

**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

**KONCENTRACE HORMONŮ ŠTÍTNÉ ŽLÁZY**  
**V KREVNÍ PLAZMĚ DOJNIC**

Thyroid hormones in blood plasma of dairy cows

Autor bakalářské práce:

Zuzana Křížová

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Ing. Jan Trávníček, CSc.

---

---

České Budějovice

2012

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Zuzana KŘÍŽOVÁ  
Osobní číslo: Z09615  
Studijní program: B4103 Zootechnika  
Studijní obor: Zootechnika  
Název tématu: Koncentrace hormonů štítné žlázy v krevní plazmě dojnic  
Zadávací 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 štítné žlázy a koncentraci tyroxinu (T4) a trijodtyroninu (T3) v krevní plazmě dojnic. Zpracování dynamiky obsahu T3 a T4 v krevní plazmě dojnic v chovu dojených krav s definovaným obsahem jodu v krmné dávce.

**Metodika:** Z dostupných literárních údajů zpracujte přehled o významu štítné žlázy. Popište funkční parametry štítné žlázy a faktory ovlivňující jejich změny. Z výsledků obsahu hormonů T3 a T4 v krevní plazmě dojnic s definovaným příjmem jodu, zpracujte dynamiku koncentrací T3 a T4 v souvislosti se změnami obsahu jodu v krmné dávce. Zpracujte vzájemné vztahy mezi obsahem T3 a T4, respektive mezi hormony štítné žlázy a saturací dojnic jodem.

**Výsledky:** Tabulkové a grafické zpracování zjištěných údajů. Statistické zhodnocení výsledků.

**Diskuze:** Shrnutí zjištěných údajů. Porovnání vlastních výsledků s literárními údaji. Zhodnocení vztahů mezi příjmem jodu respektive jeho obsahem v organizmu a koncentrací hormonů štítné žlázy v 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

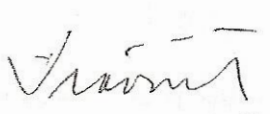
Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Jan Trávníček, CSc.  
Katedra veterinárních disciplin a kvality produktů

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  
Studená 13 ①  
370 05 České Budějovice

  
prof. Ing. Jan Trávníček, CSc.  
vedoucí katedry

## 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 hovězieho dobytku. M&M vydavatelství, K amfiteátru 8, Prešov. 1. vydání. 2001. 874 s.
- Hofírek, B. et al.: Nemoci skotu. Česká buiatrická společnost. Nakladatelství Noviko a.s.. 2009. 1149 s.
- Thér, R.: Eliminace jodového deficitu u hospodářských zvířat. Disertační práce. ZF, JU v Českých Budějovicích. 2001.149 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., Kroupová, V., Kursá, J., Illek, J., Thér, R.: Effects of rapeseed meal and nitrates on thyroid functions in sheep. Czech J. Anim. Sci. 2001, 46(1):1-10.
- Kursá, J., Trávníček, J., Rambeck, W. A., Kroupová, V., Vítovec, J: Goitrogenic effects of extracted rapeseed meal and nitrates in sheep and their progeny. Vet. Med.-Czech, 45, 2000(5): 129-140.
- Kursá, J., Kroupová, V., Kratochvíl, P., Trávníček, J., Jezdinský, P.: K diagnostice strumy skotu. Veterinářství, 46, 1996, (3): 90-96.
- 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..

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Dále 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 jejich internetových stránkách.

Datum: .....

Podpis:.....

Zuzana Křížová

## **Poděkování**

Děkuji prof. Ing. Janu Trávníčkovi, CSc. nejen za cenné rady a náměty, ale také za odborné vedení a konzultace při zpracování bakalářské práce. Dále děkuji pracovníkům laboratoře a členům katedry veterinárních disciplín a kvality produktů za odborné rady a pomoc. V neposlední řadě děkuji svým přátelům a rodině za pomoc a podporu při vypracování bakalářské práce.

Zuzana Křížová

## **Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá hodnocením vlivu různého množství a formy jódu v krmné dávce dojených krav na koncentraci hormonů štítné žlázy v krevní plazmě. Jód byl podáván v anorganické (Vitamix S7+) a organické (UNI-SATURAN J) formě. Pokus probíhal na dojnicích stáda Červeného strakatého skotu v převodném křížení do plemene Holštýn v zájmovém chovu v okrese Klatovy. Průměrná koncentrace thyroxinu (TT4) před pokusem byla  $50,91 \pm 12,96 \text{ nmol} \cdot \text{l}^{-1}$  a trijódthyroninu (TT3)  $1,60 \pm 0,53 \text{ nmol} \cdot \text{l}^{-1}$ . Volné formy hormonů vykazovaly koncentraci: FT4  $1,09 \pm 0,06 \text{ pmol} \cdot \text{l}^{-1}$  a FT3  $2,5 \pm 0,08 \text{ pmol} \cdot \text{l}^{-1}$ . Výraznější odchylky prokazovaly volné formy hormonů, zejména v souvislosti s příjmem organického jódu.

## **Klíčová slova**

Hormony; štítná žláza; jód; krev; dojnice; trijódthyronin; thyroxin

## **Abstract**

Thesis deals with the evaluation of the impact of different quantities and forms of iodine in ration dairy cows on the concentration of hormones of the thyroid in the blood plasma. Iodine was given in the inorganic (Vitamix S7+) and organic form (UNI-SATURAN J). The experiment was done with a herd of Red cows fleckvieh breeding in the conversion to breed in the breeding of Holstein dairy cows in distrikt Klatovy. The average concentration of thyroxine (TT<sub>4</sub>) before experiment was  $50.91 \pm 12.96 \text{ nmol} \cdot \text{l}^{-1}$ ,  $1.6 \pm 0.53 \text{ nmol} \cdot \text{l}^{-1}$  of triiodothyronine (TT<sub>3</sub>). Free forms of hormones showed: FT<sub>4</sub>  $1.09 \pm 0.06 \text{ pmol} \cdot \text{l}^{-1}$  and FT<sub>3</sub>  $2.5 \pm 0.08 \text{ pmol} \cdot \text{l}^{-1}$ . Free forms of hormones showed more considerable divergencies.

## **Key words**

Hormones; thyroid gland; iodine; blood; dairy cow; triiodothyronine; thyroxine

## OBSAH

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Úvod .....</b>   | <b>10</b> |
| <b>2</b> | <b>Literární přehled.....</b>                                     | <b>11</b> |
| 2.1      | Morfologie štítné žlázy.....                                      | 11        |
| 2.1.1    | Stavba štítné žlázy .....   | 11        |
| 2.1.2    | Makroskopická a mikroskopická stavba štítné žlázy.....            | 12        |
| 2.1.3    | Krevní zásobení a inervace štítné žlázy.....                      | 12        |
| 2.2      | Fyziologie štítné žlázy.....                                      | 14        |
| 2.2.1    | Funkce štítné žlázy.....  | 14        |
| 2.2.2    | Mechanismus působení hormonů .....                                | 14        |
| 2.2.3    | Hormony štítné žlázy .....  | 15        |
| 2.2.4    | Regulace sekrece hormonů štítné žlázy.....                        | 17        |
| 2.2.4.1  | Thyreotropin uvolňující hormon (TRH).....                         | 18        |
| 2.2.4.2  | Thyreotropin (TSH).....   | 19        |
| 2.2.5    | Biosyntéza hormonů štítné žlázy .....                             | 19        |
| 2.2.5.1  | Vychytávání jodidu .....  | 20        |
| 2.2.5.2  | Syntéza thyreoglobulinu.....                                      | 20        |
| 2.2.5.3  | Oxidace a jodace tyrosylových zbytků v thyreoglobulinu .....      | 21        |
| 2.2.5.4  | Vznik T <sub>3</sub> a T <sub>4</sub> .....                       | 21        |
| 2.2.6    | Účinky hormonů štítné žlázy .....                                 | 22        |
| 2.2.7    | Hormony T <sub>3</sub> a T <sub>4</sub> v krevní plazmě.....      | 22        |
| 2.2.8    | Změny hladiny T <sub>3</sub> a T <sub>4</sub> .....               | 24        |
| 2.2.8.1  | Změny hladiny trijódthyroninu .....                               | 25        |
| 2.2.8.2  | Změny hladiny thyroxinu .....                                     | 26        |
| 2.2.8.3  | Syndrom nízkého trijódthyroninu (low T <sub>3</sub> syndrom)..... | 26        |
| 2.2.9    | Jód v krevní plazmě .....   | 26        |



|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>3</b> | <b>Cíl práce.....</b>  | <b>27</b> |
| <b>4</b> | <b>Materiál a metodika.....</b>  | <b>28</b> |
| 4.1      | Materiál .....   | 28        |
| 4.2      | Metodika.....  | 30        |
| 4.2.1    | Stanovení jódu v krevní plazmě.....  | 30        |
| 4.2.2    | Stanovení hormonů štítné žlázy.....  | 30        |
| <b>5</b> | <b>Výsledky a diskuze.....</b>   | <b>32</b> |
| 5.1      | Hladina jódu v krevní plazmě dojnic .....                                      | 32        |
| 5.2      | Hladina celkového T <sub>3</sub> a T <sub>4</sub> v krevní plazmě dojnic ..... | 33        |
| 5.3      | Hladina volného T <sub>3</sub> a T <sub>4</sub> v krevní plazmě dojnic.....    | 36        |
| 5.4      | Dynamika obsahu jódu a FT <sub>4</sub> v krevní plazmě dojnic .....            | 39        |
| 5.5      | Dynamika obsahu jódu a FT <sub>3</sub> v krevní plazmě dojnic .....            | 40        |
| <b>6</b> | <b>Závěr .....</b>   | <b>41</b> |
| <b>7</b> | <b>Použitá literatura .....</b>  | <b>42</b> |
| <b>8</b> | <b>Seznam použitých zkratk .....</b>   | <b>45</b> |
| <b>9</b> | <b>Datové přílohy.....</b>   | <b>47</b> |

