

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 - Zemědělství

Studijní obor: Agroekologie

Katedra: Katedra zootechnických věd

Vedoucí katedry: doc. Ing. Miroslav Maršálek, CSc.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**OBSAH JÓDU V MLÉCE A MLÉČNÉ SYROVÁTCE
V PRŮBĚHU LAKTACE**

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Jan Trávníček, CSc.

Autor bakalářské práce: Jitka Jakešová

České Budějovice, 2015

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Fakulta zemědělská

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jitka JAKEŠOVÁ**
Osobní číslo: **Z12221**
Studijní program: **B4131 Zemědělství**
Studijní obor: **Agroekologie**
Název tématu: **Obsah jódu v mléce a mléčné syrovátce v průběhu laktace**
Zadávací katedra: **Katedra zootechnických a veterinárních disciplín a kvality produktů**

Zásady pro vypracování:

Mléko je významným přirozeným zdrojem jódu v lidské výživě. Obsah jódu v mléce je objektivním ukazatelem saturace dojníc jódem.

Cílem práce je zhodnocení vlivu průběhu laktace a její úrovně na obsah jodu v mléce a v mléčné syrovátce.

U vybrané skupiny dojníc budete v průběhu laktace v souvislosti s kontrolou užitkovosti odebírat vzorky mléka na stanovení jódu. Jód bude analyzován v mléce a v syrovátce získané po kyselém srážení mléka. Vlastní stanovení jódu bude provedeno spektrometricky po alkalickém spalování vzorku. Obsah jódu v mléce (syrovátce) vyhodnotíte ve vztahu k dennímu nádoji, stádiu laktace a k obsahu jódu v krmné dávce, případně vybraným parametrům mléka. Výsledky zhodnotíte statisticky, zdokumentujete v tabulkách, dynamiku vývoje jódu v mléce (syrovátce) v průběhu laktace zpracujete do grafů. V závěru práce uvedete podle významnosti faktory ovlivňující obsah jódu v mléce a v syrovátce.

Rozsah grafických prací: 8 tabulek, 5 grafů
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 35 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:


Hejtmánková, A. a kol.: Iodine concentrations in cows' milk in Central and Nord Bohemia. Czech Journal of the Animal Science, 56, 2006, 189-195.
Kursa, J. a kol.: Milk as food of iodine for human consumption in the Czech Republic. Acta Veterinaria Brno, 74, 2005, 255-264.
Trávníček, J. a kol.: Nutnost sledování suplementace dojených krav jódem. Veterinářství. 2011, 273-276.
Trávníček, J. a kol.: Optimalizace obsahu jódu v kravském mléce. Jihočeská univerzita v Č. Budějovicích. 2011, 56 s. ISBN 978-80-7394-328-8.
Sborník referátů z X. konference u příležitosti Dne jódu: Zásobení jódem jako prevence tyreopatií a zdroje dietární expozice. JU v Č. B. 15.5.2013. SZÚ Karviná, 2013, 58 s.
Elektronické informační zdroje Akademické knihovny JU v Č. Budějovicích (internetové databáze): ISI Web of Knowledge (Web of Science), Agroweb, Agris, Scopus, Česká zemědělská a bibliografická databáze, příslušné odborné a vědecké časopisy.

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Jan Trávníček, CSc.
Katedra zootechnických a veterinárních disciplín a kvality produktů
Konzultant bakalářské práce: Ing. Karel Havelka
Datum zadání bakalářské práce: 18. března 2014
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2015

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13 ④
370 05 České Budějovice


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

L.S.


doc. Ing. Miroslav Maršálek, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 18. března 2014

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedené v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne:

.....

Jitka Jakešová

Děkuji prof. Ing. Janu Trávníčkovi, CSc. a pracovníkům laboratoře Katedry zootechnických věd ZF JU v Českých Budějovicích za pomoc při zpracování bakalářské práce.

Dále děkuji své rodině a přátelům za trpělivost v průběhu psaní bakalářské práce.

.....
Jitka Jakešová

Abstrakt:

Mléko je významným přirozeným zdrojem jódu v lidské výživě. Obsah jódu v mléce je objektivním ukazatelem saturace dojníc jódem. Práce přináší údaje o obsahu jódu v mléce a mléčné syrovátce v průběhu laktace a další vlivy, které na jeho obsah působí. Do pokusu bylo zařazeno 12 dojnic na počátku laktace z chovu v Haklových Dvorech nacházejících se v blízkosti Českých Budějovic. Vzorky mléka byly odebírány s kontrolou užitekosti v pravidelných intervalech jednou měsíčně od srpna do listopadu 2014. Obsah jódu byl stanoven spektricky po alkalickém spalování vzorku. Průměrný obsah jódu v mléce v srpnu 2014 byl $169,63 \pm 70,39 \mu\text{g.l}^{-1}$, v září $202,25 \pm 65,08 \mu\text{g.l}^{-1}$, na začátku listopadu (náhradní odběr za říjen) $183,91 \pm 65,31 \mu\text{g.l}^{-1}$ a na konci listopadu 2014 $216,56 \pm 68,67 \mu\text{g.l}^{-1}$. Průměrný obsah jódu v syrovátce se v srpnu nemohl uskutečnit, v září byl $140,5 \pm 55,3 \mu\text{g.l}^{-1}$, na začátku listopadu $131,5 \pm 45,9 \mu\text{g.l}^{-1}$ a na konci listopadu 2014 $168,2 \pm 77,8 \mu\text{g.l}^{-1}$. Hodnoty obsahu jódu v mléce i v syrovátce odpovídají rozmezí pro doporučený denní příjem jódu.

Klíčová slova: jód, kravské mléko, mléčná syrovátka

Abstract:

Milk is an important natural resource of iodine in human nutrition. The content of iodine in milk is an objective indicator of iodine saturation of cows. My work shows data about iodine content in milk and whey during lactation and other factors which affect the iodine contents. The experiment includes 12 milkers at the beginning of their lactation. This milkers are from breeding Haklovy Dvory, which is situated near České Budějovice. Samples of milk were collected with monitoring performance regularly once a month since August to November 2014. The iodine content was determined spectrometrically after alkaline burning of the sample. The average content of iodine in milk in August 2014 was $169.63 \pm 70.39 \mu\text{g.l}^{-1}$, in September $202.25 \pm 65.08 \mu\text{g.l}^{-1}$, at the beginning of November (substitute sampling for October) $183.91 \pm 65,31 \mu\text{g.l}^{-1}$ and at the end of November 2014 $216.56 \pm 68.67 \mu\text{g.l}^{-1}$. The average iodine content in whey in August could not be realized. The average iodine content in whey in September was $140.5 \pm 55,3 \mu\text{g.l}^{-1}$, at the beginning of November $131.5 \pm 45,9 \mu\text{g.l}^{-1}$ and at the end of November 2014 $168.2 \pm 77,8 \mu\text{g.l}^{-1}$. The iodine content in the milk whey corresponds with the range for the recommended daily ration of iodine.

Key words: iodine, cow's milk, whey

Obsah

1. ÚVOD.....	7
2. LITERÁRNÍ PŘEHLED	9
2.1 Mléko a jeho složení	9
2.1.1 Složky mléka a jejich proměnlivost	9
2.2 Syrovátka.....	13
2.2.1 Složení syrovátky.....	13
2.2.2 Využití syrovátky	14
2.3 Jód	15
2.3.1 Jód jako chemický prvek	15
2.3.2 Výskyt.....	15
2.3.3 Fyziologický význam jódu.....	17
2.3.4 Nedostatek a nadbytek jódu	18
2.4 Jód v mléce.....	19
2.4.1 Zastoupení jódu	19
2.4.2 Faktory ovlivňující obsah jodu v mléce	20
3. Cíl práce.....	27
4. Materiál a metodika.....	28
4.1 Odběr vzorků, popis pracoviště	28
4.2 Stanovení jódu	29
5. Výsledky	30
5.1 Obsah jódu v mléce.....	30
5.2 Obsah jódu v syrovátce.....	32
5.3 Porovnání obsahu jódu v syrovátce a obsahu jódu v mléce.....	34
5.4 Vliv denního nádoje na obsah jódu v mléce	38
5.5 Vliv fáze laktace na obsah jódu.....	39
6. Diskuse	41
7. Závěr.....	45
8. Přehled použití literatury a zdrojů.....	47
9. Seznam použitých zkratk.....	55

1. ÚVOD

Problematika jódu je v posledních letech ve středu pozornosti. Choroby vzniklé nedostatkem jódu jsou považovány za celosvětový problém – v podmínkách nedostatečného přívodu jódu žije 2,0 – 2,2 miliardy osob, chorobami z nedostatku jódu trpí asi 700 - 800 milionů lidí (Zamrazil, 2013). Nedostatečný přívod jódu se týká i České republiky.

Česká republika je situovaná ve středu Evropy, tudíž máme omezený přístup k hlavním zdrojům jódu – mořským produktům (řasám a rybám). Obyvatelé střední Evropy získávají jód z mléka, mléčných výrobků, jódované soli, vajec a doplňků stravy. Kvůli chudému geologickému podloží je zastoupení v rostlinách i v mase minimální.

Známky deficitu jódu můžeme najít už v pravěku – na krku paleolitické Venuše z doby před 14 tisíci lety se nachází zvětšená štítná žláza (vole). Zvětšenou štítnou žlázu měla i vyobrazená zbraslavská madona ze 14. století. Struma a kretenismus se v České republice vyskytovaly poměrně často, nejvíce postižených bylo nalezeno v prachatickém a krumlovském okrese (12,8 postižených na 10 000 obyvatel) (Ryšavá a Kříž, 2013).

V polovině 90. let se zvýšil výskyt nedostatku jódu v dětské populaci (na trhu byl nadbytek solí neobsahujících jód, existovala rozsáhlá kampaň proti nadměrnému solení). Česká republika se v roce 1990 přihlásila k Výzvě k odstranění nedostatku jódu do roku 2000, která byla vyhlášena na Světovém summitu o dětech UNICEF. Následně v roce 1995 vznikla Meziřesortní komise pro řešení jódového deficitu (MKJD) při Státním zdravotním ústavu v Praze (SZÚ), kterou od roku 2003 vede MUDr. Lydie Ryšavá, Ph.D. Uskutečnila se důležitá opatření, zvýšil se například limit pro obsah jódu v kuchyňské soli, nestabilní jodid sodný používaný k jódování soli byl nahrazen stabilnějším jodičnanem draselným, do náhrad mateřského mléka a do výrobků pro těhotné se začal přidávat jód (Nejedlá, 2014; Ryšavá a Kříž, 2013; Kotrbová a Kastnerová, 2007).

V roce 2004 bylo oficiálně potvrzeno zástupcem Mezinárodního výboru pro kontrolu poruch způsobených nedostatkem jódu (ICCIDD - International Council for Control of Iodine Deficiency Disorders) Světové zdravotnické organizace (WHO – World Health Organization) profesorem Francois Délangem, že Česká republika úspěšně odstranila jódový deficit (Ryšavá a Kříž, 2013). V roce 2006 bylo v ČR nedostatečně saturováno jódem pouze 13,4 % obyvatel, v Evropě 52,9 % obyvatel, v USA 10,6 % obyvatel (světový průměr 31,5 % obyvatel)

(Zamrazil, 2013). Nejedlá (2014) uvádí, že v roce 2014 v České republice stále platí závěr ICCIDD WHO o úspěšném odstranění nedostatku jódu.

V současné době se objevuje problematika zvýšeného a nevyrovnaného příjmu jódu. Vyšší hodnota jódu je spojena s výskytem hypertyreózy (po masivní zátěži jódem) nebo hypotyreózy (při chronickém nadměrném přívodu, aktivuje se autoimunitní proces ve štítné žláze). Stanovení horní hranice příjmu jódu je mnohem obtížnější než stanovení dolní hranice (Zamrazil, 2013).

Podle usnesení X. konference u příležitosti Dne jódu jsou celospolečenské přínosy suplementace jódem převažující nad riziky vzniklých z nadbytku jódu, avšak sledování rizikových skupin se považuje za nutné.

2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 Mléko a jeho složení

Kravské mléko, které je předmětem této bakalářské práce, se řadí mezi mléka kaseinová, stejně tak jako mléko ovčí či kozí. Druhým typem mléka jsou mléka albuminová, například oslí, koňské, ženské (mateřské) a mléko prasnice. Základní rozdíl mezi těmito druhy mléka je v obsahu kaseinu z celkového množství bílkovin (kaseinové mléko tvoří až 75% obsahu bílkovin kasein) (Samková, 2012).

Syrovátka je podle vyhlášky č. 77/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje definována jako mléčný výrobek vznikající jako vedlejší produkt při výrobě sýrů, tvarohů a kaseinů. Složení syrovátky závisí na složení zpracovávaného mléka nebo na výrobním postupu výroby sýrů a tvarohů. Obsahuje syrovátkové bílkoviny, látky přítomné ve vodě (laktóza, minerální látky) a látky vznikající při výrobě (kyselina mléčná z laktózy). Syrovátkové bílkoviny jsou cennější než kasein, jelikož mají vysoký obsah aminokyselin (Lukášová, 1999; Suková, 2006).

2.1.1 Složky mléka a jejich proměnlivost

Mléko vytváří komplexní disperzní systém. Skládá se z 2 základních částí: z vody a z částic rozptýlených v prostředí. Složky mléka se rozdělují podle velikosti a tvoří tak fázi emulzní, koloidní a molekulární.

Laktóza a minerální látky jsou v mléce zcela rozpuštěny (molekulární fáze), organické látky a bílkoviny se vyskytují ve fázi koloidní. Mléčný tuk se vyskytuje v podobě tukových kapiček (emulzní fáze) (O'Mahony a Fox, 2014; Jelínek a Koudela, 2003).

2.1.1.1 Voda

Voda se v mléce vyskytuje ve formě volné, vázané a chemicky vázané. Nejzastoupenější formou vody v mléce je forma volná, ve které jsou přítomny bílkoviny a rozpuštěné minerální látky a lze ji vypařit nebo vymrazit z mléka. Tvoří pravé roztoky. Voda vázaná se váže na povrch koloidů, tudíž se v ní nerozpouští soli ani sacharidy a nelze ji odstranit sušením. V mléce tvoří 2 – 3,5 %. Voda chemicky vázaná se silně váže na laktózu (Lukášová, 1999).

2.1.1.2 Laktóza

Laktóza (mléčný cukr) je disacharid nacházející se pouze v mléce. Vzniká v mléčné žláze z glukózy, která je odebírána z krve. Vyskytuje se rozpuštěná v přítomné vodě. Tvoří 99 % všech sacharidů přítomných v mléce. Ostatní sacharidy - glukóza, galaktóza a fruktóza – se vyskytují jen ve stopovém množství (Navrátilová a kol., 2012).

Syntéza laktózy je tvořena 2 etapami, nejdříve se vytvoří galaktóza, která se následně spojí s glukózou. Laktóza je schopná udržovat stálý osmotický tlak mléka (Urban, 1997; Navrátilová a kol., 2012), má příznivý vliv na trávení (podporuje peristaltiku střev), slouží ke zvýšení vstřebávání vápníku kyselinou mléčnou nebo působí jako zdroj uhlíku pro bakterie mléčného kvašení, které jsou využívány k výrobě kysaných mléčných výrobků (O'Mahony a Fox, 2014; Šustová a Sýkora, 2013).

Obsah laktózy se snižuje při mastitidním onemocnění, klesá s postupem laktace (jelikož dochází k poklesu dojivosti) a pořadím laktace (zvyšuje se pravděpodobnost více prodělaných onemocnění). Obsah laktózy je méně ovlivněn výživou, až při nedostatečné výživě krav je zaznamenán pokles (Gajdůšek, 2003). Navrátilová a kol. (2012) poukazuje na kontrast mezi tukem, bílkovinou a laktózou během laktace. Do dosažení laktačního vrcholu se zvyšuje obsah laktózy, po dosažení laktačního vrcholu se zvyšují obsahy mléčného tuku a bílkovin.

