg}^{-1}$ uváděná Trávníčkem et al., (2006b) v roce 2005. Hodnoty minima, maxima i variačních koeficientů ukazují na značnou variabilitu obsahu jódu ve žloutku vajec z velkochovů i z malochovů (tabulky 7, 8, 10, 12, 13, 14). Tuto variabilitu je možné dát do souvislosti s různým obsahem jódu v krmivu jednotlivých chovů.

Autoři zabývající se obsahem jódu ve žloutku slepic (Kaufmann, 1997; Kroupová et al., 1999) uvádějí významnou závislost mezi obsahem jódu ve žloutku a jeho příjmem krmnou dávkou. Zelenka et al., (2006) udávají potřebu I pro slepice nosného typu 1 mg jódu na kg krmné směsi (při spotřebě 115 g krmiva). Krmné směsi podávané nosnicím ve velkochovech obsahovaly ve srovnání s údaji Zelenky et al. (2006) jód v rozmezí od 0,81 do 2,5 mg na kg sušiny KS. Pouze dva chovy (č. 5 a 6) v obou letech byly krmeny více než dvojnásobným obsahem jódu v krmných směsích. Vaječné žloutky z těchto chovů obsahovaly také v obou letech nejvyšší obsah jódu (viz tabulky 7, 8). Uvedenou závislost potvrzuje i korelační koeficient 0,76 v roce 2007 a 0,79 v roce 2008 (tabulka 11).

Vejce z malochovů obsahovaly v obou letech výrazně méně jódu (tabulky 7, 8, 10, 12, 13, 14) než vejce z velkochovů. Rozdíl mezi průměrnými obsahy jódu ve žloutku vajec z malochovů a velkochovů (zjištěný T-testem) byl v obou letech statisticky vysoce významný ($P < 0,01$). Nižší obsah jódu ve žloutku vajec z malochovů než z velkochovů souvisí s vyšší saturací nosnic jódem ve velkochovech, která je způsobena používáním krmných směsí obohacených o jód. Obdobně jako v případě velkochovů (tabulky 8, 10) jsem zaznamenala mírný pokles jódu v roce 2008 i ve žloutku vajec z malochovů (tabulky 13, 14).

V porovnání s údaji Trávníčka et al., (2006b) klesl průměrný obsah jódu ve vaječném žloutku ve velkochovech oproti roku 2005 o $592 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty a v malochovech pouze o $179,2 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Tento pokles mohl být způsoben menším počtem hodnocených chovů a jejich odlišným složením.

Příjem jódu z krmiva (grafy 2, 5, viz příloha), aktuální snáškový týden (grafy 3, 6, viz příloha) a intenzita snášky (grafy 4, 7, viz příloha) odráží vysokou variabilitu obsahu jódu ve žloutku. Zjištěné výsledky v letech 2007 i 2008 u vajec z velkochovů ukazují, že příjem jódu krmnou směsí zvyšuje jeho obsah ve žloutku, a byla také zjištěna závislost obsahu jódu ve žloutku na aktuálním týdnu snášky a na intenzitě snášky (grafy 2, 3, 4, 5, 6, 7, viz příloha). Trávníček et al., (2006b) dávají vyšší obsah jódu v pokročilejším stádiu snáškového cyklu do souvislosti s intenzitou snášky, čili dobou existence folikulu na vaječnicku.

Tabulky 11 a 15 ukazují v podobě korelací vliv obsahu jódu ve žloutku na vybrané kvalitativní parametry vajec (mezi hmotností vajec a žloutku a obsahem I ve žloutku). Korelační koeficienty vypočítané ze všech vajec z velkochovů i z malochovů v roce 2007 i 2008 byly záporné. Je třeba zdůraznit, že mezi chovy i jednotlivými vejci byly značné rozdíly v obsahu jódu ve žloutku a soubory proto nebyly homogenní. Zjištěné výsledky v roce 2007 i 2008 se shodují s výsledky udávanými Yalçinem et al., (2004), kteří zjistili snížení hmotnosti vajec při suplementaci krmiva jódem. Ale liší se od výsledků uváděných Trávníčkem (2000), který zjistil v pokusech s dopňkovým příjmem jódu ($3,5 \text{ mg jodu v kg KS}$) zvýšení hmotnosti žloutku i celého vejce a snížení hmotnosti bílku. Také Lichovnicková et al., (2008) uvádí zvýšení hmotnosti žloutku po obohacení krmiva jódem.

Při předpokladu průměrné spotřeby 260 vajec na osobu v ČR (v roce 2007) můžeme při průměrném obsahu jódu v čerstvé hmotě žloutku vajec z velkochovů v roce 2008 ($1071,9 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) pokrýt vejcem $6,8 - 13,5\%$ ze $100 - 200 \mu\text{g}$ doporučené denní potřeby

jódu pro dospělého člověka. Při průměrném obsahu jódu v čerstvé hmotě žloutku vajec z malochovů v roce 2008 ($340,7 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) lze tuto potřebu krýt vejcem z 2,2 – 4,3% (tabulka 16).

Měď ve vaječném žloutku

Průměrný obsah mědi v čerstvé hmotě žloutku vajec z velkochovů byl v roce 2007 $7,42 \pm 4,88 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a v roce 2008 $20,63 \pm 8,85 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (tabulky 17, 18, 19). Ve srovnání s literárními údaji jsou tyto hodnoty vyšší. Například Idowu et al., (2006) uvádí obsah mědi ve žloutku jen $0,77 \pm 0,01 \text{ mg Cu}\cdot\text{kg}^{-1}$ a Mabe et al., (2003) $1,64 \text{ mg Cu}\cdot\text{kg}^{-1}$. Mírně vyšší hodnoty obsahu mědi ve žloutku než ostatní autoři uvádějí Skřivan et al., (2005) $3,32 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny a již v roce 1929 Lindow et al., (1929) $4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Průměrný obsah mědi v čerstvé hmotě žloutku vajec z malochovů byl $10,90 \pm 5,28 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ v roce 2007 a v roce 2008 $17,95 \pm 6,19 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (tabulky 21, 22, 23). Překvapující je výrazná odchylka v obsahu Cu ve žloutku v roce 2007 a 2008 u vajec z malochovů i velkochovů. V roce 2008 byl obsah Cu ve žloutku vajec z velkochovů v průměru o 64% vyšší než v roce 2007 při přibližně stejném obsahu Cu v KS. Uvedený rozdíl lze vysvětlit vzájemným podmíněným vztahem Cu a Zn ve vstřebávání a jejich využití (Anke et al., 2002; Skřivan et al., 2005). Souběžně se vzestupem Cu ve žloutku v roce 2008 jsem zjistila snížení obsahu Zn ve žloutku (tabulky 27, 28, 31, 32), který představoval průměrně 53,6% (u vajec z velkochovů), přičemž obsah Zn se v KS rovněž mezi sledovanými lety zásadně nezměnil (grafy 14 a 17, viz příloha).

Krmné směsi podávané nosnicím ve velkochovech obsahovaly měď v rozmezí od 13,3 do 15,5 mg na kg sušiny KS. Uvedené hodnoty převyšovaly až o polovinu potřebu mědi pro nosnice, kterou udávají Zelenka et al., (2006) přibližně $10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ KS (při spotřebě 115 g krmiva).

Obsah mědi ve žloutku vajec z malochovů byl v porovnání s velkochovou v průměru za oba roky přibližně stejný. Ale v roce 2007 byl (T-testem) zjištěn statisticky vysoce významný ($P < 0,01$) a v roce 2008 statisticky významný ($P < 0,05$) rozdíl mezi průměrným obsahem Cu ve žloutku vajec z velkochovů a malochovů. Názory na vliv obsahu mědi v krmivu na její obsah ve žloutku jsou různé, například již v roce 1929 Elvehjem et al., (1929) zjistili, že suplementace krmiva mědí nezvyšuje její obsah ve vejcích. Také Mabe et al., (2003) uvádí nevýznamné zvýšení obsahu mědi ve žloutku při dotaci krmiva anorganickou formou Cu. Chiou et al., (1998) uvádí významné snížení

obsahu mědi ve vejcích při zvyšování koncentrace Cu v krmivu. Naopak na pozitivním vlivu adice krmiva mědi na její obsah ve vejci se shodují například Pesti a Bakalli (1998), Güçlü et al., (2008), Skřivan et al., (2005) i Idowu et al., (2006). Zjištěné výsledky v roce 2007 a 2008 (tabulky 17, 18) u vajec z velkochovů vypovídají o ještě nedostatečném prozkoumání vlivu obsahu mědi v krmivu na její obsah ve žloutku. V roce 2007 byla zřejmá závislost obsahu mědi ve žloutku na jejím příjmu krmnou dávkou (graf 8, viz příloha, tabulka 17). Ale v roce 2008 již tato závislost zjištěna nebyla (graf 11, viz příloha, tabulka 18). Závislost obsahu mědi ve žloutku na aktuálním týdnu snášky a s tím související intenzitou snášky byla zjištěna pouze v roce 2007 (graf 9, viz příloha).

Tabulky 20 a 24 ukazují v podobě korelací vliv obsahu mědi ve žloutku na vybrané kvalitativní parametry vajec (mezi hmotností vajec a žloutku a obsahem mědi ve žloutku). Korelační koeficienty vypočítané ze všech vajec z velkochovů i z malochovů v roce 2007 byly záporné, v roce 2008 naopak kladné. Je třeba také zdůraznit, že mezi chovy i jednotlivými vejci byly značné rozdíly v obsahu Cu ve žloutku a soubory proto nebyly homogenní. Názory na vliv obsahu Cu v krmné dávce na hmotnost vajec se rozcházejí. Například Pesti a Bakalli (1998) zjistili, že suplementace krmiva mědi neovlivňuje hmotnost vajec. Naproti tomu Lim a Paik (2003) i Idowu et al., (2006) udávají snížení hmotnosti vajec při dotaci krmné dávky mědi. Lim a Paik (2006) v jiné studii uvádějí ale naopak zvýšení hmotnosti vajec při suplementaci krmiva mědi.

Při předpokladu průměrné spotřeby 260 vajec na osobu v ČR (v roce 2007) můžeme při průměrném obsahu Cu v čerstvé hmotě žloutku vajec z velkochovů v roce 2008 ($20,63 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) pokrýt vejcem 17,3% z 1,5 mg doporučené denní potřeby mědi pro ženy a 13% ze 2 mg doporučené denní potřeby mědi pro muže. Při průměrném obsahu mědi v čerstvé hmotě žloutku vajec z malochovů v roce 2008 ($17,95 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) lze tuto potřebu krýt vejcem z 14,9% (u žen) a z 11,2% (u mužů) (tabulka 25).

Zinek ve vaječném žloutku

Průměrný obsah zinku v čerstvé hmotě žloutku vajec z velkochovů byl v roce 2007 $63,71 \pm 31,08 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a v roce 2008 $29,59 \pm 8,67 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (tabulky 26, 27, 28). Obsah zinku v roce 2007 přibližně dvojnásobně převyšoval hodnoty prezentované autory zabývajícími se obsahem zinku ve vejcích a v roce 2008 se s nimi téměř shodoval. Například Mabe et al., (2003) uvádí obsah zinku ve žloutku $37,08 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a Kaya et al.,

(2005) $30,35 \pm 2,73 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Průměrný obsah zinku v čerstvé hmotě žloutku vajec z malochovů v roce 2007 byl $73,54 \pm 44,33 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a v roce 2008 $33,10 \pm 7,97 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (tabulky 30, 31, 32).

