

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4103 - Zootechnika

Studijní obor: Zootechnika

Katedra: Katedra veterinárních disciplín a kvality produktů

Vedoucí katedry: prof. Ing. Jan Trávníček, CSc.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

OBSAH JODU V MLÉCE A MOČI DOJNIC

IODINE CONTENT IN MILK AND URINE OF DAIRY COWS

Autor bakalářské práce:

Lucie Vítková

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Ing. Jan Trávníček, CSc.

České Budějovice

2012

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Fakulta zemědělská

Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Lucie BRATRŠOVSKÁ
Osobní číslo: Z09603
Studijní program: B4103 Zootechnika
Studijní obor: Zootechnika
Název tématu: Obsah jodu v mléce a moči dojnic
Zadávající katedra: Katedra veterinárních disciplin a kvality produktů

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

Cíl práce: Zpracování literárního přehledu o významu jodu a jeho obsahu v organizmu dojených krav a o faktorech ovlivňující jeho využití (vstřebávání, utilizaci, vylučování). Zpracování dynamiky obsahu jodu v mléce, moči, případně krevní plazmě dojnic v chovu dojených krav s definovaným obsahem jodu v krmné dávce.

Metodika: Z dostupných literárních údajů zpracujte přehled o významu jodu a o projevech jeho nedostatku nebo nadbytku. Uveďte údaje o jeho obsahu v tělních tekutinách skotu. Z výsledků obsahu jodu v mléce, moči a krevní plazmě dojnic vybraného chovu, zpracujte dynamiku jeho koncentrace v souvislosti se změnami jeho obsahu v krmné dávce. Zpracujte vzájemné vztahy mezi obsahem jodu v tělních tekutinách.

Výsledky: Tabulkové a grafické zpracování zjištěných údajů. Statistické zhodnocení vztahů obsahu jodu v mléce a moči, resp. krevní plazmě.

Diskuse: Shrnutí zjištěných údajů. Porovnání vlastních výsledků (obsahu jodu v tělních tekutinách) s literárními údaji. Zhodnocení příjmu jodu a jeho obsahu v tělních tekutinách. Zdůvodnění závislosti mezi obsahem jodu v moči, mléce a krevní plazmě. Vysvětlení nefyziologických stavů a nežádoucích odchylek.

Závěr: Přehledné shrnutí nejdůležitějších poznatků a doporučení vyplývajících z řešené problematiky

Seznam použité literatury: V abecedním řazení podle ČSN 01 01 97 Bibliografická citace.

Obsah: Uvedení stran jednotlivých kapitol práce.

Téma je součástí řešení projektu NAZV QH 81105.

Rozsah grafických prací:	10-15 stran (tabulky, grafy)
Rozsah pracovní zprávy:	30 stran textu
Forma zpracování bakalářské práce:	tištěná
Seznam odborné literatury:	viz příloha

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Jan Trávníček, CSc.
Katedra veterinárních disciplín a kvality produktů

Datum zadání bakalářské práce: 14. března 2011

Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2012


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.
děkan

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


prof. Ing. Jan Trávníček, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 14. března 2011

Příloha zadání bakalářské práce

Seznam odborné literatury:

- Jelínek, P., Koudela, K. et al.: Fyziologie hospodářských zvířat. MZLU Brno. 2003. 401 s.
- Kováč, G. et al.: Choroby hoveďzieho dobyťka. M&M vydavateľství, K amfiteátru 8, Prešov. 1. vydání. 2001. 874 s.
- Hofírek, B. et al.: Nemoci skotu. Česká buiatrická spoločnosť. Nakladateľství Noviko a.s.. 2009. 1149 s.
- Trávníček, J., Herzig, I., Kroupová, V., Pešinová, H., Richterová, J., Staňková M. (2009):
- Vývoj obsahu jódu v kravském mléce v České republice. Veterinářství, 59 (9): 558-560.
- Trávníček, J.; Herzig, I.; Kursá, J.; Kroupová, V.; Navrátilová, M. Iodine content in raw milk. Veterinární Medicína, 51, 2006(9): 448-453.
- Kursá, J., Kroupová, V., Kratochvíl, P., Trávníček, J., Jezdinský, P.: K diagnostice strumy skotu. Veterinářství, 46, 1996, (3): 90-96.
- Kursá, J., Kroupová, V., Trávníček, J., Kratochvíl, P., Herzig, I.: Pomozte řešit poruchy vyvolané nedostatkem jódu. Farmář 1998, (4):69-70.
- Kroupová, V.; Herzig, I.; Kursá, J.; Trávníček, J., Thér, R.: Saturace krav jodem v České republice. Veterinářství, 2001, 51(4):155-158.
- 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 atd..

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) fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG, provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne:

.....

Lucie Vítková

Děkuji prof. Ing. Janu Trávníčkovi, CSc. a pracovníkům laboratoře Katedry veterinárních disciplín a kvality produktů ZF JU v Českých Budějovicích za cenné rady a pomoc při zpracování bakalářské práce.

Dále děkuji své rodině a přátelům za podporu a trpělivost v průběhu této etapy mého života.

.....

Lucie Vítková

Bakalářská práce byla zpracována v rámci výzkumného projektu NAZV s názvem: Patofyziologické důsledky alimentárního přebytku jodu u skotu a ovcí, evidenční číslo QH 81105.

ABSTRAKT:

Práce přináší údaje o obsahu jodu v mléce, moči a krevní plazmě dojnic při podávání krmné dávky s různým množstvím a formou jodu. Do pokusu byla zařazena skupina 9-ti dojnic s různou užitkovostí z chovu v okrese Klatovy. Vzorky mléka, moči a plazmy byly odebírány od ledna do května 2011 v intervalu 3-4 týdnů. Obsah jodu byl stanoven spektrometricky po alkalickém spalování vzorku. Zdrojem jodu byly minerální krmné přísady Vitamix S7+ obsahující anorganický jod a UNI-SATURAN J s obsahem organického jodu. Při zkrmování krmné dávky obohacené pouze o anorganický jod v množství $80 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ MKP byl obsah jodu v mléce $33,07 \pm 31,13 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$, v moči $192,87 \pm 65,56 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ a v krevní plazmě $76,18 \pm 26,22 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$. Při zkrmování diety s přídavkem organické formy jodu v množství $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ MKP a nižším obsahem anorganického jodu ($40 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ MKP) byl jeho průměrný obsah v mléce $51,13 \pm 26,29 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$, v moči $221,20 \pm 137,65 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ a $83,13 \pm 44,24 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ v krevní plazmě. Nízký obsah jodu v mléce a zvýšený obsah jodu v moči svědčí o sníženém využití jodu v organizmu i při jeho optimálním příjmu. Uvedené stavy souvisí často s účinkem strumigenních látek. V krevní plazmě dosáhl jod fyziologické hodnoty.

Klíčová slova: jod, mléko, moč, krevní plazma, štítná žláza

ABSTRACT:

This paper provides data on the iodine content in milk, urine and blood plasma of dairy cows on feed rations with various amounts and forms of iodine. The experiment included a group of 9 cows with different milk yield of livestock in the Klatovy district. The samples of milk, urine and plasma were collected from January to May 2011 at intervals of 3-4 weeks. Iodine content was determined spectrometrically after alkali burning of the sample. Vitamix S7+ mineral feed additives with anorganic iodine content and UNI SATURAN J with content of organic iodine were used as the sources of iodine. When feeding rations fortified with only anorganic iodine in quantity of $80 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ mineral feed additives, the content of iodine in milk was $33.07 \pm 31.13 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$, in urine $192.87 \pm 65.56 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ and plasma $76.18 \pm 26.22 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$. When feeding diets with added organic forms of iodine

in quantities of $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ mineral feed additives and lower contents of inorganic iodine its average content in milk reached $51.13 \pm 26.29 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ in urine $221.20 \pm 137.65 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ and $83.13 \pm 44.24 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ in blood plasma. Low iodine content in milk and increased iodine content in urine indicate reduced use of iodine in the organism despite its optimum intake. These conditions are often associated with the effect of goitrogenic substances. Normal levels of iodine were reached in plasma.

Key words: iodine, milk, urine, blood plasma, thyroid gland

OBSAH

1	ÚVOD.....	12
2	LITERÁRNÍ PŘEHLED.....	13
2.1	FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ VLASTNOSTI JODU	13
2.2	VÝZNAM JODU	13
2.2.1	Funkce jodu v organismu	13
2.2.2	Potřeba jodu	14
2.2.3	Výskyt a zdroje jodu	14
2.3	METABOLISMUS JODU	17
2.4	VSTŘEBÁVÁNÍ A VYLUČOVÁNÍ JODU	19
2.5	OBSAH JODU V TĚLE	19
2.5.1	Jod v mléce a jeho vývoj v ČR	20
2.5.2	Jod v moči	22
2.6	PROJEVY NEÚMĚRNÉHO PŘÍJMU JODU	23
2.6.1	Nedostatek jodu.....	23
2.6.2	Nadbytek jodu	24
2.7	STRUMIGENNÍ LÁTKY.....	25
2.8	ŠTÍTNÁ ŽLÁZA	26
2.8.1	Stavba a funkce štítné žlázy	26
2.8.2	Poruchy funkce štítné žlázy	27
3	CÍL PRÁCE.....	29
4	MATERIÁL A METODIKA.....	30
4.1	CHARAKTERISTIKA POKUSNÝCH ZVÍŘAT (CHOVU)	30
4.2	SLOŽENÍ KRMNÉ DÁVKY	30
4.3	OBSAH JODU V DIETĚ	30
4.4	ODBĚR VZORKŮ	33
4.5	STANOVENÍ JODU V MLÉCE, MOČI A KREVNÍ PLAZMĚ	33
4.6	VYHODNOCENÍ	34
5	VÝSLEDKY	35
5.1	OBSAH JODU V MLÉCE	35

5.2	OBSAH JODU V MOČI.....	38
5.3	OBSAH JODU V KREVŇÍ PLAZMĚ.....	40
5.4	POROVNÁNÍ OBSAHU JODU V TĚLNÍCH TEKUTINÁCH.....	42
6	DISKUSE	43
7	ZÁVĚR.....	49
8	PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY.....	50
9	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	58
10	DATOVÉ PŘÍLOHY.....	59

1 ÚVOD

Význam jodu pro zdraví lidí i zvířat je předmětem studia mnoha národních i mezinárodních institucí. Jeho nezastupitelná úloha spočívá především ve správné funkci štítné žlázy, která produkuje hormony tyroxin a trijodtyronin ovlivňující látkový a energetický metabolismus. Pokud není jod přijímán v optimálním množství, dochází k poruchám zdravotního stavu a k charakteristickému zvětšení štítné žlázy označované termínem struma. U lidí může deficit jodu a následná hypofunkce štítné žlázy v průběhu časného vývoje způsobovat vážné onemocnění projevující se sníženým tělesným a duševním vývojem (ZAMRAZIL et al., 2007a).

Primární i sekundární nedostatek jodu představuje celosvětový problém. K oblastem s deficitem jodu a následným výskytem strumy v České republice patřily Českomoravská vysočina, Železná Hora, Sedlčansko, Českokrumlovsko, na Moravě Beskydy a Jeseníky (POHŮNKOVÁ a NĚMEC, 1988). Rizikovou skupinu osob ohroženou nedostatkem jodu představují především těhotné a kojící ženy, u nichž musí být zajištěn dostatečný přísun jodu nejen pro jejich samotný organismus, ale také pro vyvíjející se plod (RYŠAVÁ, 2007). Ohroženi jsou také vegetariáni a vegani u nichž je přísun jodu živočišnými zdroji značně nebo zcela omezen (AGERBO a ANDERSEN, 1997).

Od roku 1995 pracuje v ČR při Státním zdravotním ústavu v Praze Meziresortní komise pro řešení jodového deficitu (MKJD), která se zabývá problémy spojenými s nedostatkem i nadbytkem jodu v potravinách (RYŠAVÁ, 2007).

Nedostatek jodu se celosvětově řeší především jeho doplňkovým příjmem, a to zejména formou jodem obohacené kuchyňské soli, případně obohacováním potravin v průběhu jejich výroby (KROUPOVÁ et al., 1997). Velká pozornost je také věnována jeho suplementaci do krmiv hospodářských zvířat z hlediska jejich potřeby a zajištění dostatečného množství jodu v potravinách živočišného původu, především v mléce (TRÁVNÍČEK et al., 2009). Dlouhodobé sledování jeho saturace u dojených krav má význam pro zajištění optimálního příjmu jodu u obyvatel ČR (TRÁVNÍČEK et al., 2011a). Podle expertů WHO (Světová zdravotnická organizace) je v současné době v ČR příjem jodu dostatečný a jodový deficit považován za zvládnutý (RYŠAVÁ, 2007).

2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ VLASTNOSTI JODU

Jod je chemický prvek s atomovým číslem 53. Společně s fluorem, chlorem, bromem a astatem patří mezi halogeny, které se řadí do VII skupiny periodické soustavy prvků. Byl objeven v popelu z mořských chaluž roku 1811 průmyslovým chemikem Bernardem Curtoisem (VELIKÝ, 1964).

Jedná se o třpytivě černo-fialovou krystalickou pevnou látku s atomovou hmotností 126,905, teplotou varu 185 °C a teplotou tání 113,6 °C (GREENWOOD a EARNSHAW, 1993). Je jedovatý, leptavý, má charakteristický zápach a působí jako poměrně slabé oxidační činidlo. Už při pokojové teplotě dochází k jeho vypařování do ovzduší a páry způsobují záněty dýchacích cest a očí (PAVELKA a SCHÜTZ, 1974). Jod je málo rozpustný ve vodě, dobře se rozpouští v organických rozpouštědlech. Společně s fluorem má pouze jeden přirozený izotop a po chemické stránce je nejméně reaktivní ze skupiny halogenů (GREENWOOD a EARNSHAW, 1993). S kyslíkem nereaguje vůbec, s vodíkem pouze mírně. Slučuje se přímo s fluorem, chlorem a fosforem. Volný jod je možné prokázat pomocí škrobu, u kterého dochází v jeho přítomnosti k modrému zabarvení (PAVELKA a SCHÜTZ, 1974).

2.2 VÝZNAM JODU

2.2.1 Funkce jodu v organismu

Jod je stopovým prvkem, který se dostává do organismu v podobě jodidových iontů. Tyto ionty se rychle vstřebávají a jsou vychytávány štítnou žlázou. Ve štítné žláze vznikají za jejich účasti tyreoidní hormony thyroxin (T4) a trijodtyronin (T3), které jsou nezbytné pro činnost celé řady biochemických procesů v organismu. Jod má tedy zásadní význam pro fyziologickou funkci štítné žlázy (KURSA et al., 1996). Představuje životně důležitý prvek, jehož nedostatečný, ale i nadbytečný příjem ohrožuje normální funkce organismu (RUDOLFOVÁ et al., 2000).

2.2.2 Potřeba jodu

Požadavky organismu na množství jodu se liší v závislosti na kategorii zvířat, fázi reprodukčního cyklu, intenzitě metabolismu a laktaci (MILLER et al., 1975, LABUDA et al., 1982). Odlišné nároky jsou také u mláďat v období růstu, kdy jeho potřeba stoupá (JELÍNEK a KOUDELA et al., 2003).