2.1.1.3 Bílkoviny

Mléčné bílkoviny vznikají z volných aminokyselin vyskytujících se v krevní plazmě a z aminokyselin syntetizovaných mikroorganismy v předžaludku přežvýkavců. V kravském mléce se vyskytují ve dvou hlavních složkách - kasein (80%) a syrovátkové bílkoviny (17 - 20%) Kaseiny se vážou na vápník a během okyselení mléka se srážejí (pH 4,6-20°C). Sirovátkové bílkoviny během okyselení zůstávají v roztoku. Minoritní zastoupení mají bílkoviny enzymů obalu tukových kuliček (1-1,5 %) (Janštová a Navrátilová, 2014).

Sekrece a množství bílkovin je nerovnoměrné. Před otelením tvoří polovinu mléčných bílkovin imunoglobuliny, albumin a kaseiny. Po otelení vzrůstá produkce imunoglobulinů (důležité pro pasivní imunitu telete), později se snižuje jeho produkce a zvyšuje se obsah dalších mléčných bílkovin (kasein, laktalbumin) (Jelínek a Koudela, 2003).

Obsah bílkovin je ovlivněn plemenem, výživou, sezónou produkce, nemocí, stádiem a pořadím laktace. Nejvyšší obsah bílkovin v mléce se vyskytuje u plemene Jersey (4,03% v Dánsku, 3,81% v Anglii) (Frelich, 2001). Obsah bílkovin v mléce zvyšuje cukr a škrob přítomný v krmivu, naopak vyšší podíl vlákniny snižuje obsah bílkovin. Při nedostatečné krmné dávce nebo při onemocnění dochází k poklesu kaseinu (Gajdůšek, 2003). V průběhu roku je nejnižší obsah bílkovin v mléce zjištěn na začátku léta (3,40-3,48%) (Frelich, 2001). Vliv na obsah bílkovin má i průběh laktace – vyšší hodnoty obsahu bílkovin jsou zjištěny na začátku a u konce laktace, nejnižší obsah bílkovin je zjištěn na vrcholu laktace (2. - 3. měsíc) (Samková, 2012; Navrátilová a kol., 2012).

2.1.1.4 Mléčný tuk

Mléčný tuk je tvořen z glycerolu (98% tvoří triacylglycerol, dále diacylglyceroly a monoacylglyceroly), fosfolipidů a cholesterolu. Celkem bylo zjištěno 400 mastných kyselin vyskytujících se v mléce, pouze 17 z nich má zastoupení vyšší než 0,5%, a to jsou zejména nasycené mastné kyseliny se sudým počtem atomů uhlíku (například kyselina olejová, palmitová, stearová) (Samková a kol., 2012). Bartáková a kol. (2015) dokazují, že nejzastoupenějšími mastnými kyselinami v mléce jsou kyselina palmitová a kyselina olejová, ostatní mastné kyseliny nedosahovaly koncentrace 100 mg.g^{-1} .

Mléčný tuk se vyskytuje v mléce v podobě tukových kuliček (globulí). Velikost globulí se pohybuje v rozmezí 0,1-10 μm . Při tučnosti mléka 3,7 – 4,1% se jejich počet v 1 ml mléka pohybuje od 1,5 až $6 \cdot 10^{10}$ (Šustová a Sýkora, 2013). Kuličky jsou obaleny vrstvičkou fosfolipidů (zejména lecitin a kefalin – 75%) zajišťující stabilitu emulze (Lukášová, 1999).

Množství tuku v mléce je ovlivněno zejména skladbou krmné dávky, věkem dojnice, zdravotním stavem, plemenem nebo stádiem laktace. Nejvíce tuku obsahuje mléko plemene Jersey (4-8%) (Doležal a kol., 2000). Obsah tuku v mléce klesá se zvyšujícím se stářím krav (menší intenzita látkové výměny). Vliv na obsah tuku v mléce má i průběh laktace, nejnižší obsah tuku je zjištěn ve 2. – 3. měsíci laktace, od 5. měsíce laktace se obsah tuku zvyšuje. Doba dojení ovlivňuje obsah tuku v mléce, pokud nejsou dodrženy stejné časové intervaly mezi dojeními (večerní nádoj obsahuje více tuku než ranní). Tučnost mléka zvyšuje pohyb na delší vzdálenosti a snížení teploty prostředí (teplota do 5 °C – zvýšení tučnosti o 0, 25%) (Frelich, 2001; Navrátilová a kol., 2012). Obsah mastných kyselin s delším řetězcem závisí na tom, zdali mají v letním období možnost pastvy. Obsah mastných kyselin

s kratším či středním řetězcem (C4 až C14) se nemění v závislosti na možnosti pastvy (Bartáková a kol., 2015).

Tab. č.1: Zastoupení jednotlivých složek v mléce

Složka (%)	Mateřské mléko	Kráva	Koza	Ovce
Voda	87,5	87,0 – 88,0	86,0 – 87,0	67,0 – 82,0
Sušina	12,5	12,7	13,3	32,8
mléčný tuk	4,0	3,9	4,5	7,5
Bílkoviny:	0,9	3,0 – 3,5	3,5 – 3,6	5,6 – 5,7
Kasein	0,3	2,6	3,0	4,6
syrovátkové bílkoviny	0,6	0,6	0,6	1,0
Sacharidy	7,0	4,6	4,3	4,6
minerální látky	0,2	0,7	0,8	1,0

zdroj: Navrátilová a kol. (2012); Janštová a Navrátilová (2014); Kadlec a kol. (2002)

2.1.1.5 Minerální látky

Minerální látky se vyskytují v mléce ve formě anorganických solí či sloučenin přítomných v mléčné syrovátce, nebo jsou vázané na organické části mléka (bílkoviny, tuky a sacharidy). Ovlivňují výživovou hodnotu a chuť mléka, vlastnosti a fyzikální stabilitu mléčných bílkovin. Do mléka jsou přenášeny z krve (Janštová a Navrátilová, 2014).

Mezi nejzastoupenější minerální látky (makroprvky) patří vápník, fosfor, sodík, chlor, draslík, hořčík a síra. Stopové prvky (mikroprvky) mléka jsou železo, mangan, zinek, selen, jód, kobalt, molybden, chrom, fluor a měď (NRC, 2001).

Obsah minerálních látek závisí na druhu savce, jejich obsahu v krmné dávce (jód, selen, fluor, měď), ročním období, stádiu laktace a onemocnění dojnice (Urban, 1997). Mléko bohatší na popeloviny (například ovčí) obsahuje více minerálních látek než mléko kravské, mléko ženské obsahuje minerálních látek méně. Mlezivo má více minerálních látek než mléko zralé. Zastoupení makroprvků a mikroprvků se mění v průběhu laktace (ke konci laktace vysoký obsah vápníku a fosforu). Při onemocnění dojnice klesá obsah vápníku, hořčíku, a fosforu a naopak se zvyšuje obsah sodíku a chloru, zároveň se mění technologické vlastnosti mléka (Gajdůšek, 2003).

2.1.1.6 Vitamíny

V mléce se vyskytují vitamíny rozpustné v tucích (vitamín A, E, D, K) i vitamíny rozpustné ve vodě (vitamíny B, C). Obsah vitamínů rozpustných v tucích koreluje s obsahem mléčného tuku. Při termickém zpracování mléka se jejich obsah snižuje (Jelínek a Koudela, 2003; Janštová a Navrátilová, 2014).

Vliv na obsah vitamínů v mléce má stádium laktace (vitaminy B₁, B₁₂ - v kolostru vyšší koncentrace než ve zralém mléce), roční doba (kyselina listová, vitamín D, vitamín E – vyšší koncentrace v létě), aktivita bachorové mikroflóry (syntéza vitamínu K a vitamínu B₁₂), plemeno (vitamín C), složení krmné dávky (vitamín A, vitamín E - zelené krmivo) (Gajdůšek, 2003).

2.2 Syrovátka

Mléčná syrovátka je tekutina, která vznikne po sražení mléka při pH 4,6 (Šustrová a Sýkora, 2013). Syrovátka se způsobem výroby rozděluje na sladkou a kyselou (Lukášová, 2001; Navrátilová a kol., 2012). Sladká syrovátka vzniká při srážení bílkovin pomocí enzymového syřidla získaného ze žaludků mladých telat (pH 5-6; výroba sýrů). Kyselá syrovátka vzniká při výrobě tvarohu či jogurtů (pH nižší než 5,1 – hodnoty kolem izoelektrického bodu 4,6). Kyselost syrovátky se zvyšuje, pokud v syrovátce probíhají mikrobiální procesy, a to například zkvašování laktózy na kyselinu mléčnou během skladování nebo působením mikroorganismů využívaných v mlékárenství (Samková, 2012).

2.2.1 Složení syrovátky

Syrovátka obsahuje asi 50% sušiny mléka, největší podíl sušiny je tvořen laktózou (70-80% sušiny) a bílkovinami (10% sušiny). Bílkoviny obsažené v syrovátce jsou tvořeny převážně syrovátkovými bílkovinami (přibližně 94,5%), zbylých 5,5% tvoří kasein (Suková, 2006). Obsah bílkovin závisí na podmínkách výrobního procesu, zejména na tepelném ošetření mléka (Kadlec, 2002). Syrovátka obsahuje nepatrné množství tuku (0,1-0,5 %), je důležitým zdrojem vitamínů (například vitamín A, C a B₂, způsobující žlutozelené zbarvení) a minerálních látek (hořčík, vápník, sodík) (Lukášová, 2001). Obsah vybraných minerálních látek a stopových prvků je uveden v tabulce č. 3 (viz níže).

Vlivem rozdílného srážení vznikají rozdíly ve složení kyselé a sladké syrovátky. Kyselá syrovátka vznikající při výrobě tvarohu obsahuje více popelovin,

především vápníku. Při výrobě sýra se totiž část vápníku váže na kasein a přechází do sýra. Obsah laktózy je v kyselé syrovátce menší, protože se přeměňuje na kyselinu mléčnou (Suková, 2006; Kadlec, 2002). Sladká syrovátka obsahuje sladký kaseinomakropeptid (CMP) odštěpený syřidlem (Kadlec, 2002).

Tab. č. 2: Složení sladké a kyselé syrovátky

Složka (%)	Sladká syrovátka	Kyselé syrovátka
Voda	93,0 – 94,0	94,0 – 95,0
Sušina	5,0 – 7,0	5,0 – 7,0
Mléčný cukr	4,5 – 5,0	3,8 - 4,2
Tuk	0,5	0,1
Bílkoviny	0,8 – 1,0	0,8 – 1,0
Kyselina mléčná	Stopy	Až 0,8
Popeloviny	0,5 - 0,7	0,7 - 0,8
pH	6,45	4,8 - 5,0

Zdroj: Lukášová (2001)

Tab. č. 3: Obsah minerálních látek a stopových prvků v mléčné syrovátce

	Draslík	Železo	Vápník	Sodík	Hořčík	Jód	Měď	Kobalt	Zinek
Obsah (mg/100g)	130-147	97	38-60	42-45	8-10	8,6	1,0	0,8	0,3

Zdroj: Suková (2006)

2.2.2 Využití syrovátky

Mléčná syrovátka se využívá jako krmivo, k výživě lidí nebo pro technické účely. Ke zkrmování se používá syrovátka v tekutém stavu. Zkrmuje se zejména prasatům a skotu. Syrovátka se zahušťuje na 1/8 až 1/10, takže vznikne sirup s obsahem 45-60 % sušiny. Užívá se při přípravě siláže (Lukášová, 2001).

Pro průmyslové účely se vyrábí sušená syrovátka nebo se získávají jednotlivé složky ze syrovátky, například laktóza. Vyrábí se ze sladké syrovátky. Laktóza se využívá jako chemikálie, pro přípravu léčiv a výrobu dětské výživy (Lukášová, 2001; Kadlec, 2002).

Množství syrovátky se zvyšuje spolu se zvyšující se výrobou sýrů, ovšem negativem syrovátky je její krátkodobá trvanlivost. Teplá a kol. (2014) prokázala, že s přidáním bylinných silic (anýz vonný, heřmánek modrý šalvěže lékařské) se prodlužuje údržnost syrovátky a možnost jejího uplatnění v potravinářství i například lázeňství se zvyšuje. Zároveň se zlepšují její léčebné a kosmetické účinky.

Mléčná syrovátka pomáhá detoxikovat organismus, reguluje hypertenzi, zvyšuje imunitu a antioxidační aktivitu, má protirakovinné účinky, zlepšuje svalovou funkci, podporuje činnost ledvin, upravuje metabolismus, snižuje cholesterol, zabraňuje zánětům žaludku a střev (Suková, 2006; Miciński a kol., 2013).

2.3 Jód

2.3.1 Jód jako chemický prvek

Jod je velmi vzácný chemický prvek ze skupiny halogenů. Byl objeven roku 1811 francouzským chemikem Barnardem Courtoisem, který jej extrahoval z popela mořských chaluž kyselinou sírovou. Tento jedovatý, leptavý prvek se vyskytuje v podobě černofialových destičkovitých krystalků. Jódové páry mají fialovou barvu a charakteristický dráždivý zápach. Ve vodě se rozpouští velmi slabě, lépe je rozpustný v ethanolu nebo nepolárních rozpouštědlech (Greenwood a Earnshaw, 1993). Jód je důležitý biogenní prvek, jehož přítomnost v potravě je důležitá pro správný vývoj organismu (Flachowsky a kol., 2014).

2.3.2 Výskyt

Jód se v přírodě vyskytuje pouze ve sloučeninách, jako elementární jód se v přírodě nevyskytuje. Obsah jódu v zemské kůře a hydrosféře je $0,46 \text{ mg.kg}^{-1}$. V pořadí výskytu v zemské kůře je na šedesátém místě (Švehla a kol., 2010). Největší zásobárnou jódu jsou oceánské sedimenty (68%) a sedimentární horniny (28%), menší zastoupení má ve vyvřelinách a metamorfovaných horninách (Muramatsu a Yoshida, 2004).

První minerál jódu (jodargyrit) byl nalezen roku 1852. K těžbě jódu se využívají jodičnanové minerály – lautarit $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$ a dietzeit $7 \text{ Ca}(\text{IO}_3)_2 \cdot 8 \text{ CaCrO}_4$ nebo se vyskytuje jako příměs chilského ledku. Nejvíce jódu se těží z vod přírodních slaných jezer a bažin v Japonsku, dále v USA. Naleziště obsahují až 100 ppm (10 mg) (Greenwood a Earnshaw, 1993).

2.3.2.1 Voda

Nejvíce jodidových sloučenin je obsaženo v mořské vodě, a to $50\mu\text{g l}^{-1}$. Obsah mikroelementu v pitné vodě se nejčastěji pohybuje v rozmezí $5\text{-}10\ \mu\text{g l}^{-1}$ (Švehla a kol., 2010; Kroupová a kol. 2000). V horských oblastech (Šumava, Jeseníky) klesá pod $2\ \mu\text{g l}^{-1}$. (Trávníček a Kroupová, 2011a). Studie Švehly a kol. (2010) stanovuje koncentrace jódu v povodí řeky Blanice. Průměrný obsah jódu v odebraných vzorcích byl $2,959 \pm 1,389\ \mu\text{g.l}^{-1}$, pouze 2 vzorky obsahovaly více než $3\ \mu\text{g}$ jódu v litru vody. Koncentrace jódu se v průběhu toku výrazně neměnila.

Šeda a kol. (2012) ve své studii prokázali nárůst obsahu jódu ve 2 oblastech ČR po výbuchu sopky Eyjafjallajökul na Islandu. Koncentrace jódu v dešťové vodě byla $6,68\ \mu\text{g.l}^{-1}$, což je hodnota šestkrát vyšší než normální obsah jódu v dešťové vodě. Přibližně za 14 dní od výbuchu se obsah jódu snížil na normální hodnotu.

2.3.2.2 Půda

Obsah jódu v půdách záleží na geologickém podloží, vzdálenosti od oceánu a exploataci půd. Česká republika se vyskytuje na třech geologicky odlišných podložích – krystalinikum s minimálním obsahem jódu, vulkanické horniny s vyšším obsahem jódu (západní Čechy) a kvartérní sedimenty na jižní Moravě, kde je jód obsažen nejvíce. Ovšem žádný útvar neobsahuje dostatečné množství jódu pro dostatečnou zásobenost organismu. Oblasti s nejnižší koncentrací jódu jsou jižní a jihozápadní Čechy, jihozápadní Morava a Jeseníky (Herzig a kol., 2003).