Krmné směsi podávané nosnicím ve velkochovech obsahovaly Zn v rozmezí od 70,9 do $92,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny KS a tyto obsahy zinku v krmných dávkách převyšovaly kromě dvou případů (v roce 2007 70,9 a v roce 2008 $71,6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny KS – chovy č. 5) až téměř o třetinu potřebu mědi pro nosnice $70 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ KS (při spotřebě 115 g krmiva) udávanou Zelenkou et al., (2006).

V porovnání s velkochovy byl obsah Zn ve žloutku vajec z malochovů v průměru za oba roky o 12,5% vyšší. Také nebyl zjištěn v roce 2007 statisticky významný rozdíl mezi průměrným obsahem zinku vajec z velkochovů a malochovů a v roce 2008 byl tento rozdíl již statisticky významný ($P < 0,05$, T – test). Obsah zinku ve žloutku vajec z velkochovů se v roce 2008 snížil oproti roku 2007 o $34,12 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a ve žloutku vajec z malochovů se snížil o $40,44 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Je nezbytné vzít v úvahu již rozebíraný vztah mezi Cu a Zn (viz výše).

Vyšší obsah Zn ve žloutku vajec z malochovů ukazuje na ještě ne zcela objasněný vztah mezi příjmem zinku a jeho obsahem v krmivu. Také literární údaje se v případě vlivu obsahu zinku v krmivu na jeho obsah ve žloutku liší. Například Verheyen et al., (1990) i Stahl et al., (1988) uvádějí významné zvyšování obsahu zinku ve žloutku při suplementaci krmiva zinkem. Naopak Skřivan et al., (2005) a Kaya et al., (2005) udávají snížení obsahu Zn ve žloutku při jeho dotaci krmivem. Zjištěné výsledky v letech 2007 i 2008 u vajec z velkochovů ukazují, že příjem zinku krmnou směsí obohacenou o zinek významně neovlivňoval jeho obsah ve žloutku (grafy 14 a 17, viz příloha, tabulky 26 a 27), ale v roce 2007 byla zjištěna závislost obsahu Zn ve žloutku na aktuálním týdnu snášky (graf 15, viz příloha) a na intenzitě snášky (graf 16, viz příloha). V roce 2008 tato závislost nebyla zcela zřejmá, i když se obsah Zn se zvyšujícím týdnem snášky zvyšoval (graf 18, viz příloha). Zvýšení nebylo nijak výrazné, protože se chovy v obsahu zinku ve žloutku významně nelišily. Ve vztahu k intenzitě snášky z grafu 19 (viz příloha) také není zcela zřejmá závislost obsahu Zn ve žloutku na intenzitě snášky.

Tabulky 29 a 33 ukazují v podobě korelací vliv obsahu zinku ve žloutku na vybrané kvalitativní parametry vajec (mezi hmotnostmi vajec a žloutku a obsahem zinku ve žloutku). Korelační koeficienty vypočítané ze všech vajec z velkochovů v roce 2007 byly záporné, v roce 2008 naopak kladné a u vajec z malochovů byly obě korelace

v roce 2007 i 2008 záporné. Je třeba zdůraznit, že mezi chovy i jednotlivými vejci byly značné rozdíly v obsahu Zn ve žloutku a soubory proto nebyly homogenní. Názory na vliv obsahu zinku v krmné dávce na hmotnost vajec se rozcházejí. Například Durmus et al., (2004) uvádějí zvýšení hmotnosti vajec při suplementaci krmiva zinkem a Swiatkiewicz a Koreleski (2008) uvádí, že zinek neovlivňuje hmotnost vajec. Naproti tomu Kim a Patterson (2005) zjistili snížení hmotnosti vajec po obohacení krmiva vysokými dávkami zinku.

Při předpokladu průměrné spotřeby 260 vajec na osobu v ČR v roce 2007 můžeme při průměrném obsahu zinku v čerstvé hmotě žloutku vajec z velkochovů v roce 2008 ($29,59 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) pokrýt vejcem 3,1% z 12 mg doporučené denní potřeby mědi pro ženy a 2,5% z 15 mg doporučené denní potřeby zinku pro muže. Při průměrném obsahu zinku v čerstvé hmotě žloutku vajec z malochovů v roce 2008 ($33,10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) lze tuto potřebu krýt vejcem z 3,5 % (u žen) a z 2,8 (u mužů) (tabulka 34).

Mangan ve vaječném žloutku

Průměrný obsah manganu v čerstvé hmotě žloutku vajec z velkochovů byl v roce 2007 $1,02 \pm 0,84 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a v roce 2008 $1,42 \pm 0,62 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (tabulky 35, 36, 37). Literární údaje uvádějí v porovnání s těmito výsledky vesměs nižší obsah manganu ve žloutku. Například Mabe et al., (2003) zjistili ve žloutku $0,63 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a USDA (2002) $0,55 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Průměrný obsah manganu v čerstvé hmotě žloutku vajec pocházejících z malochovů byl v roce 2007 $1,28 \pm 0,75 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a $1,22 \pm 0,54 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ v roce 2008 (tabulky 39, 40, 41).

Krmné směsi podávané nosnicím velkochovy obsahovaly Mn v rozmezí od 99,8 do $134,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny KS a tyto obsahy Mn v krmných dávkách převyšovaly až téměř dvojnásobně potřebu Mn pro nosnice $70 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ KS (při spotřebě 115 g krmiva) udávanou Zelenkou et al., (2006).

V porovnání s velkochovy byl obsah Mn ve žloutku vajec z malochovů v průměru za oba roky o 2,4% vyšší. V roce 2007 také nebyl zjištěn (T-testem) statisticky významný rozdíl mezi průměrným obsahem Mn ve žloutku vajec z velkochovů a malochovů, ale v roce 2008 byl tento rozdíl již statisticky významný ($P < 0,05$). Vyšší obsah Mn ve žloutku vajec z malochovů vysvětluje i různé názory na vliv obsahu manganu v krmivu na jeho obsah ve žloutku. Například Ochrimenko et al., (1990) zjistili, že obohacení krmiva manganem neovlivňuje obsah Mn ve vejcích, Mabe et al., (2003) uvádějí mírné

zvýšení obsahu Mn ve žloutku a Hill a Mathers (1968) uvádějí významné zvýšení obsahu Mn ve vejcích po adici krmiva manganem. Zjištěné výsledky v letech 2007 i 2008 (tabulky 35 a 36, grafy 20 a 23, viz příloha) u vajec z velkochovů ukazují, že příjem manganu krmnou směsí obohacenou o Mn neovlivňoval jeho obsah ve žloutku. V roce 2007 byla zjištěna závislost obsahu Mn ve žloutku na aktuálním týdnu snášky a na intenzitě snášky, i když byla nejspíše způsobena chovy č. 2 a 6 (tabulka 35), které obsahovaly nejvyšší množství manganu ve žloutku (grafy 21 a 22, viz příloha). Obdobně i Hill a Mathers (1968) uvádějí, že se stoupajícím týdnem snášky se obsah Mn ve vejcích zvyšuje.

Tabulky 38 a 42 ukazují v podobě korelací vliv obsahu manganu ve žloutku na vybrané kvalitativní parametry vajec (mezi hmotností vajec a žloutku a obsahem Mn ve žloutku). Korelační koeficienty vypočítané ze všech vajec z velkochovů v roce 2007 jsou záporné, v roce 2008 naopak kladné a u vajec z malochovů jsou korelace mezi hmotností vajec a obsahem Mn ve žloutku v roce 2007 i 2008 záporné. Korelace mezi hmotností žloutku a obsahem Mn ve žloutku byly u vajec z malochovů v obou letech naopak kladné. Je třeba zdůraznit, že mezi chovy i jednotlivými vejci byly značné rozdíly v obsahu Mn ve žloutku a soubory proto nebyly homogenní.

Názory na vliv obsahu manganu v krmné dávce na hmotnost vajec se rozcházejí. Hossain a Rezende (1996) a Hossain a Bertechini (1998) uvádějí zvýšení hmotnosti vajec při suplementaci krmiva manganem. Naproti tomu Swiatkiewicz a Koreleski (2008), Sazzad et al., (1994) i Zamani et al., (2005) se domnívají, že adice krmiva Mn neovlivňuje hmotnost vajec.

Při předpokladu průměrné spotřeby 260 vajec na osobu v ČR (v roce 2007) můžeme při průměrném obsahu Mn v čerstvé hmotě žloutku vajec z velkochovů v roce 2008 ($1,42 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) pokrýt vejcem 0,4 – 1,1% ze 2,0 - 5,0 mg doporučené denní potřeby manganu pro dospívající a dospělé osoby. Při průměrném obsahu Mn v čerstvé hmotě žloutku vajec z malochovů v roce 2008 ($1,22 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) lze tuto potřebu pokrýt vejcem z 0,3 - 0,7% (tabulka 43).

Vztahy mezi obsahy sledovaných prvků ve žloutku

Vysoký nárůst obsahu mědi a značný pokles obsahu zinku ve žloutku v roce 2008 oproti roku 2007 můžeme dát do souvislosti s již zmíněným antagonistickým vztahem mezi zinkem a mědí. Nelze však opomenout vysokou variabilitu obsahu těchto prvků ve

žloutku. Velké rozdíly v obsahu prvků byly nalezeny nejen mezi chovy, ale i mezi jednotlivými vejci. Například v roce 2008 byl v chovu č. 6 (tabulka 18) minimální obsah mědi $9,98 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a maximální $47,60 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty.

Ve žloutku vajec z velkochovů byl ze sledovaných mikroprvků nalezen nejvyšší obsah zinku a nejnižší obsah manganu a u žloutku vajec z malochovů byl nejvyšší obsah zinku a nejnižší obsah jódu.

Je třeba zdůraznit, že pouze u jódu byl jeho obsah ve žloutku zřetelně ovlivněn jeho příjmem krmnou dávkou, intenzitou snášky a stádiem snáškového cyklu. U ostatních prvků uvedené závislosti nebyly jednoznačné.

6. ZÁVĚR

Cílem práce bylo analyticky ověřit aktuální stav jódu, mědi, zinku a manganu v konzumních vejcích pocházejících z velkochovů a malochovů. Práce byla rozšířena o zhodnocení významu vajec jako zdroje sledovaných mikroprvků pro lidskou výživu. Z výsledků zjištěných v letech 2007 a 2008 vyplývají následující závěry:

Jód:

- průměrný obsah jódu v čerstvé hmotě žloutku byl u vajec z velkochovů v roce 2007 $1285,2 \pm 861,6 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, v roce 2008 $1071,9 \pm 543,9 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a u vajec z malochovů $387,1 \pm 214,3 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ v roce 2007 a $340,7 \pm 330,6 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ v roce 2008, rozdíly mezi průměry obsahu jódu ve vejcích z malochovů a velkochovů v obou letech byly statisticky vysoce významné ($P < 0,01$);
- byla prokázána závislost mezi obsahem jódu ve žloutku a jeho příjmem krmnou dávkou, intenzitou snášky a stádiem snáškového cyklu;
- nebyl prokázán vliv obsahu jódu ve žloutku na hmotnost vejce a žloutku;
- na krytí denní potřeby jódu dospělého člověka se vejce z velkochovů podílela z 6,8 – 13,5% a vejce z malochovů z 2,2 – 4,3%.