## 1 Úvod

Štítná žláza (*glandula thyroidea*) je endokrinní žlázou, jejíž hlavní funkcí je produkce, deponace a sekrece tyreoidálních hormonů – T<sub>3</sub> (trijódthyroninu), T<sub>4</sub> (thyroxinu) a kalcitoninu. Tyto hormony zásadně ovlivňují metabolismus, růst a správný vývoj organismu a zvyšují účinek jiných hormonů, jako jsou katecholaminy (např. adrenalin) nebo kortizol.

Zásadní vliv na funkci štítné žlázy má množství jódu v organismu a obsah strumigenních látek, které organismus přijímá z prostředí. Jód se dostává do organismu potravou, je vycytáván ve formě jodidu ve štítné žláze, kde jeho koncentrace přesahuje 100 až 200krát koncentraci v plazmě. Strumigenní látky obecně snižují funkci štítné žlázy, spolu s nedostatkem jódu mohou tyto dva faktory způsobovat zdravotní komplikace jak u dospělých zvířat, tak u mladých jedinců. Navenek se nedostatek jódu projevuje jako vole neboli struma. Problematice vlivu jódu na zdravotní stav lidské populace je věnována trvalá pozornost ve světě i u nás. Podle odhadu WHO (World Health organization) – UNICEF – ICCID (International Council for Control of Iodine Deficiency Disorders) (1994) bylo nedostatkem jódu v roce 1994 ohroženo 1,6 miliardy obyvatel na světě.

Zásobení jódem není ideální ani v České republice. Stále zde existují skupiny s nedostatečným příjmem jódu například v některých regionech případně některé sociální skupiny. V České republice je jodový deficit závažným problémem, proto se v padesátých letech přistoupilo k opatřením, které chrání především občany před nedostatkem jódu, jako například k jodizaci jedlé soli. Hlavním, přirozeným, zdrojem jódu jsou mořské ryby. Neméně významným zdrojem je také mléko a mléčné výrobky, které obsahují poměrně vysoké množství jódu.

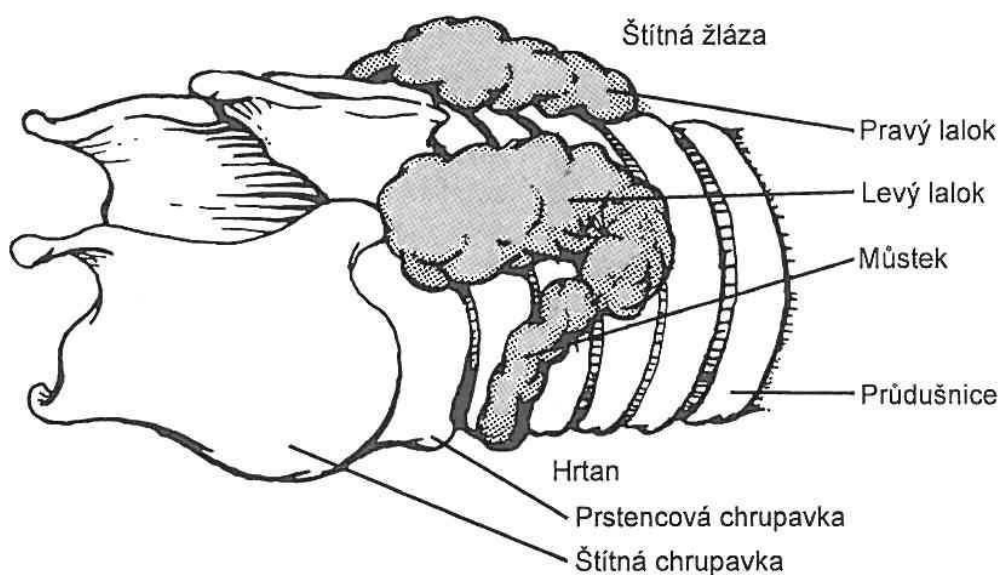
V současné době probíhají nadále různé výzkumy týkající se saturace jódem lidí a zvířat a zavádějí se opatření, která by zajistila optimální přísun jódu a tak eliminovala onemocnění vznikající jeho nedostatkem.

## 2 Literární přehled

### 2.1 Morfologie štítné žlázy

#### 2.1.1 Stavba štítné žlázy

Štítná žláza (*glandula thyroidea*) je endokrinní žlázou folikulárního typu. Nachází se u všech obratlovců. Je červenohnědé barvy a tuhé konzistence (KOMÁREK a SOVA, 1971). U většiny savců je umístěna kaudálně za hrtanem na průdušnici (obr. č. 1). U skotu se skládá ze dvou laterálně zploštělých laloků, které jsou spojeny můstkem – isthmus. U psa a kočky tento můstek chybí úplně, u koně je minimálně vyvinutý (REECE, 1998). U člověka je štítná žláza jednou z největších žláz. V dospělosti váží až 30 g (STÁRKA et al., 1997). Její hmotnost se u skotu pohybuje v rozmezí 20 – 35g, podle PEKSY et al. (2011) od 16,4±4,2 g (u telat) do 47,2±23,3 g (u krav). U prasat je hmotnost žlázy v rozmezí od 10 do 30 g. U savců je tato žláza párová, naopak je tomu u plazů, kde je nepárová (REECE, 1998).



Obr. č. 1: Štítná žláza skotu  
(REECE, 1998)

### 2.1.2 Makroskopická a mikroskopická stavba štítné žlázy

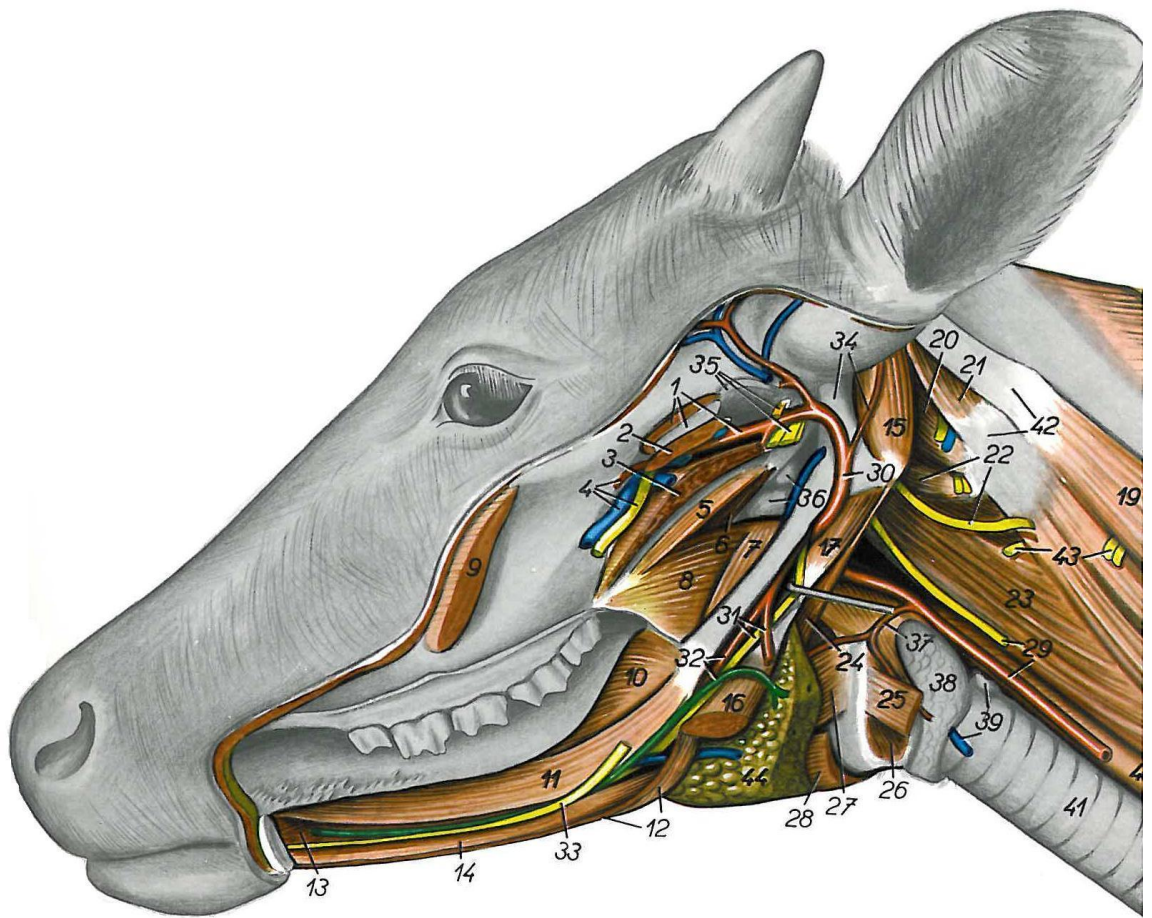
Štítnou žlázu obaluje vazivové pouzdro, z něhož odstupují vazivová septa a rozdělují její parenchym na neúplné lalůčky. Základní stavební jednotkou jsou folikuly. Na řezu jsou folikulární buňky různé výšky od plochých až k nízcí cylindrickým, jejich výška závisí na funkčním stavu štítné žlázy (JELÍNEK a KOUDELA et al., 2003). Epitel tvoří dva druhy buněk: folikulární epitelové buňky a světlé parafolikulární buňky (MARVAN et al., 1998). Thyreocyty jsou v klidovém období ploché, při stimulaci TSH (thyreostimulační hormon) se zvýší. Syntetizují thyreoglobulin, který je vypuzován do lumina folikulů tzv. koloidu. Syntéza  $T_3$  (trijódthyronin) a  $T_4$  (thyroxin) se uskutečňuje v thyreoglobulinu na rozhraní buňky a koloidu (LÍMANOVÁ et al., 1995). Folikulární epitelové buňky zajišťují jak příjem jódu, tak syntézu thyreoglobulinu, ze kterého se odštěpují hormony  $T_3$  a  $T_4$  (MARVAN et al., 1998).