Vazba jódu v půdách závisí na pH, zastoupení organických částí a na zrnitosti. V hlubších vrstvách půdy a v půdách v horských oblastech je jódu méně. Nejvíce je jód přítomen v rašeliništních půdách (Kroupová a kol., 2000). Vyšší obsah jodových sloučenin je v humusově bohaté černozemi, aluviálních půdách v povodí řek než v písčitých či podzolových půdách (Švehla a kol., 2010). Koncentrace nižší než $4\ \text{mg/kg}$ půdy jsou považovány za deficitní. Průměrný obsah jódu v zeminách na území trvale travních porostů z oblasti Šumavy a Jeseníků ($0,8\text{-}5,20\ \text{mg.kg}^{-1}$) prokazuje nízký obsah jódu na většině území ČR (Trávníček a kol., 2011a). Obsah jódu v půdě ve vnitrozemí se pohybuje v rozmezí $300\text{--}400\ \mu\text{g.l}^{-1}$ (Kroupová a kol., 2000; Trávníček a kol., 2013). Flachowsky a kol. (2014) uvádí koncentraci jódu v půdě v Německu a Rakousku $1\text{-}3\ \text{mg/kg}$.

2.3.2.3 Flora

Jód nejvíce obsažen v hnědých chaluhách rodu *Laminaria* a *Focus* (Greenwood a Earnshaw, 1993). Mořské řasy mohou obsahovat až 4-6 g jódu v 1 kg sušiny krmiva (Suttle, 2010a). Trávníček a kol. (2011a) uvádí nejvyšší obsah jódu mořských řas až 900 mg.kg⁻¹ sušiny.

Druhová příslušnost rostlin výrazně ovlivňuje obsah jódu. Jód se snižuje během vegetace, při sušení a skladování (Kroupová a kol., 2000).

Průměrný obsah jódu v roce 2011 ve vzorcích lučního porostu byl vyšší v lokalitě CHKO Šumava (319,9 ± 160,5 µg I.kg⁻¹ sušiny) než v CHKO Jeseníky (160,0 ± 70,0 µg I.kg⁻¹ sušiny). Více jódu se vyskytovalo v trávách (340,1 ± 177,1 µg I.kg⁻¹ sušiny) než v bylinách (200,3 ± 76,6 µg I.kg⁻¹ sušiny). Nejvíce jódu bylo obsaženo u trav v červnu (504,3 ± 38,6 µg.kg⁻¹ sušiny), nejméně v září (175,9 ± 85,7 µg I.kg⁻¹ sušiny) Nejvíce jódu u bylin bylo obsaženo také v červnu (262,5 ± 21,6 µg I.kg⁻¹ sušiny), nejméně v září (138,1 ± µg I.kg⁻¹ sušiny). K významnějšímu přestupu jódu do rostlin dochází až při obsahu v půdě minimálně 6 mg I.kg⁻¹, tedy studie zdůrazňuje nutnost suplementace jódu v krmivech dojníc (Trávníček a kol., 2013).

2.3.3 Fyziologický význam jódu

Jód se vyskytuje v těle v různých koncentracích – nejvíce je obsažen ve štítné žláze (80%), svalovině (10-15%), dále ve skeletu, kůži či ostatních orgánech. V krvi se jód vyskytuje ve velmi malé koncentraci, buď v anorganické formě (jodid) nebo jako součást hormonů thyroxin a trijodthyronin. Koncentrace jódu v těle činí 50 - 200 µg/kg živé hmotnosti (Flachowsky, 2007). S přibývajícím věkem se jeho koncentrace v těle snižuje (Jelínek a Koudela, 2003). Potřeba jódu je dána stavem zvířete (zvyšuje se při graviditě, laktaci), ročním obdobím nebo plemenem (NRC, 2001).

Přítomnost jódu je nejdůležitější pro tvorbu hormonů štítné žlázy (tyreoidální hormony: trijodthyronin T₃ a tetrajodthyronin - thyroxin T₄), regulující genovou expresi, diferenciaci tkání a celkový vývoj organismu (Flachowsky, 2007).

Anorganické sloučeniny jódu (jodidy) jsou zachycovány folikulárními buňkami ve štítné žláze. Ke vzniku hormonů dochází na proteinu tyreoglobulinu, který je tvořen z 8-10 % sacharidy a 0,2-1% jodidem (hodnota závisí na přítomnosti jódu v potravě). Tyreoglobulin se skládá ze dvou podjednotek – inaktivní prekurzory (obsahující asi 70% jodidu) monoiodthyrosin (MIT) a diiodthyrosin (DIT) a aktivní

prekurzory (váží 30% jodidu) jodthyronylové zbytky, které vznikají při zpětném uvolnění části tyroxinu a trijodtyroninu do krevní plazmy (Murray, 2002; Trávníček, 2011a). Monojodthyrosin a dijodthyrosin jsou následně jodovány volným jódem I_2 nebo volným radikálem I_0 vzniklých při oxidaci jodidu ve štítné žláze (celkem 20% zachyceného jodidu). Po jodaci jsou MIT a DIT kondenzovány na thyroxin T_4 (DIT + DIT) a trijodthyronin T_3 (MIT + DIT), který jsou hromaděny ve folikulech štítné žlázy. Aby došlo k uvolnění T_3 a T_4 hormonů, musí se tyreoglobulin opět dostat do folikulárních buněk, při tom nastává hydrolýza proteinových složek a dochází k uvolnění T_3 a T_4 . Celý proces je stimulován hormonem TSH. Poměr $T_4:T_3$ při dostatečném přívodu jódu je 7:1, při nedostatečném přívodu se poměr snižuje. (Murray, 2002; Suttle, 2010a).

Jód se velmi snadno vstřebává v tenkém střevě, do organismu se dostane i přes kůži či plíce. Úroveň vstřebání jódu je ovlivněna nedostatečnou minerální výživou, přítomností strumigenů (dusičnany, dusitany, glukosinoláty, huminové látky) získaných z pitné vody, krmiva nebo těžkých kovů (Herzig a Suchý, 1996)

Jód je vylučován zejména mlékem, dále ledvinami (močí), slinami, žlučí a žaludečními šťávami (Jelínek a Koudela, 2003; Murray, 2002; NRC, 2001).

2.3.4 Nedostatek a nadbytek jódu

Nedostatek jódu je častější problém než nadbytek, považuje se za celosvětový problém.

Nedostatek jódu u zvířat vyvolává sníženou činnost štítné žlázy, produkci hormonů tyroxinu a trijodtyroninu, které jsou klíčové v nitroděložním a časně postnatálním období – řídí vývoj centrálního nervového systému. Nedostatek způsobuje sníženou reprodukci zvířat, zvýšený výskyt strumy u mláďat, sníženou životnost mláďat a vysoké úhyny (Flachowsky a kol., 2014; Jelínek a Koudela, 2003). Deficit jódu se projeví zvětšenou štítnou žlázou (struma). Zvýšením TSH štítná žláza kompenzuje nedostatek thyreoideálních hormonů T_4 a T_3 (Murray, 2002).

Zvýšený příjem jódu je méně častý problém, stanovení horní hranice příjmu jódu je obtížnější než stanovení minimálního příjmu. Přibližně stanovená maximální hodnota příjmu jódu je $500 \mu\text{g I.I}^{-1}$ na osobu a den (Schöne, 2013). Při zvýšeném příjmu jódu dochází k jeho vylučování močí. Po masivním zatížení jódem dochází k hypertyreóze (tyreotoxikóze), která je způsobena sníženou tvorbou TSH a nadměrnou tvorbou hormonů štítné žlázy. Hypertyreóza je nejčastěji způsobena Gravesovo-Basedowou nemocí postihující nejen lidi, ale i skot, ovce a psi. Projevuje

se zvýšenou nervozitou, nespavostí, ztrátou na váze při zvýšené chuti k jídlu, nadměrným pocením (Murray, 2002).

2.4 Jód v mléce

Jód je minerální látka, která je přítomna v mléce v malém, relativně stálém množství. Řadí se k mikroelementům mléka, jejichž celkový podíl v obsahu solí je 0,1%. K mikroelementům dále patří například železo, měď (oba prvky mají význam pro tvorbu krve), zinek a mangan (složka enzymů), fluor (snižování zubního kazu). Zastoupení jódu v syrovém mléce činí 0,04-0,08 mg/kg, souvisí se zastoupením jódu v krmné dávce (Pešek, 1997).

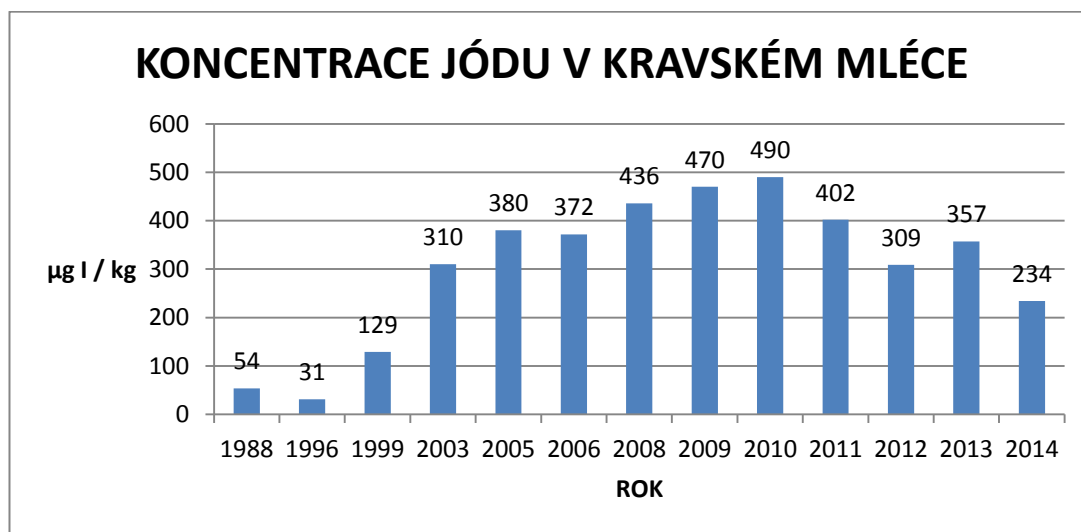
2.4.1 Zastoupení jódu

Koncentrace jódu v mléce závisí především na jeho příjmu v potravě. Při průměrném vychytávání jódu buňkami štítné žlázy (25-30 % požitého jodidu) se denní potřebná dávka pohybuje v rozmezí 150-200 µg (Murray, 2002). Mláďata, gravidní dojnice a dojnice ve fázi vysoké laktace potřebují vyšší dávky. Průměrně 8 - 10% přijatého jodu přechází do mléka (Bobek, 1998).

V ČR v letech 1988 – 1996 byla průměrná koncentrace jódu v kravském mléce 31µg/l. V důsledku častého vzniku tyreopatií způsobených nedostatkem jódu se v těchto letech začalo s plošnou suplementací minerálních látek. Po roce 2000 došlo k vzestupu koncentrace jódu v mléce a v roce 2010 dosáhla průměrné koncentrace 490 µg/l, což upozorňovalo na možná zdravotní rizika v důsledku nadbytečného příjmu jódu. V letech 2011-2012 se začala průměrná hodnota snižovat, v roce 2012 byla průměrná koncentrace jódu 360 µg l.l⁻¹ a medián 267 µg l.l⁻¹ (Kroupová a kol., 2013). Vývoj obsahu jódu v syrovém kravském mléce v České republice v letech 1988 – 2014 je znázorněn v grafu č. 1 (viz níže).

Experimentální studií Kursy a kol. (2005) byla zjištěna průměrný obsah jódu v mléce 310,4 ± 347,0 µg.l⁻¹ u 226 vzorků z různých lokalit ČR. Zjištěná hodnota byla dvaapůlkrát vyšší než hodnota jódu v letech 1997-1999 (před počátkem suplementace). Nedostatečná přítomnost jódu v krmivu byla zjištěna u 4% vzorků (<20 µg/l), u 16,8% byla zjištěna koncentrace okolo 500 µg.l.l⁻¹. Koncentrace jódu byla značně variabilní (< 10 > 1000 µg/l), výsledek studie tedy potvrzoval závislost obsahu jódu v mléce na obsahu jódu v krmivu.

Graf č. 1: Vývoj obsah jódu v syrovém kravském mléce v ČR v letech 1988-2014



Zdroj: Křížová a kol. (2015)

2.4.2 Faktory ovlivňující obsah jódu v mléce

Dojnice přijímají jód především potravou, tudíž hlavním zdrojem jódu je krmivo a minerální krmné směsi, pitná voda, méně z ovzduší a z veterinárních a dezinfekčních prostředků.

2.4.2.1 Výživa

Obsah jódu v objemných krmivech závisí na rostlinném druhu, hnojení, geologických a klimatických podmínkách či typu půdy. Vyšší obsah jódu vykazuje vegetace pěstovaná na jódově bohatších půdách (v povodí řek, naplavené hlíny a písky, půdy intenzivně obdělávané a bohaté na humus) než na půdách s podložím žuly (Trávníček a kol., 2011a).

Současné normy potřeby živin uplatňované v ČR doporučují pro dojnice 0,8 mg jódu na kg sušiny krmiva, případně 0,6 mg na kg nadojeného mléka (Kroupová a kol., 2013). National Research Council (NRC) (2001) doporučuje 0,4-0,5 mgI.kg⁻¹ sušiny krmné dávky.

Z pozorování v letech 1999-2001 vyplývá, že nejvyšším obsahem jódu se vyznačuje siláž z lučních porostů ($213,3 \pm 169,3 \mu\text{g I.kg}^{-1}$ sušiny), nejnižší kukuřičná siláž ($110,0 \pm 97,2 \mu\text{g I /kg}^{-1}$ sušiny) a seno ($112,1 \pm \mu\text{g I.kg}^{-1}$ sušiny). Pastevní porost obsahoval v průměru $148,9 \pm 105,1 \mu\text{g I.kg}^{-1}$ sušiny) (Trávníček a kol., 2013).

Dosažené hodnoty obsahu jódu z píce či pitné vody nedostačují k pokrytí potřeby jódu pro organismus, tudíž je nezbytná jeho suplementace. Toto tvrzení potvrzuje i studie Trávníčka a Kroupové (2009), kde uvádějí, že při příjmu jódu pouze z objemných krmiv a krmných směsí bez suplementace jódu nepřesahovala koncentrace jódu v mléce $50 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ a často klesala pod $20 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$.

Doplňování jódu je zaměřeno na prevenci jeho deficitu a metabolickým poruchám telat. V krmivech je jód suplementován přídatkem jodidu sodného, jodidu draselného (NaI , KI) nebo jodičnanu vápenatého ($\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$). Maximální přípustný obsah jódu v kompletní krmné dávce byl snížen z $10 \text{ mg I}\cdot\text{kg}^{-1}$ na $5 \text{ mg I}\cdot\text{kg}^{-1}$ s obsahem vlhkosti 12% (ES 1459/2005; Niedobová, 2013). V současnosti se nejčastěji pro dojnice využívá jodičnan vápenatý. V současné době jsou u hospodářských zvířat testovány i organické formy jódu, například etylendiamindihydrojodid (EDDI), jodované nenasycené mastné kyseliny, mořské či sladkovodní řasy (Trávníček a kol., 2011a; NRC, 2001).

Na základě studie Schöneho (2013), který testoval koncentraci jódu v mléce pěti dojnic holštýnského plemene v závislosti na sníženém ($0,2$ a $1,3 \text{ mg I}\cdot\text{kg}^{-1}$), zvýšeném ($10 \text{ mg I}\cdot\text{kg}^{-1}$) a normovaném ($5 \text{ mg I}\cdot\text{kg}^{-1}$) obsahu jódu v krmivu. U dojnic byl krátkodobý deficit jódu v mléce nahrazován jódem ze zásob štítné žlázy, při dlouhodobém deficitu byla koncentrace jódu $<20 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Při koncentraci jódu 5 mg/kg byla hodnota jódu v mléce tak vysoká, že při příjmu $0,5 \text{ l}$ mléka na osobu a den (tj. 2 sklenice mléka) byla koncentrace jódu $600\text{-}1400 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, což je více než doporučená maximální hodnota příjmu ($500 \mu\text{g I /osoba/den}$). Studie dokázala, že by měla být maximální hodnota obsaženého jódu v krmné dávce snížena z $5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ na $2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ při obsahu vlhkosti v krmivu 12%. Stejně doporučení snížení maximální hodnoty jódu uvádí i Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA, 2013).