Měď:

- průměrná koncentrace mědi v čerstvém žloutku byla u vajec z velkochovů v roce 2007 $7,42 \pm 4,88 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, v roce 2008 $20,63 \pm 8,85 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a u vajec z malochovů v roce 2007 $10,90 \pm 5,28 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a v roce 2008 $17,95 \pm 6,19 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, rozdíl mezi průměrem obsahu mědi ve vejcích z malochovů a velkochovů byl v roce 2007 statisticky vysoce významný ($P < 0,01$) a v roce 2008 statisticky významný ($P < 0,05$);
- nebyla prokázána jednoznačná závislost mezi obsahem mědi ve žloutku a jejím příjmem krmnou dávkou, intenzitou snášky a stádiem snáškového cyklu;
- nebyl prokázán jednoznačný vliv obsahu mědi ve žloutku na hmotnost vejce a žloutku;

- vejce z velkochovů se podílela na krytí denní potřeby mědi žen z 17,3% a mužů z 13% a vejce z malochovů ze 14,9% (u žen) a z 11,2% (u mužů).

Zinek:

- průměrný obsah Zn v čerstvém žloutku byl v roce u vajec pocházejících z velkochovů v roce 2007 $63,71 \pm 31,08 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, v roce 2008 jen $29,59 \pm 8,67 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a u vajec pocházejících z malochovů $73,54 \pm 44,33 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ v roce 2007 a v roce 2008 $33,10 \pm 7,97 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, rozdíl mezi průměrem obsahu Zn ve vejcích z malochovů a velkochovů nebyl v roce 2007 statisticky významný, ale v roce 2008 tento rozdíl již byl statisticky významný ($P < 0,05$);
- nebyla prokázána jednoznačná závislost mezi obsahem zinku ve žloutku a jeho příjmem krmnou dávkou, intenzitou snášky a stádiem snáškového cyklu;
- nebyl prokázán jednoznačný vliv obsahu zinku ve žloutku na hmotnost vejce a žloutku;
- vejce z velkochovů se podílela na krytí denní potřeby zinku žen z 3,1% a mužů z 2,5% a vejce z malochovů z 3,5% (u žen) a z 2,8% (u mužů).

Mangan:

- průměrná koncentrace Mn v čerstvé hmotě žloutku byla u vajec z velkochovů v roce 2007 $1,02 \pm 0,84 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, v roce 2008 $1,42 \pm 0,62 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a u vajec z malochovů v roce 2007 $1,28 \pm 0,75 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a v roce 2008 $1,22 \pm 0,54 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, rozdíl mezi průměrem obsahu Mn ve vejcích z malochovů a velkochovů nebyl v roce 2007 statisticky významný, ale v roce 2008 tento rozdíl již byl statisticky významný ($P < 0,05$);
- nebyla prokázána jednoznačná závislost mezi obsahem manganu ve žloutku a jeho příjmem krmnou dávkou, intenzitou snášky a stádiem snáškového cyklu;
- nebyl prokázán jednoznačný vliv obsahu manganu ve žloutku na hmotnost vejce a žloutku;
- na krytí denní potřeby manganu dospělého člověka se vejce z velkochovů podílela z 0,4 – 1,1% a vejce z malochovů z 0,3 – 0,7%.

6.1 Doporučení pro praxi

Obsah sledovaných mikroprvků (I, Cu, Zn a Mn) v krmných směsích ve většině případů překračoval potřebu nosnic a proto další zvyšování obsahu těchto mikroprvků v krmných směsích není z hlediska zdraví nosnic a produkce vajec opodstatněné.

Konzumace vajec jako přirozeného zdroje mikroprvků je z hlediska lidské výživy (kromě jiných pozitiv) kladně hodnocena, protože vejcem z velkochovů můžeme zajistit téměř 15% denní potřeby jódu a vejcem z malochovů i velkochovů krytí více než 15% denní potřeby mědi.

7. PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

- 1) Abdallah A. G., Harms R. H., Wilson H. R., El Hussein O. (1994): Effect of removing trace minerals from the diet of hens laying eggs with heavy or light shell weight. *Poultry Science*, 73, s. 295 – 301.
- 2) Agerbo P., Andersen H. F (1997): Vitamíny a minerály pro zdravý život. 1. vydání. Praha, Ferrosan A/S. 146 s.
- 3) Ankari A. Al., Najib H., Hozab A. AL. (1998): Yolk and serum cholesterol and production traits, as affected by incorporating a supraoptimal amount of copper in the diet of the leghorn hen. *British Poultry Science*, 39, s. 393 – 397.
- 4) Anke M., Trupschuch A., Arnold W., Dorn W., Hoppe C. (2002): Die Auswirkungen eines reichlichen Nickelangebotes auf den Zink, Magnesium und Manganstatus des Huhnes und der Eier. Ber. 7. Tagung Schweine und Geflügelnahrung, 7, s. 210 - 212.
- 5) Augustín J., Dandár A. (2006): Fyziologické účinky stopových prvků na organismus. In: Helán V (2006).: Mikroelementy 2006. 1. vydání. Český Těšín, 2 THETA. s. 17 – 21.
- 6) Balevi T., Coskun B. (2004): Effects of dietary copper on production and egg cholesterol content in laying hens. *British Poultry Science*, 45, s. 530 – 534.
- 7) Bednář J., Röhling S., Vohnout S. (1964): Příspěvek ke stanovení proteinového jódu v krevním séru. *Československá farmacie*, 13, s. 203 – 209.
- 8) Biehl R. R., Baker D. H., Deluca H. F. (1995): 1 α -hydroxylated cholecalciferol compounds act additively with microbial phytase to improve phosphorus, zinc and manganese utilization in chicks fed soy-based diets. *Journal of Nutrition*, 125, s. 2407 – 2416.
- 9) Birckner V. (1919): The zinc content of some food products. *Journal of Biological Chemistry*, 38, s. 191 – 203.
- 10) Black J. R., Ammerman C. B., Henry P. R., Miles R. D. (1985): Effect of dietary manganese and age on tissue trace mineral composition of broiler-type chicks as a bioassay of manganese sources. *Poultry Science*, 64, s. 688 – 693.
- 11) Bobek S. (1998): Profylaktyka jodowa u zwierząt. *Medycyna Weterynaryjna*, 54, s. 80 – 86.
- 12) Čepulienė R., Bobinin R., Sirvydis V., Gudavičiūtė D., Miškinienė M., Kepalienė I. (2008): Effect of stable iodine preparation on the quality of poultry products. *Veterinarija Ir Zootechnika*, 42, s. 38 – 43.

- 13) Čermák B., Velemínský M., Müllerová D., Kadlec J., Šoch M., Pánek J. (2002): *Výživa člověka*. 1. vydání. České Budějovice, JU v Českých Budějovicích. 224 s.
- 14) Dahl L., Johansson L., Julshamn K., Meltzer H. M. (2004): The iodine content of Norwegian foods and diets. *Public Health Nutrition*, 7, s. 569 – 576.
- 15) Davis G. K. (1974): High-level copper feeding of swine and poultry and the ecology. *Federation Proceedings*, 33, s. 1194 - 1196.
- 16) Durmus I., Atasoglu C., Mizrak C., Ertas S., Kaya M. (2004): Effect of increasing zinc concentration in the diets of brown parent stock layers on various production and hatchability traits. *Archiv für Tierzucht*, 47, s. 483 – 489.
- 17) Dvořák J. (2002): *Štítná žláza a její nemoci*. 1. vydání. Praha, Serifa. 138 s.
- 18) El-Husseiny O. M., Abd-Elsamee M. O., Omara I. I., Omara A. M. (2008): Effect of dietary zinc and niacin on laying hens performance and egg quality. *International Journal of Poultry Science*, 7, s. 757 – 764.
- 19) Elvehjem C. A., Kemmerer A. R., Hart E. B., Halpin J. G. (1929): The effect of the diet of the hen on the iron and copper content of the egg. *Journal of Biological Chemistry*, 85, s. 89 – 96.
- 20) Fantó A. (1993): *Vitamíny a prevence: Příručka k dosažení dlouhověkosti a svěžesti pomocí vitamínů a minerálních látek*. 1. vydání. České Budějovice, Dona. 250 s.
- 21) Faria D. E. De., Junqueira O. M., Sakomura N. K., Santana A. E. (1999): Effect of different levels of manganese and phosphorus on the performance and eggshell quality of laying hens. *Brazilian Journal of Animal Science*, 28, s. 105 – 112.
- 22) Fisher G. E. J. (2008): Micronutrients and animal nutrition and the link between the application of micronutrients to crops and animal health. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32, s. 221 – 233.
- 23) Food Standards Agency (2002): McCance and Widdowson's *The Compositions of Foods*. 6. vydání. Cambridge, Royal Society of Chemistry. 564 s.
- 24) Franke F., Schöne F., Berk A., Leiterer M., Flachowsky G. (2008): Influence of dietary iodine on the iodine content of pork and the distribution of the trace element in the body. *European Journal of Nutrition*, 47, s. 40 – 46.
- 25) Gallup W. D., Norris L. C. (1939): The amount of manganese required to prevent perosis in the chick. *Poultry Science*, 18, s. 76 – 82.
- 26) Georgievskij V. I., Annenkov B. N., Samochin V. T. (1982): *Minerální výživa zvířat*. 1. vydání. Bratislava, Příroda. 431 s.
- 27) Greenwood N. N., Earnshaw A. (1993): *Chemie prvků*. Svazek 2. 1. vydání. Praha, Informatorium. 1635 s.

- 28) Groppe B., Köhler B., Scholz E. (1989): Aktuelle interdisziplinäre Probleme des Iodmangels, der Iodprophylaxe, des Iodexzesses und antithyreoidaler Substanzen. Leipzig, Karl – Marx – Universität. s. 69 – 73.
- 29) Güçlü B. K., Kara K., Beyaz L., Uyanık F., Eren M., Atasever A. (2008): Influence of dietary copper proteinate on performance, selected biochemical parameters, lipid peroxidation, liver, and egg copper content in laying hens. *Biological Trace Element Research*, 125, s. 160 – 169.
- 30) Haldimann M., Alt A., Blanc A., Blondeau K. (2005): Iodine content of food groups. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18, s. 461 – 471.
- 31) Henry P. R., Ammerman C. B., Miles R. D. (1986): Bioavailability of manganese sulfate and manganese monoxide in chicks as measured by tissue uptake of manganese from conventional dietary levels. *Poultry Science*, 65, s. 983 – 986.
- 32) Herzig I., Kursá J., Trávníček J., Kroupová V. (2005a): Milk, meat and eggs as food sources of iodine in the Czech Republic. In: Abstracts of the 5th International symposium on trace elements in human: New perspectives. October, 13th - 15th 2005, Athens, Greece, Abstracts. s. 92 – 93.
- 33) Herzig I., Písaříková B., Říha J., Kursá J. (1999): Defined iodine intake and changes of its concentration in urine and milk of dairy cows. *Veterinary Medicine - Czech*, 44, s. 35 – 40.
- 34) Herzig, I., Poul, J., Písaříková, B., Göpfert, E. (2003): Milk iodine concentration in cows treated orally or intramuscularly with a single dose of iodinated fatty acid esters. *Veterinary Medicine - Czech*, 48, s. 155–162.
- 35) Herzig I., Trávníček J., Kursá J., Kroupová V. (2005b): The content of iodine in pork. *Veterinary Medicine - Czech*, 50, s. 521 – 525.
- 36) Herzig I., Trávníček J., Kursá J., Kroupová V., Řezníček I. (2007): Content of iodine in broiler meat. *Acta Veterinaria Brno*, 76, s. 137 – 141.
- 37) Herzig I., Trčková M., Písaříková B., Suchý P. (2002): Vliv jednorázové aplikace zdrojů jodu na jeho hladiny ve vejcích. In: Konference s mezinárodní účastí "Drůbež 2002 - Technologické systémy v chovu drůbeže". Brno, MZLU v Brně. s. 141 – 144.
- 38) Hill R., Mathers J. W. (1968): Manganese in the nutrition and metabolism of the pullet. 1. Shell thickness and manganese content of eggs from birds given a diet of low or high manganese content. *British Journal of Nutrition*, 22, s. 625 – 633.
- 39) Holoubek J., Jankovský M., Staszková L., Hradecká D. (2002): Impact of copper and iron additives in feed on productivity of layers and technological characteristics of eggs. *Czech Journal of Animal Science*, 47, s. 146 – 154.