Dle GRAHAMA (1991) by se měl denní příjem jodu u dojníc pohybovat v rozmezí 2–27 mg·kg⁻¹ na dojnici při jeho obsahu 0,2–2 mg·kg⁻¹ sušiny krmiva a průměrném příjmu 13 kg sušiny, zatímco SOMMER et al. (1994) doporučuje v krmné dávce (KD) pro dojnice 0,8 mg·kg⁻¹ sušiny krmiva, nebo 0,6 mg na kg produkovaného mléka. Také TRÁVNÍČEK et al. (2011a) doporučuje při průměrném příjmu 0,8 kg řepkového a 1,1 kg sojového šrotu na kus a den koncentraci jodu 0,8 mg·kg⁻¹ sušiny krmné dávky. Potřebu jodu pro jednotlivé kategorie skotu uvádí tabulka č. 1.

U lidí je doporučený příjem 150–200 µg jodu na den (LÍMANOVÁ et al., 1995).

Tab. č. 1: Doporučený obsah jodu v krmné dávce skotu (SOMMER et al., 1994)

Kategorie skotu	Obsah jodu v krmné dávce (mg·kg ⁻¹ sušiny krmiva)
Telata	0,4
Jalovice	0,8-1,0
Dojnice	0,8
Výkrm	0,5

2.2.3 Výskyt a zdroje jodu

Jod je esenciálním biologickým prvkem, který se dostává do organismu především alimentární cestou z krmné dávky a napájecí vody. V menší míře je přijímán dýcháním z ovzduší a z exogenních zdrojů - veterinárních a desinfekčních látek, které jód obsahují (TRÁVNÍČEK et al., 2011b). Na zemský povrch se jod dostává spádem a srážkami v přímé závislosti na množství srážek a nepřímé

závislosti na vzdálenosti od oceánů (FUGE, 2007). V přírodě se vyskytuje v malém množství, zejména ve formě nejrůznějších sloučenin (FERENČÍK et al., 2000). Na naší planetě se jeho množství odhaduje na několik miliard tun, přičemž zemská kůra obsahuje kolem $3 \cdot 10^{-5} \%$, půda asi $5 \cdot 10^{-5} \%$, a v atmosféře je zastoupen pouze nepatrně (VELIKÝ, 1964). Koloběh jodu v přírodě znázorňuje obrázek č. 1.

Jod v půdě a ve vodě

V půdě je jod poměrně silně vázán, přičemž vazebná schopnost půd je rozdílná dle druhu: u železitých a jílovitých je vysoká, u písčitých nízká. Jeho množství v půdním horizontu je nerovnoměrné a se vzrůstající hloubkou se obsah snižuje. Teprve v místě styku zemské kůry s magmatem dochází ke zvýšení jeho hladiny.

Srážkami a uvolňováním z půdy přechází jod do vodních toků (FUGE, 2007), kde jeho obsah kolísá a je ovlivněn geologickým podložím a vzdáleností od moře (VELIKÝ, 1964). TRÁVNÍČEK et al., (2012) zjistili ve srážkové vodě odebrané v několika oblastech jižních Čech obsah jodu od 0,59 do 5,69 $\mu\text{g jodu l}^{-1}$, přičemž nejméně zjistili ve vodě z oblasti Šumavy. V povrchové tekoucí vodě (voda z toku řeky Blanice) byl v roce 2009 zjištěn obsah jodu $1,89 \pm 0,38 \mu\text{g l}^{-1}$ (ŠEDA et al., 2011) a v půdě z chráněné krajinné oblasti (CHKO) Šumava 3,89 až 5,2 mg kg^{-1} suché půdy (TRÁVNÍČEK et al., 2012).

Ve vysoké koncentraci se jod nachází v mořské vodě stejně jako v mořských organismech (LÍMANOVÁ et al., 1995). V oceánech se jod uvolňuje ze sedimentů dna a jeho průměrná koncentrace se zde pohybuje mezi 50-60 $\mu\text{g dm}^{-3}$ (TAGAMI a UCHIDA, 2006).

Jod v rostlinách

Do rostlin přechází jod z okolního vzduchu, ale i kořenovým systémem z půdy (FUGE, 2007). Jeho obsah v rostlinách kolísá od nepatrného množství do 0,50–0,90 mg kg^{-1} . Koncentrace je vyšší u mladých rostlin a v mořských dosahuje dokonce až 900 mg kg^{-1} (LABUDA et al., 1982).

V roce 2011 zjistil TRÁVNÍČEK (2012) průměrný obsah jodu v travách $340 \pm 177,1$ a v bylinách $200,3 \pm 76,6$ $\mu\text{g/kg}$ 100% sušiny. Přitom nejvíce jodu obsahovaly vzorky v červnu a nejméně v září.

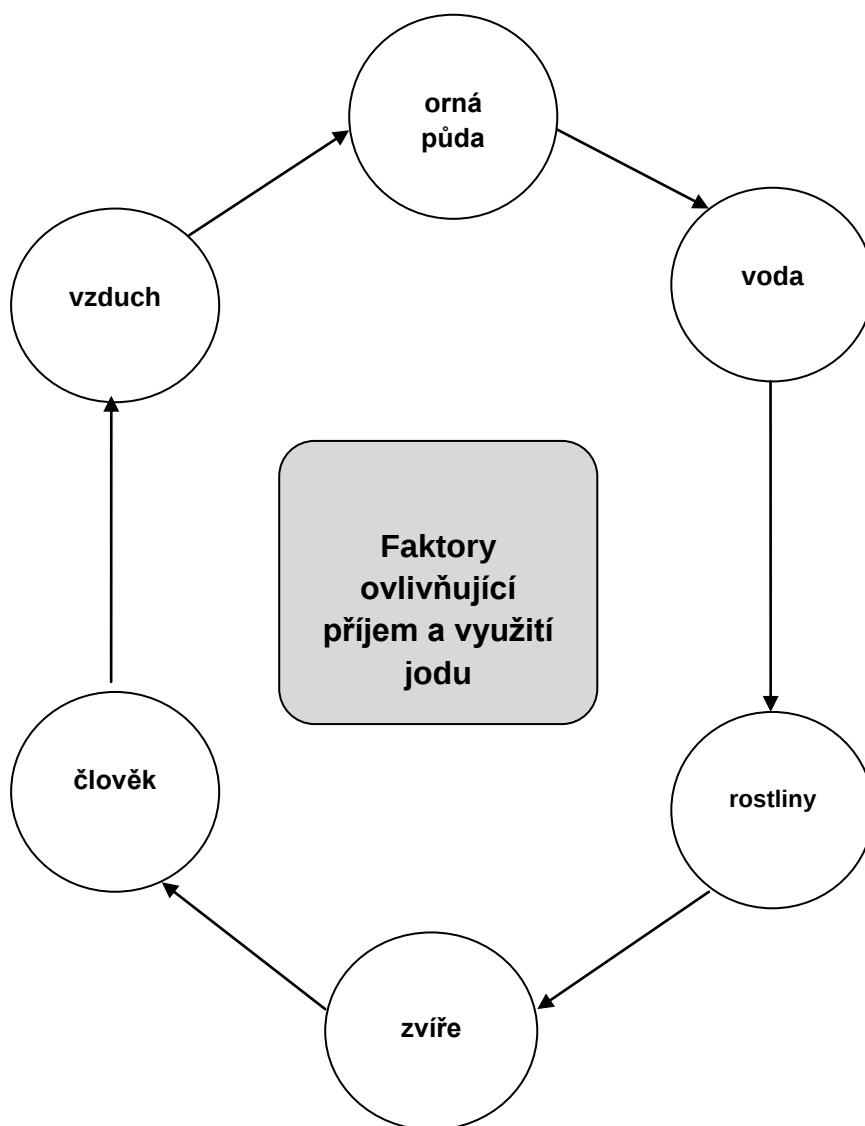
Jod v krmivech a minerálních doplňcích

Obecně v důsledku geografické lokalizace obsahují krmiva vyrobená v České Republice velmi nízké množství jodu (OLIVERIUSOVÁ 1997, HERZIG et al., 1996). V objemných krmivech koncentrace kolísá mezi $0,1\text{--}0,9$ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny (McDOWELL, 1992) a je ovlivněna klimatickými faktory a dobou sklizně, způsobující významné rozdíly mezi jednotlivými roky (TRÁVNÍČEK et al., 2004). V seně a silážovaných krmivech je koncentrace jodu vyšší než v zelené hmotě v důsledku ztráty vody během skladování (HERZIG a SUCHÝ, 1996).

Protože je přirozený příjem jodu v ČR nedostatečný, musí být krmné dávky jodem suplementovány (KURSA et al., 1994). Za povolené formy suplementace se považuje jodid draselný, jodičnan vápenatý bezvodý, jodičnan vápenatý hexahydrát, jodičnan vápenatý monohydrát a jodované nasycené mastné kyseliny (ČERMÁK et al., 2000). TRÁVNÍČEK et al. (2009) uvádí obsah jodu v premixech, minerálních krmných přísadách (MKP) a jiných minerálních doplňcích, které se uplatňují na trhu v ČR od 20 až do 1800 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Ostatní zdroje jodu

Jako významný zdroj jodu pro člověka se v poslední době uplatňují potraviny živočišného původu, zejména mléko a mléčné výrobky, přičemž obsah jodu v kravském mléce je přímo závislý na jeho příjmu krmnou dávkou (TRÁVNÍČEK et al., 2009). Dalším zdrojem jodu je také jeho těžba a izolace z minerálních ložisek, která nahradila těžbu tohoto prvku z kalcinovaných mořských řas. Největším světovým producentem jodu je Japonsko, kde se jod nachází především v podzemních slaných jezerech a bažinách (GREENWOOD a EARNSHAW, 1993).

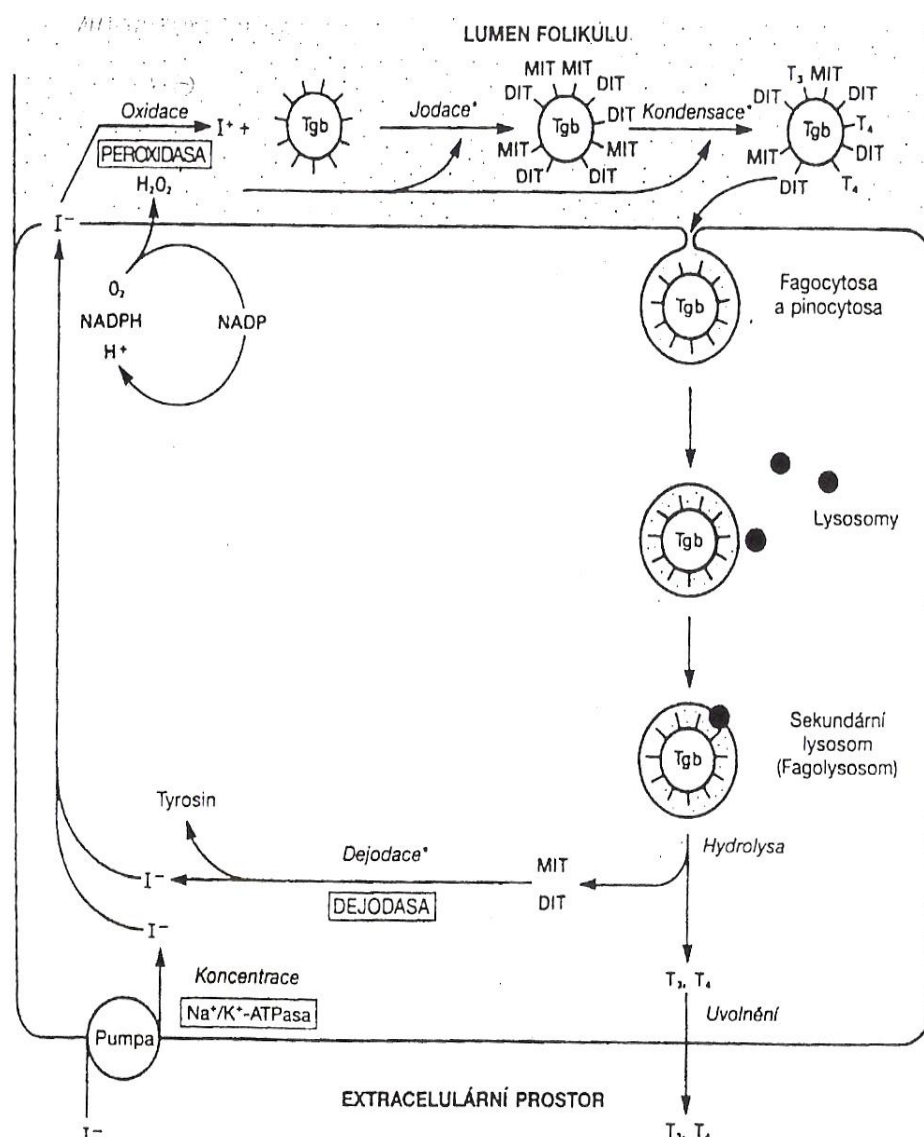


Obr. č. 1: Schéma koloběhu jodu (KURSA et al., 1994)

2.3 METABOLISMUS JODU

Metabolismus jodu (obr. č. 2) sestává z několika kroků. Prvním krokem je koncentrace jodidu, kdy štítná žláza s dalšími epitelovými tkáněmi jako mléčná žláza, chorion, žaludek a slinné žlázy koncentruje jod proti silnému elektrochemickému gradientu. Tento proces je energeticky náročný a je spojen s Na^+/K^+ pumpou, která je závislá na enzymu adenosintrifosfatáze (ATPase). Aktivitu této pumpy odráží poměr jodidu ve štítné žláze k jodidu v séru (T:S poměr). Dalším krokem je oxidace jodidu, které se účastní enzym peroxidasa obsahující hem. Tato oxidace probíhá na povrchu folikulárních buněk, přičemž štítná žláza jako

jediná tkáň může oxidovat jod do vyššího oxidačního stupně, což je velmi důležité v biosynthese hormonů štítné žlázy. Třetí fáze se označuje jako jodace tyrosinu, kdy dochází k reakci mezi oxidovaným jodem a tyrosylowymi zbytky. Jakmile k této fázi dojde, jod již volně štítnou žlázu neopouští. Posledním krokem je kondensace jodtyrosylů, která je charakteristická spojením buď dvou molekul diiodtyrosinu (DIT) za vzniku T_4 nebo jedné molekuly monojodtyrosinu (MIT) a jedné molekuly DIT za vzniku T_3 (GRANNER et al., 1998). Všechny tyto kroky stimuluje tyreotropin (TSH) (JELÍNEK a KOUDELA et al., 2003).



Obr. č. 2: Metabolismus jodidu v tyreoidálním folikulu (GRANNER, 1998)

2.4 VSTŘEBÁVÁNÍ A VYLUČOVÁNÍ JODU

Pro získávání, zadržování a konverzi jodu do vhodné formy se vyvinul komplexní mechanismus (GRANNER et al., 1998). Jeho homeostáza je dána činností štítné žlázy, nasycením organismu jodem, mírou jeho resorpce a exkrece (JELÍNEK a KOUDELA et al., 2003).

Jod je v organismu vstřebáván ve formě jodidů, na které se redukuje po vstupu do organismu (KUDRNA et al., 1998). Vyznačuje se poměrně vysokým resorpčním potenciálem (HERZIG et al., 1999). Úroveň jeho vstřebávání negativně ovlivňuje působení řady látek, tzv. strumigenů, stejně jako nadbytek vápníku, draslíku a některých kovů v krmné dávce zvířat. Jod se snadno resorbuje v celém úseku trávicího ústrojí, nejvíce však v tenkém střevě. Vstřebává se také kůží, plícemi a u přežvýkavců i v předžaludcích. Vstřebaný jod je rychle vychytán štítnou žlázou na bazální membráně folikulárních buněk a je koncentrován ve štítné žláze (JELÍNEK a KOUDELA et al., 2003).