Parafolikulární buňky jsou větší než buňky folikulární a jsou světlé. Mají také odlišnou skladbu a vlastnosti. Folikulární buňky jsou u nižších obratlovců seskupeny v ultimobranchiální tělíska, která vznikla embryonálně z žaberního oblouku. Parafolikulární buňky vylučují hypokalcemický faktor snižující obsah vápníku v krvi – kalcitonin (MARVAN et al., 1998).

### 2.1.3 Krevní zásobení a inervace štítné žlázy

Štítná žláza je orgán s hustou sítí krevních kapilár, které obklopují jednotlivé folikuly, je tak bohatě krvena. Dle BLAHOŠE a BLEHY (1988) je krvení tak intenzivní, že podle odhadů u člověka proteče štítnou žlázou všechna krev za hodinu. Kapilární síť štítné žlázy patří mezi jednu z nejhustších v těle. Podle JELÍNKY a KOUDELY et al. (2003) jsou vydatnější krveny pouze nadledvinky.

Inervaci zajišťují sympatická a parasympatická nervová vlákna. Nervové zásobení je z krčního sympatiku a z parasympatických vláken z *nervus laryngeus superior* a *inferior* (horní a dolní hrtanový nerv). Zakončení vláken leží v těsné blízkosti folikulárního epitelu (BLAHOŠ a BLEHA, 1988).

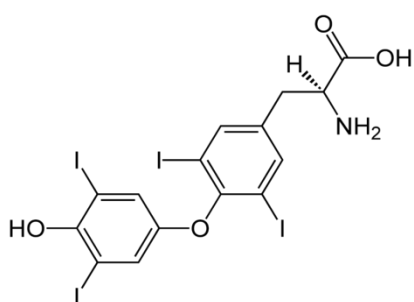


Obr. č. 2: Poloha štítné žlázy u skotu (38)  
(POPESKO, 1988)

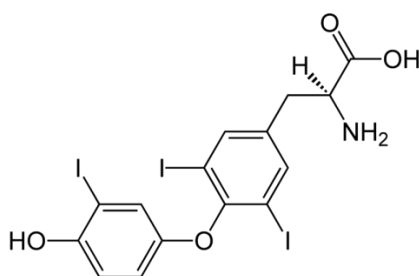
## 2.2 Fyziologie štítné žlázy

### 2.2.1 Funkce štítné žlázy

Velikost štítné žlázy ovlivňuje jak úroveň výživy (obsah jódu v krmivu a vodě), tak fyziologické procesy v organismu. Dále ji ovlivňuje pohlaví, věk, roční období a teplotní podmínky (JELÍNEK a KOUDELA et al., 2003). Majoritní funkcí štítné žlázy je produkce hormonů 3, 5, 3', 5'-L – tetrajódthyroninu – thyroxinu ( $T_4$ ) a 3, 5, 3'-L – trijódthyroninu ( $T_3$ ) (obr. č. 3) a kalcitoninu (thyreokalcitoninu) a jejich deponace ve žláze (MURRAY et al., 1998)-



3, 5, 3', 5'-L – tetrajódtyroninu (thyroxin)



3, 5, 3'-L – trijódthyroninu

Obr. č. 3: Chemické vzorce thyroxinu a trijódthyroninu

(MURRAY et al., 1998)

### 2.2.2 Mechanismus působení hormonů

Jako hormon se označuje chemický přenašeč, který se tvoří ve specializované buňce, a to buď endokrinní žlázy, z níž se vyloučí do krve, nebo z endokrinní buňky

orgánu s jinou než endokrinní funkcí, z níž je uvolněn do okolních tkání (JELÍNEK a KOUDELA et al., 2003). Obecně platí, že se komplex hormon-receptor váže na specifické oblasti DNA, zvané hormonresponsivní elementy (HRE).

Účinek hormonů na buněčné úrovni začíná spojením hormonů s jejich specifickými receptory (JELÍNEK a KOUDELA et al., 2003). Podle umístění receptorů a povahy signálu nebo druhého posla, který působí při zprostředkování účinku hormonu uvnitř buňky, můžeme hormony rozdělit do skupin a podskupin (MURRAY et al., 1998).

Do první skupiny řadíme hormony, které se vážou na intracelulární receptory, do této skupiny patří právě  $T_3$  (trijódthyronin) a  $T_4$  (thyroxin). Do skupiny druhé, hlavní, řadíme hormony, které se vážou na receptory na povrchu buněk. Tato skupina se dále dělí na podskupiny A, B, C a D, které se určují dle druhého posla. Receptory jsou charakteristické vysokou afinitou k hormonu, vazba hormonu na receptor je však reverzibilní a vysoce specifická. Receptory mohou být složkou plazmatické membrány, jak je tomu u receptorů pro peptidové hormony, nebo mohou být uvnitř buňky, jak u nadrodiny steroidních a thyreoidních hormonů (MURRAY et al., 1998)

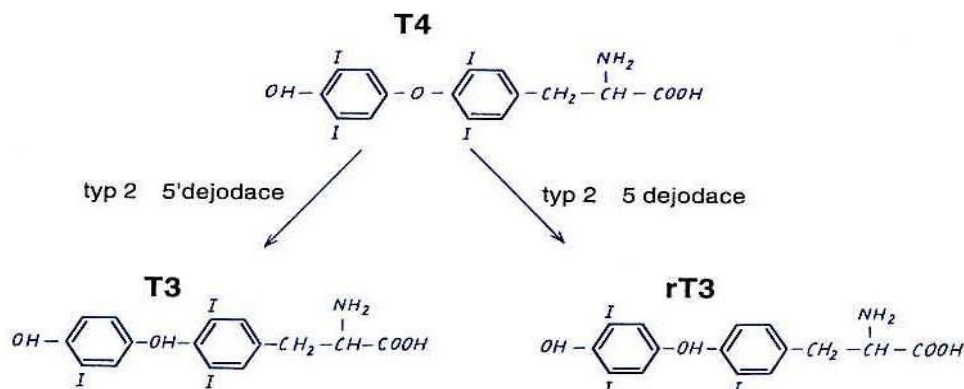
Hormony, které jsou rozpustné ve vodě (např. hormony dřeně nadledvin), se vážou na receptory v buněčné membráně. Hormony nerozpustné ve vodě (hormony štítné žlázy a steroidní hormony) mají své receptory uvnitř buňky – v cytoplazmě, nebo v buněčném jádře. Z toho důvodu nastupuje efekt těchto hormonů obvykle pozvolněji než u hormonů rozpustných ve vodě (RACEK, 2006).

### **2.2.3 Hormony štítné žlázy**

Primární funkcí štítné žlázy je syntéza a sekrece thyreoidálních hormonů do krevního oběhu, které mají důležitou funkci v organismu a jsou nezbytné pro jeho správnou funkci (REECE, 1998).