- 40) Hossain S. M., Bertechini A. G. (1998): Effect of varying manganese and available phosphorus levels in the diet on egg production and eggshell quality of layers. *Animal Feed Science and Technology*, 71, s. 303 – 308.
- 41) Hossain S. M., Rezende M. J. M. (1996): Effect of several levels of manganese and available phosphorus on egg production and egg shell quality. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*, 48, s. 567 – 573.
- 42) Hubáček J., Bican J., Marek Z., Poláček Š., Puškáš J., Tóth J., Vacek L. (1988): *Chemie pro vysoké školy zemědělské*. 1. vydání. Praha, SZN. 768 s.
- 43) Hui C. A. (2002): Concentrations of chromium, manganese, and lead in air and in avian eggs. *Environmental Pollution*, 120, s. 201 – 206.
- 44) Chiou P. W.-S., Chen K.-L, Bi Yu. (1997): Toxicity, tissue accumulation and residue in egg and excreta of copper in laying hens. *Animal Feed Science and Technology*, 67, s. 49 – 60.
- 45) Chiou P. W.- S., Chen K.- L, Bi YU. (1998): Effect of dietary organic arsenicals and cupric sulfate on copper toxicity, liver accumulation and residue in eggs and excreta of laying hens. *Animal Feed Science and Technology*, 73, s. 161 – 171.
- 46) Idowu O. M. O., Laniyan T. F., Kuye O. A., Oladele-Ojo V. O., Eruvbetine D. (2006): Effect of copper salts on performance, cholesterol, residues in liver, eggs and excreta of laying hens. *Archivos de Zootecnia*, 55, s. 327 – 338.
- 47) Illek J. (2003): Funkce minerálních látek. In: Doskočil J., Illek J., Jelínek P., Kotrbáček V., Koudela K., Kovářů F., Kroupová V., Kučera M., Kudláč E., Trávníček J., Valent M. (2003): *Fyziologie hospodářských zvířat*. 1. vydání. Brno, MZLU v Brně. s.173 – 188.
- 48) Janča J. (1991): *Co nám chybí: kovy, jiné prvky a vitamíny v lidském těle*. 1. vydání. Praha, Eminent. 123 s.
- 49) Jankowski J., Glogowski J., Suszynska D., Polak M., Ciereszko A. (2003): Effect of zinc supplemented diets on the reproduction results for turkey - hens. *Medycyna weterynaryjna*, 59, s. 919 – 921.
- 50) Johnson M. A., Greger J. L. (1984): Absorption, distribution and endogenous excretion of zinc by rats fed various dietary levels of inorganic tin and zinc. *Journal of Nutrition*, 114, s. 1843 – 1852.
- 51) Kalač P. (2001): *Organická chemie přírodních látek a kontaminantů*. 1. vydání. České Budějovice, JU v Českých Budějovicích. s. 66.
- 52) Kaufmann S. (1997): *Ergänzende Strategien zur Bekämpfung von Jodmangel in Deutschland und Südostasien: Jodanreicherung in Lebensmitteln tierischen Ursprungs*. [Dissertation]. Institut für Ernährungswissenschaft der Technischen Universität München, Fakultät für Landwirtschaft und Gartenbau. 95 s.

- 53) Kaya S., Umucalilar H. D., Haliloglu S., İpek H. (2001): Effect of dietary vitamin A and zinc on egg yield and some blood parameters of laying hens. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 25, s. 763 – 769.
- 54) Kienholz E. W., Turk D. E., Sunde M. L., Hoekstra W. G. (1961): Effects of deficiency in the diets of hens. *Journal of Nutrition*, 75, s. 211 – 221.
- 55) Kim W. K., Patterson P. H. (2005): Effects of dietary zinc supplementation on hen performance, ammonia volatilization, and nitrogen retention in manure. *Journal of Environmental Science and Health, Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 40, s. 675 – 686.
- 56) Kroupová V., Kratochvíl P., Kaufmann S., Kursá J., Trávníček J. (1998): Metabolic effect of iodine addition in laying hens. *Veterinary Medicine - Czech*, 43, s. 207 – 212.
- 57) Kroupová V., Trávníček J., Kursá J., Kratochvíl P., Krabačová I. (1999): Iodine content in egg yolk during its excessive intake by laying hens. *Czech Journal of Animal Science*, 44, s. 369 – 376.
- 58) Komprda T. (2003): *Základy výživy člověka*. 1. vydání. Brno, MZLU v Brně. 164 s.
- 59) Kursá J., Trávníček J., Rambeck W.A., Kroupová V., Vítovec J. (2000): Goitrogenic effects of extracted rapeseed meal and nitrates in sheep and their progeny. *Veterinary Medicine - Czech*, 45, s. 129 – 140.
- 60) Kvasničková A. (1998): *Minerální látky a stopové prvky: Esenciální minerální látky ve výživě*. Praha, ÚZPI. 128 s.
- 61) Latham M. C. (1997): *Human nutrition in the developing world*. 1 vydání. Roma, FAO. 508 s.
- 62) Leach R. M., Gross J. R. (1983): The effect of manganese deficiency upon the ultrastructure of the eggshell. *Poultry Science*, 62, s. 499 - 504.
- 63) Lee S. M., Lewis J., Buss D. H., Holcombe G. D., Lawrance P. R. (1994): Iodine in British foods and diets. *British Journal of Nutrition*, 72, s. 435 – 446.
- 64) Lewis P. D. (2004): Responses of domestic fowl to excess iodine: a review. *British Journal of Nutrition*, 91, s. 29 – 39.
- 65) Lichovníková M., Zeman L., Jandásek J. (2008): The effect of feeding untreated rapeseed and iod supplement on egg quality. *Czech Journal Animal Science*, 53, s. 77 – 82.
- 66) Lim H. S., Paik I. K., (2003): Effects of supplementary mineral methionine chelates (Zn, Cu, Mn) on the performance and eggshell quality of laying hens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 16, s. 1804 – 1808.

- 67) Lim H. S., Paik I. K. (2006): Effects of dietary supplementation of copper chelates in the form of methionine, chitosan and yeast in laying hens. *Asian - Australasian Journal of Animal Sciences*, 19, s. 1174 – 1178.
- 68) Límanová Z., Němec J., Zamrazil V. (1995): *Nemoci štítné žlázy*. 1. vydání. Praha, Galén. 197 s.
- 69) Lindow C. W., Elvehjem C. A., Peterson W. H. (1929): The copper content of plant and animal foods. *Journal of Biological Chemistry*, 82, s. 465 – 471.
- 70) Mabe I., Rapp C., Bain M. M., Nys Y. (2003): Supplementation of a corn-soybean meal diet with manganese, copper, and zinc from organic or inorganic sources improves eggshell quality in aged laying hens. *Poultry Science*, 82, s. 1903 – 1913.
- 71) Marádová E. (2007): *Výživa a hygiena ve stravovacích službách*. 2. vydání. Praha, VŠH Praha. 196 s.
- 72) Mathers J. W., Hill R. (1967): Factors affecting the retention of an oral dose of radioactive manganese by the chick. *British Journal of Nutrition*, 21, s. 513 – 517.
- 73) McDowell L. R. (1992): *Minerals in Animal and Human Nutrition*. 1. vydání. London, Academic Press Inc. Harcourt Brace Jovanovich. 524 s.
- 74) Minson D. J. (1990): *Forage in Ruminant Nutrition*. 1. vydání. New York, Academic Press. 483 s.
- 75) Murphy E. W., Millis B. W., Watt B. K. (1975): Provisional tables on the zinc content of foods. *Journal of the American Dietetic Association*, 66, s. 345 – 355.
- 76) NRC (1980): *Mineral Tolerance of Domestic Animals*. 1. vydání. Washington D.C., The National Academies Press. 577 s.
- 77) NRC (1994): *Nutrient Requirements of Poultry*. 9. vydání. Washington D. C., The National Academies Press. 176 s.
- 78) NRC (2005): *Mineral Tolerance of Animals*. 2. vydání. Washington D. C., The National Academies Press. 496 s.
- 79) Ochrimenko C., Lemser A., Richter G., Krause U., Bonsak H. (1992): Effect of the manganese content in laying hen feed with different Ca and mineral levels on the egg shell quality and bone mineralization of hens. *Archiv für Tierernährung*, 42, s. 25-35.
- 80) Ochrimenko C., Richter G., Lemser A., Krause U. (1990): Studies of Mn supplementation in the feed for laying hens. *Archiv für Tierernährung*, 40, s.1097 – 1108.
- 81) Paik I. (2001): Application of chelated minerals in animal production. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 14, s. 191 – 198.

- 82) Palafox A. L., Ho A. E. (1980): Effect of zinc toxicity in laying white leghorn pullets and hens. *Poultry Science*, 59, s. 2024 - 2028.
- 83) Paulicks B., Kirchgessner M. (1994): Effects of alimentary zinc supply on feed intake and performance of laying hens. *Archiv für Geflügelkunde*, 58, s. 186 – 191.
- 84) Pesti G. M., Bakalli R. I. (1998): Studies on the effect of feeding cupric sulfate pentahydrate to laying hens on egg cholesterol content. *Poultry Science*, 77, s.1540 – 1545.
- 85) Pohůnková D., Němec J. (1988): Aktuální otázky endemické strumy a jodového deficitu. *Časopis lékařů českých*, 127, s. 614 – 647.
- 86) Poršová – Dutoit I. (1995): *Endokrinologie v praxi*. 1. vydání. Praha, Grada Publishing. 168 s.
- 87) Roedigerová – Streubelová S. (1997): *Minerální látky a stopové prvky*. 1. vydání. Praha, Ivo Železný. 158 s.
- 88) Sandstead H. H. (1973): Zinc nutrition in the United States. *American Journal of Clinical Nutrition*, 26, s. 1251 – 1260.
- 89) Sazzad H. M., Bertechini A. G., Nobre P. T. C. (1994): Egg - production, tissue deposition and mineral metabolism in 2 strains of commercial layers with various levels of manganese in diets. *Animal Feed Science And Technology*, 46, s. 271 – 275.
- 90) Schöne F., Jahreis G., Richter G., Lange R. (1993): Evaluation of rapeseed melas in broiler chicks: Effect of iodine supply and glucosinolate degradation by myrosinase or copper. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 61, s. 245 – 252.
- 91) Simeonovová J., Míková K., Kubišová S., Ingr I. (1999): *Technologie drůbeže, vajec a minoritních živočišných produktů*. 1. vydání. Brno, MZLU v Brně. 247 s.
- 92) Skřivan M., Skřivanová V., Marounek M. (2005): Effects of dietary zinc, iron, and copper in layer feed on distribution of these elements in eggs, liver, excreta, soil, and herbage. *Poultry Science*, 84, s. 1570 – 1575.
- 93) Stahl J. L., Cook M. E., Greger J. L. (1988): Zinc, iron, and copper contents of eggs from hens fed varying levels of zinc. *Journal of Food Composition and Analysis*, 1, s. 309 – 315.
- 94) Stahl J. L., Cook M. E., Sunde M. L. (1986): Zinc supplementation: its effect on egg production, feed conversion, fertility, and hatchability. *Poultry Science*, 65, s. 2104 – 2109.
- 95) Stárka L., Hampl R., Kalvachová B., Němec J., Neradilová M., Poršová – Dutoit I., Zamrazil V. (1997): *Endokrinologie*. 1. vydání. Praha, Maxdorf. 329 s.