Vylučování jodu probíhá především ledvinami, v menší míře slinami, žlučí, potem, střevní a žaludeční šťávou (JELÍNEK a KOUDELA et al., 2003). Podle LAMBERGA (1993) se močí z organismu vyloučí až 90 % přebytku jodu. U laktujících zvířat se značné množství jodu vylučuje také mlékem (TRÁVNÍČEK et al., 2009). Podle BOBKA (1998) přechází do mléka průměrně 8-10 % přijatého jodu.

Podle GRANNERA et al. (1998) se množství jodu, které opouští štítnou žlázu za klidových podmínek, rovná množství, které do žlázy vstoupilo.

2.5 OBSAH JODU V TĚLE

Obsah jodu v organismu závisí především na množství jeho příjmu (ČERMÁK et al., 2000). Například TRÁVNÍČEK et al. (2010) uvádí při zvýšení příjmu jodu v krmné dávce bahnic z 0,7 na 1,3 mg·kg⁻¹sušiny krmné dávky jeho výrazný vzestup v mléce (z 83,1 na 123,9 µg·l⁻¹).

Jod se v různé koncentraci vyskytuje ve všech buňkách, tkáních a tekutinách organismu. Z celkového množství v těle se 80 % nachází ve štítné žláze, 10–15 % ve svalovině a zbytek v kůži, skeletu a ostatních orgánech. Ve velmi malé koncentraci se jod nachází v krvi stejně jako v krevní plazmě (JELÍNEK a KOUDELA et al.,

2003). Ve štítné žláze jatečných krav stanovili PEKSA et al. (2011) $1463,4 \pm 940,9$ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, ve svalovině jatečné drůbeže uvádí HERZIG et al. (2007) $28,5 \pm 14,84$ $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Podle SOVY et al. (1990) se jeho množství v těle pohybuje mezi 0,3-0,7 mg na 1kg živé hmotnosti, zatímco JELÍNEK a KOUDELA et al. (2003) uvádí jeho obsah 50-200 μg na 1kg živé hmotnosti.

2.5.1 Jod v mléce a jeho vývoj v ČR

Mléko jako významný zdroj jodu v lidské výživě, je jedním z mála živočišných produktů, který je možné použít bez dalšího zpracování k přímé konzumaci (DOLEŽAL et al., 2000). Množství jodu v mléce je poměrně vysoké (JELÍNEK a KOUDELA et al., 2003), ale podle DRBOHLAVA a VODIČKOVÉ (2001) je vysoká i jeho variabilita obsahu.

Podle TRÁVNÍČKA et al., (2011a) by se jod v mléce měl optimálně pohybovat mezi 100-200 $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ a podle KURSY et al. (2005) mezi 80-250 $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$. Podle TRÁVNÍČKA et al. (2011a) hodnoty jodu mezi 50-80 $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ představují nízký příjem a pokles obsahu pod 20 $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ je považován za hluboký jodový deficit. Naopak mléko s koncentrací jodu nad 250 $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ odráží různý stupeň jeho nevhodného nadbytku (TRÁVNÍČEK et al., 2011a).

Množství jodu v mléce je v České republice systematicky sledováno od roku 1980. V letech 1982-1988 byl příjem jodu u dojnic doplňován MKP a samostatný zdroj představovali prostředky používané k desinfekci mléčné žlázy. Přesto byla zjištěna průměrná koncentrace v mléce pouze 54 $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$, která poukazovala na jeho nedostatek. V letech 1988-1996 došlo k prohloubení tohoto nedostatku v důsledku omezení suplementace jodu do MKP (KURSA et al., 1996). Také v roce 1997 potvrdil plošný monitoring saturace krav jodem riziko jeho deficitu, zejména v chovech s nízkým výskytem přirozených zdrojů jodu. U těchto chovů klesla průměrná hodnota jodu v mléce pod 20 $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ (KROUPOVÁ et al., 2001).

Odezvou na tuto skutečnost byla rychlá suplementace jodu do krmných dávek dojnic prostřednictvím MKP a premixů s vyšším obsahem jodu. Následkem toho došlo po roce 1999 k výraznému zvýšení jeho koncentrace v mléce (KROUPOVÁ et al., 2001), přičemž mezi lety 1999-2003 dosáhl průměrný obsah 129-310 $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$.

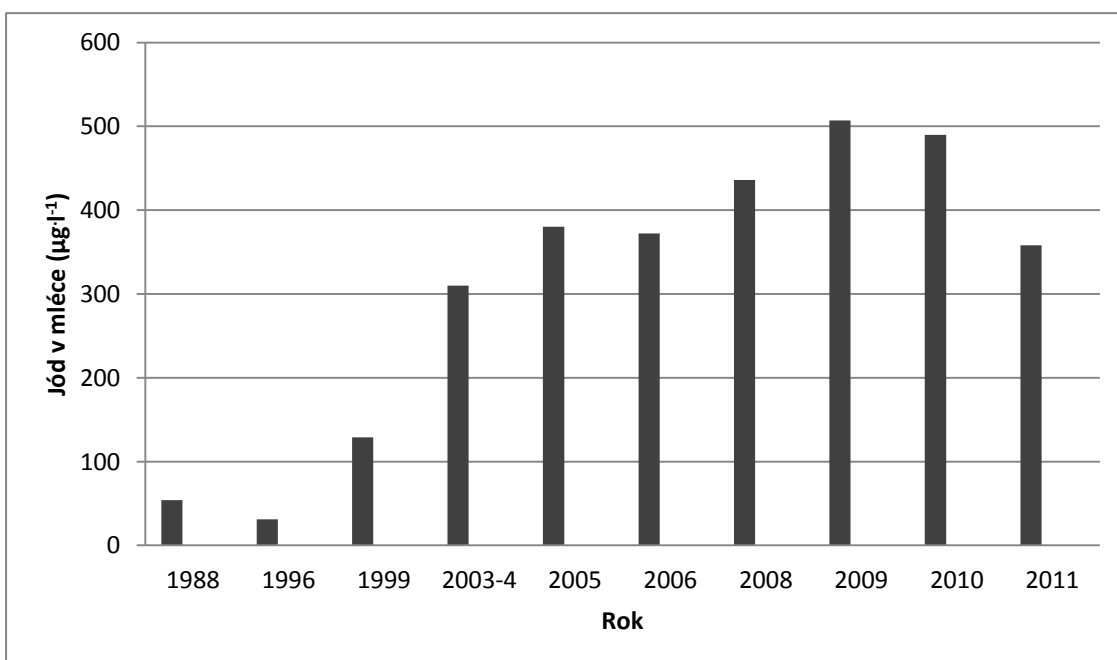
Zvyšující se hodnoty jodu upozorňovaly na jeho neregulovaný růst (TRÁVNÍČEK et al., 2011b).

Vzhledem k dřívější zkušenosti s jeho nedostatkem byl nadbytek jodu do roku 2003 hodnocen jako významný faktor řešení jodového deficitu u obyvatel České republiky (KROUPOVÁ et al., 2001). TRÁVNÍČEK et al., (2011a) uvedl v souvislosti s nadbytkem jodu v mléce, zvýšené riziko jeho vzestupu používáním MKP s obsahem až 400 mg jodu v kg a premixů s obsahem 4000 mg v kg.

V období 2003-2011 (graf č. 1) byli zjištěny průměrné hodnoty jodu v kravském mléce přesahující $300 \mu\text{g l}^{-1}$, což je z hlediska zátěže dojnic a konzumentů mléka považováno za nežádoucí (TRÁVNÍČEK et al., 2011b). Tato situace nemusí být způsobena pouze chybnou manipulací s minerálními doplňky, ale také nedostatečnou vyvážeností krmiva či nesprávným používáním dezinfekčních prostředků obsahujících jod (KURSA et al., 2005, HERZIG et al., 1999).

Z důvodu rizika nadbytečného příjmu jodu mlékem a mléčnými výrobky, došlo nařízením Komise Evropského společenství č. 1459/2005 v kompletní KD pro dojnice ke snížení maximálního povoleného obsahu jodu z 10 mg kg^{-1} na 5 mg kg^{-1} krmiva o sušině 88 % (SOMMER et al., 1994).

Graf č. 1: Vývoj obsahu jodu ($\mu\text{g l}^{-1}$) v syrovém kravském mléce v České republice v letech 2003-2011 (TRÁVNÍČEK et al., 2011b)



2.5.2 Jod v moči

Hladina jodu v moči (jodurie) poukazuje na jeho množství v organismu (HERZIG et al., 1996). Podle TRÁVNÍČKA (2000), který cituje PÍCHU a PÍCHOVOU (1966), je obsah jodu vylučovaný močí v přímém vztahu k obsahu jodu přijímaného potravou. LANGER (1991) uvádí, že se této skutečnosti využívá ke sledování úrovně jeho příjmu především v lidské populaci. Vlivem příjmu jodu v krmné dávce na jeho hladinu v moči se zabývali například HERZIG et al. (1996), kteří u dojníc při podávání KD bez doplňku jodu zjistili jeho průměrnou koncentraci v moči pouze $52 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ a po obohacení krmiva jodem hodnoty vzrostly na $316 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Tento vliv potvrzují také údaje TRÁVNÍČKA et al. (2011b), kteří při zajištění potřeby jodu z 137,2 % zaznamenali jeho hladinu v moči $442,5 \pm 282 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ a pokud byla potřeba kryta pouze z 50,4 %, klesl obsah na $23,5 \pm 6,9 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$. Poměr mezi jodem přijatým a jodem vyloučeným močí může být narušen některými sloučeninami, například strumigeny (TRÁVNÍČEK, 2000).

Množství jodu vyloučené močí by mělo být podle normy ICCIDD (International Council for Control of Iodine Deficiency Disorders) vyšší než $100 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, přičemž nižší hladina je považována za signál jeho nedostatku (BOBEK, 1998). HERZIG et al. (1996) uvádí, že v 90. letech byl zjištěn na základě provedené jodurie v jednotlivých regionech České republiky nedostatek jodu u 70 % zvířat.

U lidí je za optimální koncentraci jodu v moči považováno rozmezí $100\text{--}300 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, přičemž hodnoty pod $100 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ odrážejí různý stupeň jodopenie (nedostatek jodu) a hodnoty nad $300 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ jsou projevem jodového nadbytku (ZAMRAZIL et al., 2007a). Hodnocení jodurie člověka uvádí tabulka č. 2.

Tab. č. 2: Hodnocení obsahu jodu v moči člověka (ZAMRAZIL et al., 2007a)

obsah jodu v moči ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	hodnocení	dopad na zdravotní stav
nad 300	nadbytek	tyreotoxikózy, autoimunní choroby
100-300	normální saturace	žádný
50-99	lehká jodopenie	struma, poruchy vývoje
20-49	závažná jodopenie	struma, hypotyreóza
pod 20	těžká jodopenie	všechny výše uvedené +kretenismus

2.6 PROJEVY NEÚMĚRNÉHO PŘÍJMU JODU

2.6.1 Nedostatek jodu

Nedostatečný příjem jodu má za následek nedostatečnou tvorbu hormonů štítné žlázy vedoucí ke snížení metabolických pochodů v těle (McDOWELL, 1992). Během nitroděložního vývoje vede k celkovým poruchám diferenciací a růstu projevující se ve vývoji centrální nervové soustavy (CNS) a skeletu (ZAMRAZIL a ČEŘOVSKÁ, 2000). Kromě toho vyvolává nedostatek jodu řadu dalších poruch, zejména reprodukce a produkce (JELÍNEK a KOUDELA et al., 2003). BOŇA et al., (1972) uvádí, že příčinou deficitu jodu je nejen jeho nedostatečný příjem, ale také vliv některých složek v krmné dávce, které porušují jeho využití štítnou žlázou nebo kladou abnormální požadavky na její funkci.

Charakteristickým projevem nedostatku jodu je struma neboli zvětšení štítné žlázy, které se nejčastěji vyskytuje u mladých a rostoucích zvířat (McDOWELL, 1992). Struma je snahou organismu vyrovnat sníženou produkci tyreoidálních hormonů a vyznačuje se zvýšením hladiny hormonu TSH a množstvím počtu buněk samotné štítné žlázy (FERENČÍK et al., 2000, GRANNER et al., 1998). Například v letech 1988-1994 zaznamenali KURSA et al. (1996) v 25 chovech dojníc 27 %ní výskyt strumy u telat různého stupně.

V lidské populaci způsobuje nedostatek jodu řadu zdravotních problémů jako poruchy psychosomatického a sexuálního vývoje, poruchy fertility, novorozeneckou a kojeneckou morbiditu a zvýšený výskyt vrozených vývojových vad. U lidí byl nedostatek jodu v předchozích letech celosvětovým problémem (ZAMRAZIL a ČEŘOVSKÁ, 2000). Například v roce 1999 uvedli ŘEHŮŘKOVÁ et al. (1999), že nedostatkem jodu trpělo v ČR až 50 % populace. Důvodem byl nízký výskyt jeho přirozených zdrojů, nízká konzumace mořských organismů a nedůsledná spotřeba kuchyňské soli. Na počátku padesátých let byla pro zvýšení jeho příjmu zavedena jodizace jedlé soli, která představovala její obohacení o kalium jodatum v dávce 25 mg·kg⁻¹ (LÍMANOVÁ et al., 1995). V roce 2007 byl podle RYŠAVÉ (2007) příjem jódu u obyvatel ČR dostatečný a u některých věkových skupin dokonce až nadbytečný.

2.6.2 Nadbytek jodu

Jod přijatý do organismu je celkem snadno vylučován močí, proto je jeho nadbytek poměrně dobře tolerován (JELÍNEK a KOUDELA et al., 2003). Zvýšený příjem jodu ovlivňuje především funkci štítné žlázy (ZAMRAZIL et al., 2007b). STRÁNSKÝ a RYŠAVÁ (1997) uvádí, že zdravá štítná žláza má řadu mechanismů regulujících jeho obsah. Pokud je přísun jodu enormně vysoký, může vyvolat poruchy zdravotního stavu, související s hyperfunkcí štítné žlázy (JELÍNEK a KOUDELA et al., 2003). Vnímavost jednotlivých druhů zvířat není stejná a liší se i v populaci stejného druhu (FISH a SWANSON, 1982).

Nadbytek jodu je způsoben převážně nesprávnou manipulací s minerálními krmnými doplňky a jeho záměrnou dotací do krmiva (NEWTON a CLAWSON 1974). Dalším faktorem je nevhodné používání desinfekčních prostředků obsahujících jod, což se projeví většinou jeho vysokou hladinou v mléce (TRÁVNÍČEK et al., 2011b). Vysoký příjem jodu způsobuje jodismus (otravu), projevující se rozmanitými příznaky, nejčastěji nechutenstvím, skleslostí, postižením dýchacího aparátu, hypertermií, poruchami plodnosti a rozením málo životaschopných mláďat s nízkou porodní hmotností. U skotu je často pozorován výtok z očí a nozder, zánět kůže a vypadávání srsti. V nejzávažnějších případech

dochází k úhynu (PAULÍKOVÁ et al., 2002). Podle BAKERA (2004) souvisí nadbytek jodu také s chronickým zánětem mléčné žlázy.

2.7 STRUMIGENNÍ LÁTKY

Jako strumigenní jsou označovány látky různého chemického složení, které omezují využití jodu v organismu (KALAČ a MÍKA, 1997). Mezi tyto látky patří dusičnany, dusitany, glukosinoláty, kyanogenní glykosidy, huminové látky, izoflavony, thiokyanáty, chloristany a chlorečnany (JELÍNEK a KOUDELA et al., 2003; TRÁVNÍČEK et al., 2011b).