Štítná žláza vylučuje celkem tři základní hormony: thyroxin ( $T_4$ ) – denně zhruba 80  $\mu\text{g}$ , a v menším množství trijódthyronin ( $T_3$ ) – denně 20  $\mu\text{g}$  a méně než 20  $\mu\text{g}$  metabolicky neúčinného reverzního  $T_3$  ( $rT_3$ ) a kalcitonin (thyreokalcitonin). Většina  $T_3$  i  $rT_3$  vzniká v plazmě periferním metabolismem působením dejodáz (5 – dejodací) na  $T_4$ . Biologická aktivita thyreoidálních hormonů je závislá především na umístění atomů jódu. Dejodací zevního okruhu  $T_4$  (5' - dejodace) vzniká  $T_3$ , který je

3 – 8x účinnější než  $T_4$ , dejodací vnitřního kruhu (5 – dejodace) vzniká  $rT_3$  (obr. č. 4) (LÍMANOVÁ et al., 1995).



Obr. č. 4: Schematické znázornění dejodace thyroxinu

(LÍMANOVÁ et al., 1995)

Zásoby  $T_4$  ve štítné žláze se ukládají ve formě thyreoglobulinu, ze kterého se uvolňuje v případě nedostatečného příjmu jódu. V případě dostatečného příjmu je nadbytečný jód vylučován močí a u laktujících zvířat mlékem.  $T_3$  vzniká i mimo štítnou žlázu, především v játrech a ledvinách, ale také v kůži (CUNNINGHAM a KLEIN, 2007).

Thyreoidální hormony jsou jedinečné v tom, že pro svou biologickou účinnost potřebují stopové dávky jódu, obsahují 59 – 65 % stopového prvku jódu, který je jejich základem.  $T_4$ ,  $T_3$  a  $rT_3$  obíhají v plazmě převážně vázané na proteiny. V buňce je přeměněn  $T_4$  na  $T_3$ , dá se tedy říct, že  $T_4$  je prohormonem a  $T_3$  je aktivním hormonem.  $rT_3$  je biologicky neaktivní, ale obsazuje stejné receptory jako  $T_3$  (LÍMANOVÁ et al., 1995).

$T_3$  a  $T_4$  jsou v játrech konjugovány na glukuronidy a sulfáty a tím jsou inaktivovány (KOMÁREK a SOVA et al., 1971)

Ve vazné formě se v krevním séru nachází 99,97 % thyroxinu ( $T_4$ ) a 99,50 % trijódthyroninu ( $T_3$ ), tyto frakce hormonů se nacházejí v nanomolárních koncentracích, kdežto volné frakce jsou v koncentracích pikomolárních. Celkové frakce označujeme jako  $TT_3$  a  $TT_4$  (první T značí „Total“) a volné frakce jako  $FT_3$   $FT_4$  (kde první F značí „Free“) (LANGER, 2004).



Hladina  $TT_3$  a  $TT_4$  v plazmě závisí především na rychlosti jejich vylučování ze štítné žlázy. V případě  $T_3$  je rozhodující úroveň jeho tvorby z  $T_4$  v periferních orgánech (LANGER, 1993). Dále je hladina  $TT_3$  a  $TT_4$  ovlivněna změnami hladin bílkovinných nosičů, která je důležitá především pro  $TT_4$ , který je vázán na bílkoviny více než  $T_3$  (RACEK et al., 2006)

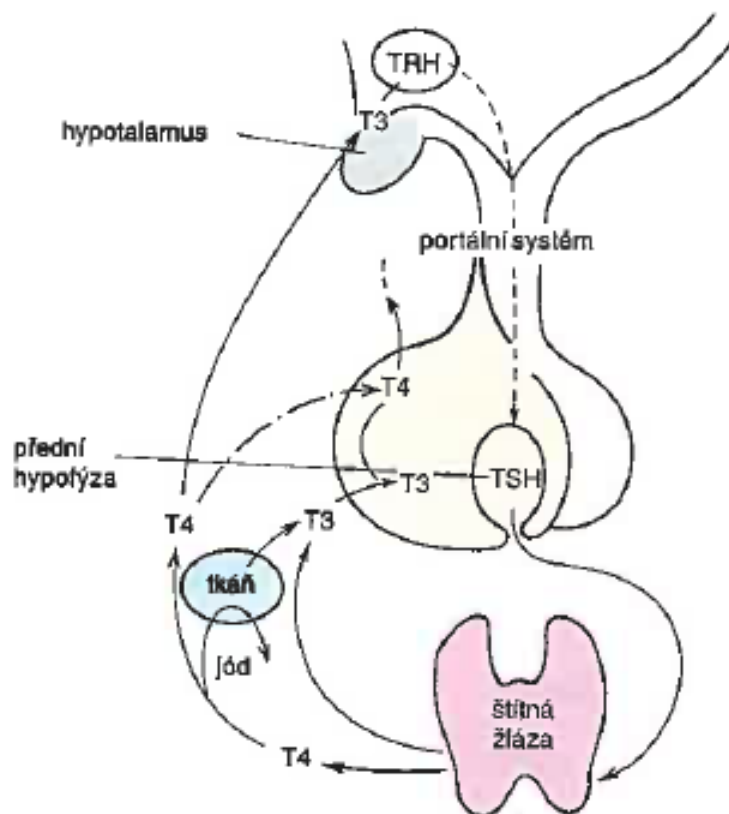
Pouze volná frakce ( $FT_3$  a  $FT_4$ ) vstupuje do buněk, kde se dále metabolizuje, za určitých podmínek v krevním řečišti neustále přechází z volné do vazné formy a naopak. Koncentrace volné frakce je daná z velké části stavem plazmy, za určitých podmínek je schopna udržovat určitou frakci molekul ve volném stavu (LANGER, 2004).

#### **2.2.4 Regulace sekrece hormonů štítné žlázy**

V řízení metabolismu hormonů štítné žlázy se uplatňuje především negativní zpětná vazba v adenohipofýze, ta je řízena hladinou thyroideálních hormonů v krvi, především množstvím  $T_4$  (STÁRKA et al., 1999). Hormonální sekrece je citlivě regulována (obr. č. 5). Řídícím hormonem je adenohipofyzární thyreotropin (TSH). Jeho syntézu a sekreci ovlivňuje stimulačně hypotalamický thyreoliberin (TRH) a inhibičně se poté uplatňuje somatostatin (JELÍNEK a KOUDELA et al., 2003). TRH je rychle metabolizován, jeho poločas je asi 5 minut. Hladiny TRH jsou v séru nízké, mezi 25 – 100  $pg \cdot ml^{-1}$  (LÍMANOVÁ et al., 1995). Tímto mechanismem zpětné vazby je zajišťována konstantní hladina, odpovídající normálnímu metabolismu.

Hladina TSH stoupá, například pokud jsou zvířata vystavena chladnému prostředí. Následuje odpověď díky ochlazení přední části hypotalamu, což má za následek zvýšení metabolismu a následné zvýšení produkce tepla (REECE, 1998).

Podle RACKA et al. (2006) je vztah mezi  $FT_4$  a TSH logaritmicko-lineární, to má za následek, že při malé změně  $FT_4$  dochází k dramatické změně koncentrace TSH. Například pokud poklesne  $FT_4$  na polovinu, koncentrace TSH se zvýší až 160krát.



Obr. č. 5: Regulace hypotalamus – hypofýza – štítná žláza  
(LÍMANOVÁ et al., 1995)

#### 2.2.4.1 Thyreotropin uvolňující hormon (TRH)

Thyreotropin uvolňující hormon se řadí mezi tripeptidy (pyroglutamyl – hystidyl – prolinamid), je syntetizovaný neurony v hypotalamu, odkud je transportován hypofyzárním portálním venózním systémem do adenohypofýzy, kde kontroluje syntézu a uvolňování thyreotropinu (TSH) (LÍMANOVÁ et al., 1995).

TRH se váže na specifické membránové receptory a stimuluje adenohypofyzární buňky k sekreci TSH. Nachází se také v mozku a míše, kde může fungovat jako neurotransmiter. Je rychle metabolizován, při intravenózním podání je jeho poločas rozpadu okolo pěti minut.

Vliv na syntézu a uvolňování TSH mohou mít některá léčiva. Uvolňování TSH je stimulováno snížením sérového  $T_3$  nebo  $T_4$ . Naopak inhibice sekrece způsobuje nadbytek sérového  $T_3$  nebo  $T_4$  (GREENSPAN et al., 2003).

#### 2.2.4.2 Thyreotropin (TSH)

Thyreostimulační hormon neboli thyreotropin (TSH) patří mezi glykoproteiny, je syntetizovaný a sekrenovaný thyreotropními buňkami adenohypofýzy. Molekulová váha thyreotropinu je 28 000, a skládá se ze dvou podjednotek alfa a beta. Alfa podjednotka je společná i pro FSH, LH a HCG. Podjednotka beta je odlišná pro každý glykoprotein a odpovídá jak za specifické vazebné vlastnosti, tak za jeho biologickou aktivitu (LÍMANOVÁ et al., 1995). Podle GREENSPAN et al. (2003) je TSH primárním faktorem usměrňujícím růst thyreocytů, sekreci a syntézu hormonů štítné žlázy, váže se na specifické TSH receptory (TSH-R) na membráně thyreocytů.