- 96) Steinhäuserová I., Simeonovová J., Nápravníková E., Tremlová B. (2003): *Produkce a zpracování drůbeže, vajec a medu*. 1. vydání. Brno, VFU Brno. 82 s.
- 97) Swanson, E.W., Miller, J.K., Mueller, F.J., Patton, C.S., Bacon, J.A., Ramsey, N. (1990): Iodine in milk and meat of dairy cows fed different amounts of potassium iodide or ethylenediamine dihydroiodide. *Journal of Dairy Science*, 73, s. 398 – 405.
- 98) Swiatkiewicz S., Koreleski J. (2008): The effect of zinc and manganese source in the diet for laying hens on eggshell and bones quality. *Veterinary Medicine – Czech*, 53, s. 555 – 563.
- 99) Šatava M. (1984):. *Produkce vajec*. In: Hudský Z., Košář K., Mikolášek A., Peter V., Sochor O., Šatava M., Špaček F. (1984): *Chov drůbeže: velká zootechnika*. 1. vydání Praha, SZN. s. 28.
- 100) Šimek M. (1993): Minerální krmné přísady a doplňky ve výživě zvířat (Studijní zpráva). *Živočišná výroba*, 3, 60 s.
- 101) Šimek M. (2003): *Základy nauky o půdě – 3. Biologické procesy a cykly prvků*. 1. vydání. České Budějovice, BF JU v Českých Budějovicích. 151 s.
- 102) Tepperman J. (1973): *Metabolic and endocrine physiology*. 3. vydání. Chicago, Year Book Medical Publishers. 246 s.
- 103) Terrés C., Navarro M., Martin-Lagos F., Gimenez R., Lopez H., Lopez M. C. (2001): Zinc levels in foods from southeastern Spain: relationship to daily dietary intake. *Food Additives and Contaminants*, 18, s. 687 – 695.
- 104) Thamm M., Ellert U., Thierfelder W., Liesenkötter K. P., Völzke H. (2007): Iodine intake in Germany. Results of iodine monitoring in the German health interview and examination survey for children and adolescents. *Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz*, 55, s. 744 – 749.
- 105) Toužín J. (2001): *Stručný přehled chemie prvků*. 1. vydání. Brno, MU. 225 s.
- 106) Trávníček J. (2000): *Biologický účinek aditivního příjmu jódu u hospodářských zvířat*. [Habilitation práce]. České Budějovice, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta. s. 68 – 70.
- 107) Trávníček J., Herzig I., Kursa J., Kroupová V. (2005):. Uplatnění suplementace stopových prvků hospodářských zvířat v potravním řetězci. In: *Sborník z konference s mezinárodní účastí o zdravotní nezávadnosti a produkční účinnosti krmiv “VI. Kábrtovy dietetické dny“ 5.5. 2005*. Brno, VFU Brno. s. 201 – 206.
- 108) Trávníček J., Herzig I., Kursa J., Kroupová V., Navrátilová M. (2006a): Iodine content in raw milk. *Veterinary Medicine - Czech*, 51, s. 448 – 453.

- 109) Trávníček J., Kroupová V., Herzig I., Kursá J. (2006b): Iodine content in consumer hen eggs. *Veterinary Medicine - Czech*, 51, s. 93 – 100.
- 110) Trávníček J., Kroupová V., Kratochvíl B., Krabačová I. (1999): The effect of superfluous iodine intake and strumigenic factors on histometric parameters of thyroid gland in layers. *Veterinary Medicine - Czech*, 44, s. 177 – 182.
- 111) Trčková M., Písaříková B., Suchý P., Herzig I. (2003): Effect of a single dose of iodized fatty acid ester Lipiodol® Ultra-Fluid on egg iodine concentrations and egg production. *Veterinary Medicine - Czech*, 48, s. 293 – 300.
- 112) Underwood E. J. (1962): A preliminary investigation of sources of zinc in Australian poultry diets. In: *Proceedings of the 12th World Poultry Congress*, Sydney, Australia. s. 216 – 218.
- 113) Underwood E. J. (1977): *Trace Elements in Human and Animal Nutrition*. 4. vydání. New York, Academic Press. A Subsidiary of Harcourt Brace Jovanovich. 545 s.
- 114) Underwood E. J., Suttle N. F. (1999): *The Mineral Nutrition of Livestock*. 3. vydání. New York, CABI Publishing. 614 s.
- 115) Ursellová A. (2004): *Vitamíny a minerály*. 1. vydání. Bratislava, NOXI s.r.o. 128 s.
- 116) Verheyen G., Helsen J., Decuypere E. (1990): Accumulation of zinc in egg yolk, ovarian follicles and organs after forced resting by high dietary zinc. *British Poultry Science*, 31, s. 147 – 154.
- 117) Watkins B. E., Ulrey D. E., Schmitt S. M., Nachreiner R. F. (1982): Iodine Status and Thyroid Activity of White – Tailed Deer. In: Gawthorn J. M., Howell J. McC., White C. L.: *Trace Element Metabolism in Man and Animals: proceedings of the Fourth International symposium on trace element metabolism in man and animals (TEMA - 4)*, held in Perth, Western Australia, 11. – 15. May 1981. New York, Springer – Verlag Berlin Heidelberg. s. 61 – 62.
- 118) Wedekind K. J., Titgemeyer E. C., Twardock R., Baker D. H. (1991): Phosphorus but not calcium affects manganese absorption and turnover in chicks. *Journal of Nutrition*, 121, s. 1776 – 1786.
- 119) Wolf P., Bayer G., Wendler C., Kamphues J. (1998): Mineral deficiency in pet birds. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 80, s. 140 – 146.
- 120) Yalcin S., Kahraman Z., Yalcin S., Yalcin S. S., Dedeoglu H. E. (2004): Effects of supplementary iodine on the performance and egg traits of laying hens. *British Poultry Science*, 45, s. 499 – 503.
- 121) Zadák Z. (2006): *Magnezium a další minerály, vitamíny a stopové prvky ve službách zdraví*. 1. vydání. Zlín, Presstempus. 71 s.

- 122) Zalabák V., Kejmar J. (1980): Anorganické látky. In: Bauer B., Bělík E., Brož J., Čítek D., Fisherová J., Heger J., Kacerovský O., Kejmar J., Koudela K., Sova Z., Růžička B., Zalabák V. (1980): Specificky účinné látky ve výživě zvířat. Praha, Academia. s. 28 – 83.
- 123) Zamani A., Rahmani H. R., Pourreza J. (2005): Effect of different levels of manganese and zinc on performance traits and breaking eggs in laying hens. Pakistan Journal of Biological Sciences, 8, s. 1035 – 1040.
- 124) Zamrazil V., Bílek R., Cerovská J., Delange F. (2004): The elimination of iodine deficiency in Czech Republic: The steps toward success. Thyroid, 14, 49 – 56.
- 125) Zelenka J., Heger J., Petrikovič P., Sommer A. (2006): Potreba živín a výživná hodnota krmiv pre hydinu. 3.vydání. Nitra, SCPV. 54 s.
- 126) Zelenka J., Zeman L. (2006): Výživa a krmení drůbeže. 1. vydání. Praha, Biofaktory Praha. 117 s.
- 127) Zeman L., Šiške V., Šimeček K., Hartl J. (1988): Doplnování kompletních směsí a minerální výživa prasat. Krmivářství a Služby, 24, s. 9 – 12.
- 128) Zimmermann M. B., Kohrle J. (2002): The impact of iron and selenium deficiencies on iodine and thyroid metabolism: biochemistry and relevance to public health. Thyroid, 12, s. 867 - 878.

7.1 Internetové zdroje

- 1) Danish Food Composition Databank (2007): Egg, chicken, yolk, raw. [online]. [cit. 2008-10-30]. Dostupný na World Wide Web: <http://www.Foodcomp.dk/fcdb_details.asp?FoodId=0339>
- 2) Míková K., (1996): Koktejl přírodních vitamínů. [online]. [cit. 2009-02-03]. Dostupný na World Wide Web: <http://www.zlatavejce.cz/same_nutricni.php>
- 3) Souci S. W., Fachmann W., Kraut H. (2000): Food Composition and Nutrition Tables, Medpharm online database. [online]. [cit. 2008-02-11]. Dostupný na World Wide Web: <<http://www.sfk-online.net/cgi-bin/sfkstart.mysql? language=english>>
- 4) Tvrzník P., Zeman L. (2005): Stopové prvky ve výživě zvířat. Vědecký výbor výživy zvířat. [online]. [cit.2008-10-20]. Dostupný na World Wide Web:<http://old.vuzv.cz/v_vyzivy.htm>
- 5) USDA (2002): National Nutrient Database for Standard Reference, Release 17. [online]. [cit. 2008-12-01]. Dostupný na World Wide Web: <<http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search>>