Pro savce a ptáky jsou strumigenní některé štěpné produkty glukosinolátů, především nitrily, isothiokyanáty, thiokyanáty a oxazolidinthiony. Jejich příjem zvyšuje činnost štítné žlázy a snižuje hladinu tyreoidních hormonů cirkulujících v krvi. Rozsah těchto změn závislý na tom v jakém množství jsou tyto látky přijímány, jakého jsou složení a jak dlouho působí (KALAČ a MÍKA, 1997).

Glukosinoláty snižují obsah jodu v mléce (PAILAN a SINGHAL, 2007). Na rozdíl od thiokyanátových iontů je jejich působení nevratné a nelze jej kompenzovat zvýšenou suplementací jodu (TRÁVNÍČEK et al., 2011b). Pokud jsou přijímány dlouhodoběji, dochází k hypertrofii štítné žlázy, přičemž se její hmotnost zvyšuje dvakrát až pětkrát. Naopak při jejich nízkém příjmu se zvětšují buňky folikulárního epitelu a vzniká napěněná cytoplazma. Tyto histologické změny štítné žlázy jsou doprovázeny změnami v její funkci: snižuje se množství zachyceného jodu štítnou žlázou, narušuje se tvorba tyroxinu, klesá hladina T3 a T4 a zvyšuje se aktivita štítné žlázy (KALAČ a MÍKA, 1997). Podle TRIPATHI a MISHRA (2007) jsou na glukosinoláty méně citliví přežvýkavci.

Některé strumigeny jako thiokyanáty a dusičnany zvyšují vylučování jodu ledvinami na úkor mléčné žlázy, což je nutné respektovat v případě využití koncentrace jodu v mléce jako ukazatele úrovně jeho příjmu (LAURBERG et al., 2002). Riziko vyššího příjmu dusičnanů a glukosinolátů se uplatňuje při obohacování krmných směsí o řepkové a sojové pokrutiny ve vysokoprodukčních chovech dojených krav (TRÁVNÍČEK et al., 2011b).

Experimenty se strumigeny provedli například TRÁVNÍČEK et al., (2001), kteří zjistili u bahnic při podávání krmné dávky s obsahem 4 g dusičnanů a 4,2 mmol

glukosinolátů, obsah jodu v mléce pouze $26,1 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, což je považováno za projev jeho hluboké karence. Po obohacení stejné krmné dávky o $25 \mu\text{g}$ jodu, vzrostla jeho koncentrace v mléce na $198,2 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. TŘINÁCTÝ et al. (2001) provedli u krav pokus se zkrmováním diety převyšující 2,5x potřebu jodu a obsahující 270 g řepkový extrahovaný šrot (ŘEŠ) jako nositele strumigenních glukosinolátů. Obsah jodu v mléce dosáhl fyziologické hodnoty $209,4 \pm 145,3 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$.

2.8 ŠTÍTNÁ ŽLÁZA

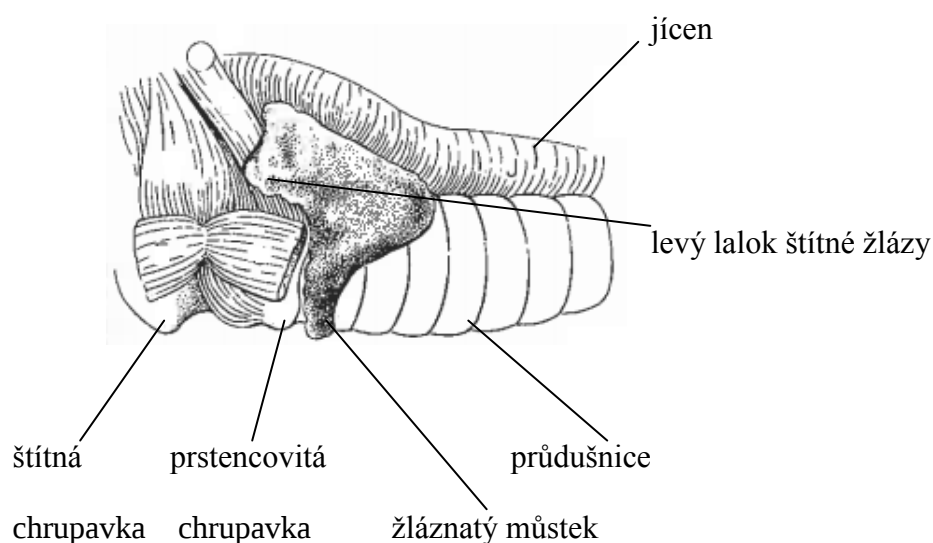
2.8.1 Stavba a funkce štítné žlázy

Štítná žláza patří fylogeneticky k největším endokrinním žlázám výše postavených živočichů. Je jedinou endokrinní žlázou, která svůj sekreční produkt uchovává ve velkém množství (JELÍNEK a KOUDELA et al., 2003). Vyskytuje se u všech obratlovců, od ryb až po savce (SOVA et al., 1981).

U většiny savců je tvořena dvěma laloky, které se nachází na obou stranách hltanu, spojené prostřednictvím můstku. U skotu (obr. č. 3) jsou tyto laloky výrazně vyvinuté a na povrchu laločnaté (JELÍNEK F. a JELÍNEK K., 2003). U koně dosahují velikosti vlašského ořechu a u prasete tvoří kompaktní pruh. Žláza má červenohnědou barvu, tuhou konzistenci a je obalena vazivových pouzdrem (SOVA et al., 1981). U člověka dosahuje hmotnosti asi 25g, u hovězího dobytka 10-15g, u prasat 7-8g a u ovcí asi 4-5g (FERENČÍK et al., 2000). Její velikost je ovlivněna fyziologickými procesy v organismu, výživou, teplotními podmínkami, ročním obdobím, věkem a příjmem jodu. Neobyčejně bohaté je její krevní zásobení, stejně jako inervace (JELÍNEK a KOUDELA et al., 2003).

Histologicky je štítná žláza složena z folikulů rozmanité velikosti a tvaru, které jsou vystlané jednou vrstvou epiteliálních buněk, tzv. folikulární buňky (HORKÝ a TICHÝ, 2004). Tyto folikuly jsou vyplněny koloidem, jehož konzistence závisí na funkční aktivitě orgánu. Koloid je tvořen glykoproteinem tyreoglobulinem, který se podílí na formování vlastních hormonů štítné žlázy (SLÁDEK, 2000). Součástí štítné žlázy jsou také buňky parafolikulární nacházející se buď jednotlivě, nebo v malých skupinách, popřípadě i mezi buňkami folikulárními (JELÍNEK F. a JELÍNEK K., 2003).

Ve štítné žláze se tvoří tři základní hormony: tyroxin (T4), trijodtyronin (T3) a kalcitonin (tyreokalcitonin). T3 a T4 mají především metabolický efekt. Zvyšují bazální metabolismus, urychlují vstřebávání glukózy a katabolismus tuků, zrychlují srdeční frekvenci, stimulují krev tvorbu a tvorbu mléka a působí vazodilatačně na drobné cévy a krevní vlasečnice. Kromě toho ovlivňují CNS, pigmentaci kůže a tvorbu somatostatinu (JELÍNEK a KOUDELA et al., 2003). Kalcitonin je produktem parafolikulárních buněk. Jeho funkce spočívá především v udržování homeostázy vápníku v kostře (FERENČÍK et al., 2000).



Obr. č. 3: Štítná žláza skotu (ČERVENÝ et al., 1999)

2.8.2 Poruchy funkce štítné žlázy

Nemoci štítné žlázy patří k nejčastějším postižením endokrinního systému. Vznikají převážně z nedostatku jodu a působením autoimunitních mechanismů. K nejvýznamnější patří hypotyreosa a hypertyreosa neboli snížená a zvýšená funkce štítné žlázy (GRANNER et al., 1998).

Při hypotyreose dochází ke snížené sekreci tyreoidálních hormonů vedoucí ke snížení bazálního metabolismu a ostatních funkcí, které jsou na těchto hormonech závislé (ZAMRAZIL et al., 2007b). Onemocnění se projevuje zpomalením srdeční frekvence, sníženou teplotou, spavostí, zácpou, suchou kůží a citlivostí na chlad (GRANNER et al., 1998). Dochází k zvýšenému zadržování vody v těle, především

v podkoží, což způsobuje vznik specifických otoků - myxedémů (JELÍNEK a KOUDELA et al., 2003). U mladých zvířat vede hypotyreosa k omezení růstu, vypadávání srsti, oslabení reflexů, poruchám vývoje a funkce CNS (BOĎA et al., 1972).

Naopak při hypertyreóze nebo-li tyreotoxikóze se hormony štítné žlázy tvoří v nadměrném množství. Jedná se o vážné, život ohrožující onemocnění, jehož mortalita se pohybuje mezi 5 -20 %. Tyreotoxikóza se vyskytuje pouze v malé míře a obecně se udává její výskyt mezi 0,2-0,5 % celkové populace (ZAMRAZIL et al., 2007b). Příčin vzniku této nemoci je mnoho. Většina případů je důsledkem Gravesovy nemoci (v Evropě též nazývána Basedowova nemoc), která postihuje především člověka, ale také skot, ovce a psi. Mezi hlavní příznaky hypertyreosy patří zrychlená srdeční frekvence, nervozita, nespavost, slabost, nadměrné pocení a citlivost na horko (GRANNER et al., 1998). Dochází k urychlení glykogenolýzy v játrech a postižení jedinci nápadně hubnou i při dostatečné výživě. Typický je také exoftalmus, projevující se vyboulením očí (JELÍNEK a KOUDELA et al., 2003).

3 CÍL PRÁCE

Cílem mé bakalářské práce s názvem „Obsah jodu v mléce a moči dojnic“ bylo posoudit vliv zkrmování odlišného množství a formy jodu na jeho využití u dojených krav. Účinek diety byl hodnocen podle obsahu jodu v mléce, moči a krevní plazmě.

4 MATERIÁL A METODIKA

Obsah jodu v tělních tekutinách dojníc byl sledován od ledna 2011 do května 2011. Vlastní pokusné období s podáváním krmné dávky upravené o množství a formu jodu probíhalo od února 2011 do května 2011.

4.1 CHARAKTERISTIKA POKUSNÝCH ZVÍŘAT (CHOVU)

Pokus se zkrmováním diety s odlišným množstvím a formou jodu probíhal na skupině dojníc chovu dojených krav farmy dislokované v okrese Klatovy.

Jednalo se o rekonstruovanou volnou roštovou stáj s krmištěm a matracovými postýlkami. Dojnice byly dojeny robotem firmy De - Laval s kapacitou 60-70 ks dojníc. Krávy stojící nasucho byly volně na pastvině. Příprava na porod probíhala v samostatné stáji s hlubokou podestýlkou.

V chovu probíhalo převodné křížení krav plemene ČESTR plemenem holštýn. Podíl holštýnské krve byl odhadem 60 %. Za kontrolní rok 2009/2010 byla průměrná užitkovost ve stádě dojníc 6672 l mléka za normovanou laktaci s průměrným obsahem tuku 3,92 % a bílkovin 3,52 %. Na začátku pokusu byla průměrná denní dojivost sledovaných dojníc $29,75 \pm 6,51$ litrů na dojnici.

4.2 SLOŽENÍ KRMNÉ DÁVKY

Krmná dávka byla celoročně stabilní (monodieta) z konzervovaných krmiv, postavená na travních a jetelotravních senážích. Při dojení byla v robotu přidávána ještě další dávka jádra podle užitkovosti. Směs měla specifickou recepturu na objednávku (řepkový a sojový extrahovaný šrot, pšenice, kukuřice, sůl). Dávka v robotu nepřesahovala 2,5 kg na den.

4.3 OBSAH JODU V DIETĚ

Před změnou množství a formy jodu (leden 2011) obsahovala krmná dávka dojníc anorganický jod ve formě kalium iodatum (KI) v množství přibližně 29,5 mg jodu. Na celkovém obsahu jodu se objemná složka krmné dávky podílela 4-5 mg. Minerální krmná přísada Vitamix S7 Plus s obsahem 80 mg I.kg^{-1} , která se podávala

v množství 300 g se podílela 24 mg jodu. Obsah jodu v jednotlivých složkách krmné dávky uvádí tabulka č. 3.

Na začátku pokusného období (únor 2011) došlo k úpravě obsahu jodu v minerální krmné přísadě, ve které se anorganický jod (KI) snížil na 40 mg v 1 kg a do KD se doplnil jod v organické podobě prostřednictvím přípravku UNISATURAN J v množství 1 mg organického jodu na 1 kg MKP. Objemná složka KD se nezměnila. Množství jodu v jednotlivých složkách krmné dávky je uveden v tabulce č. 4.

Charakteristika použitých minerálních přísad

Vitamix S7 Plus je vitaminominerální přísada firmy Trouw Nutrition Biofaktory s.r.o. s obsahem 80 mg jodu v 1 kg. S výrobcem této vitaminominerální krmné směsi bylo dohodnuto, že 80 mg jodu (z jodidu draselného) bude sníženo na 40 mg a k tomu přidán UNI - SATURAN J v dávce 25g/500kg živé váhy, tj. v celkové koncentraci 8 % minerální krmné přísady. UNI - SATURANEM J se přidal 1 mg organického jodu, takže celkově došlo ke snížení obsahu jodu v minerální směsi na 41 mg/kg.

UNI-SATURAN J je veterinární přípravek výrobce UNIVIT s.r.o. vyvinutý ve spolupráci s odborníky Veterinární a farmaceutické univerzity v Brně. Je určen pro všechny druhy hospodářských zvířat. Jeho cílem je zvyšování efektivity živočišné výroby pomocí optimalizace jodu. UNI – SATURAN J je složen z 40mg jodu na kg a pomocných látek kukuřičné krupice a rostlinného tuku. Účinnou látkou je organicky vázaný jod. Pomocí tohoto přípravku je možno (podle výrobce) optimalizovat obsah jodu ve všech produktech živočišné výroby a tím docílit zlepšení reprodukce, zvýšení denních váhových přírůstků, doживosti, snášky vajec, posílení imunity zvířat, zvýraznění etologických projevů zvířat a odstranění stresových projevů.

Tab. č. 3: Obsah jodu v jednotlivých složkách krmné dávky před pokusem (leden 2011)

	množství krmiva (kg)	sušina v kg	obsah jodu v 1kg sušiny (mg)	obsah jodu v krmivu (mg)
senáž	32	11,2	0,34	3,81
obilí	6	5,22	0,07	0,37
řepk.extra.šrot	3	2,66	0,48	1,28
Vitamix S7+	0,3	0,29	80 (v 1kg krmiva)	24
sůl	0,08	0,08	0	0
vápenec	0,25	0,25	0	0
jod celkem				29,46

Tab. č. 4: Obsah jodu v jednotlivých složkách krmné dávky v pokusném období (únor-květen 2011)

	množství krmiva (kg)	sušina v kg	obsah jodu v 1kg sušiny	obsah jodu v krmivu (mg)
senáž	32	11,2	0,34	3,81
obilí	6	5,22	0,07	0,37
řepk.extra.šrot	3	2,66	0,48	1,28
Vitamix S7 + UNI-	0,3	0,29	40 anorg.+1 organ.	12,3
sůl	0,08	0,08	0	0
vápenec	0,25	0,25	0	0
jod celkem				17,76

4.4 ODBĚR VZORKŮ

Do vlastního pokusu bylo zařazeno 9 dojnic s různou užitkovostí, u kterých se v intervalu 3-4 týdnů odebíraly vzorky mléka, moči a krve. Současně byl odebírán také bazénový vzorek mléka. Po odběru se každý ze vzorků rozdělil na dvě stejné části. Jedna část byla zamražena a předána k analýze na obsah jodu do laboratoře katedry veterinárních disciplín a kvality produktů ZF Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích a druhá část byla analyzována na běžné biochemické parametry v laboratoři Veterinárního centra s.r.o. Sušice.