TSH působí jak na thyreocyty, kde vyvolává morfologické změny, tak i na resorpci a hydrolýzu thyreoglobulinu, kterou urychluje. Snižuje obsah koloidu a thyreoglobulinu. Jeho vlivem se zvyšuje prokrvení štítné žlázy. Sekrece a syntéza je řízena zpětnou vazbou přes hladinu  $T_3$  v thyreotropních buňkách hypofýzy a pomocí TRH, který řídí aktivaci a uvolnění TSH (LÍMANOVÁ et al., 1995).

Hladiny TSH a thyreoidálních hormonů nemají tak výrazný denní rytmus jako například glukokortikoidy. Nejvyšší hladina bývá ráno po probuzení, tomu odpovídá i hladina volného thyroxinu (BLAHOŠ a BLEHA, 1988).

#### 2.2.5 Biosyntéza hormonů štítné žlázy

$T_3$  a  $T_4$  vznikají jako součást thyreoglobulinu. Pro tvorbu thyreoidálních hormonů je nutná dostatečná koncentrace jodidu v epitelu štítné žlázy. Schopnost vycytávat jodid se nazývá také jodidová pumpa nebo tramping jodidu, nemá ji jen štítná žláza, ale také příušní žláza a žaludeční epitel. Jodidu je za fyziologického stavu ve štítné žláze koncentrováno asi 20 – 30krát více než v plazmě (BLAHOŠ a BLEHA, 1988).

Biosyntéza thyroxinu a trijódthyroninu probíhá v šesti hlavních krocích: (1) Vychytávání jodidu a aktivní transport přes bazální membránu do thyreocytu, (2) syntéza thyreoglobulinu (3) oxidace a jodace thyrosylových zbytků v thyreoglobulinu, (4) spojování jodthyrosinových molekul v thyreoglobulinu a vnik

T<sub>3</sub> a T<sub>4</sub>, (5) dejodace jodthyrozinu uvnitř thyreocytu a (6) za určitých okolností 5'-dejodace T<sub>4</sub> na T<sub>3</sub> (GREENSPAN, 2003)

### 2.2.5.1 Vychytávání jodidu

Vychytávání jodidu probíhá na bazálních membránách folikulů. Tento proces závisí na koncentraci Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> a ATP-ázy (LANGER, 2004). Koncentrace těchto iontů v epiteliálních buňkách je asi 30x až 40x větší než v krevní plazmě (JELÍNEK a KOUDELA et al., 2003). Prostup I<sup>-</sup> přes bazální membránu thyreocytu se uskutečňuje aktivním transportem, který vyžaduje energii, závisí na množství iontů draslíku – sodíku a na množství ATPázy. Jodidová pumpa je stimulována TSH a inhibována ionty jako jsou ClO<sub>4</sub><sup>-</sup>, SCN<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> a TcO<sub>4</sub><sup>-</sup> (GREENSPAN, 2003).

Podle LANGERA (2004) je jód procházející štítnou žlázou vychytáván prostřednictvím proteinu zvaného NIS (Natrium Iodine Symporter), který se nachází na membránách thyreocytů. Symporter NIS katalyzuje transport jodidu přes membránu tak, že ho spojuje s transportem sodíku do thyreocytu. Současně je využívána energie ATP (adenosintrifosfát), který se při tom štěpí na ADP (adenosin monofosfát).

### 2.2.5.2 Syntéza thyreoglobulinu

Thyreoglobulin je glykoprotein o 5496 aminokyselinách. Obsah jódu v molekule bývá 0,1 – 1 % váhy (GREENSPAN, 2003). Obsahuje 8 – 10 % oligosacharidů. Dostává se do krevní plazmy lymfatickou cestou přes *ductus thoracicus* (hrudní mízovod) v koncentracích až 50ng·ml<sup>-1</sup> (LANGER, 2004). Thyreoglobulin s nízkým obsahem jódu se hydrolyzuje rychleji než thyreoglobulin s vysokým obsahem jódu, což by mohlo být prospěšné v oblastech s nízkým příjmem jódu (LÍMANOVÁ et al., 1995).

TSH stimuluje transkripci thyreoglobulinového genu, ten obsahuje asi 8500 nukleotidů, které kódují monomer prethyreoglobulin (pre-Tg), ten se dále mění na monomer thyreoglobulinu (GREENSPAN, 2003). Dále je syntetizován na ribozomech endoplazmatického retikula (JELÍNEK a KOUDELA et al., 2003). Následuje glykosylace, která probíhá během transportu do Golgiho aparátu.

V Golgiho aparátu jsou dimery thyreoglobulinu začleněny do vezikul, kde se spojují s bazální membránou a uvolňují thyreoglobulin do lumina folikulů. Zde se thyreoglobulin joduje a skladuje v koloidu (GREENSPAN, 2003).

### **2.2.5.3 Oxidace a jodace thyrosylových zbytků v thyreoglobulinu**

Pro oxidaci, jodaci, ale i pro začlenění jódu je nezbytný enzym, thyroidální peroxidáza (TPO), který tyto reakce katalyzuje. TPO je glykoprotein vázaný na membránu, obsahuje hemovou složku jako prostetickou část enzymu, je syntetizována v drsném endoplazmatickém retikulu (RER). Syntéza TPO je stimulována TSH (GREENSPAN, 2003). Působením TPO je  $I^-$  oxidován do vyššího oxidačního stupně, to je důležité k organifikaci  $I^-$ . Už několik minut po vycytání se začne jodid oxidovat prostřednictvím thyroidální peroxidázy na volný  $I_2$  nebo na volný radikál  $I_0$ , ten se váže na thyroziny v řetězci aminokyselin molekuly thyreoglobulinu (LANGER, 1993).

Syntéza TPO je stimulována TSH (GREENSPAN, 2003). Působením TPO je  $I^-$  oxidován do vyššího oxidačního stupně, to je důležité k organifikaci  $I^-$ . Oxidace probíhá na povrchu folikulárních buněk. Oxidovaný jodid reaguje s thyrosylovými zbytky v thyreoglobulinu, nejprve se joduje 3. pozice molekuly a pak 5., tak vzniká MIT, respektive DIT. Tato reakce se nazývá organifikace. (MURRAY et al., 1998).

Na rozhraní buňky a koloidu je jodid oxidován pomocí  $H_2O_2$ , tuto reakci syntetizuje thyreoperoxidáza. Jodid je přeměněn na aktivní meziprodukt, který je poté začleněn do thyrozinových zbytků v thyreoglobulinu (GREENSPAN, 2003).

### **2.2.5.4 Vznik $T_3$ a $T_4$**

Vzniku  $T_3$  a  $T_4$  předchází spojování thyrozinových zbytků v thyreoglobulinu, tato reakce je katalyzována opět thyreoperoxidázou. Uvnitř molekuly thyreoglobulinu se mohou spojit dvě molekuly DIT, vzniká tedy  $T_4$ , nebo molekula DIT a MIT za vzniku  $T_3$ . K uskutečnění tohoto děje je potřebná dimerická struktura thyreoglobulinu (GREENSPAN, 2003).

Asi 80 %  $T_4$  se na periférii konvertuje na  $T_3$  nebo na reverzní  $T_3$  ( $rT_3$ ). Reverzní  $T_3$  je velmi slabý antagonist, tvoří se v relativně větším množství například

při chronických onemocněních nebo při nedostatku sacharidů v krmivu (MURRAY et al., 1998).

### **2.2.6 Účinky hormonů štítné žlázy**

T<sub>3</sub> a T<sub>4</sub> působí na mnohé biologické procesy od metamorfózy obojživelníků přes početné metabolické děje až po přímé účinky na srdce (LANGER, 1993).

Hlavním účinkem thyroideálních hormonů je zvyšování bazálního metabolismu ve všech tkáních a orgánech s výjimkou mozku, sleziny a varlat, dochází tak ke zvýšené spotřebě kyslíku a zvýšení termogeneze (BOĎA a LEBEDA, 1972). Dále ovlivňují vývoj a diferenciaci nervové soustavy především CNS. Zvyšují srdeční frekvenci a zvětšují intenzitu kontrakcí myokardu, mají vazodilatační účinek na malé cévy a krevní vlásečnice, stimulují tvorbu mléka a zvyšují obsah mléčného tuku (JELÍNEK a KOUDELA et al., 2003). Podle MAČÁKOVÉ a MAČÁKA (1992) thyroideální hormony také ovlivňují glykogenolytický a hyperglykemizující účinek adrenalinu a zesilují působení inzulinu na glukózu a na syntézu glykogenu. Působením těchto hormonů dochází také ke stimulaci enzymové aktivity lipidového metabolismu, dochází k mobilizaci i degradaci lipidů.