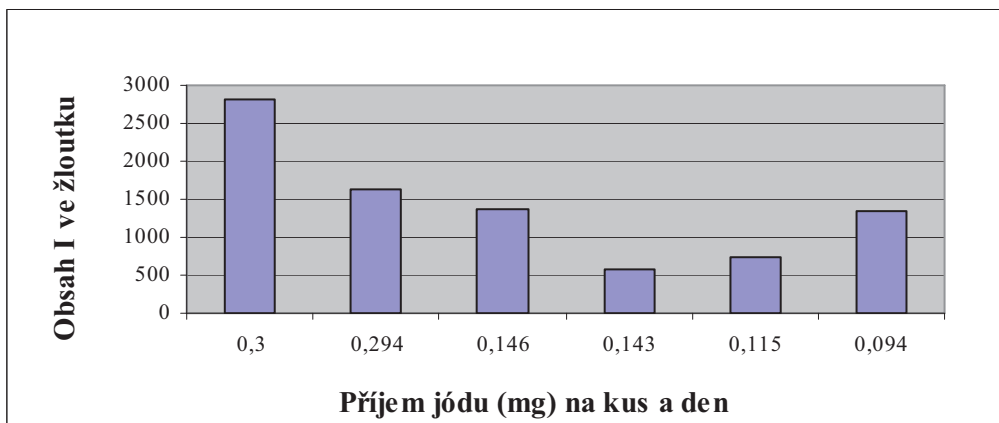
8. PŘÍLOHY

Seznam příloh

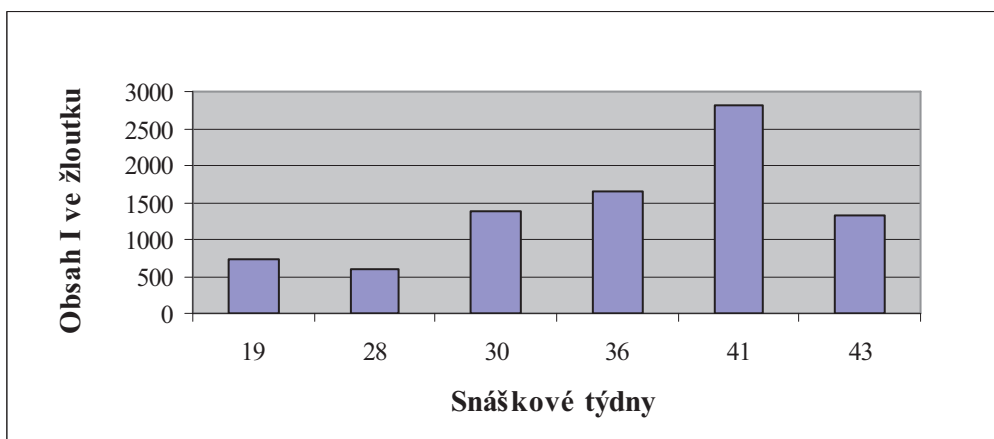
- Graf 2. Obsah jódu ve žloutku vajec z velkochovů ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na příjmu jódu krmnou směsí - rok 2007
- Graf 3. Obsah jódu ve žloutku vajec z velkochovů ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na týdnu snášky - rok 2007
- Graf 4. Obsah jódu ve žloutku vajec z velkochovů ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na intenzitě snášky - rok 2007
- Graf 5. Obsah jódu ve žloutku vajec z velkochovů ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na příjmu jódu krmnou směsí - rok 2008
- Graf 6. Obsah jódu ve žloutku vajec z velkochovů ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na týdnu snášky - rok 2008
- Graf 7. Obsah jódu ve žloutku vajec z velkochovů ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na intenzitě snášky - rok 2008
- Graf 8. Obsah mědi ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na příjmu mědi krmnou směsí - rok 2007
- Graf 9. Obsah mědi ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na týdnu snášky - rok 2007
- Graf 10. Obsah mědi ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na intenzitě snášky - rok 2007
- Graf 11. Obsah mědi ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na příjmu mědi krmnou směsí - rok 2008
- Graf 12. Obsah mědi ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na týdnu snášky - rok 2008
- Graf 13. Obsah mědi ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na intenzitě snášky - rok 2008
- Graf 14. Obsah zinku ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na příjmu zinku krmnou směsí - rok 2007
- Graf 15. Obsah zinku ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na týdnu snášky - rok 2007
- Graf 16. Obsah zinku ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na intenzitě snášky - rok 2007
- Graf 17. Obsah zinku ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na příjmu zinku krmnou směsí - rok 2008

- Graf 18. Obsah zinku ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na týdnu snášky - rok 2008
- Graf 19. Obsah zinku ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na intenzitě snášky - rok 2008
- Graf 20. Obsah manganu ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na příjmu manganu krmnou směsí - rok 2007
- Graf 21. Obsah manganu ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na týdnu snášky - rok 2007
- Graf 22. Obsah manganu ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na intenzitě snášky - rok 2007
- Graf 23. Obsah manganu ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na příjmu manganu krmnou směsí - rok 2008
- Graf 24. Obsah manganu ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na týdnu snášky - rok 2008
- Graf 25. Obsah manganu ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na intenzitě snášky - rok 2008

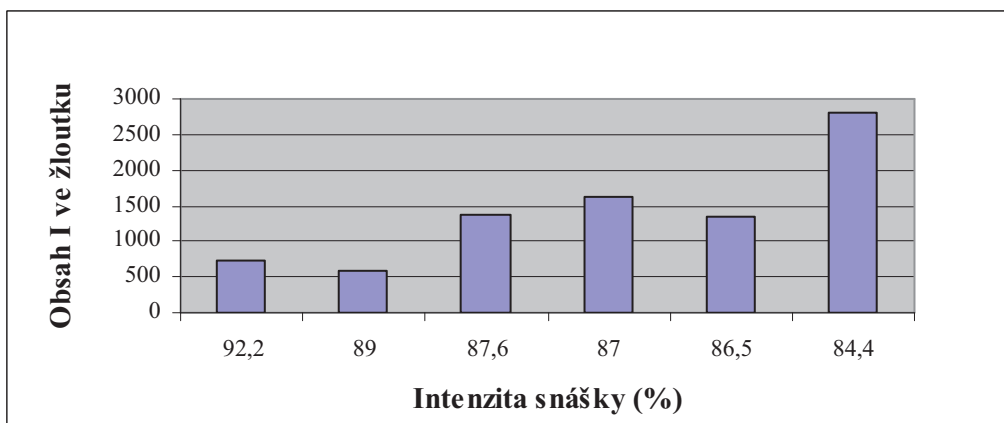
Graf 2. Obsah jódu ve žloutku vajec z velkochovů ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na příjmu jódu krmnou směsí - rok 2007



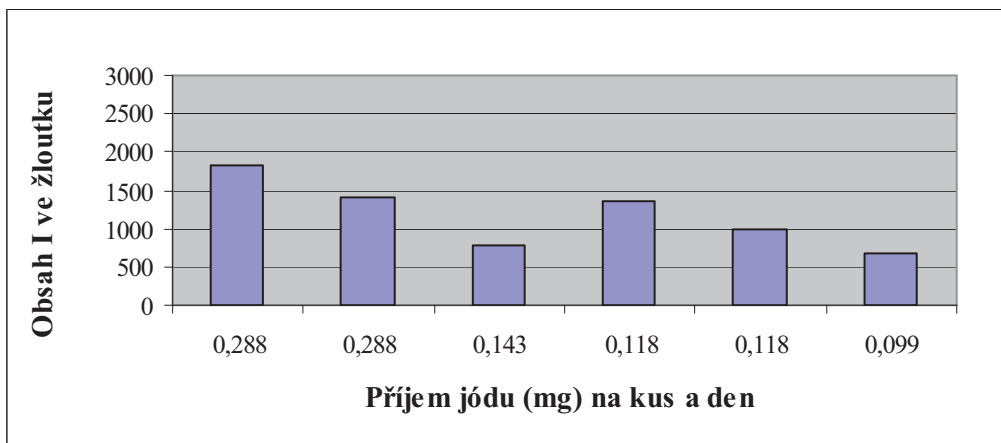
Graf 3. Obsah jódu ve žloutku vajec z velkochovů ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na týdnu snášky - rok 2007



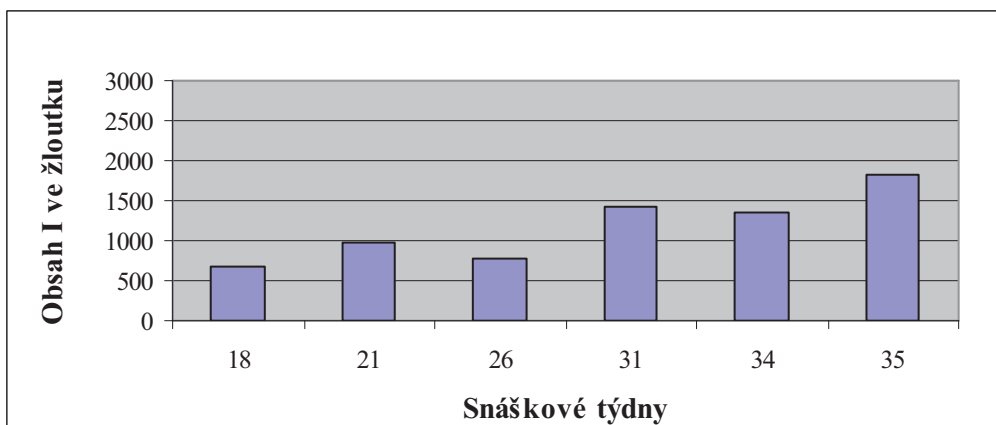
Graf 4. Obsah jódu ve žloutku vajec z velkochovů ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na intenzitě snášky - rok 2007



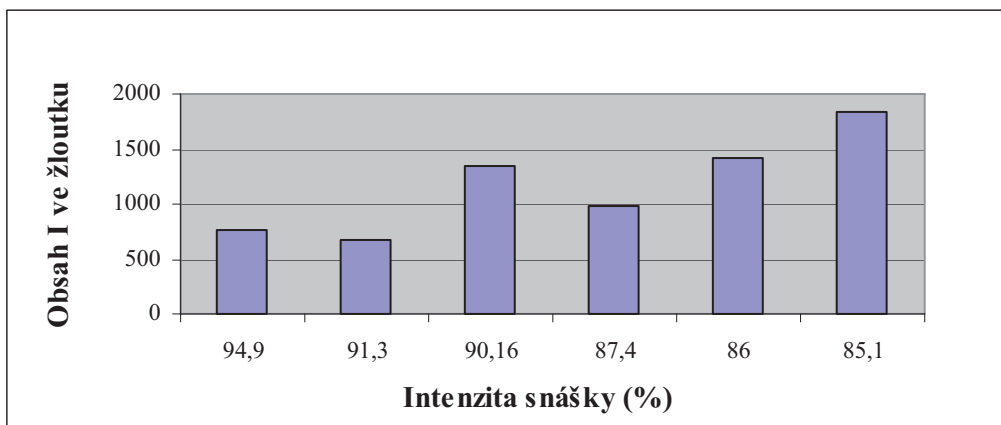
Graf 5. Obsah jódu ve žloutku vajec z velkochovů ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na příjmu jódu krmnou směsí - rok 2008



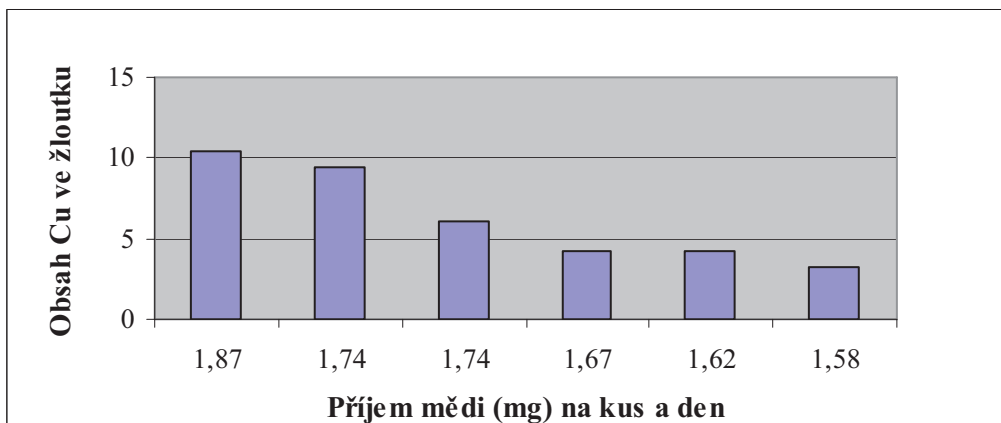
Graf 6. Obsah jódu ve žloutku vajec z velkochovů ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na týdnu snášky - rok 2008



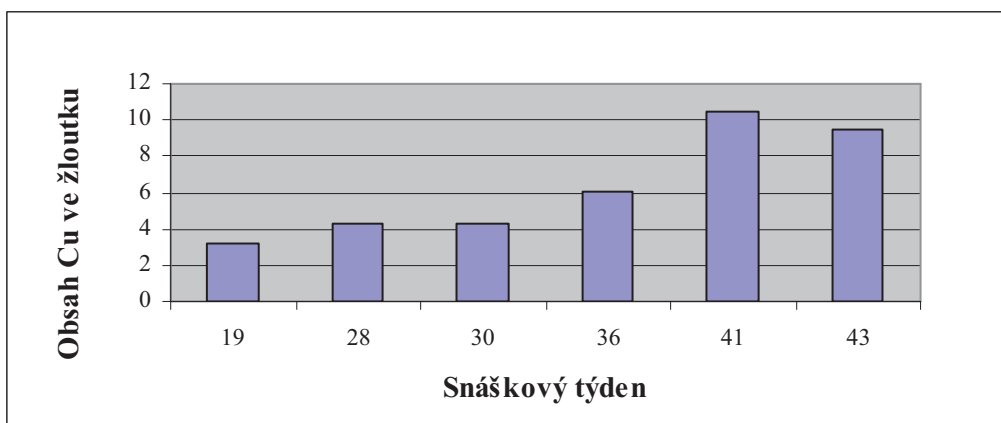
Graf 7. Obsah jódu ve žloutku vajec z velkochovů ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na intenzitě snášky - rok 2008