Tab. č. 4: Povolený obsah jódu v ČR a dalších zemích v krmivu dojnic (mgI.kg^{-1}) a doporučená denní dávka pro člověka ($\mu\text{g I.l}^{-1}$)

Stát	Krmivo (mgI.kg^{-1})	Doporučená denní dávka pro člověka ($\mu\text{g I.l}^{-1}$)	Autor
EU	Max 5	150-200	Trávníček (2011a,b)
ČR	0,6 - 0,8	150-200	Kroupová a kol., (2013)
Německo	0,8 - 1,4	100 – 350	Schöne (2013)
Norsko	2,0	150	Dahl a kol. (2003)
USA	1,0	150-299	Flachowsky a kol., (2014), Miller (2006)

2.4.2.2 Strumigenní látky

Strumigenní látky patří mezi antinutriční látky, podílející se na onemocněních vzniklých z nedostatku jódu. Vyskytují se v brukvovité zelenině, kapustě, hořčici a luštěninách (thiokyanáty a thinyI.thioxolidon) nebo pitné vodě (humínové kyseliny). Nejvíce jsou zastoupeny v řepce, která se používá jako zdroj bílkovin v krmivu (Flachowsky a kol., 2014; Kroupová a kol., 2000). Zahrnutím řepky do krmiva se sníží koncentrace jódu v mléce v rozmezí od 50 – 66,7 % (Schöne, 2013).

Při zkrmování většího množství řepkové směsi byl prokázán snížený příjem krmiva, retardace růstu, klinická hypotyreóza a narušení metabolismu zinku, zvýšená akumulace mědi v játrech a zvýšení hladiny vitamínu A. Funkce štítné žlázy může být narušena při koncentraci strumigenů vyšší než $0,7 \text{ mmol.kg}^{-1}$ krmiva. Antithyreoidní působení glukosinolátů se snižuje suplementací jódu nebo ošetřením řepkových pokrutin roztokem síranu měďnatého. Podobnou funkci mají antropogenní strumigeny (dusičnany, jodičnany, sulfoamidy, antibiotika, chloristany), zejména jednomocné anionty jsou vychytávány spolu s jodidem ve štítné žláze (Herzig a Suchý, 1996).

Hejtmánková a kol. (2006) ve své studii prokazují, že obsah jódu v mléce dojnic, jejichž krmivo bylo obohaceno o řepkové pokrutiny, je prokazatelně nižší v porovnání s obsahem jódu v mléce dojnic bez příjmu řepkových pokrutin. Dále

prokázali, že dojnice krmené kukuřičnou siláží a senáží bez přídavku řepkových pokrutin měly vyšší obsah jódu v mléce než dojnice, které byly v létě paseny.

2.4.2.3 Obsah selenu

Selen je významným stopovým prvkem pro regulaci poměru hormonů tyroxinu a trijodthyroninu a periferní produkci T_3 z rozpadu T_4 (Moschini a kol., 2009). Dále ovlivňuje v a metabolismus jódu jako součást enzymů dejodáz (Kvíčala, 2003). Trávníček a kol. (2007) zaznamenal v experimentech u ovcí vyšší využití jódu v organismu a jeho zvýšené vylučování mlékem u ovcí s vyšším příjmem selenu. Nedostatek selenu negativně ovlivňuje reprodukci, vývoj plodu a kojence, může ovlivnit ranou fázi rakoviny, virových a bakteriálních onemocnění (Kvíčala, 2003).

Selen je vzácný chemický prvek, řadí se mezi chalkogeny. Byl objeven roku 1817 Jönsem Jacobem Berzeliem. Elementární selen se vyskytuje v šedé nebo tmavě červené krystalické formě. Je nerozpustný ve vodě. V organismu se vyskytuje jako mikroelement. Ve vyšších koncentracích je jedovatý, karcinogenní a mutagenní (Kvíčala, 2003).

Doporučená denní dávka selenu v krmivu dojnic je 0,35 – 0,40 mg / kg (NRC, 2001). Očekávaný obsah selenu v mléce je 11,6 $\mu\text{g Se} / \text{l mléka}$, skutečný obsah selenu v kravském mléce se pohybuje mezi 5 a 56 $\mu\text{g Se} / \text{l mléka}$ (Moschini a kol., 2009). Průměrný obsah selenu v bazénových vzorcích mléka chovů v ČR byl v roce 2006 $13,6 \pm 3,4 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$. Nízká hodnota souvisí s nedostatkem selenu v České republice a poukazuje na nutnost suplementace selenu v krmivu (Trávníček a kol., 2006b). Do krmiva je přidáván jako anorganická látka (selan, seleničitan sodný), nebo v organické formě (selenomethionin, kvasnice) (Suttle, 2010b). Testují se i jiné organické formy, například sladkovodní řasy obohacené selenem (Trávníček a kol., 2007). Nejvíce je obsažen v obilninách pěstovaných na půdách bohatých na selen či mořských plodech. Selen obsažený v mléce pokrývá pouze 10,9 – 14,8 % z celkové doporučené dávky selenu pro dospělého člověka v ČR (Trávníček a kol., 2006b).

Weiss a Hogan (2005) porovnávali obsah selenu v mléce přijatého z organické a anorganické formy. Koncentrace selenu v mlezivu a v mléce byla asi 1,8 krát vyšší u krav krmených organickou formou (kvasnice) než anorganickou formou přídavku (selenan).

2.4.2.4 Roční období

Dahl a kol. (2003) uvádí, že koncentrace jódu v mléce v Norsku během léta je prokazatelně nižší než koncentrace jódu v mléce v zimě (léto: $60 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, zima: $127 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$). Hejtmánková a kol. (2006) naměřili také vyšší hodnoty jódu v mléce v zimním období (říjen - březen, $251 \pm 110 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) než v letním období (duben - září, $212 \pm 104 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$). Vyšší obsah jódu v mléce v období zimních krmných dávek (duben 495.9 ± 50.8 a říjen $494.3 \pm 176.4 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) než v období letních krmných dávek (září $350.9 \pm 178.4 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) uvádí rovněž Trávníček a kol. (2006a). Rozdílnost vysvětluje odlišným typem stravy dojníc během roku (pastva vs. suplementovaná krmiva – v zrninách a zelené hmotě je obsah jódu nižší než v seně a silážovaných krmivech), sníženou produkcí mléka v zimních měsících nebo nesprávným používáním dezinfekčních prostředků (Dahl a kol., 2003; Hejtmánková a kol., 2006).

2.4.2.5 druh a původ mléka

Kavřík a kol. (2013) zjistil, že se koncentrace jódu liší i v různých typech mléka (tuzemské, biomléko či zahraniční kravské mléko). V tabulce č. 5 je srovnání průměrného obsahu jódu. Hodnota jódu v biomléce a tuzemském mléce byla stejná. Biomléko dosahovalo dvojnásobného rozptylu hodnot. Pokud spotřebitel preferuje tato mléka, může dojít k nadměrnému zatěžování štítné žlázy (nedostatečný nebo nadměrný příjem jódu). Průměrný obsah jódu v mléce zahraničním byl výrazně nižší.

Forma zemědělství také ovlivňuje obsah jódu v mléce. Jsou známy rozdíly v obsahu jódu v mléce z ekologického a konvenčního chovu. Nižší hodnoty obsahu jódu v mléce z ekologického chovu jsou způsobeny rozdílným postupem krmení či větší možností volné pastvy, sníženým použitím minerálních směsí obsahující jód a omezené používání desinfekce (Flachowsky a kol., 2014).

Trávníček a kol. (2011b) porovnávali obsahy jódu v bazénových vzorcích mléka z ekologických a konvenčních chovů. V mléce z ekologických chovů se v letech 2007 - 2008 obsah jódu pohyboval v rozmezí $150\text{-}200 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ mléka, v konvenčních chovech v roce 2010 převyšoval průměrný obsah jódu $400 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Payling a kol. (2015) také zjistili rozdíl v obsahu jódu v mléce v zimním období vlivem ekologického a konvenčního chovu. Mléko z ekologického chovu obsahovalo o 32,2 % méně jódu než mléko z chovu konvenčního (404 vs. $595 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$).

Tab. č. 5: Variabilita obsahu jódu v kravském, kozím a ovčím mléce a v mléce podle původu

Typ mléka	Průměrná hodnota obsahu jódu ($\mu\text{g}\cdot\text{litr}^{-1}$)	Autor
Kravské biomléko ČR	253,0	Kavřík a kol.(2013)
Kravské biomléko ČR	150,0 – 200,0	Trávníček a kol. (2011a)
Kravské mléko konvenční ČR	303,0	Kavřík a kol.(2013)
Kravské mléko konvenční ČR	+400,0	Trávníček a kol. (2011a)
Zahraniční mléko	133,0	Kavřík a kol.(2013)
Slovensko	240,0	Ryšavá a kol. (2007)
Anglie	325,0	Ryšavá a kol. (2007)
Francie	207,0	Ryšavá a kol. (2007)
Německo	122,0	Hampel a kol. (2009)
Německo	130,0	Ryšavá a kol. (2007)
Polsko	124,0	Brzóska a kol. (2009)
Polsko	90,0	Ryšavá a kol. (2007)
Rakousko	74,0	Ryšavá a kol. (2007)
Švýcarsko	90,0	Ryšavá a kol. (2007)
Finsko	170,0	Flachowsky a kol (2014)
Kozí	458,7	Roženská a kol. (2013)
Ovčí	105,5	Trávníček a Kursa (2001)

2.4.2.6 dezinfekční prostředky

Zdrojem jódu mohou být i veterinární a desinfekční prostředky užívané k dezinfekci struků mléčné žlázy před i po dojení (Trávníček a kol., 2011A). Falkenberg a kol. (2002) potvrdili, že se obsah jódu v mléce zvýšil při použití desinfekce před dojením. Flachowsky (2007) dokázal, že u krav, jejichž struky byly ponořovány do desinfekce obsahující jód po dojení, došlo k nárůstu koncentrace jódu v mléce (0,6 gramu jódu v litru desinfekce zvyšuje obsah jódu v mléce o 50-60 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)

mléka). Studie Čurdy a Rudolfové (2000) vliv desinfekce s obsahem jódu na obsah jódu v mléce popírá. Po použití desinfekce Betadine po dojení nedošlo ke zvýšení obsahu jódu v mléce. Obsah jódu v mléce se zvýšil až po použití stejného desinfekčního prostředku k výplachu dělohy.

Z důvodu zvyšování obsahu jódu v mléce v důsledku užívání jódových desinfekcí je v některých zemích jejich užití omezeno a jsou nahrazovány jinými (např.: chlorhexidin, glycerin, panthenol) (Flachowsky a kol., 2014).

3. Cíl práce

Cílem práce je zhodnocení vlivu průběhu laktace a její úrovně na obsah jodu v mléce a v mléčné syrovátce. U vybrané skupiny dojnic jsme v průběhu laktace v souvislosti s kontrolou užitečnosti odebírali vzorky mléka na stanovení jódu. Jód byl analyzován v mléce a v syrovátce získané po kyselém srážení mléka. Vlastní stanovení jódu bylo provedeno spektrometricky po alkalickém spalování vzorku.

4. Materiál a metodika

4.1 Odběr vzorků, popis pracoviště

Individuální vzorky byly získány od dojnic z chovu Haklovy Dvory. Mléko bylo odebíráno jednou měsíčně při kontrole užitkovosti od 12 dojnic a to od září 2014 do listopadu 2014. Vzorky byly před analyzováním zmrazeny a uchovány.

První odběr mléka byl od dojnic zařazených do pokusu odebrán v období od 12 - 86 dní po porodu, poslední odběr v období od 102 - 176 dní po porodu. Dojnice byly během pokusu ve vzestupné fázi laktace a v jejím vrcholu. Celkem bylo od vybraných krav odebráno 44 vzorků mléka ve čtyřech měsíčních intervalech.

Středisko Haklovy Dvory

Středisko se nachází v blízkosti města Českých Budějovic. Svou činnost provozuje na necelých 800 hektarech zemědělské půdy, z toho přibližně 600 hektarů tvoří orná půda a zbylých 200 hektarů trvalé travní porosty (100 ha pastviny a 100 ha louky). Z luk získávají objemná krmiva pro vlastní potřebu (v roce 2014: 1700 t kukuřičné siláže, 700 t travní senáže, 110 t sena, 300 t slámy – stelivo, krmivo). Z rostlinné produkce se středisko zaměřuje na pěstování řepky ozimé a pšenice ozimé. Na statku Haklovy Dvory se věnují i živočišné produkci. Chovají zde celkem 183 ks hovězího dobytka na masnou i mléčnou produkci, z toho 85 dojnic na mléčnou produkci. Převažující plemeno je plemeno holštýnské (80%), český strakatý skot je zastoupen z 20%. Průměrná užitkovost stáda za laktaci byla v roce 2014 8000 litrů mléka. Denní produkce mléka 85 dojnic byla v roce 2014 1300 litrů. Dojí se dvakrát za den, v 5:30 a 16:30 hodin. Navíc zde chovají české červinky jako krávy bez tržní produkce mléka, celkem 30 ks.

Stáj je rozdělena centrální chodbou. Ustájení krav je volné, kapacita cca 140 míst, lehací boxy jsou stlané slámou. Jalovice jsou pastevně odchovány. Krmivo se zakládá dvakrát denně, podávané míchacím krmným vozem. Využití hnoje se provádí dvakrát denně.

Krmná dávka pro dojené krávy je tvořena 25 kg kukuřičné siláže, 15 kg travní senáže, 0,5 kg krmné slámy, 8 kg DOVP (doplňková směs pro dojnice – minerální výživa MIKROP Čebín). Denní příjem sušiny krmiva činí zhruba 20 kg.

Dojírna je rybinová (za sebou jdoucí), 2x 6 míst s lidskou obsluhou.

Tab. 6: krmná dávka dojníc a stanovení obsahu jódu

Krmivo	Množství [kg]	Sušina krmiva [%]	Sušina krmiva [kg]	Koncentrace jódu v sušině [mg I.kg ⁻¹]	Koncentrace jódu v krmivu [mg I.kg ⁻¹]
Kukuřičná siláž	25,0	24,0	6,0	0,08	0,48
Travní senáž	15,0	35,0	5,25	0,09	0,47
Krmná sláma ječná	0,5	85,0	0,43	0,42	0,17
DOVP	8,0	88,0	7,04	3,30	23,23
Sušina krmné dávky v kg			18,72	x	x
Obsah jódu v 1 kg sušiny krmné dávky			x	1,30	x
Obsah jódu v krmné dávce celkem			x	x	24,35

4.2 Stanovení jódu

Stanovení obsahu jódu v mléce jsme prováděli spektrometrickou metodou po alkalickém spalování podle Sandell-Kolthoffa modifikovanou Bednářem a kol. (1964). Tato metoda je založena na katalytické redukci žlutého Ce^{4+} na bezbarvý Ce^{3+} v prostředí kyseliny sírové za účasti As^{3+} . Katalyzátorem je jodid, bez něho by reakce probíhala velmi pomalu. Metodou se stanovuje celkový jód (anorganický i vázaný na bílkoviny). Mineralizací vzorku spalováním v alkalickém prostředí při 600°C se rozkládají organické sloučeniny jódu, které by jinak nereagovaly (Trávníček a kol., 2011a, Flachowsky a kol., 2014).

5. Výsledky

5.1 Obsah jódu v mléce

Nejvyšší průměrný obsah jódu v mléce 216,56 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ byl zjištěn koncem listopadu 2014, nejnižší průměrný obsah 169,63 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ v srpnu. Největší variabilitu vykazoval obsah jódu v mléce v srpnu ($V\% = 41,5\%$), nejnižší koncem listopadu ($V\% = 31,7\%$). Maximální individuální obsah jódu 324 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ byl zjištěn na začátku listopadu, nejnižší individuální obsah jódu 80 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ byl v srpnu 2014. Rozdíly mezi průměrnými obsahy jódu v mléce jednotlivých odběrů nejsou statisticky významné. Počet vzorků se snižoval z důvodu onemocnění nebo vyřazení dojnic.