V dětství hormony štítné žlázy ovlivňují diferenciaci buněk CNS, výrazný vliv mají ale i na zrání skeletu a chrupu (MAČÁKOVÁ a MAČÁK, 1992). Působí také na iontovou rovnováhu metabolismu vitamínů, především A a B. Thyroxin se uplatňuje jako jeden ze dvou hlavních faktorů, které stimulují galaktoporézu, tj. udržování sekrece mléka při laktaci (BOĎA a LEBEDA, 1972).

### **2.2.7 Hormony T<sub>3</sub> a T<sub>4</sub> v krevní plazmě**

Dle MARSHALLA a BANGERTA (2008) se koncentrace T<sub>3</sub> pohybuje v rozmezí od 1,0 do 2,9 nmol·l<sup>-1</sup> a T<sub>4</sub> 60 – 150 nmol·l<sup>-1</sup>. CUNNINGHAM a KLEIN (2007) uvádí hladinu T<sub>3</sub> od 0,63 do 2,61 nmol·l<sup>-1</sup> a T<sub>4</sub> v rozpětí 46,33- 114,54 nmol·l<sup>-1</sup>.

Tab. č. 1: Koncentrace T<sub>3</sub> a T<sub>4</sub> v krevní plazmě člověka

| Celková hladina µg/l |     | Volný hormon |      |                       | Poločas v krvi<br>t <sub>1/2</sub> (dny) |
|----------------------|-----|--------------|------|-----------------------|--|
|                      |     | % celkového  | ng/l | mol/l                 |  |
| T <sub>4</sub>       | 80  | 0,03         | 22,4 | 3,0x10 <sup>-11</sup> | 6,5                                      |
| T <sub>3</sub>       | 1,5 | 0,3          | 4    | 0,6x10 <sup>-11</sup> | 1,5                                      |

(MURRAY et al., 1998)

Tab. č. 2: : Koncentrace T<sub>3</sub> a T<sub>4</sub> v krevní plazmě skotu

| nmol·l <sup>-1</sup> | Medián ± směrodatná odchylka | Rozpětí       |
|----------------------|------------------------------|---------------|
| T <sub>4</sub>       | 79,86±26,12                  | 46,33- 114,54 |
| T <sub>3</sub>       | 1,42±0,82                    | 0,63 – 2,61   |

(CUNNINGHAM a KLEIN, 2007)

Hladina TT<sub>3</sub> a TT<sub>4</sub> v plazmě závisí především na rychlosti jejich vylučování ze štítné žlázy. V případě T<sub>3</sub> je rozhodující úroveň jeho tvorby z T<sub>4</sub> v periferních orgánech (LANGER, 2004). Dále je hladina TT<sub>3</sub> a TT<sub>4</sub> ovlivněna změnami hladin bílkovinných nosičů, která je důležitá především pro TT<sub>4</sub>, který je vázán na bílkoviny více než T<sub>3</sub> (RACEK et al., 2006)

Podle MARSHALLA a BANGERTA (2008) je celkový T<sub>4</sub> obvykle 50x vyšší než T<sub>3</sub> a volný T<sub>4</sub> je jen 2 – 3 krát vyšší než volný T<sub>3</sub>.

Pouze volná frakce (FT<sub>3</sub> FT<sub>4</sub>) vstupuje do buněk, kde se dále metabolizuje, za určitých podmínek v krevním řečišti neustále přechází z volné do vazné formy a naopak. Koncentrace volné frakce je daná z velké části stavem plazmy, za určitých podmínek je schopna udržovat určitou frakci molekul ve volném stavu (LANGER, 2004). Jejich koncentrace v krevní plazmě se pohybuje v rozmezí: FT<sub>3</sub> 3,4-6,3 pmol·l<sup>-1</sup> a FT<sub>4</sub> 9,8 - 23,1 pmol·l<sup>-1</sup> ([www.ordinace.cz](http://www.ordinace.cz); staženo dne 15.3.2012).

Dle MARSHALLA a BANGERTA (2008) se koncentrace TT<sub>3</sub> pohybuje v rozmezí od 1,0 do 2,9 nmol·l<sup>-1</sup> a TT<sub>4</sub> 60 – 150 nmol·l<sup>-1</sup>. Koncentrace FT<sub>3</sub> 3,0 – 9,0 pmol·l<sup>-1</sup> a FT<sub>4</sub> 9,0 – 26,0 pmol·l<sup>-1</sup>. CUNNINGHAM a KLEIN (2007) uvádí hladinu T<sub>3</sub> od 0,63 do 2,61 nmol·l<sup>-1</sup> a T<sub>4</sub> v rozpětí 46,33- 114,54 nmol·l<sup>-1</sup>.

Množství hormonů štítné žlázy v závislosti na ročním období uvádí tabulka č. 3.

Tab. č. 3: Hormony štítné žlázy v krvi dojníc

| Období | Thyroxin (nmol·l <sup>-1</sup> ) |      | Trijódthyronin (nmol·l <sup>-1</sup> ) |      |
|--------|----------------------------------|------|--|------|
|        | x                                | sx   | x                                      | sx   |
| Letní  | 64,9                             | 11,4 | 2,1                                    | 0,53 |
| Zimní  | 55,1                             | 8,9  | 1,5                                    | 0,47 |

(KROUPOVÁ et al., 1993)

### 2.2.8 Změny hladiny T<sub>3</sub> a T<sub>4</sub>

Změny hladiny T<sub>3</sub> a T<sub>4</sub> mohou nastat buď následkem změny jejich sekrece nebo působením endogenních inhibitorů, nebo stimulantů vazby (gravidita, estrogény, androgeny apod.) (LANGER, 2004).

Pokud je hladina tyreoidálních hormonů v séru nedostatečná, vyplaví se TSH a stimuluje thyreotropní buňky hypofýzy a zvýší se sekrece TSH. Zpětná vazba působí především přes T<sub>3</sub>, který vzniká v hypotalamu a hypofýze působením dejodace thyroxinu. Hladina hormonů štítné žlázy v krvi (plazmě) úzce souvisí



s množstvím TSH. Pokud je hladina TSH potlačena a hladina T<sub>4</sub> zvýšená jedná se o hypertyreózu. Pokud je T<sub>4</sub> v normě a T<sub>3</sub> zvýšená, jde patrně o T<sub>3</sub> toxikózu. Naopak je-li hladina TSH zvýšená, jedná se o hypotyreózu (LÍMANOVÁ, 2005). Příznaky při thyreotoxikóze a hypotyreóze uvádí tabulka č. 4.

Tab. č. 4: Příznaky při změnách hladiny hormonů štítné žlázy

| <b>Příznaky</b>            | <b>Thyreotoxikóza</b>                      | <b>Hypothyreóza</b>                               |
|----------------------------|--|---|
| <b>Oběhové</b>             | Zrychlený a nepravidelná tep, bušení srdce | Zpomalený tep                                     |
| <b>Vztah k teplu</b>       | Horkokrevnost, pocení                      | Zimomřivost                                       |
| <b>Kožní</b>               | Teplá, opocená kůže                        | Chladná, suchá kůže, prosáknutí podkoží (myxedém) |
| <b>Nervové a psychické</b> | Neklid, nervozita, třes                    | Zpomalené reakce, deprese, spavost                |
| <b>Zaživací</b>            | Nadměrný hlad, hubnutí, průjem             | Nechutenství, nadýmání, zácpa                     |
| <b>Pohybové</b>            | Svalová slabost                            | Ztuhlost svalů a kloubů                           |
| <b>Oční</b>                | Pálení očí, slzení                         | Otoky okolo očí                                   |
| <b>Stav kostí</b>          | Řídnutí kostí                              | -   |

(MARKALOUS a GREGOROVÁ, 2007)

### 2.2.8.1 Změny hladiny trijódthyroninu

Podle LÍMANOVÉ (2005) je množství T<sub>3</sub> je ovlivněno řadou vlivů jako například léky nebo chorobnými stavy. Hladina tohoto hormonu je i do jisté míry

ovlivněna věkem zvířete, ihned po narození se zvyšuje do třetího až čtvrtého dne, poté stoupá mírně. Naopak ve stáří mírně klesá. Ke změně hladiny, zvýšení,  $T_3$  a  $FT_3$  dochází při thyreotoxikozách (za současného zvýšení  $T_4$ ). Naopak ke snížení dochází při hypothyreoze nebo při syndromu nízkého  $T_3$  (low  $T_3$  syndrom).

### **2.2.8.2 Změny hladiny thyroxinu**

Hladina  $T_4$  v krevní plazmě je odrazem produkce tohoto hormonu štítnou žlázou.  $T_4$  je prohormonem, dejodázami je v organismu přeměněn na biologicky aktivní  $T_3$ . Stejně jako u  $T_3$  může být jeho množství ovlivněno některými léky. Zvýšená hladina je prokazatelná u hyperthyreóz, ale i po podání RTG kontrastních látek, zároveň je zvýšená i hladina  $FT_4$ . Naopak snížená hladina  $T_4$  se nachází u hypothyreózy, deficitu jódu, nebo u tzv. syndromu nízkého  $T_4$  (low  $T_4$  syndrom) (LÍMANOVÁ, 2005).