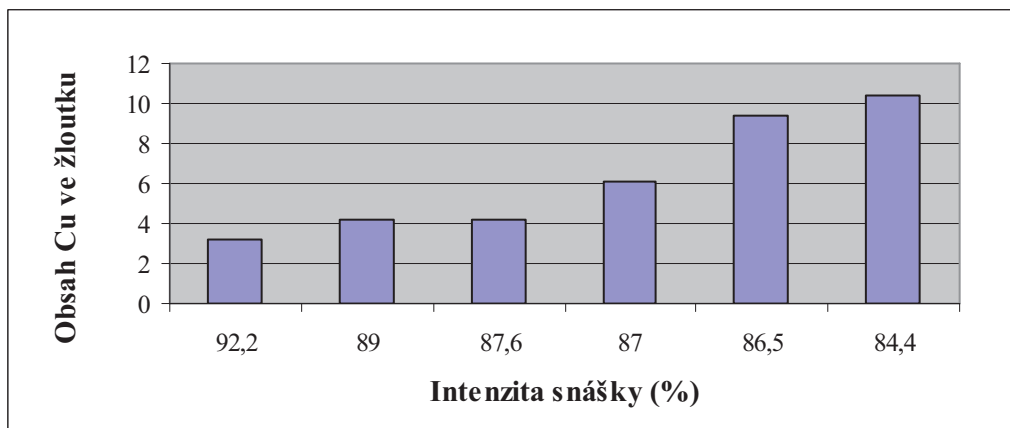
Graf 8. Obsah mědi ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na příjmu mědi krmnou směsí - rok 2007



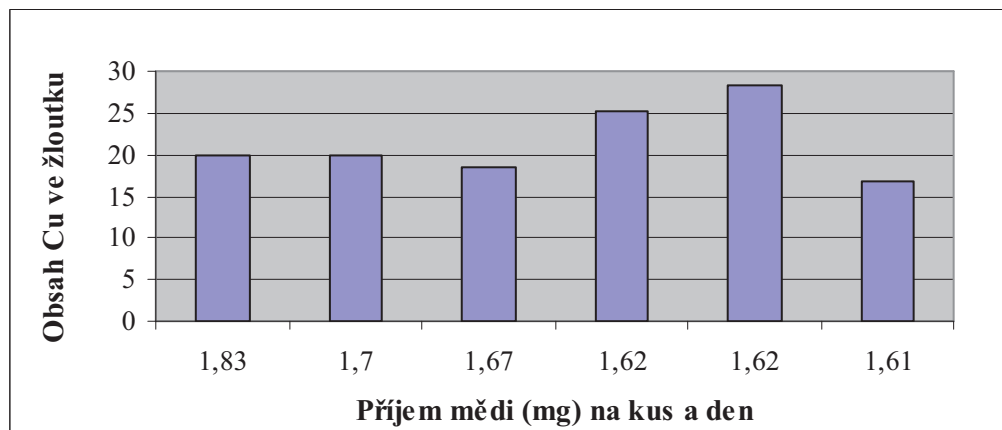
Graf 9. Obsah mědi ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na týdnu snášky - rok 2007



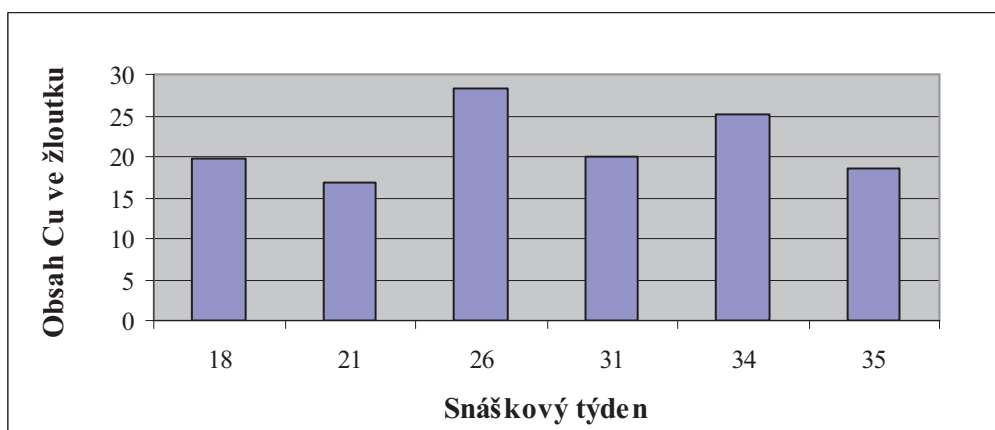
Graf 10. Obsah mědi ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na intenzitě snášky - rok 2007



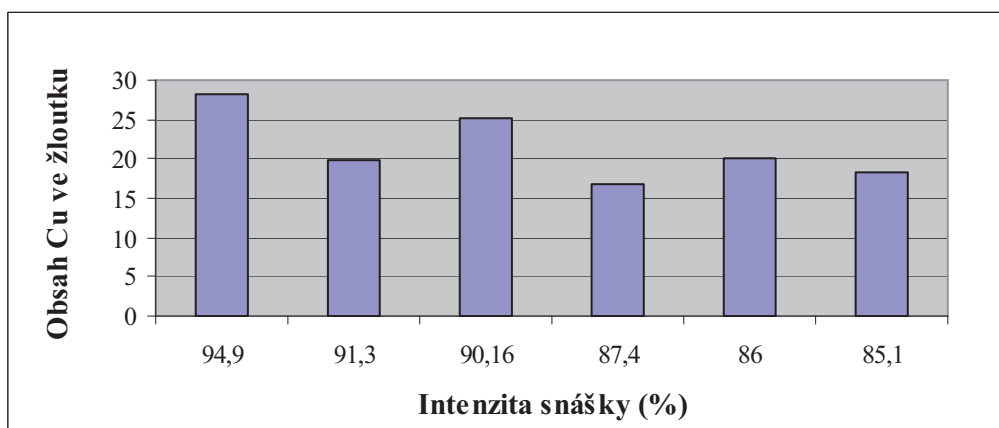
Graf 11. Obsah mědi ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na příjmu mědi krmnou směsí - rok 2008



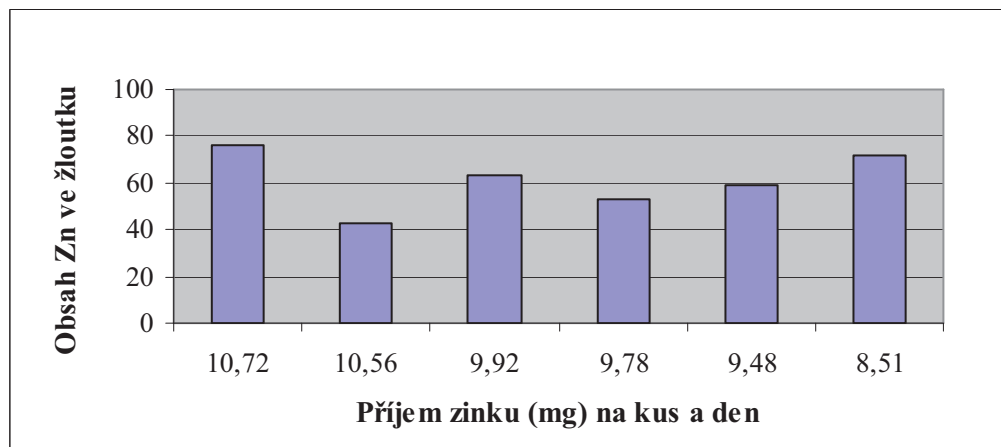
Graf 12. Obsah mědi ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na týdnu snášky - rok 2008



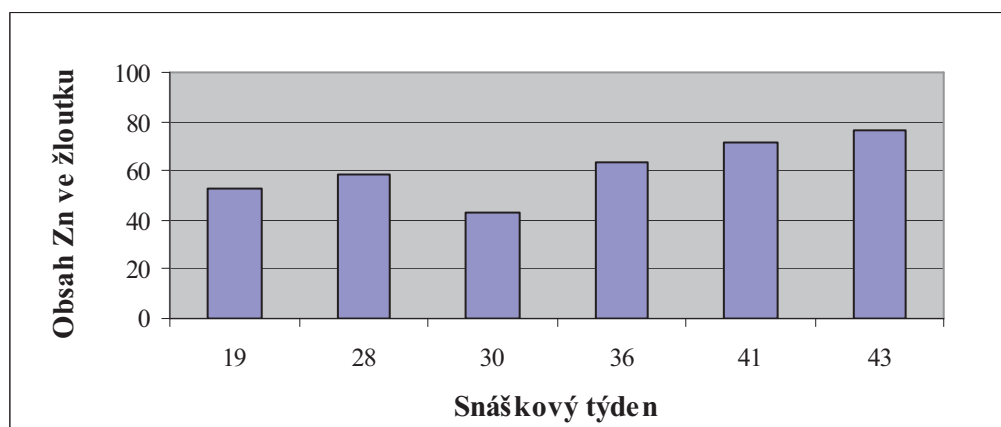
Graf 13. Obsah mědi ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na intenzitě snášky - rok 2008



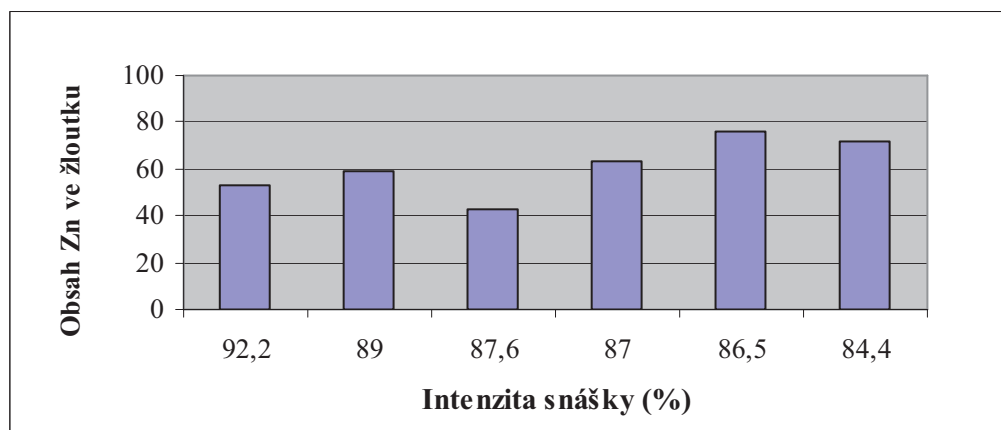
Graf 14. Obsah zinku ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na příjmu zinku krmnou směsí - rok 2007