4.5 STANOVENÍ JODU V MLÉCE, MOČI A KREVNÍ PLAZMĚ

Jod byl stanoven spektrofotometricky spalovací alkalickou metodou podle Sandell – Kollthofa (BEDNÁŘ et al., 1964).

Vzorek o velikosti 1 ml se odměří do speciální spalovací zkumavky z těžkotavitelného skla. Přidá se 1ml síranu zinečnatého, 1 ml 2 M hydroxidu sodného a několik krystalků chlorečnanu draselného. Souběžně se ze základního standardního roztoku připraví kalibrační roztoky o koncentracích 150, 100, 50, 25, 12,5 a 0 $\mu\text{g l}^{-1}$. Poté se vzorky společně s kalibračními roztoky vloží na 24h do sušárny při teplotě 115 °C a po vysušení se žíhají v muflové peci. Vlastní spalování proběhne tak, že v okamžiku dosažení teploty 500 °C se pec udržuje 30 minut při této teplotě a následně dojde k jejímu opatrnému zvýšení na 600 °C. Při této teplotě se zkumavky žíhají 1 hodinu, přičemž se pec po 5, 20 a 40 minutách krátce ventiluje. Když je spalování ukončeno, zkumavky se nechají vychladnout v exsikátoru a zbytek po vyžhání se suspenduje v 6ml deionizované vody. Poté se centrifugují 10 minut při otáčkách 3000 za minutu. Ze získaného supernatantu se odpipetuje dvakrát 2ml do tenkostěnných zkumavek, do každé přidá 2 ml kyselé směsi, obsah se protřepe a inkubuje 10 minut v ledové lázni o teplotě max. 4 °C. Dále se přidají 2 ml síranu ceričito-amonného a vzorky se inkubují 20 minut v 40 °C lázni a 10 minut v ledové lázni. Po uplynutí doby inkubace se zkumavky vyjmou a jejich obsah se převrství 0,5 ml octanu brucinu, promíchá a inkubuje 15minut v horkovzdušné sušárně. Po vyjmutí ze sušárny se nechají stát 30 minut při pokojové teplotě. Následuje měření absorbance při 430 nm proti deionizované vodě.

4.6 VYHODNOCENÍ

Z naměřené absorbance kalibračních roztoků se sestrojí kalibrační křivka, podle které se odečtou absorbance vzorků. Výsledná hodnota udává množství jodu v $\mu\text{g l}^{-1}$.

Výsledky byly zpracovány běžnými statistickými metodami ve statistickém programu Microsoft Excel 2007 a vypočítány průměrné hodnoty, směrodatná odchylka, medián, maximum a minimum.

5 VÝSLEDKY

5.1 OBSAH JODU V MLÉCE

V tabulce č. 5 jsou uvedeny hodnoty průměrného obsahu jodu z 9-ti vzorků mléka dojníc chovu v okrese Klatovy, které byly odebírány od ledna 2011 do května 2011. Hodnota uvedená v lednu 2011 je před začátkem pokusu.

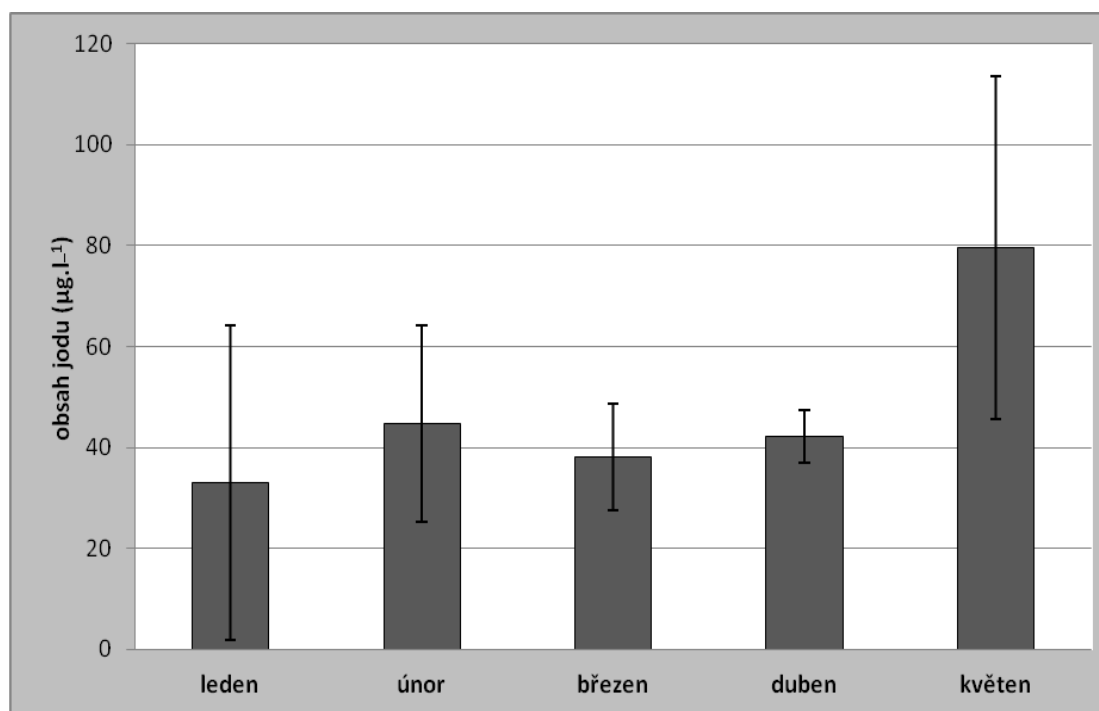
Průměrný obsah jodu před začátkem pokusu byl $33,07 \pm 31,13 \mu\text{g l}^{-1}$, po úpravě množství a formy jodu v krmné dávce se průměrná koncentrace pohybovala od 44,69 do $79,58 \mu\text{g l}^{-1}$. Maximální průměrná hodnota $148,2 \mu\text{g l}^{-1}$ byla zjištěna v květnu a minimální $24,9 \mu\text{g l}^{-1}$ v únoru. Za celé období pokusu (únor–květen) dosáhl průměrný obsah jodu $51,13 \pm 26,29 \mu\text{g l}^{-1}$.

Tab. č. 5: Průměrný obsah jodu mléka dojníc v období leden–květen 2011 ($\mu\text{g l}^{-1}$)

datum	n vzorků	x	sx	medián	max	min
24.1.2011	9	33,07	31,13	22,2	114,6	11,6
24.2.2011	9	44,69	19,45	35,2	79,9	24,9
16.3.2011	9	38,11	10,44	34,0	67,2	32,4
27.4.2011	9	42,13	5,23	40,4	51,4	35,0
31.5.2011	9	79,58	33,90	77,8	148,2	39,4
celé pokusné období (únor–květen)	36	51,13	26,29	40,2	148,2	24,9

Graf č. 2 znázorňuje vývoj průměrného obsahu jodu v mléce dojníc od ledna 2011 do května 2011. Srovnáním hodnot obsahu jódu v mléce před pokusem (leden) a po jeho zahájení (únor), tedy po změně množství a formy jodu v krmné dávce došlo k významnému zvýšení jeho hladiny až v měsíci květnu, přičemž v předchozích měsících se hodnoty příliš nelišily.

Graf č. 2: Průměrný obsah jodu v mléce dojníc v období leden-květen 2011 ($\mu\text{g l}^{-1}$)



Obsah jodu v bazénových vzorcích mléka

V tabulce č. 6 jsou uvedeny hodnoty obsahu jodu od ledna 2011 do května 2011 zjištěné v bazénových vzorcích mléka. Obsah jodu v lednu 2011 je hodnota zjištěná před zahájením pokusu.

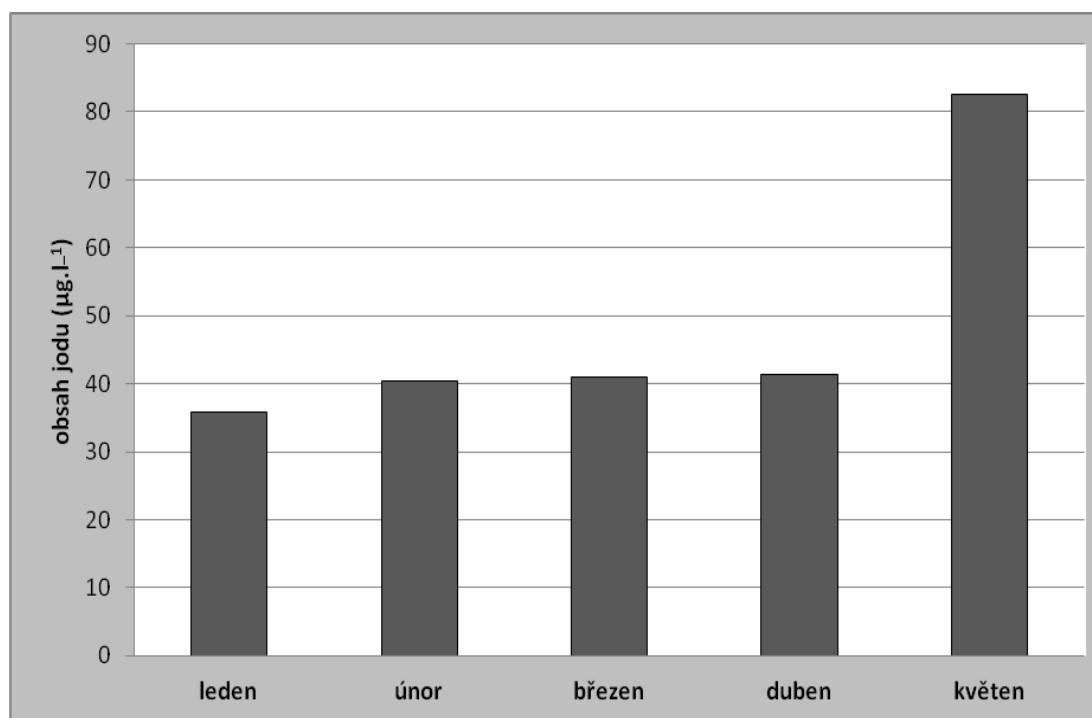
Před začátkem pokusu byl obsah jodu v bazénovém vzorku $35,8 \mu\text{g l}^{-1}$. Po úpravě množství a formy jodu v krmné dávce se hodnoty pohybovaly od $40,5$ do $82,6 \mu\text{g l}^{-1}$ a za celé období pokusu dosáhl průměrný obsah jodu $51,38 \pm 18,03 \mu\text{g l}^{-1}$.

Tab. č. 6: Obsah jodu v bazénových vzorcích mléka dojnic v období ledna–května 2011 ($\mu\text{g l}^{-1}$)

datum	obsah jodu ($\mu\text{g l}^{-1}$)	x	sx	medián	max	min
24.1.2011	35,8	51,38	18,03	41,2	82,6	40,5
24.2.2011	40,5					
16.3.2011	41					
27.4.2011	41,4					
31.5.2011	82,6					

Graf č. 3 znázorňuje vývoj obsahu jodu v bazénovém vzorku mléka v období leden - květen 2011. V prvních třech měsících pokusu (únor-květen) se hodnoty koncentrace jodu téměř nelišily od hodnoty před pokusem (leden). K výraznějšímu nárůstu obsahu došlo v květnu

Graf č. 3: Obsah jodu v bazénových vzorcích mléka v období leden-květen 2011 ($\mu\text{g l}^{-1}$)



5.2 OBSAH JODU V MOČI

V tabulce č. 7 je uveden průměrný obsah jodu v období od ledna do května 2011. Obsah jodu v lednu 2011 je hodnota zjištěná před zahájením pokusu.

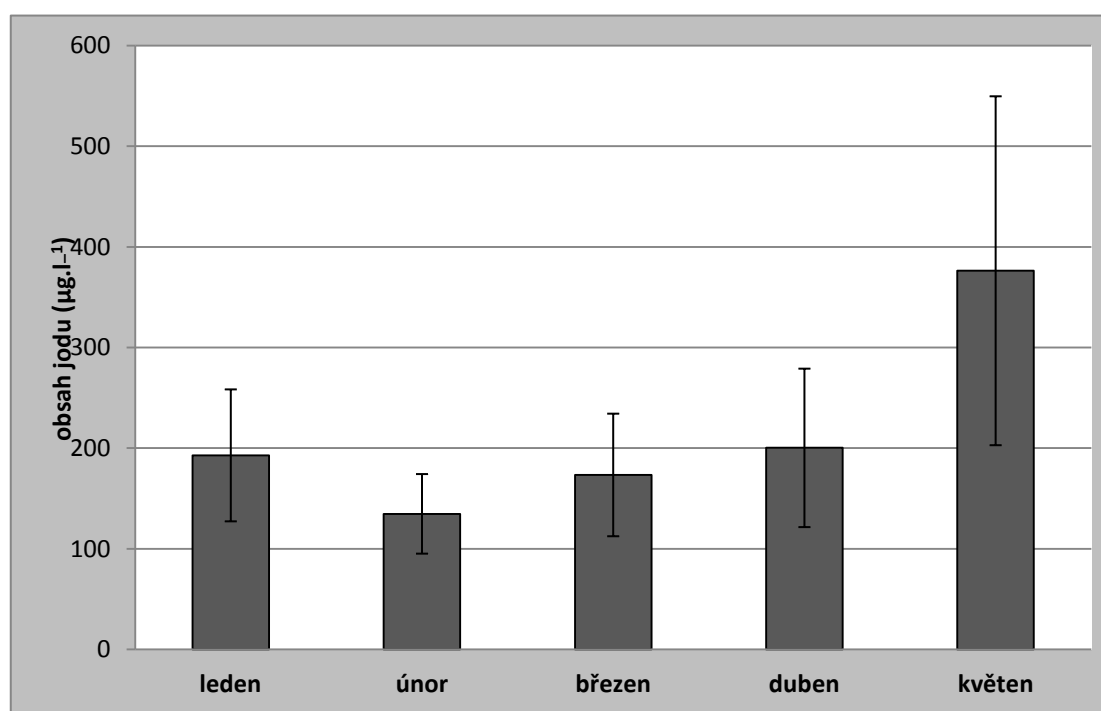
Před zahájením pokusu dosáhl průměrný obsah jodu v moči dojníc $192,87 \pm 65,56 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Po úpravě množství a formy jodu v krmné dávce se průměrné hodnoty pohybovaly od 134,74 do $376,34 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Maximální hodnota obsahu byla zjištěna v květnu, a to $642,80 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ a minimální hodnota $61,40 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ v březnu. Za celé období pokusu dosáhl průměrný obsah jodu $221,20 \pm 137,65 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$.

Tab. č. 7: Průměrný obsah jodu v moči dojníc v období leden – květen 2011 ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)

datum	n vzorků	x	sx	medián	max	min
24.1.2011	9	192,87	65,56	185,00	307,00	84,40
24.2.2011	9	134,74	39,55	126,60	230,60	81,80
16.3.2011	9	173,40	60,90	164,00	281,40	61,40
27.4.2011	9	200,31	78,72	258,40	267,80	69,00
31.5.2011	9	376,34	173,37	334,40	642,80	142,40
celé pokusné období (únor–květen)	36	221,20	137,65	185,10	642,80	61,40

Graf č. 4 zachycuje vývoj průměrného obsahu jodu v moči dojníc od ledna 2011 do května 2011. Před pokusem hladina jodu dosáhla téměř $200 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Po úpravě množství a formy jodu v krmné dávce (únor) obsah nejprve mírně klesl, ale od března se opět pozvolna zvyšoval. Výraznější nárůst obsahu byl zaznamenán v květnu.