### **2.2.8.3 Syndrom nízkého trijódthyroninu (low $T_3$ syndrom)**

Jde o komplexní a zatím zcela neobjasněnou poruchu tvorby, transportu, distribuce a metabolismu hormonů štítné žlázy. Za syndrom nízkého  $T_3$  můžeme považovat jednoduché změny hladiny  $T_3$  nebo  $T_4$  způsobené například účinkem léčiv (LANGER, 2004). Obecně dochází ke změnám v sérové koncentraci thyroideálních hormonů a jejich poměrech. Kromě změn ve vazbách hormonů na proteiny a rozdílném příjmu hormonů některými buňkami dochází i k poklesu aktivity jaterní dejodázy (STÁRKA et al., 1999)

### **2.2.9 Jód v krevní plazmě**

Jód je vstřebáván ve formě jodidu v tenkém střevě a transportován krevní plazmou ve vazbě na bílkovinu. Zhruba 1/3 jodidu je vychytávána štítnou žlázou, jodid je oxidován a použit k syntéze  $T_3$  a  $T_4$ . Pouze velmi malá část jódu se v plazmě nachází ve formě anorganického jodidu. Hladina jódu v plazmě se pohybuje v rozmezí od 35 do 70  $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$  (Datový standard MZ ČR <http://ciselniky.dasta.mzcr.cz/>; staženo dne 2.3.2012). WHO (1996) uvádí 60 – 70  $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ .

### **3 Cíl práce**

Cílem mé bakalářské práce s názvem „Koncentrace hormonů štítné žlázy v krevní plazmě dojnic“ bylo zpracovat literární přehled o významu štítné žlázy a koncentraci thyroxinu ( $T_4$ ) a trijódthyroninu ( $T_3$ ) a jejich volných forem v krevní plazmě dojnic. Dále zpracovat dynamiku obsahu  $T_4$  a  $T_3$  v chovech dojených krav s přesně definovaným obsahem jódu v krmné dávce a porovnat účinky při zkrmování anorganického a organického jódu a zjistit zda je aktivita štítné žlázy stálá při optimální dávce jódu.

## 4 Materiál a metodika

### 4.1 Materiál

Pokus byl zaměřen na porovnávání zkrmování organického jódu (UNI-SATURAN J) se zkrmováním anorganického jódu ve formě KI (*kalium iodatum*). Sledování bylo provedeno v okrese Klatovy. Jednalo se o rekonstruovanou volnou roštovou stáj s krmištěm a matracovými postýlkami. Dojnice byly dojeny robotem. Na sucho stojící krávy byly volně na pastvině.

Celková užitkovost stáda za rok 2010 - 2011 byla 6. 672 l mléka s průměrnými hodnotami 3,92 % tuku a 3,52 % bílkovin. Jednalo se stádo, ve kterém byl prováděn převod z plemene Českého strakatého skotu do plemene Holštýn. Podíl holštýnské krve byl odhadem 60 %.

Krmná dávka byla celoročně stabilní (monodieta) z konzervovaných krmiv, postavená na travních a jetelotravních senážích.

V robotu byla při dojení přidávána ještě další dávka jádra dle užitkovosti. Směs měla specifickou recepturu na objednávku (řepkový a sojový extrahovaný šrot, pšenice, kukuřice, sůl). Dávka v robotu nepřesahovala 2,5 kg na den.

Vitaminominerální přísada Vitamix S7+ je výrobek firmy Trouw Nutrition Biofaktory s.r.o. a obsahuje 80 mg jódu v 1 kg. S výrobcem bylo dohodnuto, že 80 mg jódu (z jodidu draselného) bude sníženo na 40 mg a k tomu bude přidán UNI-SATURAN J v dávce 25 g/500 kg živé váhy, tj. v celkové koncentraci 8 % minerální krmné přísady. V podobě UNI-SATURANU J přidáme 1 mg organického jódu, takže celkově dojde v minerální směsi ke snížení obsahu jódu na 41 mg·kg<sup>-1</sup>.

U vybraných 9-ti kusů pokusných zvířat byla odebírána nejen krev, ale i mléko a moč v intervalech 3 - 4 týdnů. Vzorčky byly rozděleny na dvě stejné části. Jedna část byla zamražena a předána k analýze na obsah jódu do laboratoře katedry veterinárních disciplín a kvality produktů ZF Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, druhá část byla analyzována na běžné biochemické parametry v laboratoři Veterinárního centra s.r.o Sušice. Průměrná denní dojivost pokusných dojnic na začátku pokusu byla 29,75 ±6,51 l.

Tab. č. 5: Obsah jódu v jednotlivých složkách krmné dávky dojníc před pokusem

|                          | <b>množství krmiva (kg)</b> | <b>sušina v 1 kg</b> | <b>obsah jódu v 1kg sušiny (mg)</b> | <b>obsah jódu v krmivu (mg)</b> |
|--------------------------|-----------------------------|----------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| <b>Senáž</b>             | 32                          | 11,2                 | 0,34                                | 3,81                            |
| <b>Obilí</b>             | 6                           | 5,22                 | 0,07                                | 0,36                            |
| <b>Řepkový ext. šrot</b> | 3                           | 2,66                 | 0,48                                | 1,27                            |
| <b>Vitamix S7+</b>       | 0,3                         | 0,29                 | 80                                  | 24                              |
| <b>Sůl</b>               | 0,08                        | 0,08                 | 0                                   | 0                               |
| <b>Vápenec</b>           | 0,25                        | 0,25                 | 0                                   | 0                               |
| <b>Jód celkem</b>        | 41,63                       | 19,70                | 80,89                               | 29,46                           |

Tab. č. 6: Obsah jódu v jednotlivých složkách krmné dávky dojníc v době pokusu

|                                    | <b>množství krmiva (kg)</b> | <b>sušina v 1 kg</b> | <b>obsah jódu v 1kg sušiny (mg)</b> | <b>obsah jódu v krmivu (mg)</b> |
|------------------------------------|-----------------------------|----------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| <b>Senáž</b>                       | 32                          | 11,2                 | 0,34                                | 3,81                            |
| <b>Obilí</b>                       | 6                           | 5,22                 | 0,07                                | 0,36                            |
| <b>Řepkový ext. šrot</b>           | 3                           | 2,66                 | 0,48                                | 1,27                            |
| <b>Vitamix S7+ a UNI - SATURAN</b> | 0,3                         | 0,29                 | 40 + 1                              | 12,3                            |
| <b>Sůl</b>                         | 0,08                        | 0,08                 | 0                                   | 0                               |
| <b>Vápenec</b>                     | 0,25                        | 0,25                 | 0                                   | 0                               |
| <b>Jód celkem</b>                  | 41,63                       | 19,70                | 41,89                               | 17,76                           |

## 4.2 Metodika

### 4.2.1 Stanovení jódu v krevní plazmě

Jód byl stanoven spalovací alkalickou metodou spektrofotometricky podle Sandell – Kollthofa (Bednář et al., 1964) Vzorek plazmy o velikosti 1 ml se odměřil do speciální spalovací zkumavky z těžkotavitelného skla. K tomu se přidal 1 ml síranu zinečnatého, 1ml 2M hydroxidu sodného a několik krystalků chlorečnanu draselného. Souběžně se ze základního standardního roztoku připravili kalibrační roztoky o koncentracích 150, 100, 50, 25, 12,5 a 0  $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ . Poté se vzorky plazmy společně s kalibračními roztoky vložily na 24h do sušárny při teplotě 115°C a po vysušení se žihaly v muflové peci. Vlastní spalování proběhlo tak, že v okamžiku dosažení teploty 500°C, se pec udržovala 30 minut při této teplotě a následovně došlo k jejímu opatrnému zvýšení na 600°C. Při této teplotě se zkumavky žihaly 1 hodinu, přičemž se pec po 5, 20 a 40 minutách krátce ventilovala.

Když bylo spalování ukončeno, zkumavky se nechaly vychladnout v exsikátoru a zbytek po vyžihání se suspendoval v 6 ml deionizované vody. Poté se zkumavky centrifugovaly 10 minut při 3000 otáčkách za minutu. Ze získaného supernatanu se odpipetovaly dvakrát 2 ml do tenkostěnných zkumavek, do každé přidaly 2 ml kyselé směsi, zkumavky se protřepaly a inkubovaly 10 minut v ledové lázni o teplotě max. 4°C. Dále se přidaly 2 ml síranu ceričito - amonného a vzorky se inkubovali 20 minut v 40°C lázni a 10 minut v ledové lázni.