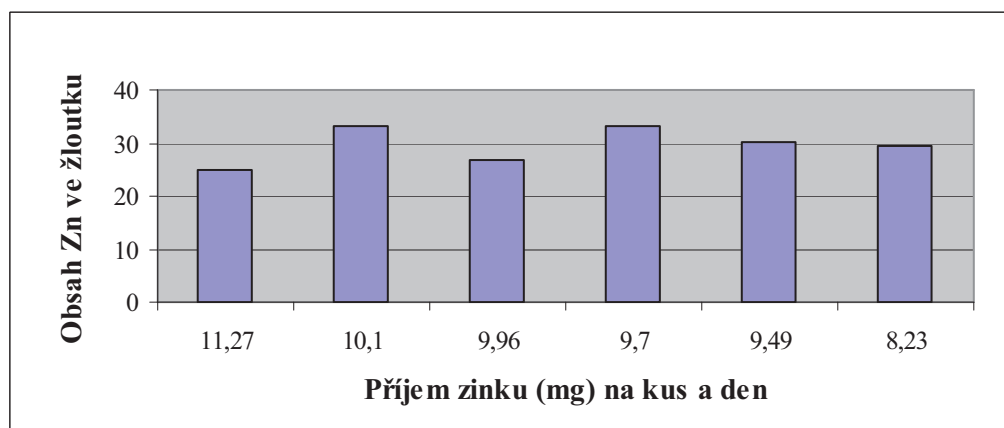
Graf 15. Obsah zinku ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na týdnu snášky – rok 2007



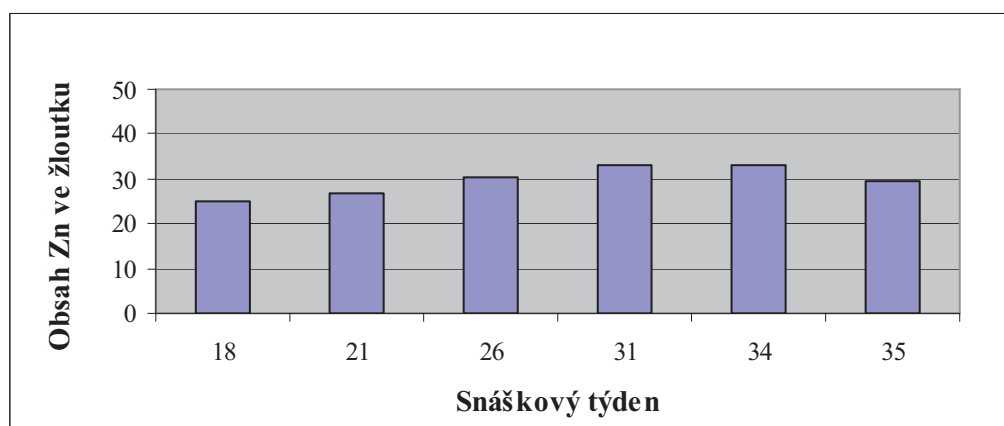
Graf 16. Obsah zinku ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na intenzitě snášky - rok 2007



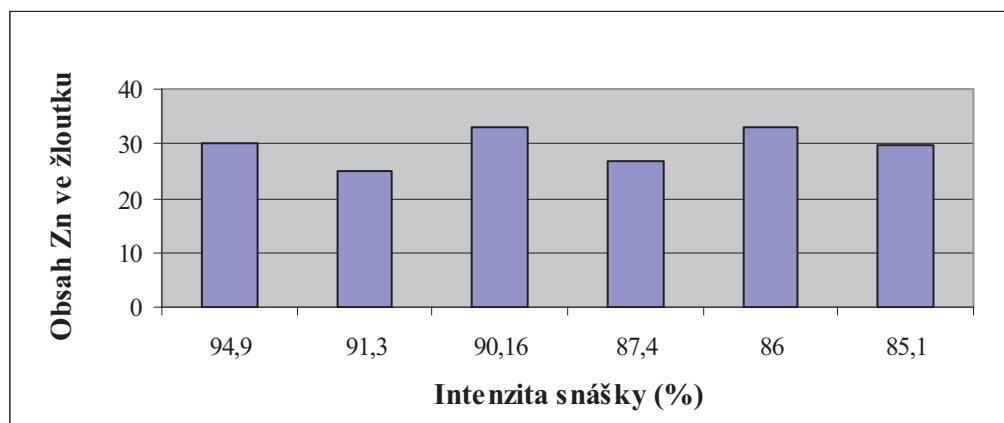
Graf 17. Obsah zinku ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na příjmu zinku krmnou směsí - rok 2008



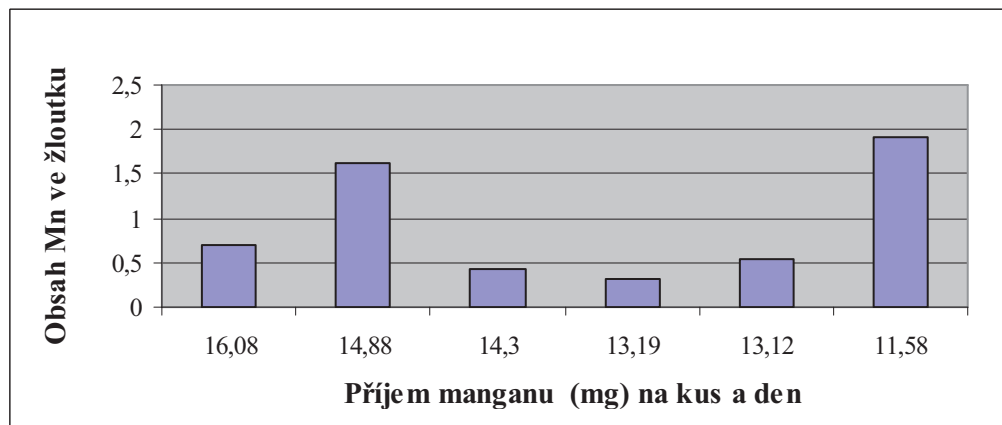
Graf 18. Obsah zinku ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na týdnu snášky - rok 2008



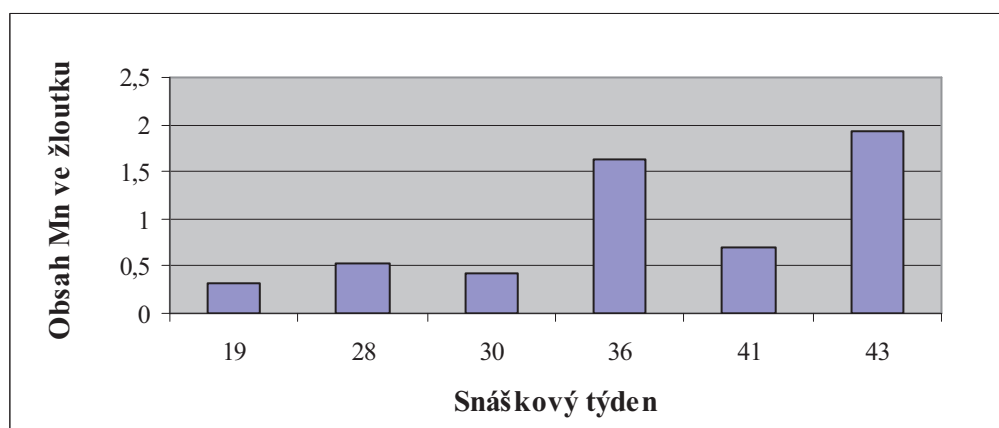
Graf 19. Obsah zinku ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na intenzitě snášky - rok 2008



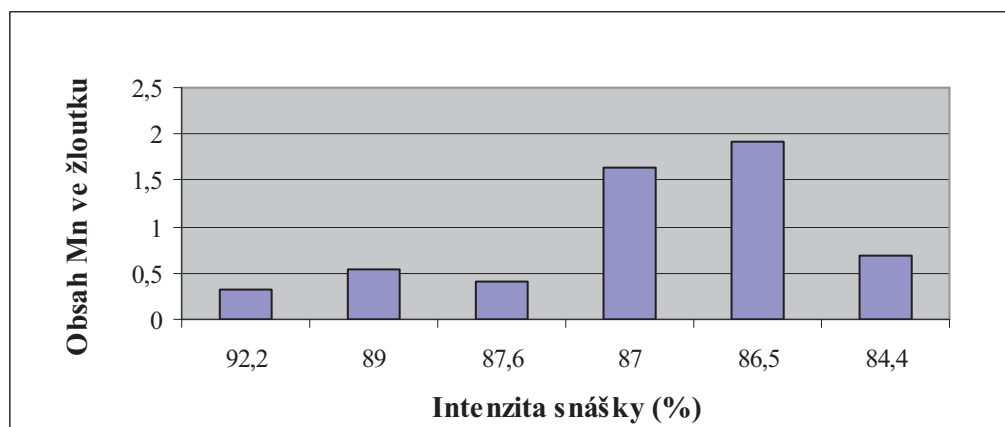
Graf 20. Obsah manganu ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na příjmu manganu krmnou směsí - rok 2007



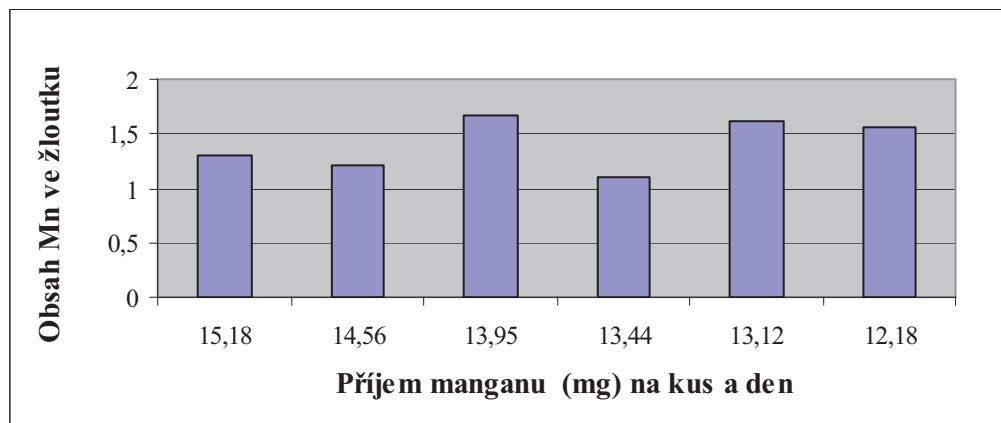
Graf 21. Obsah manganu ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na týdnu snášky - rok 2007



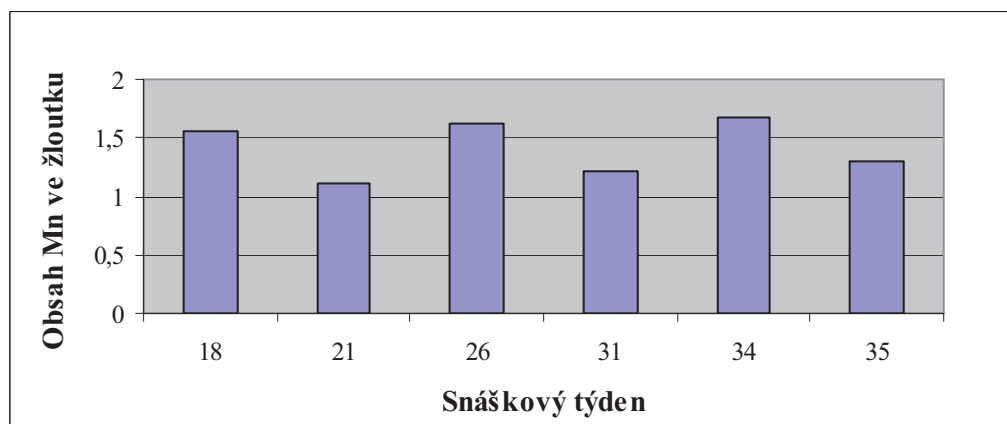
Graf 22. Obsah manganu ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na intenzitě snášky - rok 2007



Graf 23. Obsah manganu ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na příjmu manganu krmnou směsí - rok 2008



Graf 24. Obsah manganu ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na týdnu snášky - rok 2008



Graf 25. Obsah manganu ve žloutku vajec z velkochovů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty) v závislosti na intenzitě snášky - rok 2008