Graf č. 4: Průměrný obsah jodu v moči dojníc v období leden-květen 2011 ($\mu\text{g l}^{-1}$).



5.3 OBSAH JODU V KREVNI PLAZMĚ

V tabulce č. 8 jsou uvedeny hodnoty průměrného obsahu jodu od ledna do května 2011. Hodnota uvedená v lednu 2011 je před začátkem pokusu.

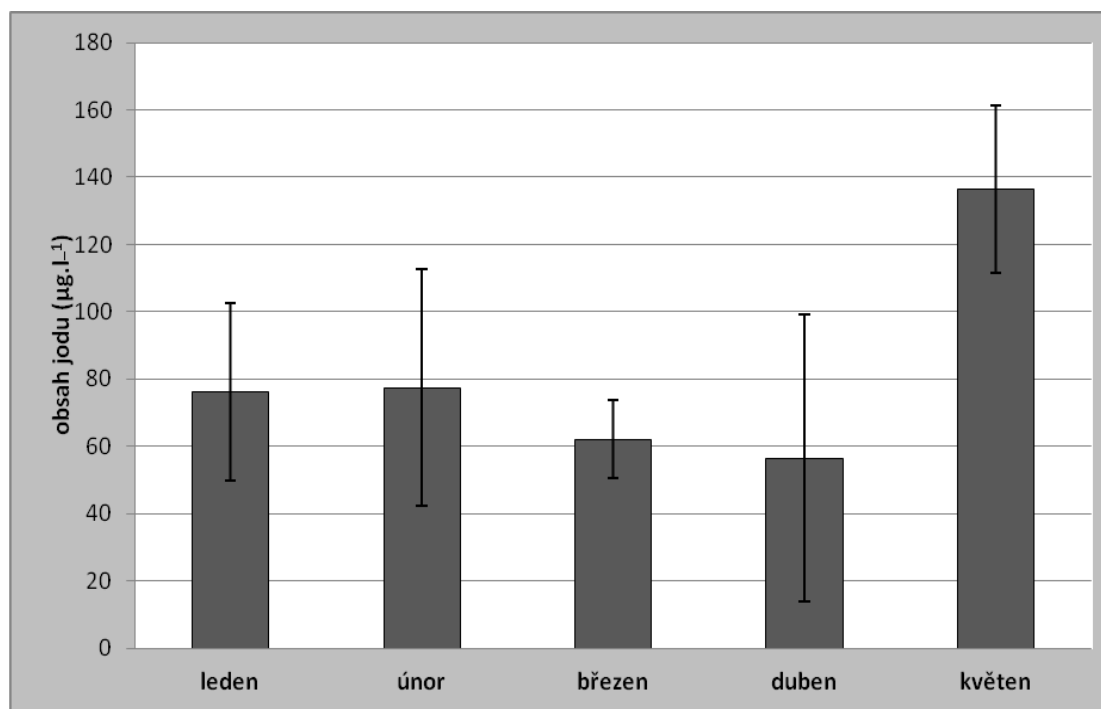
Před pokusem dosáhl průměrný obsah jodu v krevní plazmě $76,18 \pm 26,22 \mu\text{g l}^{-1}$, po úpravě množství a formy jodu v krmné dávce se průměrné hodnoty pohybovaly od $56,53$ do $136,49 \mu\text{g l}^{-1}$. Maximální hodnota $176,60 \mu\text{g l}^{-1}$ i minimální hodnota $35,00 \mu\text{g l}^{-1}$ byla zjištěna v dubnu. Průměrný obsah jodu za celé pokusné období byl $83,13 \pm 44,24 \mu\text{g l}^{-1}$.

Tab. č. 8: Průměrný obsah jodu v krevní plazmě dojníc v období leden–květen 2011 ($\mu\text{g l}^{-1}$)

datum	n vzorků	x	sx	medián	max	min
24.1.2011	9	76,18	26,22	83,00	108,00	11,60
24.2.2011	9	77,37	35,12	64,60	166,80	40,90
16.3.2011	9	62,11	11,52	58,40	88,40	50,00
27.4.2011	9	56,53	42,61	41,00	176,60	35,00
31.5.2011	9	136,49	24,83	138,40	171,20	88,40
únor–květen	36	83,13	44,24	65,50	176,60	35,00

Graf č. 5 znázorňuje vývoj průměrného obsahu jodu v krevní plazmě dojníc od ledna 2011 do května 2011. Hodnota jodu dosažená v prvním měsíci pokusu (únor) se téměř shodovala s obsahem jodu před pokusem. V dalších měsících hladina mírně klesala až do května, kdy došlo k náhlému zvýšení koncentrace na téměř $140 \mu\text{g l}^{-1}$.

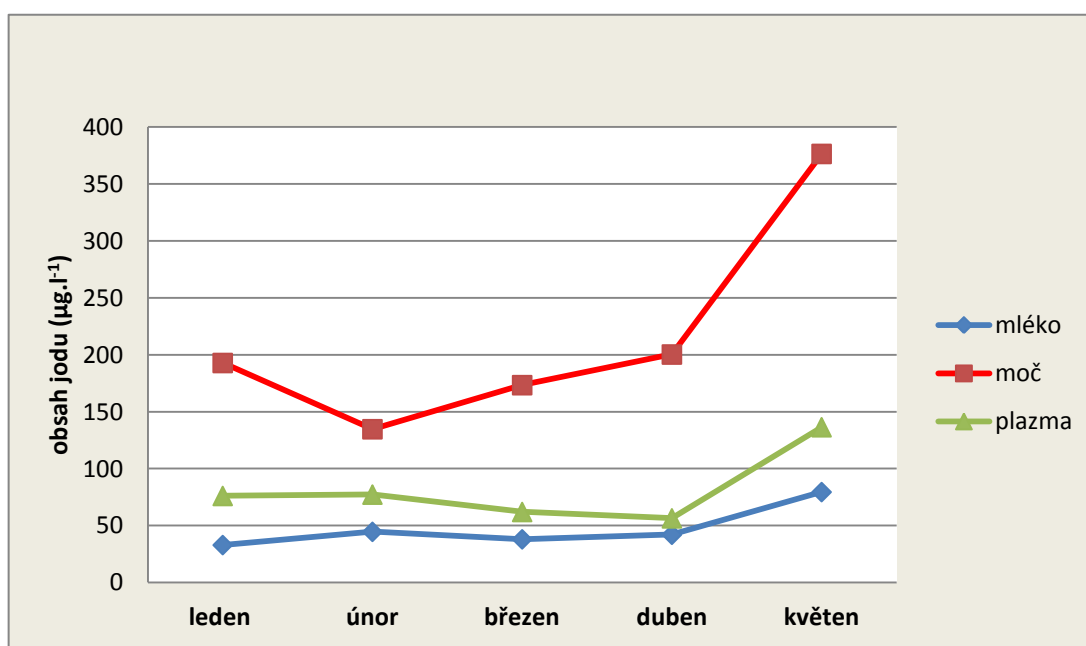
Graf č. 5: Průměrný obsah jodu v krevní plazmě dojníc v období ledna-května 2011 ($\mu\text{g l}^{-1}$).



5.4 POROVNÁNÍ OBSAHU JODU V TĚLNÍCH TEKUTINÁCH

Vývoj průměrného obsahu jodu v mléce, moči a krevní plazmě dojníc chovu v okrese Klatovy za období leden-květen 2011 ukazuje graf č. 6. Při porovnání hodnot před pokusem a na jeho konci byl největší nárůst obsahu jodu zaznamenán v moči, poté v plazmě a v mléce došlo pouze k jeho mírnému zvýšení.

Graf č. 6: Vývoj průměrného obsahu jodu v mléce, moči a krevní plazmě dojníc v období ledna–května 2011 ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)



6 DISKUSE

Jod v mléce

Obsah jodu v mléce ovlivňuje řada faktorů jako fyziologický stav dojnice, plemeno, užitkovost, pořadí laktace či stav životního prostředí (JELÍNEK a KOUDELA et al., 2003). Významný vliv má také roční období. Například DAHL et al. (2003) zjistili v roce 2000 v kravském mléce z různých oblastí Norska až dvojnásobné množství jodu v zimním období ($127 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) než v letním ($60 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$). Tyto sezónní změny jsou podmíněné nižším obsahem jodu v letních krmných dávkách (TRÁVNÍČEK et al., 2011b). Velmi výrazně je koncentrace jodu ovlivněna jeho příjmem krmnou dávkou a tuto závislost lze vyjádřit pomocí korelačního koeficientu 0,66 (MASS et al., 1989). Přitom BOBEK (1998) uvádí, že do mléka přechází průměrně 8–10 % přijatého jodu. Podle KURSY et al. (2005) by se jeho množství mělo optimálně pohybovat mezi $80\text{--}250 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ a podle TRÁVNÍČKA et al. (2011a) mezi $100\text{--}200 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, přičemž hodnoty pod $80 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ odrážejí nízký příjem jodu a nad $250 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ jeho nevhodný nadbytek (TRÁVNÍČEK et al., 2011a).

Individuální obsah jodu ve vzorcích mléka dojnic chovu dislokovaném v okrese Klatovy za období leden-květen 2011 je uveden v tabulce č. 9. Průměrné hodnoty, směrodatnou odchylku, maximum a minimum za každý měsíc odběru uvádí tabulka č. 5 a dynamiku kolísání průměrných hodnot zobrazuje graf č. 2. Před pokusem byl krmnou dávkou obohacenou o anorganický jod prostřednictvím MKP Vitamix S7+ zajištěn příjem jodu u dojnic $1,52 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny krmiva při současném příjmu $19,4 \text{ kg}$ sušiny na kus a den. Při porovnání s údaji SOMMERA et al. (1994) a TRÁVNÍČKA et al. (2011a), kteří doporučují koncentraci jodu $0,8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny krmné dávky, byla v tomto období potřeba jodu kryta z 190 %. Přesto průměrný obsah jodu v mléce ($33,07 \pm 31,13 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) nedosáhl v tomto měsíci fyziologických hodnot. Podle výsledků individuálního obsahu dosáhl pouze jeden z devíti vyšetřovaných vzorků optimální koncentrace a u 4 vzorků hodnota klesla dokonce až pod $12 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Tyto extrémně nízké hodnoty by podle údajů TRÁVNÍČKA et al. (2011a) měly být považovány za hluboký jodový deficit s rizikem výskytu strum u narozených telat.

Na začátku pokusného období došlo v důsledku snížení anorganického jodu v MKP na $40 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a doplněním MKP o 1 mg organické formy, jako součást

minerálního přípravku UNI-SATURAN J, k poklesu obsahu jodu na $0,91 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ sušiny KD. Pokud tuto hodnotu opět porovnáme s hodnotou SOMMERA et al. (1994) a TRÁVNÍČKA et al. (2011a), byla potřeba jodu kryta z přibližně 114 %. V následujícím období nebyl zaznamenán výrazný pokles ani vzestup průměrného obsahu jodu mléce (tab. č. 5, graf č. 2). Pouze v květnu 2011 došlo k mírnému zvýšení průměrné hladiny ($79,58 \pm 33,90 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$), tedy až 3 měsíce po změně množství a formy v MKP. Srovnáním průměrného obsahu jodu v květnu s hodnotou před zahájením pokusu ($33,07 \pm 31,13 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$) došlo sice k nárůstu o 140,5 %, přesto nedosáhla koncentrace jodu úrovně odpovídající optimální hladiny v mléce jako potravině. Průměrný obsah jodu v individuálních vzorcích byl za celé pokusné období (únor-květen) pouze $51,13 \pm 26,29 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$, což je podle TRÁVNÍČKA et al., (2011a) projevem jodopenie a poukazuje na nízkou saturaci dojených krav jodem. Pouze u 11-ti % obsahovaly individuální vzorky hodnoty dosahující požadované koncentrace jodu a, to ve všech případech v období zkrmování organického doplňku jodu (tab č. 9).

Obsah jodu v bazénových vzorcích mléka (tab. č. 6) korespondoval s průměrnými hodnotami individuálních vzorků. Vývoj obsahu jodu v bazénovém vzorku mléka zachycuje graf č. 3. Skutečnost, že se jedná o relativně nízké hodnoty, vyplývá porovnáním s výsledky obdobných studií jiných autorů. Například KURSA et al. (2005) prokázali v roce 2003-2004 z 226-ti bazénových vzorků mléka pocházejících z 66-ti okresů České Republiky průměrnou koncentraci jodu $310,4 \pm 347,0 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$, což naši hodnotu převyšuje před pokusem o 767 % a o 504 % v pokusném období. S analýzou pokračoval KURSA et al. (2007) i v letech 2005-2006. Porovnáním s našimi výsledky za pokusné období jsou jejich hodnoty opět několikrát vyšší a to v roce 2005 o téměř 640 % a v roce 2006 o 624 %. V roce 2008 TRÁVNÍČEK et al. (2009) stanovili průměrný obsah jodu v 85-ti bazénových vzorcích z chovů krav pocházejících z 28-ti okresů 9 krajů ČR $435,6 \pm 328,7 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$, který naši průměrnou hodnotu jodu za pokusné období převyšuje o 748 %. Průměrný obsah jodu TRÁVNÍČKA et al. (2011a) v bazénových vzorcích mléka 102 chovů odebraných v roce 2010 naši hodnotu také převyšuje a to téměř 10 krát ($489,5 \pm 301,3 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$). Navíc zjistili, pouze 11 % vzorků s hodnotami jodu pod $80 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$.

Nízká koncentrace jodu v mléce dojnic sledovaného chovu se neshoduje s údaji KROUPOVÉ et al. (2001), kteří uvádí, že použitím doplňkových minerálních krmiv

s obsahem jodu ve výši 20-150 mg·kg⁻¹ sušiny dochází ke zvýšení obsahu jodu v kravském mléce na hodnoty vyšší než 200 µg·l⁻¹. Také tvrzení KURSY et al. (2005) a TRÁVNÍČKA et al. (2006) o stále pokračujícím trendu zvyšování obsahu jodu v syrovém kravském mléce naše hodnoty popírají. V předchozích letech bylo poměrně vysoké zastoupení bazénových vzorků mléka s nutričním nadbytkem jodu (>250 µg·l⁻¹) a to v roce 2004 43 %, 2005 61 %, 2006 62 %, 2008 65 %; 2009 64 %, 2010 70 % (TRÁVNÍČEK et al. (2011b).

Podle našich výsledků neodpovídal obsahu jodu v mléce dojníc jeho příjem krmnou dávkou. Přesto bylo podávání i malého množství organické formy jodu pozitivní, projevující se v setrvalém obsahu jodu v mléce i po snížení obsahu jodu v KD a jeho již zmíněným mírným vzestupem v období května.

Jod v moči

Jodurie (obsahu jodu v moči) představuje významný ukazatel saturace organismu jodem (HERZIG et al., 1996). Je závislá především na suplementaci jodu do organismu prostřednictvím MKP. V porovnání s vylučováním jodu mlékem vykazuje vylučování jodu močí výrazně vyšší individuální variabilitu, která je podmíněna termoregulací, spotřebou sušiny a vysokými rozdíly v příjmu vody podle individuálního nádoje. Z tohoto důvodu je pro kontrolu příjmu jodu vhodnější stanovení jeho koncentrace v mléce (TRÁVNÍČEK et al., 2011b).