Tab. 7: Průměrný obsah jódu v mléce v období srpen-listopad 2014 ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)

Datum	Počet vzorků	Průměr	Směrodatná odchylka	Variační koeficient (V%)	Medián	Max	Min
29.8. 2014	12	169,63	70,39	41,5	168,5	302	80
26.9. 2014	12	202,25	65,08	32,5	181	295	110
5.11. 2014	11	183,91	65,31	35,5	180	324	113
27.11. 2014	9	216,56	68,67	31,7	210	320	102

V tabulce č. 8 jsou uvedeny průměrné obsahy jódu v mléce jednotlivých dojnic za celé období sledování srpen – listopad 2014. Obsah jódu převyšující 200 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ byl zjištěn u 5 dojnic (41,7 %). U žádné ze sledovaných krav neklesl obsah jódu v mléce pod hodnotu 80 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, která odráží nízkou saturaci jódem. Rozdíly v obsahu jódu v jednotlivých odběrech nepřevyšovaly 55,6 %.

Tab. č. 8: Průměrný obsah jódu v mléce jednotlivých dojnic za sledované období srpen-listopad 2014 ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)

Pořadové číslo dojnice	Počet vzorků	Průměrný obsah jódu v mléce	Směrodatná odchylka (sx)	Variační koeficient (V%)	Medián	Min	Max
1	4	238,0	69,6	29,3	228,0	172,0	324
2	4	154,2	55,1	35,7	137,5	102,0	240
3	4	239,2	56,2	23,5	232,5	172,0	320
4	4	150,8	31,3	20,8	151,0	111,0	190
5	4	183,5	41,6	22,7	200,5	113,0	220
6	4	216,2	38,3	17,7	202,5	180,0	280
7	4	172,8	27,3	15,8	158,0	155,0	220
8	4	181,1	93,7	51,8	162,0	80,5	320
9	3	166,7	92,6	55,6	125,0	80,0	295
10	3	126,7	31,5	24,9	114,0	96,0	170
11	4	234,2	27,8	11,9	221,5	212,0	282
12	2	237,0	65,0	27,4	237,0	172,0	302

5.2 Obsah jódu v syrovátce

Nejvyšší průměrný obsah jódu v syrovátce 168,2 $\mu\text{g.l}^{-1}$ byl zjištěn koncem listopadu, nejnižší průměrný obsah jódu v syrovátce 131,5 $\mu\text{g.l}^{-1}$ byl zjištěn 5. listopadu (tab. č. 7 a č. 9). Největší variabilitu vykazoval obsah jódu v syrovátce koncem listopadu ($V\% = 46,2\%$) nejnižší v na začátku listopadu ($V\% = 34,9\%$). Maximální individuální obsah jódu 339 $\mu\text{g.l}^{-1}$ byl zjištěn koncem listopadu, nejnižší 12 $\mu\text{g.l}^{-1}$ v září 2014. Při porovnání hodnot variačních koeficientů obsahu jódu v mléce a v syrovátce vyplývá, že variabilita obsahu jódu v syrovátce byla větší než v mléce (tab. č. 7 a č. 9). Rozdíly mezi průměrnými obsahy jódu v syrovátce jednotlivých odběrů nejsou statisticky významné. Počet dojnic klesal z důvodu onemocnění nebo jejich vyřazením. Stanovení jódu v syrovátce z mléka odebraného 29. 8. 2014 se z provozních důvodů neprovádělo.

Mezi průměrným obsahem jódu v mléce a průměrným obsahem jódu v mléčné syrovátce byl ve všech 3 odběrech statisticky významný rozdíl ($p < 0,01$).

Tab. č. 9: Průměrný obsah jódu v syrovátce v období září-listopad 2014 ($\mu\text{g.l}^{-1}$)

Datum	Počet vzorků	Průměr	Směrodatná odchylka	Variační koeficient (V%)	Medián	Max	Min
26.9. 2014	12	140,5	55,3	39,3	147	202	12
5.11. 2014	11	131,5	45,9	34,9	120	240	90
27.11. 2014	9	168,2	77,8	46,2	160	339	58

V tabulce č. 10 jsou uvedeny průměrné obsahy jódu v syrovátce jednotlivých dojnic za celé období sledování. Průměrný obsah jódu v syrovátce převyšující 200 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ byl zjištěn u 1 dojnice (8,3 %). U žádné ze sledovaných krav neklesl průměrný obsah jódu v syrovátce pod hodnotu 80 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Rozdíly v obsahu jódu v jednotlivých odběrech nepřevyšovaly 60,8 %. Dojnice s pořadovým číslem 12 byla z této analýzy vyřazena z důvodu nedostatečného množství vzorků pro stanovení obsahu jódu v mléčné syrovátce.

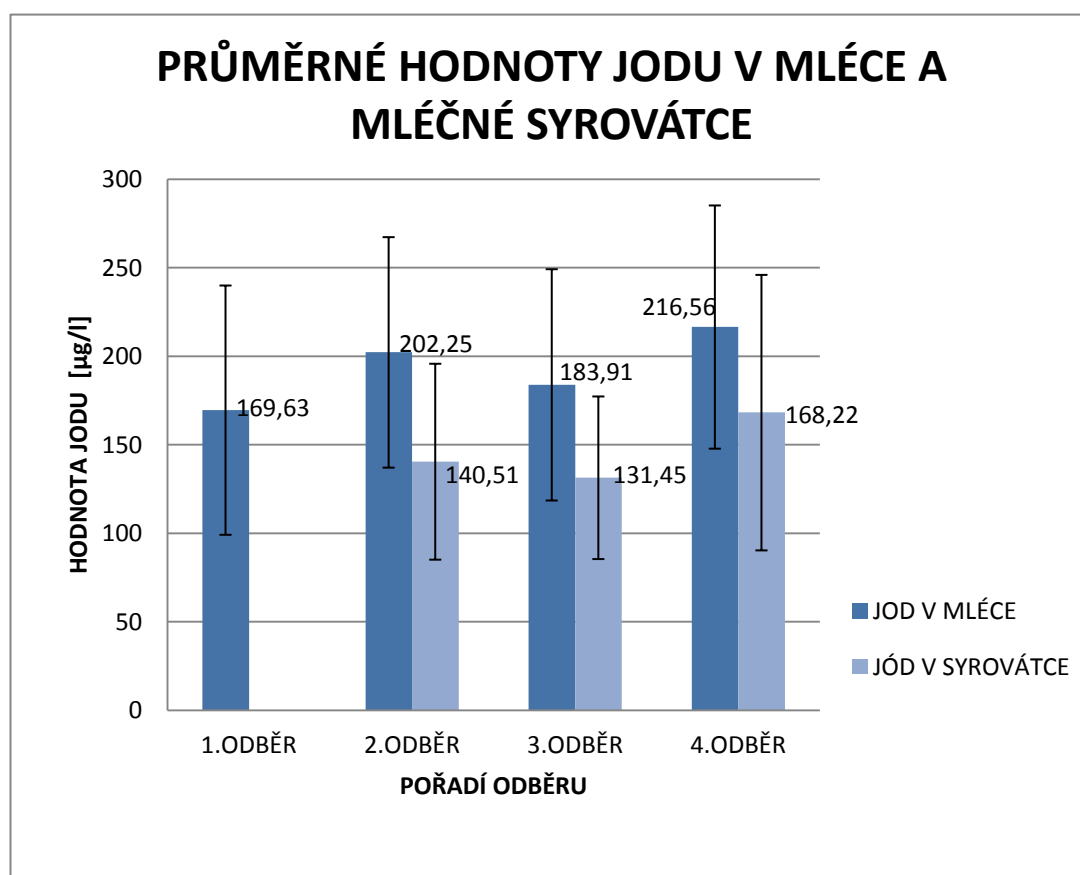
Tab. č. 10: Průměrný obsah jódu v syrovátce jednotlivých dojnic za sledované období srpen-listopad 2014 ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)

Pořadové číslo dojnice	Počet vzorků	Průměrný obsah jódu v syrovátce	Směrodatná odchylka	Variační koeficient (V%)	Medián	Min	Max
1	3	194,0	50,5	26,0	202	140	240
2	3	106,0	57,7	54,4	90	58	170
3	3	201,3	122,4	60,8	160	105	339
4	3	122,0	15,7	12,9	125	105	136
5	3	131,7	42,5	32,3	130	90	175
6	3	170,0	30,0	17,6	170	140	200
7	3	127,7	32,5	25,5	128	95	160
8	3	167,3	51,4	30,7	160	120	222
9	2	148,0	73,5	49,7	148	96	200
10	2	105,0	21,2	20,2	105	90	120
11	3	156,0	15,1	09,8	158	140	170

5.3 Porovnání obsahu jódu v syrovátce a obsahu jódu v mléce

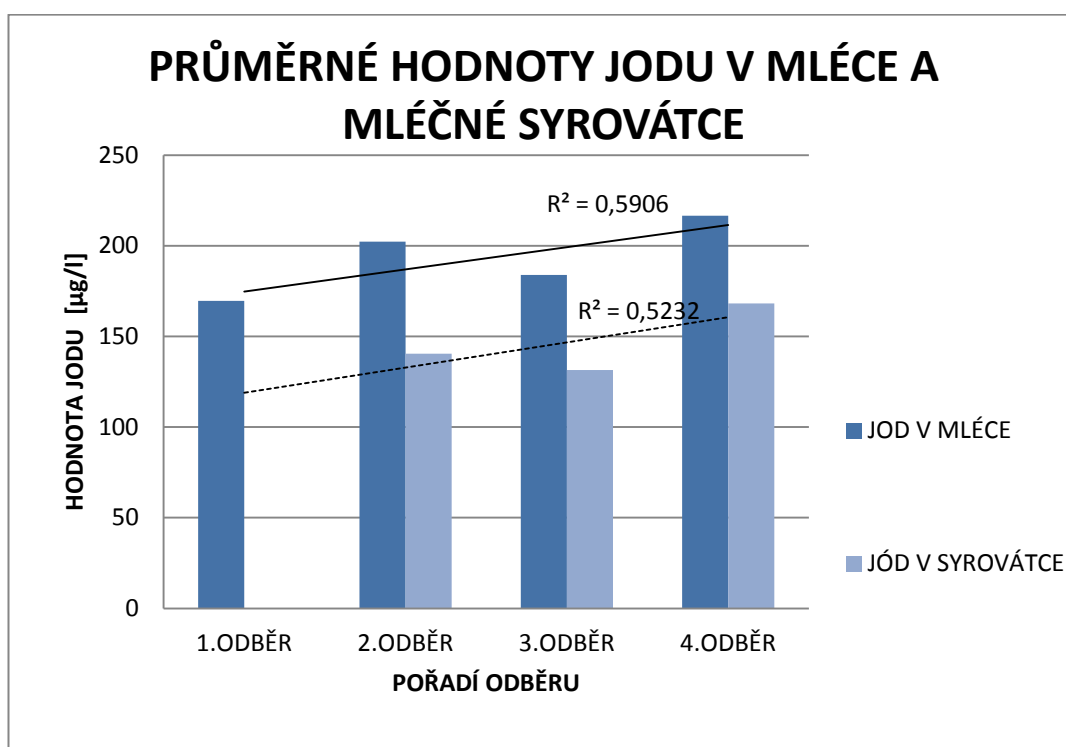
Graf č. 2 znázorňuje vývoj průměrného obsahu jódu v mléce a syrovátce v období srpen – listopad 2014. Z grafu je zřetelné, že průměrný obsah jódu v syrovátce kopíruje jeho obsah v mléce. Nejvyššímu průměrnému obsahu jódu v mléce $216,56 \pm 68,67 \mu\text{g.l}^{-1}$ (4. odběr) odpovídá i nejvyšší průměrný obsah jódu v syrovátce $168,22 \pm 77,8 \mu\text{g.l}^{-1}$. Nejnižší průměrný obsah jódu v syrovátce $131,45 \pm 45,9 \mu\text{g.l}^{-1}$ (3. odběr) rovněž odpovídá nižšímu průměrnému obsahu jódu v mléce $183,91 \pm 70,39 \mu\text{g.l}^{-1}$ (3. odběr). Množství vzorku pro zjištění obsahu jódu v syrovátce bylo v srpnu nedostačující, tudíž nelze obsahy jódu v mléce a v syrovátce porovnat.

Graf č. 2: Průměrné hodnoty jódu v mléce a mléčné syrovátce v období září – listopad 2014 ($\mu\text{g.l}^{-1}$)



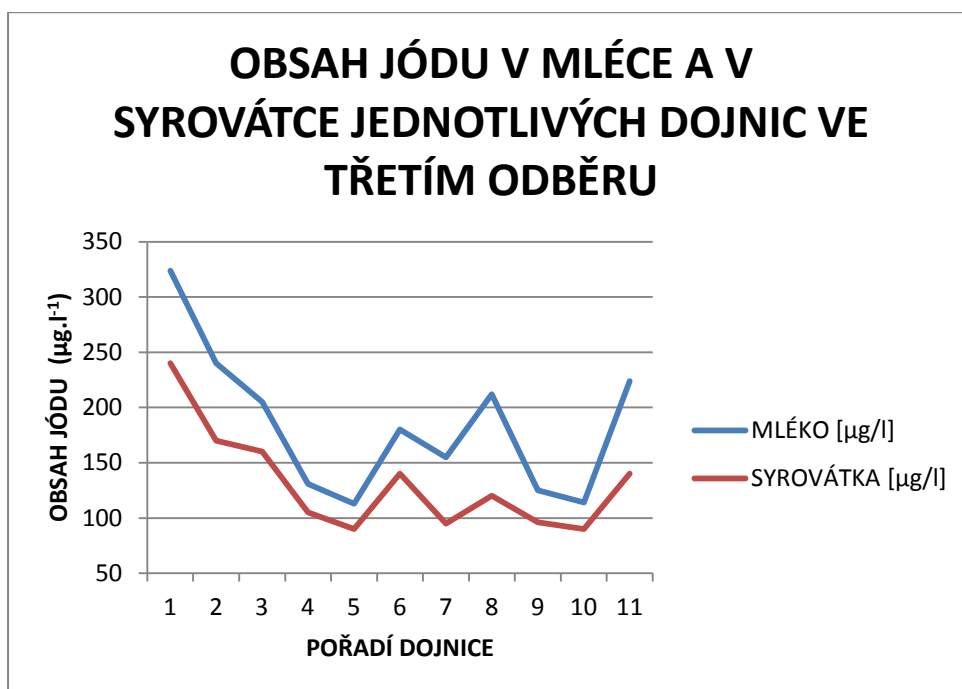
Z grafu č. 3 je zřejmé, že průměrný obsah jódu v mléce i v syrovátce je proměnlivý, ovšem spojnice trendu naznačuje vzrůstající tendenci průměrného obsahu jódu v mléce i v syrovátce během postupující laktace. Hodnota spolehlivosti spojnice trendu pro obsah jódu v mléce $R^2 = 0,5906$ a pro obsah jódu v syrovátce $R^2 = 0,5232$.

Graf č. 3: Tendence vzrůstu průměrných hodnot jódu v mléce a v syrovátce ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)



Závislost individuálního obsahu jódu v syrovátce na obsahu jódu v mléce je znázorněna v grafu č. 4. Korelační koeficient $r_{xy} = 0,899$, stanovený ze všech individuálních obsahů jódu v mléce a v mléčné syrovátce tuto závislost dokazuje. Se zvyšujícím se individuálním obsahem jódu v mléce se zvyšuje obsah jódu v syrovátce.

Graf č. 4: Absolutní obsahy jódu v mléce a v mléčné syrovátce ve třetím odběru ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)



V tabulce č. 11 je znázorněn průměrný relativní (procentuální) podíl obsahu jódu v mléčné syrovátce z obsahu jódu v mléce dojníc v jednotlivých odběrech. Průměrný procentuální podíl obsahu jódu v mléčné syrovátce z celkového obsahu jódu v mléce se pohyboval v rozmezí od 71,3 – 73,9 %. Maximální procentuální podíl obsahu jódu v syrovátce z celkového obsahu jódu v mléce byl zjištěn koncem listopadu (94,4 %), nejnižší v září (56,0 %). Rozdíly v jednotlivých odběrech nepřevyšovaly 13,9 %. Množství vzorku pro zjištění obsahu jódu v syrovátce bylo v srpnu nedostačující, tudíž nelze obsahy porovnat.

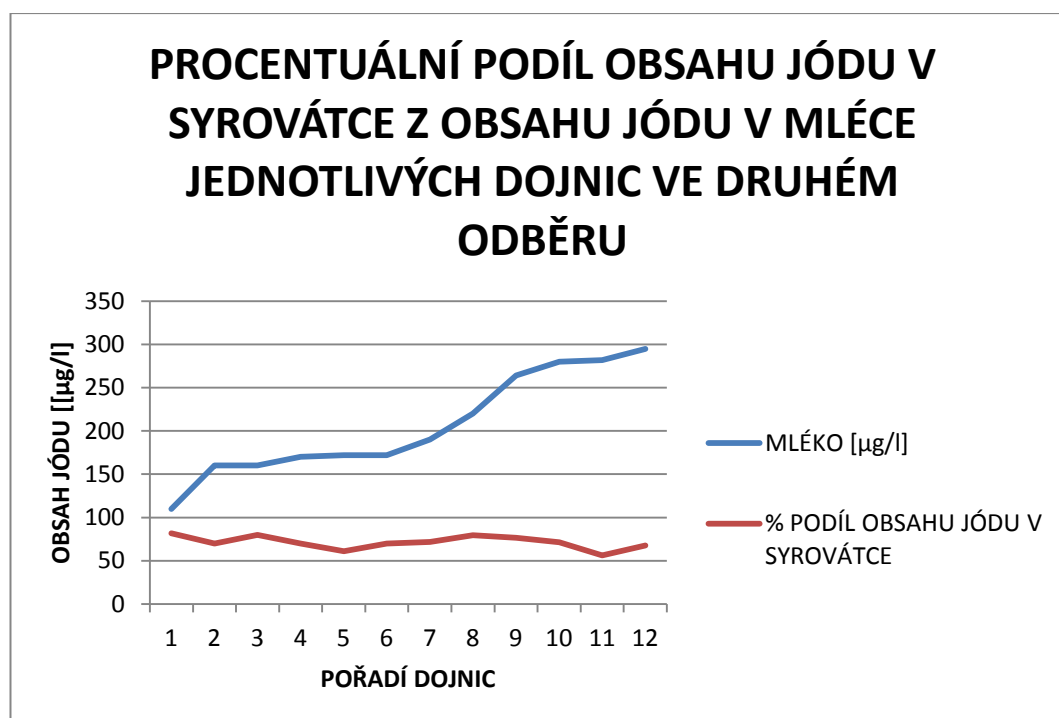
Tab. č. 11: Podíl obsahu jódu v mléčné syrovátce z obsahu celkového jódu v mléce v jednotlivých odběrech (%)

Datum	Počet vzorků	Průměr	Směrodatná odchylka	Variační koeficient (%)	Medián	Max	Min
26.9. 2014	12	71,3	7,3	10,2	70,7	81,0	56,0
5.11. 2014	11	72,4	8,4	11,6	76,8	80,0	56,7
27.11. 2014	9	73,9	10,3	13,9	73,0	94,4	56,9

Graf č. 5 znázorňuje procentuální podíl jódu v mléčné syrovátce z celkového obsahu jódu v mléce jednotlivých dojnic ve druhém odběru. Nejvyšší podíl jódu v syrovátce z celkového obsahu jódu v mléce byl zjištěn u dojnice č. 1 (81,8%), nejnižší podíl jódu z celkového obsahu jódu v mléce byl zjištěn u dojnice č. 11 (56,0 %). Celkový průměr obsahu jódu v syrovátce z obsahu celkového obsahu jódu v mléce všech dojnic byl 71,3%, variační koeficient (V%) 10,7%. Obsah jódu v mléce byl vždy vyšší než obsah jódu v mléčné syrovátce.

Z grafu jasně vyplývá, že procentuální podíl jódu v syrovátce snižuje při zvyšujícím se obsahu jódu v mléce. Obdobný vztah mezi procentuálním podílem jódu v syrovátce a celkovým obsahem jódu v mléce je i u zbývajících dvou odběrů. Korelační koeficient procentuálního průměrného obsahu jódu v syrovátce a obsahu jódu v mléce všech vzorků $r_{xy} = -0,30$. Konkrétní hodnoty korelačních koeficientů $r_{xy} = -0,39$ pro 2. odběr, $r_{xy} = -0,35$ pro 3. odběr a $r_{xy} = -0,07$ pro 4. odběr.

Graf č. 5: procentuální podíl obsahu jódu v syrovátce z obsahu jódu v mléce ve druhém odběru



5.4 Vliv denního nádoje na obsah jódu v mléce

V tabulce č. 12 je uveden vliv denního nádoje dojnic na obsah jódu v mléce a mléčné syrovátce prostřednictvím korelačního koeficientu. Nejvyšší korelační koeficienty obsahu jódu v mléce ($r_{xy} = 0,2629$) a v syrovátce ($r_{xy} = 0,2648$) byly zjištěny ve třetím odběru. Obě hodnoty dokazují závislost zvyšujícího se obsahu jódu v mléce na zvyšujícím se denním nádoji. Nejnižší korelační koeficienty pro obsah jódu v mléce ($r_{xy} = 0,0841$) a v syrovátce ($r_{xy} = 0,0646$) byly zjištěny ve čtvrtém odběru. Oproti tomu záporné hodnoty korelačních koeficientů v prvním a druhém odběru popírají přímý vztah mezi průměrným denním nádojem a průměrným obsahem jódu v mléce i v mléčné syrovátce. Korelační koeficienty odrážejí nízkou závislost obsahu jódu v mléce a v syrovátce na denním nádoji v námi sledovaném souboru dojnic.

Tab. č. 12: vliv denního nádoje na obsah jódu v mléce a mléčné syrovátce jednotlivých dojnic ve sledovaném období srpen – listopad 2014

Pořadí odběru	Počet vzorků	Průměrný denní nádoj (kg)	Průměrný obsah jódu v mléce ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	Průměrný obsah jódu v syrovátce ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	Korelační koeficient	
					mléko	Mléčná syrovátka
1. odběr	12	25,88	169,63	x	-0,1392	X
2. odběr	12	24,02	206,25	145,5	-0,2110	-0,3997
3. odběr	11	25,96	183,91	131,5	0,2629	0,2648
4. odběr	9	25,66	216,56	168,2	0,0841	0,0646

5.5 Vliv fáze laktace na obsah jódu

První fázi laktace (vzestupná) se považuje prvních 100 dní produkce mléka, následuje vrchol produkce a druhá fáze laktace (sestupná) trvá od 100-200 dní. Normovaná laktace trvá 305 dní. Všechny dojnice se vyskytovaly ve vzestupné fázi laktace (12 – 86 dní po porodu) při 1. odběru.

V tabulkách jsou dojnice seřazeny podle vzdálenosti porodu ke dni prvního odběru (dojnice č. 1 se otelila ze sledované skupiny nejdříve, dojnice č. 12 nejpozději). Vyznačené hodnoty jsou maximální individuální obsahy jódu v mléce a v syrovátce v průběhu sledovaného období.

V tabulce č. 13 jsou uvedeny individuální obsahy jódu v mléce dojnic ve sledovaném období. Maximální individuální obsah jódu v mléce v prvním odběru dosahoval vzorek jedné dojnice (8,4%), ve druhém odběru šesti dojnic (50 %), ve třetím odběru dvou dojnic (16,6%) a ve čtvrtém odběru třech dojnic (25%). Vliv fáze laktace nelze jednoznačně určit, lze pouze zaznamenat určitou tendenci ve zvyšování obsahu jódu do 2. odběru (40 - 114 dní po porodu) u největšího počtu sledovaných dojnic, dále docházelo v průběhu sledovaného období k jeho postupnému snižování.

Tab. č. 13: Individuální obsah jódu v mléce dojnic ve sledovaném období srpen – listopad 2014 ($\mu\text{g.l}^{-1}$)

Číslo dojnice	1. odběr	2. odběr	3. odběr	4. odběr
1. dojnice	195,0	280,0	180,0	210,0
2. dojnice	212,0	282,0	224,0	219,0
3. dojnice	156,0	160,0	155,0	220,0
4. dojnice	260,0	172,0	205,0	320,0
5. dojnice	96,0	170,0	114,0	X
6. dojnice	206,0	220,0	113,0	195,0
7. dojnice	172,0	264,0	324	192,0
8. dojnice	302,0	172,0	x	X
9. dojnice	80,5	112,0	212,0	320,0
10. dojnice	80,0	295,0	125,0	X
11. dojnice	165,0	110,0	240,0	102,0
12. dojnice	111,0	190,0	131,0	171,0

Individuální obsahy jódu v syrovátce jsou uvedeny v tabulce č. 14. Maximální obsahy jódu v syrovátce v prvním odběru nemohly být stanoveny. Ve druhém odběru byl maximální obsah jódu v syrovátce stanoven u pěti dojnic (41,8 %), ve třetím odběru u dvou dojnic (16,6%) a ve čtvrtém odběru u čtyř dojnic (33,3%). Jedna dojnice byla z pokusu vyřazena pro nedostatečný objem vzorku (8,3%). U většiny dojnic odpovídal maximální obsah jódu v syrovátce maximálnímu obsah jódu v mléce. Odpovídá tomu již uvedený korelační koeficient $r_{xy} = 0,899$ (viz graf č.4).

Tab. č. 14: Individuální obsah jódu v syrovátce dojnic v průběhu laktace ($\mu\text{g.l}^{-1}$)

Číslo dojnice	2. odběr	3. odběr	4. odběr
1. dojnice	200	140	170
2. dojnice	158	140	170
3. dojnice	128	95	160
4. dojnice	105	160	339
5. dojnice	120	90	X
6. dojnice	175	90	130
7. dojnice	202	240	140
8. dojnice	12	x	X
9. dojnice	160	120	222
10. dojnice	200	96	X
11. dojnice	90	170	58
12. dojnice	136	105	125

6. Diskuse

Obsah jódu v mléce je ovlivněn mnohými vnějšími i vnitřními faktory. Jelínek a Koudela (2003) uvádějí například vliv životního prostředí, fyziologického stavu dojnice, výživy, plemena, užitkovosti nebo fáze laktace. Vztah mezi obsahem jódu v mléce a v krmné dávce je dán korelačním koeficientem $r = 0,6-0,7$ (Trávníček a kol., 2011a), podle Masse a kol. (1989) je korelační koeficient 0,66 a podle Niedobové (2013) je korelační koeficient $r = 0,88$. Bobek (1998) uvádí, že 8-10 % přijatého jódu přechází do mléka. Obsah jódu v kravském mléce je přímo závislý na jeho příjmu krmnou dávkou. Jelikož je množství jódu ve vodě a objemných krmivech pro výživu hospodářských zvířat nedostatečné, je nutná jeho suplementace v krmivu v podobě minerálních krmných přísad (Trávníček a Kroupová, 2009).

Obsah jódu v kompletní krmné dávce dojnic v chovu Haklovy Dvory byl $1,3 \text{ mg I.kg}^{-1}$ stoprocentní sušiny krmné dávky (tab. č. 6); v přepočtu $1,14 \text{ mg I.kg}^{-1}$ kompletního krmiva s obsahem vlhkosti 12%. Ve srovnání se zjištěnými hodnotami Niedobovou (2013), která uvádí obsah jódu v kompletní krmné dávce pro dojnice při 88% sušiny v ČR v roce 2008 $2,17 \text{ mg I.kg}^{-1}$ a v roce 2009 $1,90 \text{ mg I.kg}^{-1}$, byl obsah jódu v krmné dávce v chovu Haklovy Dvory v roce 2014 nižší a to přibližně o 48 % oproti roku 2008 a o 40 % oproti roku 2009. Vzhledem k tomu, že maximální přípustný obsah jódu v krmné dávce je 5 mg.kg^{-1} kompletního krmiva s obsahem vlhkosti 12% (nařízení komise ES 1459/2005), nedošlo na statku Haklovy Dvory k překročení legislativních limitů pro obsah jódu v krmivu. Uvedenému zjištění odpovídá i sdělení Niedobové (2013), která uvádí, že maximální přípustná koncentrace jódu v krmivu dojnic v ČR není významně překračována (v roce 2008 1 nadlimitní vzorek, v roce 2009 2 nadlimitní vzorky). Přesto mnozí autoři, například Schöne (2013) a EFSA (2013) doporučují snížení maximální přípustné koncentrace jódu v krmivu dojnic na 2 mg I.kg^{-1} kompletního krmiva. Současné normy potřeby živin uplatňované v ČR (Sommer a kol., 1994) doporučují pro dojnice maximální obsah jódu $0,8 \text{ mg I.kg}^{-1}$ 100% sušiny krmiva, případně $0,6 \text{ mg I.kg}^{-1}$ nadojeného mléka. Obsah jódu v krmné dávce dojnic v Haklových Dvorech tak převyšoval doporučení Sommera a kol. (1994) o 62,5%.

Průměrný obsah jódu v mléce všech vzorků ve sledovaném období srpen – listopad 2014 byl $193,08 \pm 67,36 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1}$. Zjištěný průměrný obsah jódu byl proti průměrnému obsahu jódu v bazénových vzorcích mléka z velkochovů ČR v roce 2012 ($360 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1}$) nižší o 53 % (Kroupová a kol., 2013). Pro srovnání uvádím i další údaje o obsahu jódu v mléce: Vítková (2012) uvádí průměrný obsah jódu v mléce z bazénových vzorků odebíraných v období leden – květen 2011 v okrese Klatovy $51,13 \pm 26,29 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1}$. Průměrný obsah jódu v mléce v našich vzorcích byl přibližně

čtyřnásobně vyšší oproti hodnotě zjištěné Vítkovou (2012). Köhler a kol. (2012) uvádí průměrný obsah jódu v mléce v Německu v letech 2007 – 2011 $122,0 \pm 36,8 \mu\text{g.l}^{-1}$. Námi zjištěný průměrný obsah jódu byl oproti koncentraci zjištěné v Německu vyšší o 53%. Oproti tomu Bouchalová (2012) ve své práci uvádí průměrný obsah jódu v bazénových vzorcích odebíraných na podzim v roce 2009 z oblasti Jihočeského kraje $360,91 \pm 273,40 \mu\text{g.l}^{-1}$, na podzim v roce 2010 $440,62 \pm 88,81 \mu\text{g.l}^{-1}$ a na podzim v roce 2011 $337,14 \pm 79,61 \mu\text{g.l}^{-1}$. Naše zjištěná hodnota obsahu jódu byla nižší o 47% oproti koncentraci zjištěné v roce 2009, o 56% oproti koncentraci zjištěné v roce 2010 a o 43 % oproti hodnotě zjištěné v roce 2011. Přehled uvedených koncentrací upozorňuje na značnou variabilitu obsahu jódu v mléce.

Průměrné koncentrace jódu v mléce se v našich vzorcích pohybovaly v rozmezí $169,63 - 216,56 \mu\text{g.l}^{-1}$, v syrovátce v rozmezí $131,5 - 168,2 \mu\text{g.l}^{-1}$ (tab. č. 7 a č. 9). Obsah jódu v mléce převyšující $200 \mu\text{g.l}^{-1}$ byl zjištěn u 5 dojnic (41,7%), v mléčné syrovátce u 1 dojnice (8,3%). Nižší obsah jódu než $80 \mu\text{g.l}^{-1}$ byl zjištěn u jedné dojnice v obou pokusech (tab. č. 8 a č. 10). Uvedené průměrné hodnoty obsahů jódu v mléce i v syrovátce převážně odpovídají optimálnímu obsahu jódu v mléce z hlediska výživy telete i konzumenta mléka člověka. Podle Trávníčka a kol. (2011a) je optimální obsah jódu v mléce v rozmezí $100 - 200 \mu\text{g.l}^{-1}$ z hlediska potřeby dojnic i spotřebitele, obsah jódu v mléce pod $80 \mu\text{g.l}^{-1}$ představuje nízkou úroveň příjmu jódu a obsah jódu v mléce nad $250 \mu\text{g.l}^{-1}$ již signalizuje nadbytečný přívod jódu pro dojnici i spotřebitele. Trávníček a Kroupová (2009) považují rozmezí $80 - 250 \mu\text{g.l}^{-1}$ za vyhovující a to z hlediska saturace dojnic jódem, ale i požadavků na obsah jódu v potravinách. Vyhláška č. 450/2004 Sb., o označování výživové hodnoty potravin, stanovuje doporučenou denní dávku jódu pro člověka $150 \mu\text{g}$.