Individuální obsah jodu ve vzorcích moči dojníc chovu dislokovaném v okrese Klatovy za období leden-květen 2011 je uveden v tabulce č. 10. Průměrné hodnoty, směrodatnou odchylku, maximum a minimum za každý měsíc odběru uvádí tabulka č. 7 a dynamiku kolísání průměrných hodnot zobrazuje graf č. 4. Před pokusem dosáhl průměrným obsah jodu v moči dojníc 192,87 ±65,56 µg·l⁻¹. Při srovnání této hodnoty s údaji TRÁVNÍČKA et al. (2011b), kteří uvádí optimální koncentraci jodu v moči 150-299 µg·l⁻¹ můžeme říci, že již v tomto období dosáhl jod fyziologické hodnoty a zjištěná koncentrace signalizuje dostatečnou saturaci dojníc jodem. Pouze u 2 individuálních vzorků z 9-ti byla zjištěna hladina nižší než 150 µg·l⁻¹.

V průběhu pokusného období se průměrná koncentrace jodu v moči pohybovala také kolem optimálních hodnot, kromě února, kdy obsah klesl na 134,74 ±39,55 µg·l⁻¹ a května, kdy hodnota vystoupala až na 376,34 ±173,37 µg·l⁻¹ resp. porovnáním s

hodnotou před pokusem o 95,1 %. Do $150 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ jodu bylo zjištěno u 33 % krav a nad $299 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ u 14 % krav. Průměrná hodnota za celé pokusné období ($221,20 \pm 137,65 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) se jen nepatrně liší od výsledku TRÁVNÍČKA et al. (2011b), kteří při krytí potřeby jodu z 124,4 %, zjistili obsah jodu v moči $295,0 \pm 159,8 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$.

Srovnáním průměrné hodnoty jodu před pokusem a za celé období pokusu s výsledky HERZIGA et al. (1996), kteří v moči 672-ti krav z 22-ti lokalit v České republice stanovili průměrnou hladinu jodu $316,2 \pm 139,5 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, je námi zjištěná hodnota nižší o $123 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ a $95 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$.

Obsah jodu v moči dojníc můžeme zhodnotit metodou podle BORDOUXE (1988), při které se vyšetřuje 50-100 náhodně vybraných vzorků moči a podle které hodnoty $\leq 20 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ souvisí v závislosti na množství vzorků s mírným až závažným nedostatkem jodu a naopak při zastoupení více jak 50-ti % vzorků s hodnotami nad $100 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, lze považovat příjem jodu za optimální. Ve sledovaném chovu nebyl zjištěn ani v jednom období vzorek s hodnotou jodu pod $20 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ a zastoupení vzorků s obsahem nad $100 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ bylo v obou etapách kolem 90 %. Tedy i podle této metody byl příjem jodu u dojníc optimální.

Vyšší vylučování jodu v moči dojníc při současně nízkém obsahu v mléce a krevní plazmě uvádí graf. č. 6.

Jod v plazmě

V krvi a krevní plazmě se jod nachází ve velmi malé koncentraci a je tvořen převážně hormony štítné žlázy vázanými na bílkoviny. Nepatrné množství se zde nachází i ve formě anorganické (JELÍNEK a KOUDELA et al., 2003).

Individuální obsah jodu ve vzorcích krevní plazmy dojníc chovu dislokovaném v okrese Klatovy za období leden-květen 2011 je uveden v tabulce č. 11. Průměrné hodnoty, směrodatnou odchylku, maximum a minimum za každý měsíc odběru uvádí tabulka č. 8 a dynamiku kolísání průměrných hodnot zobrazuje graf č. 5. Průměrný obsah jodu v krevní plazmě dojníc dosáhl před pokusem hodnoty $76,18 \pm 26,22 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ a za celé pokusné období $83,13 \pm 44,24 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Podle TRÁVNÍČKA (2000), který cituje MAASE (1989) a BERGA et al. (1988) se koncentrace jodu v krevní plazmě pohybuje okolo $50-100 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ a hodnota korelačního koeficientu mezi množstvím přijatého jodu potravou a jeho obsahem v krevním séru dosahuje $r = 0,81$. Můžeme

tedy říci, že v obou etapách experimentu dosáhl průměrný obsah jodu v krevní plazmě fyziologické hodnoty, přičemž koncentrace pod $50 \mu\text{g l}^{-1}$ se vyskytla před pokusem pouze u 1 vzorku z 9-ti a za pokusné období u 9-ti vzorků z 36. K výraznějšímu zvýšení jeho průměrného obsahu došlo opět až v květnu ($136,49 \pm 24,83 \mu\text{g l}^{-1}$) a to o 79,2 % při porovnání s průměrným obsahem jodu před pokusem.

Vzájemnou závislost mezi příjmem jodu a jeho koncentrací v krevní plazmě uvádí McCOY et al. (1997), kteří zaznamenali u březích plemenic přijímajících $0,06 \text{ mg I kg}^{-1}$ sušiny obsah jodu v krevní plazmě pouze $10 \mu\text{g l}^{-1}$ a zvýšením příjmu jodu na $1,4 \text{ mg I kg}^{-1}$ sušiny byl zjištěn obsah $55\text{--}60 \mu\text{g l}^{-1}$. Ovšem v našem pokusu tato závislost prokázána nebyla, protože průměrný obsah jodu při příjmu $1,98 \text{ mg I kg}^{-1}$ sušiny (před pokusem) dosáhl nižší hodnoty než při příjmu $0,97 \text{ mg I kg}^{-1}$ sušiny (pokusné období).

Přesto, že v moči dosáhl jod vysokých hodnot, v mléce byl zjištěn jeho nedostatek, a pokud bychom tedy sledovali pouze mléko jako ukazatel zásobení krav jodem, budeme uvažovat o jodopenii. Z této skutečnosti vyplývá nespolehat se při sledování dynamiky jodu pouze na mléko.

Změny obsahu jodu v tělních tekutinách

Změny obsahu jodu v těle zvířat mají řadu příčin a predispozičních faktorů. Jedná se zejména o restriktivní opatření v krmné technice, kvalitu krmiv, vyváženost živin v krmné dávce, napájení vodou s vysokým obsahem dusičnanů a zkrmování krmiv s obsahem glukosinolátů, které působí jako strumigeny (KURSA et al., 1996).

Krmná dávka dojníc sledovaného chovu obsahovala před pokusem i po jeho zahájení 3 kg řepkového extrahovaného šrotu, který může být nositelem výše zmíněných glukosinolátů a způsobovat nižší vylučování jodu do mléka dojených krav. Také TRÁVNÍČEK et al. (2011a) zjistili, při příjmu 4 kg řepkového extrahovaného šrotu, nízký obsah jodu v mléce ($38,9 \pm 25,3 \mu\text{g l}^{-1}$) při současném zvýšeném výdeji močí ($163,8 \pm 5,6 \mu\text{g l}^{-1}$). Rovněž TŘINÁCTÝ et al. (2001) uvádí snížení koncentrace jodu v mléce v souvislosti se zkrmováním ŘEŠ a to z hodnoty $594,8 \pm 178,1 \mu\text{g l}^{-1}$ na $209,4 \pm 145,3 \mu\text{g l}^{-1}$, tedy o 284 %.

Podle TRIPATHI a MISHRA (2007) vede zvýšený příjem glukosinolátů a dusičnanů k zvýšenému vylučování jodu ledvinami na úkor mléčné žlázy. V těchto

případech je diagnostický význam obsahu jodu v mléce jako parametru saturace dojnic jodem značně omezen. Podle HERZIGA et al. (1999) kromě přírodních a antropogenních strumigenů, které mají negativní vliv na využití jodu z krmiva a jeho obsah v mléce, může být další příčinou nízké hladiny jodu nedostatečná aplikace desinfekčních prostředků na kůži mléčné žlázy.

7 ZÁVĚR

Při porovnání vlivu zkrmování různého množství a formy jodu na jeho obsah v mléce, moči a krevní plazmě dojníc vybraného chovu v okrese Klatovy vyplývají z výsledků laboratorní analýzy prováděné v období leden–květen 2011 následující závěry:

- při obohacení KD dojníc pouze anorganickou formou jodu v množství $80 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ MKP, dosáhl průměrný obsah jodu v mléce hodnoty $33,07 \pm 31,13 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$, v moči $192,87 \pm 65,56 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ a v krevní plazmě $76,18 \pm 26,22 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$;
- po snížení množství anorganického jodu ($40 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ MKP) a doplnění jeho organické formy ($1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ MKP) do KD byl průměrný obsah jodu v mléce $51,13 \pm 26,29 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$, v moči $221,20 \pm 137,65 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ a v krevní plazmě $83,13 \pm 44,24 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$;
- v moči a krevní plazmě dosáhl jod fyziologické hodnoty v obou etapách experimentu, ale v mléce se obsah jodu pohyboval pod úroveň optimální koncentrace;
- změna množství a formy jodu v KD neměla výrazný vliv na jeho obsah v mléce, moči a krevní plazmě dojníc, ale přesto se podávání i malého množství organické formy jodu projevilo pozitivně a to v setrvalém obsahu jodu v mléce i po snížení obsahu jodu v KD
- výsledky obsahu jodu v mléce v zájmovém chovu nepotvrdily trend setrvalého vysokého obsahu jodu v syrovém kravském mléce
- výsledky potvrdily literární údaje o vlivu zkrmování ŘEŠ s obsahem glukosinolátů na nižší vylučování jodu do mléka při současně vyšším obsahu jodu v moči.

Vzhledem k významu mléka jako zdroje jodu v lidské výživě je žádoucí nadále sledovat jeho obsah v mléce dojených krav.

8 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

1. **AGERBO, P., ANDERSEN, H.F.:** *Vitamíny a minerály*. 1. vyd. Praha: Avicentrum, 1997. 150 s. ISBN 80-7169-389-4.
2. **BAKER, D.H.:** Iodine toxicity and its amelioration. *Experimental Biology and Medicine*, 2004, 229 (6), s. 473–478.
3. **BEDNÁŘ, J., RÖHLING, S., VOHNOUT, S.:** Příspěvek ke stanovení proteinového jodu v krevním séru. *Československá farmacie*, 1964, 13, s. 203–209.
4. **BERG, J.N., PADGITT, D., MCCARTHY, B.:** Iodine concentrations in milk of dairy cattle fed various amounts of iodine as ethylenediamine dihydroiodide. *Journal of Dairy Science*, 1988, 71 (12), s. 3283–3291.
5. **BOBEK, S.:** Profilaktyka jodowa u zwierząt. *Medycyna Weterinaria*, 1998, 54 (2), s. 80–86.
6. **BOĎA, K., LEBEDA, M., KÓŇA, E., KONRÁD, J., KOZUMPLÍK, J., KUDLÁČ, E., LABÍK, K., MACH, P., PRAVDA, D., SURYNEK, J., TOMÁŠ, J.:** *Patologická fyziologie hospodářských zvířat*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1972. 462 s.
7. **BOURDOUX, P.P.:** Measurement of iodine in the assessment of iodine deficiency. *IDD Newsletter*, 1988, 4, s. 8.
8. **ČERMÁK, B., KADLEC, J., MUDŘÍK, Z., LÁD, F., SUCHÝ, P., ŠOCH, M., ZEMAN, L.:** *Základy výživy a krmení hospodářských zvířat*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2000. 165 s. ISBN 80-7040-422-1.
9. **ČERVENÝ, Č., KOMÁREK, V., ŠTĚRBA, O.:** *Koldův atlas veterinární anatomie*. 1. Vyd. Praha: Grada publishing, 1999. 704 s. ISBN 80-7169-352-9
10. **DAHL, L., OPSAHL, J.A., MELTZER, H.M., JULSHAMN, K.:** Iodine concentration in Norwegian milk and dairy products. *British Journal of Nutrition*, 2003, 90 (3), s. 679–685.

11. **DOLEŽAL, O., HANUŠ, O., HLÁSNÝ, J., JÍLEK, F., VEGRICHT, J., PYTLOUN, J., KVAPILÍK, J.:** *Mléko, dojení, dojírny.* Praha: Agrospoj, 2000, 241 s. ISBN neuvedeno.
12. **DRBOHLAV, J., VODIČKOVÁ, M.:** *Tabulky látkového složení mléka a mléčných výrobků.* 2. vyd. Praha: ÚZPI, 2001, 83 s. ISBN 80-7271-005-2.
13. **FERENČÍK, M., ŠKÁRKA, B., NOVÁK, M., TURECKÝ, L.:** *Biochémia.* 1. vyd. Bratislava: Slovak Academic Press, 2000. 924 s. ISBN 80-88908-58-2.
14. **FISH, R. E., SWANSON, E. W.:** Effects of excessive intakes of iodine upon growth and thyroid function of growing Holstein heifers. *Journal of Dairy Science*, 1982, 65 (4), s. 605-610.
15. **FUGE, R.:** Iodine deficiency: an ancient problem in a modern World. *Ambio*, 2007, 36 (1), s. 70-72.
16. **GRAHAM, T.W.:** Trace element deficiencies in cattle. *The Veterinary clinics of North America: food animal practice*, 1991, 7 (1), s. 153-215
17. **GRANNER, D.K., MURRAY, R.K., MAYES, P.A., RODWELL, V.W.:** *Harperova biochemie.* 2. vyd. Jinočany: H&H, 1998. 870 s. ISBN 80-85787-38-5
18. **GREENWOOD, N., EARNSHAW, A.:** *Chemie prvků, svazek II.* 1.vyd. Praha: Informatorium, 1993. 1635 s. ISBN 80-85427-38-9.
19. **HERZIG, I., PÍSAŘÍKOVÁ, B., KURSA, J., ŘÍHA, J.:** Defined iodine intake and changes of its concentration in urine and milk of dairy cows. *Veterinarni medicina*, 1999, 44 (2), s. 35-40.
20. **HERZIG, I., ŘÍHA, J., PÍSAŘÍKOVÁ, B.:** Urinary iodine level as an intake indicator in dairy cows. *Veterinarni Medicina*, 1996, 41 (4), s. 97-101.
21. **HERZIG, I., TRÁVNÍČEK, J., KURSA, V., KROUPOVÁ, J., ŘEZNÍČEK, I.:** Content of Iodine in Broiler Meat. *Acta Veterinaria Brno*, 2007, 76 (1), s. 137-141.
22. **HERZIG, I.; SUCHY, P.** Actual experience of importace iodine for animals. *Veterinarni medicina*, 1996, 41 (4), s. 97-101.

23. **HORKÝ, D., TICHÝ, F.:** *Histologie–Mikroskopická anatomie*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita, 1. vyd. 2004, 275 s. ISBN 80-7305-496-7.
24. **JELÍNEK, F., JELÍNEK, K.:** *Morfologie hospodářských zvířat*. 2. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2006. 294 s. ISBN 80-7040-845-6.
25. **JELÍNEK, P., KOUDELA, K., DOSKOČIL, J., LLEK, J., KOTRBÁČEK, V., KOVÁŘŮ, F., KROUPOVÁ, V., KUČERA, M., KUDLÁČ, E., TRÁVNÍČEK, J., VALENT, M.:** *Fyziologie hospodářských zvířat*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003. 414 s. ISBN 80-7157-644-1.
26. **KALAČ, P., MÍKA, V.:** *Přirozené škodlivé látky v rostlinných krmivech*. 1. vyd. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1997. 317 s. ISBN 80-85120-96-8.
27. **KROUPOVÁ, V., HERZIG, I., KURSA, J., TRÁVNÍČEK, J., THER R.:** Level of iodine intake by cows in the Czech Republic. *Veterinarstvi*, 2001, 51 (4), s. 155–158.
28. **KROUPOVÁ, V.; BROŽOVÁ, V.; KURSA, J.** Referenzwerte des jod status der Kuhmilch. In: Spurenelement-symposium-Jod. 1. vyd. Wiss : Jena, 1997, s. 117–120.
29. **KUDRNA, V., ČERMÁK, B., DOLEŽAL, O. FRYDRYCH, Z., HERRMANN, H., HOMOLKA, P., ILLEK, J., LOUČKA, R., MACHAČOVÁ, E., MARTÍNEK, V., MIKYSKA, F., MRKVIČKA, J., MUDŘÍK, Z., PINĎÁK, J., PODĚBRADSKÝ, Z., PULKRÁBEK, J., SKŘIVANOVÁ, V., ŠANTRŮČEK, J., ŠIMEK, M., VESELÁ, M., VRZAL, J., ZELENKA, J., ZEMANOVÁ, D.:** Význam živin pro skot. In: *Produkce krmiv a výživa skotu*. 1.vyd. Praha: Agrospoj, 1998., s. 130 - 180.
30. **KURSA, J., HERZIG, I., TRAVNICEK, J., KROUPOVA V.:** Milk as a food source of iodine for human consumption in the Czech Republic. *Acta Veterinaria* Brno, 2005, 74 (2), s. 255–264.