Závislost obsahu jódu v syrovátce na obsahu jódu v mléce v našich vzorcích je dána korelačním koeficientem $r_{xy} = 0,899$, který dokazuje, že se zvyšujícím se individuálním obsahem jódu v mléce se zvyšuje obsah jódu v syrovátce v jednotkách mikrogram na litr (graf č. 4). Zároveň dochází k procentuálnímu snížení obsahu jódu v syrovátce (graf č. 5). Podíl průměrného obsahu jódu v mléčné syrovátce z celkového obsahu jódu v mléce ve sledovaném období srpen – listopad 2014 se pohyboval v rozmezí od $71,3 - 73,9 \%$ (tabulka č. 11). Podobnou procentuální průměrnou hodnotu obsahu jódu v syrovátce z celkového obsahu jódu v mléce (76,6%) uvádí ve své studii Rozenská (2013).

Názor na vliv fáze laktace na obsahu jódu v mléce dojnic se u různých autorů liší. Trávníček (2011) uvádí, že Larson a kol. (1983) nepozorovali žádné rozdíly v obsahu jódu během laktace. K závěru, že fáze laktace nemá vliv na obsah jódu,

došli i Moschini a kol. (2009). Naproti tomu Suttle (2010a) a Flachowsky a kol. (2014) uvádí, že v kolostru (mlezivu) je koncentrace jódu 2-3x vyšší než v mléce a koncentrace jódu klesá ke konci laktace. Flachowsky a kol. (2013) citují studii Frankeho a kol. (1983), která dokazuje, že se s postupující laktací koncentrace jódu v mléce zvyšuje. Oproti tomu uvádí studii Scherer-Herra (2001), která dokazuje, že se koncentrace jódu s postupující laktací snižuje a studii Kroupové a kol. (1996) která uvádí, že se vliv fáze laktace na koncentraci jódu neprokázal. Studie Falkenberga a kol. (2002) i Millera a kol. (1975) citovaný v Trávníčkovi a kol. (2011a) vysvětlují, že vyšší obsah jódu v mléce v pokročilejších stádiích laktace souvisí s nižší produkcí mléka. Námi zjištěné individuální obsahy jódu v mléce a syrovátce (tabulky č. 13 a č. 14) dokazují, že vliv fáze laktace nelze jednoznačně určit, lze pouze zaznamenat určitou tendenci ke zvyšování obsahu jódu do vrcholné fáze laktace (2. odběr). Největší počet vzorků ve druhém odběru obsahoval maximální individuální obsah jódu v mléce i v syrovátce (v mléce 6 vzorků z 12 (50 %), v syrovátce v 5 vzorků z 12 (41,8 %)).

Vliv denního nádoje na obsah jódu v mléce i v syrovátce v našich vzorcích je uveden v tabulce č. 12. V srpnu a září 2014 byly zjištěny záporné hodnoty korelačních koeficientů popírající přímý vztah mezi průměrným denním nádojem a průměrným obsahem jódu v mléce a v syrovátce. S postupující fází laktace (začátek a konec listopadu 2014) se prokázala nízká závislost obsahu jódu v mléce na denním nádoji. Tuto závislost obsahu jódu v mléce a v syrovátce na průměrném nádoji popírají studie Falkenberga a kol. (2002) i Millera a kol. (1975) citovaný v Trávníčkovi a kol. (2011a). Autoři uvádějí, že vyšší obsah jódu v mléce v pokročilejších stádiích laktace souvisí s nižší produkcí mléka.

Vliv na obsah jódu v mléce má i roční období. Trávníček a kol. (2006) ve své studii porovnává výsledky průměrného obsahu jódu v mléce odebíraných v období duben - květen 2005 ($468,3 \mu\text{g.l}^{-1}$) a v období září – říjen 2005 ($422,6 \mu\text{g.l}^{-1}$). Hejtmánková a kol. (2006) uvádí hodnoty pro obsah jódu v mléce v letním období (duben-září) $212 \pm 104 \mu\text{g.kg}^{-1}$, pro zimní období (říjen – březen) $251 \pm 110 \mu\text{g.kg}^{-1}$. Hrabec (2007) ve své práci uvádí, že v roce 2005 byla hodnota průměrného obsahu jódu v mléce v jarních měsících $647,8 \pm 103,5 \mu\text{g.l}^{-1}$, v podzimních měsících $421,4 \pm 108,6 \mu\text{g.l}^{-1}$. Naše vzorky byly odebírány v období srpen – listopad 2014, tudíž můžeme očekávat na základě uvedených studií, že hodnoty obsahu jódu byly vlivem ročního období nižší.

Vliv na obsah jódu v mléce má i oblast, ve které se chov nachází. Herzig a kol. (2003) uvádí, že jižní a jihovýchodní Čechy, jihozápadní Morava a Jeseníky jsou považovány za oblasti s nejnižším obsahem jódu v půdě, vodě a v plodinách. Naše vzorky jsme odebírali v blízkosti Českých Budějovic, v jižních Čechách. Při

srovnání se studií Hejtmánkové a kol. (2006), kteří zjistili průměrný obsah jódu v mléce $225 \pm 109 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ve středních a severních Čechách, je průměrný obsah jódu v mléce v našich vzorcích o 15 % nižší a tudíž došlo k potvrzení studie Herziga a kol. (2003).

7. Závěr

Cílem mé bakalářské práce bylo zhodnocení vlivu průběhu laktace a její úrovně na obsah jódu v mléce a v mléčné syrovátce.

Z popisovaných a zpracovaných výsledků sledování obsahu jódu v mléce a mléčné syrovátce vyplývají následující závěry:

- Průměrný obsah jódu ve sledovaném období srpen – listopad 2014 v mléce byl $193,08 \pm 67,36 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, nejvyšší průměrný obsah jódu v mléce $216,56 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ byl zjištěn koncem listopadu 2014, nejnižší průměrný obsah $169,63 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ v srpnu. Největší variabilitu vykazoval obsah jódu v mléce v srpnu (41,5 %), nejnižší koncem listopadu (31,7%). Maximální individuální obsah jódu $324 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ byl zjištěn na začátku listopadu, nejnižší individuální obsah jódu $80 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ byl v srpnu 2014.
- Průměrný obsah jódu v syrovátce v období září – listopad 2014 byl $150,62 \pm 54,41 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, nejvyšší průměrný obsah jódu v syrovátce $168,2 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ byl zjištěn koncem listopadu, nejnižší průměrný obsah jódu v syrovátce $131,5 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ byl zjištěn 5. listopadu. Největší variabilitu vykazoval obsah jódu v syrovátce koncem listopadu ($V\% = 77,8\%$), nejnižší v září (55,3%). Maximální individuální obsah jódu $339 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ byl zjištěn koncem listopadu, nejnižší $12 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ v září 2014.
- Průměrný obsah jódu v mléce převyšující doporučenou denní dávku jódu $200 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ byl zjištěn u 5 dojnic (41,7 %), v syrovátce u jedné dojnice (8,3%). U žádné ze sledovaných dojnic neklesl průměrný obsah jódu v mléce pod hodnotu $80 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, která odráží nízkou saturaci jódem. Zjištěné výsledky ve sledovaném období srpen – listopad 2014 potvrdily optimální zásobení dojnic z chovu Haklovy Dvory jódem.
- Průměrný obsah jódu v syrovátce kopíroval průměrný obsah jódu v mléce. Průměrný procentuální podíl obsahu jódu v syrovátce se pohyboval v rozmezí od 71,3 – 73,9 % z obsahu jódu v mléce. Během sledovaného období byla naznačena spojnicí trendu vzrůstající tendence obsahu jódu v mléce i v syrovátce.
- Bylo dokázáno, že se zvyšujícím se obsahem jódu v mléce jednotlivých vzorků se snižuje jeho procentuální podíl v syrovátce. Korelační koeficient

procentuálního průměrného obsahu jódu v syrovátce a obsahu jódu v mléce všech vzorků $r_{xy} = -0,30$.

- Obsah jódu v mléce a mléčné syrovátce je nejvíce ovlivněn obsahem jódu v krmné dávce. Nejvíce je jód získáván z doplňkových směsí, jelikož zbývající složky krmné dávky jsou nedostačujícím zdrojem jódu.
- Zjištěné výsledky nepotvrdily literární zdroje o nepřímé závislosti obsahu jódu v mléce a v syrovátce na denním nádoji v námi sledovaném souboru dojnic.
- Vliv fáze laktace nelze jednoznačně určit, lze pouze zaznamenat určitou tendenci ke zvyšování obsahu jódu ve vzestupné a vrcholové fázi laktace u největšího počtu sledovaných dojnic (2. odběr).

8. PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ

1. **BARTÁKOVÁ, K., J. POSPÍŠIL a L. VORLOVÁ** (2015): Faktory ovlivňující obsah mastných kyselin v kravském mléce z českých farem. In: JŮZL, M., L. KALHOTKA, Y. DOSTÁLOVÁ a S. BOGDANOVIČOVÁ. *Fulltextový sborník XLI. Konference o jakosti potravin potravinových surovin* [online], s. 61-66. [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: https://is.mendelu.cz/dok_server/slozka.pl?id=82868;download=154147
2. **BEDNÁŘ J., S. RÖHLING, S. VOHNOUT** (1964): Příspěvek ke stanovení proteinového jodu v krevním séru. *Československá farmacie*, 13, 203 - 209.
3. **BOBEK S.** (1998): Profilaktyka jodowa u zwierzat. *Medycyna Weterinaria*, 54, 80 – 86.
4. **BOUCHALOVÁ, Jana** (2012): *Mléko jako zdroj stopových prvků* [online]. České Budějovice, [cit. 2015-04-20]. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích Zemědělská fakulta. Dostupné z: <http://www.theses.cz/id/wtxbkp/?lang=en;furl=%2Fid%2Fwtxbkp%2F;so=nx>
5. **BRZÓSKA, F., Z. SZYBIŃSKI a B. ŚLIWIŃSKI** (2009): Iodine concentration in Polish milk — variations due to season and region. *Endokrynologia polska*. roč. 60, č. 6, s. 449-454.
6. **ČESKÁ REPUBLIKA**. Vyhláška o označování výživové hodnoty potravin. In: *předpis č. 450/2004 Sb.* 2004.
7. **ČESKÁ REPUBLIKA**. Vyhláška, kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. In: *77/2003*. 2003.
8. **ČURDA, L. a J. RUDOLFOVÁ** (2000): Changes of iodine content in milk of cows treated with Betadine. *Czech Journal of Food Sciences*. roč. 18, č. 1, s. 5-8.
9. **DAHL, L., J. A. OPSAHL, H. M. MELTZER a K. JULSHAMN** (2003): Iodine concentration in Norwegian milk and dairy products. *British Journal of Nutrition*. roč. 90, č. 03., s 679 – 685. DOI: 10.1079/bjn2003921.
10. **DOLEŽAL, Oldřich** a kol. (2000): *Mléko, dojení, dojírny*. Praha: AGROSPŮJ, 241 s.
11. **EFSA PANEL ON ADDITIVES AND PRODUCTS OR SUBSTANCES USED IN ANIMAL FEED (FEEDAP)** (2013): Scientific Opinion on the safety and efficacy of Iodine compounds (E2) as feed additives for all species: calcium iodate anhydrous (coated granulated preparation), based on a dossier submitted by Doxal Italia S.p.A. *EFSA Journal*, roč. 11, č. 3. DOI: 10.2903/j.efsa.2013.3178.

12. **FALKENBERG, U., W. HEUWIESER, B. A. TENHAGEN a D. FORDERUNG** (2002): Effect of predipping with a iodophor teat disinfectant on iodine content of milk. *Milchwissenschaft. Milk science international*. roč. 57, 11-12, s. 599-601.
13. **FLACHOWSKY, Gerhard** (2007): Iodine in animal nutrition and iodine transfer from feed into food of animal origin. *Lohmann Information*. roč. 42, č. 2, s. 47-59.
14. **FLACHOWSKY, G., K. FRANKE, U. MEYER, M. LEITERER a F. SCHÖNE** (2014): Influencing factors on iodine content of cow milk. *European Journal of Nutrition*. roč. 53, č. 2, s. 351-365. DOI: 10.1007/s00394-013-0597-4.
15. **FRELICH, Jan** (2001): *Chov skotu*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, vyd. 1, 211 s. ISBN 80-704-0512-0.
16. **GAJDŮŠEK, Stanislav** (2003): *Laktologie*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, vyd. 1, 178 s. ISBN 80-715-7657-3.
17. **GREENWOOD, N. a A. EARNSHAW** (1993): *Chemie prvků*. 1. vyd. Praha: Informatorium, 971 - 1102. ISBN 80-85427-38-9.
18. **HAMPEL, R., J. KAIRIES a H. BELOW** (2009): Beverage iodine levels in Germany. *European Food Research and Technology*. roč. 229, č. 4, s. 705-708. DOI: 10.1007/s00217-009-1095-z.
19. **HEJTMÁNKOVÁ, A., L. KUKLÍK, E. TRNKOVÁ a H. DRAGOUNOVÁ** (2006): Iodine concentrations in cow's milk in Central and Northern Bohemia. *Czech Journal of Animal Science*. roč. 51, č. 5, s. 189-195.
20. **HERZIG, I., J. POUL, B. PÍSAŘÍKOVÁ a E. GOPFERT** (2003): Milk iodine concentration in cow streated orally ir intramuscularly with a single dose of iodinated fatty acid esters. *Veterinární Medicína*. roč. 48, č. 6, s. 155-162.
21. **HERZIG, I. a P. SUCHÝ** (1996): Actual experience of importance iodine for animals. *Actual experience of importance iodine for animals*. roč. 41, č. 12. s. 379 – 386.
22. **HRABEC, Miroslav** (2007): *Obsah jodu v mléce* [online]. České Budějovice, [cit. 2015-04-21]. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, zemědělská fakulta. Dostupné z: <http://theses.cz/dok/fmgr.pl?lang=sk;furl=%2Fid%2Fek1317%2F>.

23. **JANŠTOVÁ, Bohumíra a Pavlína NAVRÁTILOVÁ** (2014): *Produkce mléka a technologie mléčných výrobků*. Vyd. 1. Brno: VFU Brno, 109 s. ISBN 978-80-7305-712-1.
24. **JELÍNEK, Pavel a Karel KOUDELA** (2003): *Fyziologie hospodářských zvířat*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, s. 409. ISBN 80-715-7644-1.
25. **KADLEC, Pavel** (2002): *Technologie potravin II*. 1. vyd. Praha: VŠCHT. ISBN 80-7080-510-2.
26. **KAVŘÍK, R., H. PASKEROVÁ, I. ŘEHŮRKOVÁ a J. RUPRICH** (2013): Vývoj obsahu jódu v různých typech mléka z tržní sítě v průběhu roku. In: RYŠAVÁ, Lydie a Monika ŽOLTÁ. *Zásobení jódem jako prevence tyreopatií a zdroje dietární expozice: X. konference u příležitosti Dne jódu*. Karviná: Státní zdravotní ústav Praha, s. 48 - 51. Dostupné z: www.szu.cz/podpora
27. **KÖHLER, M., A. FECHNER, M. LEITERER, K. SPÖRL, T. REMER, U. SCHÄFER a G. JAHREIS** (2012): Iodine content in milk from German cows and in human milk: new monitoring study. *Trace Elements and Electrolytes*. roč. 29, č. 04, s. 119-126. DOI: 10.5414/tex01221.
28. **KOTRBOVÁ, Květoslava a Markéta KASTNEROVÁ** (2007): Současný stav zásobení jódem u české populace. *Kontakt: Scientific Acta Faculty of Social and Health Studies : vědecký časopis Zdravotně sociální fakulty Jihočeské univerzity*. roč. 9, č. 1, s. 172-178.
29. **KROUPOVÁ, V., J. TRÁVNÍČEK, M. STAŇKOVÁ, J. RICHTEROVÁ a H. DUŠOVÁ** (2013): Vývoj obsahu jódu v mléce a v prvovýrobě na území ČR. In: RYŠAVÁ, Lydie a Monika ŽOLTÁ. *Zásobení jódem jako prevence tyreopatií a zdroje dietární expozice: X. konference u příležitosti Dne jódu*. Karviná: Státní zdravotní ústav Praha, s. 32-33.
30. **KROUPOVÁ, V., J. KURSA, E. MATOUŠKOVÁ a E. ŠACHOVÁ** (2000): Nezbytnost suplementace jódu ve výživě krav v horské oblasti Šumavy. *Silva Gabreta*. č. 5, s. 179-186. Dostupné z: http://www.npsumava.cz/gallery/8/2512-sg5_kroupovaetal.pdf
31. **KŘÍŽOVÁ, Z., J. TRÁVNÍČEK, L. HASONOVÁ, L. VÍTKOVÁ a M. STAŇKOVÁ** (2014): Mléko jako zdroj jódu v lidské výživě. *Mlékařské listy: zpravodaj*. Praha.: Výzkumný ústav mlékárenský, č. 147, s. 20-23.
32. **KURSA, J., I. HERZIG, J. TRÁVNÍČEK, V. KROUPOVÁ** (2005): Milk as a Food Source of Iodine for Human Consumption in the Czech Republic. *Acta Veterinaria Brno*. roč. 74, č. 2, s. 255-264. DOI: 10.1787/888933152118.

33. **KVÍČALA, Jan** (2003): Selen a regulace organismu hormony štítné žlázy. In: *Www.zdravi.e15.cz* [online]. [cit. 2015-04-14]. Dostupné z: <http://zdravi.e15.cz/clanek/priloha-lekarske-listy/selen-a-regulace-organismu-hormony-stitne-zlazy-155816>
34. **LUKÁŠOVÁ, Jindra** (2001): *Hygiena a technologie mléčných výrobků*. Vyd. 1. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita, s. 85-87. ISBN 80-7305-415-9.
35. **LUKÁŠOVÁ, Jindra** (1999): *Hygiena a technologie produkce mléka*. Vyd. 1. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, 101 s. ISBN 80-7305-415-9.
36. **MAAS, J., J.N. BERG, R. G. PETERSEN** (1989): Serum distribution of iodine after oral administration of ethylenediamine dihydroiodide in Cattle. *American Journal of Veterinary Research*, 50, s. 1758 – 1759.
37. **MICIŃSKI, J., I. KOWALSKI, J. SZAREK a G. ZWIERZCHOWSKI** (2013): Health-promoting properties of selected milk components. *Journal of Elementology*. roč. 18, č. 1, s. 165–186. DOI: 10.5601/jelem.2013.18.1.14. Dostupné z: <http://jsite.uwm.edu.pl/articles/view/379/>
38. **MILLER Donald, W.** (2006): Extrathyroidal benefits of iodine. *Journal of American Physicians and Surgeons*. roč. 11, č. 4, s. 106-110.
39. **MOSCHINI, M., M. BATTAGLIA, G. M. BEONE, G. PIVA a F. MASOERO** (2009): Iodine and selenium carry over in milk and cheese in dairy cows: effect of diet supplementation and milk yield. *Animal*. roč. 4, č. 1. DOI: 10.1017/s175173110999098x.
40. **MURAMATSU, Y., S. YOSHIDA, U. FEHN, S. AMACHI a Y. OHMOMO** (2004): Studies with natural and anthropogenic iodine isotopes: iodine distribution and cycling in the global environment. *Journal of Environmental Radioactivity*. roč. 74, č. 1-3, s. 221-232. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2004.01.011. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0265931X04000165>
41. **MURRAY, Robert K.** (2002): *Harperova biochemie*. Jinočany, 23. vyd., s. 534 - 540. ISBN 80-7319-013-3.
42. **NAVRÁTILOVÁ, P., M. KRÁLOVÁ (DRAČKOVÁ), B. JANŠTOVÁ, H. PŘIDALOVÁ, Š. CUPÁKOVÁ a L. VORLOVÁ** (2012): *Hygiena produkce mléka*. Vyd. první. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, ISBN 978-80-7305-625-4.

43. Nařízení komise **ES č. 1459/2005** ze dne 8. září, kterým se mění podmínky pro povolení některých doplňkových látek v krmivech, které patří do skupiny stopových prvků, příloha.
44. **NEJEDLÁ, Marie** (2014): Vyřešení nedostatku jódu. In: KODL, Miloslav. *Zpráva o zdraví obyvatel České republiky*. 1. vyd. Praha: Ministerstvo zdravotnictví České republiky ve spolupráci se Státním zdravotním ústavem, s. 97-99. ISBN 9788085047493.
45. **NIEDOBOVÁ, Eva** (2013): Konečné výsledky kontroly zvýšení hladiny jódu v krmivech. In: RYČAVÁ, Lýdie a Monika ŽOLTÁ. *Zásobení jódu jako prevence tyreopatií a zdroje dietární expozice: X. konference u příležitosti Dne jódu*. Karviná: Státní zdravotní ústav Praha, s. 30-31.
46. **NRC (2001):** *Nutrient Requirement in Dairy cattle. 7th Ed.* National Academies Press, 174 Washington, D.C.
47. **O'MAHONY, J. A. a P. F. FOX.** (2014): Milk: An Overview. *Milk Proteins.*, s. 19 - 73. DOI: 10.1016/B978-0-12-405171-3.00002-7. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780124051713000027>
48. **PAYLING, L. M., D. T. JUNIPER, Ch. DRAKE, C.RYMER a D. I. GIVENS** (2015): Effect of milk type and processing on iodine concentration of organic and conventional winter milk at retail: Implications for nutrition. *Food Chemistry*. roč. 178, č. 1, s. 327-330. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.01.091. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814615001053>
49. **PEŠEK, Milan** (1997): *Hodnocení jakosti, zpracování a zbožiznalství živočišných produktů*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 235 s. ISBN 80-704-0236-9.
50. **RASMUSSEN, L.B., E.H. LARSEN a L. OVESEN** (2000): Iodine content in drinking water and other beverages in Denmark. *European journal of clinical nutrition*. London: J. Libbey, roč. 54, č. 1, s. 57 - 60.
51. **ROZENSKÁ, L., A. HEJTMÁNKOVÁ, D. KOLIHOVÁ a D. MIHOLOVÁ** (2013): Effects of lactation stage, breed, and lineage on selenium and iodine contents in goat milk. *Czech Journal of Food Sciences: potravinářské vědy*. Praha: Česká akademie zemědělských věd, roč. 31, č. 4, s. 318-322.
52. **RYŠAVÁ, L. a J. KRÍŽ** (2013): Prevence jódového deficitu v ČR - historie a současný stav. In: RYŠAVÁ, Lydie a Monika ŽOLTÁ. *Zásobení jódem jako prevence tyreopatií a zdroje dietární expozice: X.konference u příležitosti Dne jódu*. Karviná: Státní zdravotní ústav Praha, s. 6-8. Dostupné z: www.szu.cz/podpora

53. **RYŠAVÁ, L., J. KUBÁČKOVÁ a M. STRÁNSKÝ** (2007): Jod-und Selengehalte in der Milch aus 9 europäischen Ländern. *Proc German Nutr Soc.*, roč. 10, č. 45.
54. **SAMKOVÁ, E., J. ŠPIČKA a O. HANUŠ** (2012): Vliv plemene a individuality na složení mléčného tuku skotu. In: JŮZL, Miroslav. *Minisborník z akce Den s mlékem na MENDELU: součást elektronického sborníku XXXVIII. semináře o jakosti potravin a potravinových surovin „Ingrový dny“*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, s. 24-29. Dostupné z: www.mlekarstvi.cz
55. **SAMKOVÁ, Eva** (2012): *Mléko: produkce a kvalita: Milk: production and quality : vědecká monografie*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 240 s. ISBN 978-80-7394-383-7.
56. **SCHÖNE, Friedrich** (2013): Iodine in the cow milk - a German perspective. In: RYŠAVÁ, Lýdie a Monika ŽOLTÁ. *Zásobení jódu jako prevence tyreopatií a zdroje dietární expozice: X. konference u příležitosti Dne jódu*. Karviná: Státní zdravotní ústav Praha, s. 37-41.
57. **SCHÖNE, F., M. LEITERER, P. LEBZIEN, D. BEMMANN, M. SPOLDERS a G. FLACHOWSKY**(2009): Iodine concentration of milk in a dose–response study with dairy cows and implications for consumer iodine intake. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. roč. 23, č. 2, s. 84-92. DOI: 10.1016/j.jtemb.2009.02.004. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0946672X0900025X>
58. **SOMMER, A., ČEREŠŇÁKOVÁ, Z., FRYDRYCH, Z., KRÁLÍK, O., KRÁLÍKOVÁ, Z., KRÁSA, A., PAJDÁŠ, M., PETRIKOVIC, P., POZDÍŠEK, J., ŠIMEK, M., TRÍNÁCTÝ, J., VENCL, B., ZEMAN, L.** (1994)): *Potřeba živin a tabulky výživné hodnoty krmiv pro přežvýkavce*. ČAZV, VÚVZ Pohořelice, s. 196.
59. **SUKOVÁ, Irena** (2006): *Syrovátka v potravinářství*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 60 s. ISBN 80-727-1173-3.
60. **SUTTLE, N.** (2010a): *Mineral nutrition of livestock*. 4th ed. Cambridge, MA: CABI, s. 306-334. ISBN 978-184-5934-729.
61. **SUTTLE, N.** (2010b): *Mineral nutrition of livestock*. 4th ed. Cambridge, MA: CABI, s. 377-426. ISBN 978-184-5934-729
62. **ŠEDA, M., J. ŠVEHLA, J. TRÁVNÍČEK, V. KROUPOVÁ, R. KONEČNÝ, K. FIALA, M. SVOZILOVÁ a J. KRHOVJAKOVÁ** (2012): The effect of volcanic activity of the Eyjafjallajökul volcano on iodine

concentration in precipitation in the Czech Republic. *Chemie der Erde - Geochemistry*. roč. 72, č. 3, s. 279-281. DOI: 10.1016/j.chemer.2012.04.004. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0009281912000323>

63. **ŠUSTOVÁ, Květoslava a Vladimír SÝKORA** (2013): *Mlékárenské technologie*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova univerzita, 223 s. ISBN 978-80-7375-704-5.
64. **ŠVEHLA, J., M. ŠEDA, J. TRÁVNÍČEK a V. KROUPOVÁ** (2010): Stanovení velmi nízkých koncentrací jodu v povrchových vodách technikou ICP-MS. In: *Mikroelementy 2010*. Brno, s. 46-50.
65. **TEPLÁ, J., T. LUŽOVÁ, K. ŠUSTOVÁ, L. DOSTÁLOVÁ, L. KALHOTKA, M. JŮZL, D. ROŽNOVSKÁ a D. KAISERŠOTOVÁ** (2014): Kvalitativní parametry syrovátky s přidavkem vybraných silic. In: JŮZL, M., Š. NEDOMOVÁ, J. STRNKOVÁ aj. TEPLÁ. *Sborník XL. konference o jakosti potravin a potravinových surovin - Ingrový dny 2014*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, s. 405 - 410. ISBN 978-80-7375-944-5.
66. **TRÁVNÍČEK, J., L. PISEK, I. HERZIG, J. DOUCHA, J. KVÍČALA, V. KROUPOVÁ a H. RODINOVÁ** (2007): Selenium content in the blood serum and urine of ewes receiving selenium-enriched unicellular alga *Chlorella*. *Veterinární medicína*. roč. 52, č. 1, s. 44-48.
67. **TRÁVNÍČEK, J., K. FIALA, J. ŠVEHLA, K. ŠEDA, H. DUŠOVÁ, M. PEKSA a V. KROUPOVÁ** (2013): Výsledky sledování obsahu jódu v objemných krmivech, vodě a půdě. In: RYŠAVÁ, Lýdie a Monika ŽOLTÁ. *Zásobení jódem jako prevence tyreopatií a zdroje dietární expozice: X. konference u příležitosti Dne jódu*. Karviná: Státní zdravotní ústav Praha, s. 34-36.
68. **TRÁVNÍČEK, J., I. HERZIG, V. KROUPOVÁ a J. KURSA** (2006b): Milk as a food source of iodine, molybdenum, selenium, zinc and manganese. *Trace elements in the food chain: Proceedings of the International symposium on trace elements in the food chain, Budapest, May 25-27, 2006*. Budapest: Working Committee on Trace Elements of the Complex Committee, Hungarian Academy of Sciences (HAS) and Institute of Materials and Environmental Chemistry of the HAS, s. 467-471. Dostupné z: <http://www.cabdirect.org/abstracts/20073222359.html>
69. **TRÁVNÍČEK, J., I. HERZIG, KURSA, V. KROUPOVÁ a M. NAVRÁTILOVÁ** (2006a): Iodine content in raw milk. *Veterinární Medicína*. roč. 9, č. 51, 448-453.
70. **TRÁVNÍČEK, J. a V. KROUPOVÁ** (2009): Obsah jódu v mléce - ukazatel jeho příjmu. *Krmivářství*. č. 6, 28 - 30.

71. **TRÁVNÍČEK, J., V. KROUPOVÁ, O. HANUŠ, K. FIALA, J. ZELENÝ, R. KONEČNÝ a M. STAŇKOVÁ** (2011b): Nutnost kontinuálního sledování suplementace dojených krav jódem. *Veterinářství*, č. 61, s. 273-276.
72. **TRÁVNÍČEK, J. a J. KURSA** (2001): Iodine Concentration in Milk of Sheep and Goats from Farms in South Bohemia. *Acta Veterinaria Brno*. roč. 70, č. 1, s. 35-42. DOI: 10.5962/bhl.title.35746.
73. **TRÁVNÍČEK, Jan a Vlasta KROUPOVÁ** a kolektiv (2011a): *Optimalizace obsahu jodu v kravském mléce*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. ISBN 978-80-7394-328-8.
74. **URBAN, František** (1997): *Chov dojeného skotu: [reprodukce, odchov, management, technologie, výživa]*. Praha: Apros, 289 s., ISBN 80-901-1007-X.
75. **VÍTKOVÁ, Lucie** (2012): *Obsah jodu v mléce a moči dojnic* [online]. České Budějovice [cit. 2015-04-20]. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, fakulta zemědělská. Dostupné z: <http://theses.cz/id/2r233k/?lang=en;furl=%2Fid%2F2r233k%2F>.
76. **WEISS, W.P. a J.S. HOGAN** (2005): Effect of Selenium Source on Selenium Status, Neutrophil Function, and Response to Intramammary Endotoxin Challenge of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. roč. 88, č. 12, s. 4366-4374. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(05)73123-4. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030205731234>
77. **ZAMRAZIL, Václav** (2013): Rizika nadměrného přívodu jódu. In: *Zásobení jódem jako prevence tyreopatií a zdroje dietární expozice: X. konference u příležitosti Dne jódu*. Karviná: Státní zdravotní ústav Praha, s. 10-12.

9. Seznam použitých zkratk

ČR – Česká republika

DOVP – doplňková směs pro dojnice

DIT - diiodotyrosin

EFSA - Evropský úřad pro bezpečnost potravin

CHKO – Chráněná krajinná oblast

ICCIDD – International Council for Control of Deficiency Disorders

MIT - monojodotyrosin

NRC - National Research Council

SZÚ - Státní zdravotní ústav

T₃ - trijodtyronin

T₄ – tyroxin, tetrajodtyronin

TSH – tyreoidu stimulující hormon, tyreotropin

UNICEF - Dětský fond Organizace spojených národů

WHO – Světová zdravotnická organizace

USA – Spojené státy americké