31. **KURSA, J., HERZIG, I., TRAVNICEK, J., KROUPOVA V.:** Obsah jodu v potravinách živočišného původu. In: *Sborník z VIII. konference „Jodový deficit a jeho prevence v ČR“, 6.3. 2007 České Budějovice*. Ostrava: Zdravotní ústav, 2007, s. 7-10.
32. **KURSA, J., KROUPOVÁ, V., KRATOCHVÍL, P., TRÁVNÍČEK, J., JEZDINSKÝ, P.:** K diagnostice strumy skotu. *Veterinářství*, 1996, 46 (3), s. 90-96.
33. **KURSA, J., KROUPOVÁ, V., KRATOCHVÍL, P.:** Společně proti výskytu strumy: Jihočeské zkušenosti s řešením jodového deficitu u zvířat. *Zemědělec*, 1994, 2 (6), s. 8-10.
34. **LABUDA, J., KACEROVSKÝ, O., KOVÁČ, M., ŠTĚRBA, A.:** Výživa a krmenie hospodárskych zvierat. 1. vyd. Bratislava : Príroda, 1982. 487 s.
35. **LAMBERG, B.A.:** Iodine Deficiency Disorders And Endemic Goiter. *European Journal of Clinical Nutrition*, 1993, 47 (1), s. 1–8.
36. **LANGER, P.:** Jodový deficit a endemická struma. In: *Sborník abstrakt, XIV. Endokrinologické dny, 2. - 4. Října, České Budějovice*, 1991. s. 7.
37. **LAURBERG, P., STIG, A., KNUDSEN, N., OVESEN, L., NOHR, S., BULOW PEDERSEN, I.:** Thiocyanate in Food and Iodine in Milk : From Domestic Animal Feeding to Improved Understanding of Cretinism. *Thyroid*, 2002, 12 (10), s. 897-902.
38. **LÍMANOVÁ, Z., NĚMEC, J., ZAMRAZIL, V.:** *Nemoci štítné žlázy*. 1.vyd. Praha: Galén, 1995. 197 s. ISBN 80-85824-25-6.
39. **MAAS, J., BERG, J.N., PETERSEN, R.G.:** Serum distribution of iodine after oral administration of ethylenediamine dihydroiodide in cattle. *American Journal of Veterinary Research*, 1989, 50 (10), s. 1758–1759.
40. **McCOY, M.A., SMYTH, J.A., ELLIS, W.A., ARTHUR, J.R., KENNEDY, D.G.:** Experimental reproduction of iodine deficiency in cattle. *Veterinary Record*, 1997, 141 (21), s. 544-547.
41. **MCDOWELL, L. R.:** *Minerals in animal and human nutrition*. 1. vyd. London: Academic Press, 1992. 524 s. ISBN 0-12-483369-1.

42. **MILLER, J. K., SWANSON, E., SPALDING, G.E.:** Iodine Absorption, Excretion, Recycling and Tissue Distribution in the Dairy Cow. *Journal of Dairy Science*, 1975, 58 (10), s. 1578–1593.
43. **NEWTON, G.L., CLAWSON, A.J.:** Iodine Toxicity: Physiological Effects of Elevated Dietary Iodine on Pigs. *Journal Animal Science*, 1974, 39 (5), s. 879 - 884.
44. **OLIVERIUSOVÁ, L.:** Obsah jodu v prostředí v ČR. In: *Sborník - Jak řešit nedostatek jodu v naší výživě*. Praha: Státní zdravotní ústav, 1997, s. 8.
45. **PAILAN, G.H., SINGHAL, K.K.:** Effect of dietary glukosinolates on nutrient utilization, milk yield and blood constituents of lactating goats. *Small Ruminant Research*, 2007, 71 (1), s. 31-37
46. **PAULÍKOVÁ, I., KOVÁČ, G., BÍREŠ, J., PAULÍK, Š., SEIDEK, H., NAGY, O.:** Iodine toxicity in ruminants. *Veterinarni Medicina*, 2002, 47 (12), s. 343–350.
47. **PAVELKA, V., SCHÜTZ, A.:** Prvky VII. skupiny periodického systému, In: *Anorganická chemie*. 1.vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1974. s. 227-243.
48. **PEKSA, Z., TRÁVNÍČEK, J., DUŠOVÁ, H., KONEČNÝ, R., HASOŇOVÁ, L.:** Morphological and histometric parameters of the thyroid gland in slaughter cattle. *Journal of Agrobiology*, 2011, 28 (1), s. 79-84.
49. **POHŮNKOVÁ, D., NĚMEC, J.:** Aktuální otázky endemické strumy a jodového deficitu. *Čas. Lék. Čes.* 1988, 127 (21), s. 641–647.
50. **RUDOLFOVÁ, J., ČURDA, L., KOPLÍK, R.:** Distribuce jodu mezi hlavní složky mléka. In: *Mikroelementy 2000 : sborník přednášek XXXIV. semináře o metodice stanovení a významu stopových prvků v biologickém materiálu konaného 5. - 7. září 2000 v Liblicích*. 2. vyd. Český Těšín: THETA, 2000, s. 73–77. ISBN 80-86380-04-1.
51. **RYŠAVÁ, L.:** Současný stav prevence jodového deficitu v ČR. In: *Sborník z VIII. konference „Jodový deficit a jeho prevence v ČR“*, 6.3. 2007. České Budějovice. Ostrava: Zdravotní ústav, 2007, s. 1-3.

52. **ŘEHŮŘKOVÁ, I., RUPRICH, J., BOROVCOVÁ, I., MULLEROVÁ I.:** Problematika jodu v potravinách. In: *Mikroelementy '98: sborník přednášek XXXII. semináře o metodice stanovení a významu stopových prvků v biologickém materiálu konaného 2. - 4. září v Řežu u Prahy*. 2. vyd. Český Těšín: THETA, 1999, s. 95-100. ISBN 80-902432-5-8
53. **SLÁDEK, Z.:** *Anatomie a histologie hospodářských zvířat*. Přehled obrazů mikroskopovaných histologických preparátů. 1. vyd. Brno : MZLU, 2000, 85 s.
54. **SOMMER, A., ČEREŠŇÁKOVÁ, Z., FRYDRYCH, Z., KRÁLÍK, O., KRÁLÍKOVÁ, Z., KRÁSA, A., PAJTÁŠ, M., PETRIKOVIČ, P., POZDÍŠEK, J., ŠIMEK, M., TŘINÁCTÝ, J., VENCL, B., ZEMAN, L.:** *Potřeba živin a tabulky výživné hodnoty krmiv pro přežvýkavce*. 1.vyd. Pohořelice: Výzkumný ústav výživy zvířat, 1994. 198 s. ISBN 80-901598-1-8.
55. **SOVA, Z., BUKVAJ, J., KOUDELA, K., KROUPOVÁ, V., PJEŠČAK, M., PODANÝ, J.:** *Fyziologie hospodářských zvířat*. 1.vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1990. 512 s.
56. **STRÁNSKÝ, M., RYŠAVÁ, L.:** Choroby z nadbytku jodu? *Výživa a potraviny*, 1997, 52, s. 119.
57. **ŠEDA, M., ŠVEHLA, J., TRÁVNÍČEK, J., KROUPOVÁ, V.:** Nové poznatky o koloběhu a stanovení jodu ve vodě. *Animal Physiology*, 2010, s. 409-414.
58. **TAGAMI, K., UCHIDA, S.:** Concentrations of chlorine, bromine and iodine in Japanese rivers. *Chemosphere*, 2006, 65 (11), s. 2358-2365.
59. **TRÁVNÍČEK, J., HERZIG, I., KROUPOVÁ, V., PEŠINOVÁ, H., RICHTEROVÁ, J., STAŇKOVÁ, M.:** Vývoj obsahu jodu v kravském mléce v České Republice. *Veterinářství*, 2009, 59 (9), s. 558–560.
60. **TRÁVNÍČEK, J., HERZIG, I., KURSA, J., KROUPOVÁ, V., NAVRÁTILOVÁ, M.:** Iodine content in raw milk. *Veterinarni Medicina*, 2006, 51 (9), s. 448–453.
61. **TRÁVNÍČEK, J., KROUPOVÁ, V., DUŠOVÁ, H., KRHOVJÁKOVÁ, J., KONEČNÝ, R.:** *Optimalizace obsahu jodu v kravském mléce*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 2011b, 54 s. ISBN 978-80-7394-328-8

62. TRÁVNÍČEK, J., KROUPOVÁ, V., HANUŠ, O., FIALA, K., ZELENÝ, R., KONEČNÝ, R., STAŇKOVÁ, M.: Nutnost kontinuálního sledování suplementace dojených krav jodem. *Veterinářství*, 2011a, 61 (5), s. 273-275.
63. TRÁVNÍČEK, J., KROUPOVÁ, V., KONEČNÝ, R., STAŇKOVÁ, M., ŠŤASTNÁ, J., HASOŇOVÁ, L., MIKULOVÁ, M.: Iodine status in ewes with the intake of iodine enriched alga *Chlorella*. *Journal of Animal Science*, 2010, 55 (2), s. 58-65.
64. TRÁVNÍČEK, J., KROUPOVÁ, V., KURSA, J., ILLEK, J., THÉR, R.: Effects of rapeseed meal and nitrates on thyroid functions in sheep. *Czech Journal of Animal Science*, 2001, 46 (1), s. 1-10.
65. TRÁVNÍČEK, J., KROUPOVÁ, V., ŠOCH, M.: Iodine content in bulk feeds in western and southern Bohemia. *Journal of Animal Science*, 2004, 49 (11), s. 483–484.
66. TRÁVNÍČEK, J.: *Biologický účinek aditivního příjmu jodu u hospodářských zvířat*, České Budějovice, 2000, Habilitační práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Zemědělská fakulta. Katedra veterinárních disciplín a kvality produktů.
67. TRÁVNÍČEK, J.: *Geobiochemický transport jodu z půdy do rostlin v marginálních oblastech*. Závěrečná zpráva projektu NAZV, ev.č QH 92040, 2012, 52 s.
68. TRIPATHI, M. K., MISHRA, A.S.: Glukosinolate in animal nutrition. *Animal Feed Science and Technology*, 2007, 132, s. 1-27.
69. TŘINÁCTY, J., ŠUSTALA, M., VRZALOVÁ, D., KUDRNA, V., LANG, P.: Milk iodine content in cows fed rapeseed meal iodine supplement. In: *Book of Abstracts of the 52nd Annual Meeting of the European Association for Animal production*, 2001, 7, s. 106. ISBN 978-90-76998-01-5.
70. VELIKÝ, I.: *Mikroelementy v teorii a praxi*. 1. vyd. Bratislava: SNPL, 1964, 302 s.
71. ZAMRAZIL, V., ČEŘOVSKÁ, J., BÍLEK, R., DVOŘÁKOVÁ, M., HOSKOVCOVÁ, I., ŠTERZL, I., VAVREJNOVÁ, V.: Výsledky sledování zásobení jodem ve vybraných lokalitách. In: *Sborník z VIII. konference „Jodový*

deficit a jeho prevence v ČR“, 6.3. 2007 České Budějovice. Ostrava: Zdravotní ústav, 2007a, s. 14-19.

72. **ZAMRAZIL, V., ČEŘOVSKÁ, J.:** Jodový deficit a jeho důsledky. *Interní medicína pro praxi*, 2000, 2 (9), s. 400–414.
73. **ZAMRAZIL, V., PELIKÁNOVÁ, T., BROULÍK, P., ČÁP, J., CHARVÁT, J., STÁRKA, L., ZAMRAZIL JR, V.:** *Akutní stavy v endokrinologii a diabetologii*. 1. vyd. Praha: Galén, 2007b. 177 s. ISBN 978-80-7262-478-2.

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

DIT - diiodtyrosin

MIT - monojodtyrosin

T3 - trijodtyronin

T4 - tyroxin, tetrajodtyronin

TSH - tyreoidu stimulující hormon, tyreotropin

CNS - centrální nervová soustava

ICCIDD - International Council for Control of Iodine Deficiency Disorders

WHO - Světová zdravotnická organizace

MKJD - Meziresortní komise pro řešení jodového deficitu při SZÚ v Praze

MKP - minerální krmná přísada

ŘEŠ - řepkový extrahovaný šrot

KI - kalium iodatum

KD – krmná dávka

ATPasa – adenosintrifosfatáza

CHKO – chráněná krajinná oblast

10 DATOVÉ PŘÍLOHY

Tab. č. 9: Obsah jodu v individuálních vzorcích mléka dojníc v období leden- květen 2011 ($\mu\text{g l}^{-1}$)

dojnice č.	24.1.2011	24.2.2011	16.3.2011	27.4.2011	31.5.2011
1	28,6	24,9	32,4	35	91,6
2	114,6	69,7	33,8	38	148,2
3	11,6	79,9	32,4	40	77,8
4	48	60,8	67,2	51	114,2
5	34,6	45,8	34,4	41	39,4
6	12,2	31,1	33,8	51,4	92
7	12,4	35,2	34	40	56
8	13,4	24,9	38	42,4	52,4
9	22,2	29,9	37	40,4	44,6

Pozn.: Hodnoty uvedené 24.1. jsou před změnou množství a formy jodu.

Tab. č. 10: Obsah jodu v individuálních vzorcích moči dojníc chovu v okrese Klatovy v období leden-květen 2011 ($\mu\text{g l}^{-1}$)

dojnice č.	24.1.2011	24.2.2011	16.3.2011	27.4.2011	31.5.2011
1	141	126,6	164	259,2	334,4
2	291,2	135,2	132,2	130,4	642,8
3	173	81,8	61,4	262,2	142,4
4	185	101,6	281,4	258,4	405,6
5	160,8	159,8	250,6	69	287,2
6	193,8	131,4	156,6	267,8	195,4
7	307	230,6	181,8	79	636
8	199,6	122,6	188,4	258,4	502
9	84,4	123	144,2	218,4	241,2

Pozn.: Hodnoty uvedené 24.1. jsou před změnou množství a formy jodu.

Tab. č. 11: Obsah jodu v individuálních vzorcích krevní plazmy dojnic chovu v okrese Klatovy v období leden-květen 2011 ($\mu\text{g l}^{-1}$)

dojnice č.	24.1.2011	24.2.2011	16.3.2011	27.4.2011	31.5.2011
1	71	93,2	66,4	38,2	144,2
2	108	85,8	88,4	35	129,6
3	81,6	64,6	69,4	47,6	171,2
4	86,8	73	50	176,6	138,4
5	91,6	56,7	54,6	40	111
6	83	40,9	54,6	44,2	88,4
7	92,6	51,9	66,8	46,2	127,4
8	59,4	166,8	58,4	40	150
9	11,6	63,4	50,4	41	168,2

Pozn.: Hodnoty uvedené 24.1. jsou před změnou množství a formy jodu.