Po uplynutí doby inkubace se zkumavky vyjmuly a jejich obsah se převrstvil 0,5 ml octanem brucinu, promíchal a inkuboval 15 minut v horkovzdušné sušárně. Zkumavky se po vyjmutí ze sušárny nechaly stát 30 minut při pokojové teplotě a následně se změřila absorbance při 430 nm proti deionizované vodě.

### 4.2.2 Stanovení hormonů štítné žlázy

Hormony štítné žlázy se stanovují RIA metodou (radioimunologicky). Tyto metody se vyznačují vysokou citlivostí a specifitou.

Vázané frakce se stanovují radioimunoanaliticky. Neznámé vzorky a kalibrátory se inkubují spolu s  $^{125}\text{I}$ -thyroxinem jako radioindikátorem ve zkumavkách potáhnutých protilátkou. Po inkubaci se obsah zkumavek odsaje a navázaná aktivita

se změní gama - měřičem. Sestrojí se kalibrační křivka a z ní se odčítají koncentrace  $TT_3$  a  $TT_4$  v neznámých vzorcích.

Metoda stanovení volných frakcí  $FT_3$  a  $FT_4$  je založena na použití specifické monoklonální protilátky (MoAb) označené  $^{125}I$  pro trijódthyronin. Vzorky se spolu s touto protilátkou inkubují ve zkumavkách potažených analogem T3 (ligand). Po inkubaci se obsah zkumavek odsaje a navázaná aktivita se změní gama-měřičem. Sestaví se kalibrační křivka, ze které se odečítají koncentrace  $FT_3$  a  $FT_4$ .

## 5 Výsledky a diskuze

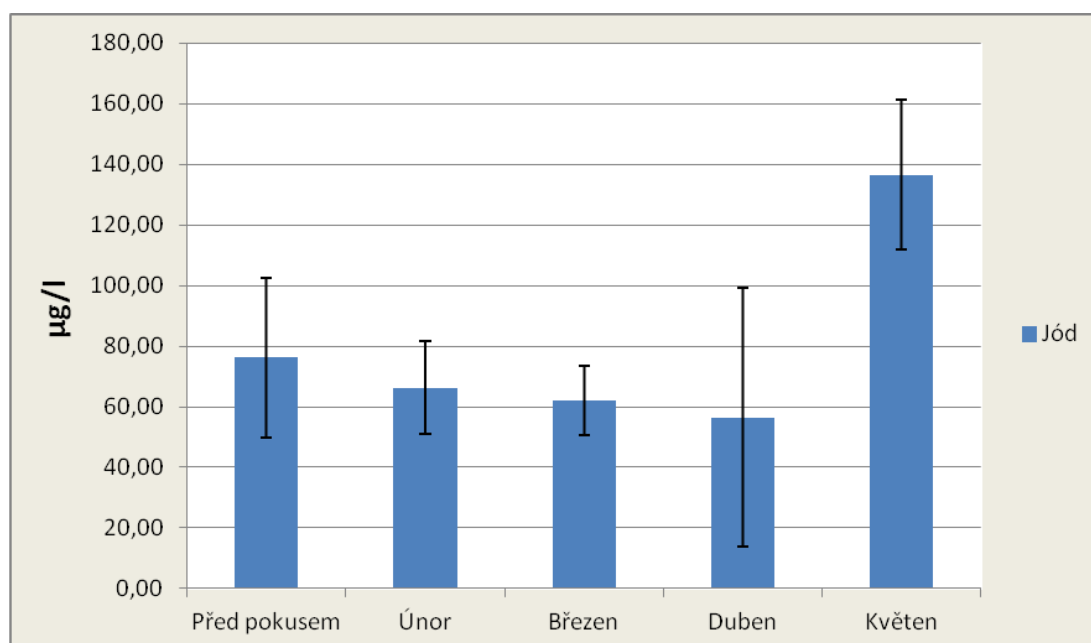
Výsledky byly zpracovány jednoduchými statistickými výpočty v programu Microsoft Excel.

### 5.1 Hladina jódu v krevní plazmě dojnic

Obsah jódu v krevní plazmě v období před pokusem ( $76,17 \pm 26,22 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ) nedosahoval i při jeho požadovaném množství v krmné dávce fyziologických hodnot. Celkové průměrné hodnoty jódu v krevní plazmě jsou znázorněny v grafu č. 1. Nejvyšší hodnota,  $136,49 \pm 24,82 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$  (tabulka č. 12), byla zjištěna v měsíci květnu, tedy až 3 měsíce po změně obsahu a formy jódu v krmné dávce. Nejnižší hodnota,  $56,53 \pm 42,61 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ , byla zjištěna v dubnu, dva měsíce po změně krmné dávky, oproti předešlým měsícům se ale výrazně nelišila. Zvýšený obsah jódu v květnu, byl na základě informací laboratoře KVD, doprovázen i zvýšenou hladinou jódu v moči.

Individuální hodnoty se pohybovaly od  $62,22$  do  $104,96 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ . Mezi jednotlivými zvířaty nebyly významné rozdíly v obsahu jódu v plazmě. Pouze jedna ze zkoumaných dojnic měla oproti ostatním nápadně zvýšenou hladinu a to  $104,96 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ , což je oproti nejnižší hodnotě o 168,69 %.

Graf č. 1: Průměrná hladina jódu v krevní plazmě dojnic





Průměrná hladina jódu za celé období byla  $79,51 \pm 39,37 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ . Obsah jódu v krevní plazmě u dojnic v našem pokuse je nepatrně vyšší, oproti fyziologické hodnotě, která se pohybuje v rozmezí  $35 - 70 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$  (Datový standard MZ ČR <http://ciselniky.dasta.mzcr.cz/>; staženo dne 2.3.2012) a WHO (1996). Koncentrace pod  $35 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$  se nevyskytla u žádného z 9-ti pokusných vzorků a to jak před pokusem, tak v průběhu pokusu. U 20-ti vzorků z celkových 45-ti byla hladina jódu v plazmě vyšší jak  $70 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ . Lze tedy říct, že změna formy jódu v krmné dávce měla pozitivní vliv na jeho koncentraci v krevní plazmě, snížením celkového obsahu jódu v MKP, nedošlo k poklesu množství jódu v krvi.

V následující tabulce č. 7 jsou uvedeny statistické údaje o jódu v krevní plazmě.

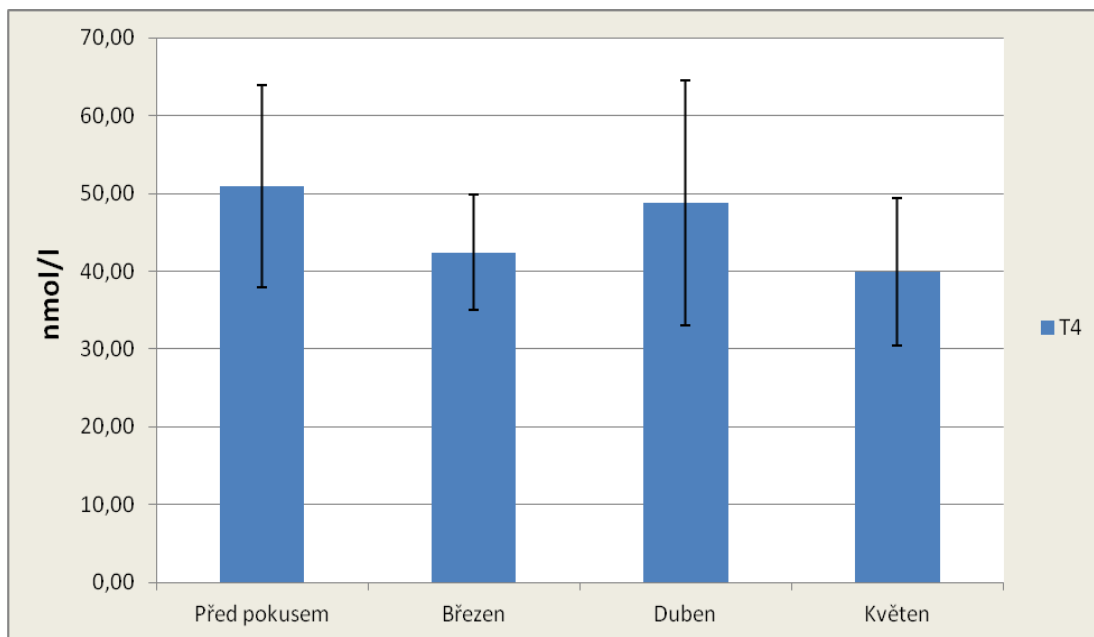
Tab. č. 7: Obsah jódu v krevní plazmě dojnic

|  | <b>Před pokusem</b> | <b>24.2.2011</b>  | <b>16.3.2011</b>  | <b>27.4.2011</b>  | <b>31.5.2011</b>   |
|--|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| <b>x</b> ( $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ )   | 76,18 $\pm$ 26,22   | 66,26 $\pm$ 15,29 | 62,11 $\pm$ 11,52 | 56,53 $\pm$ 42,61 | 136,49 $\pm$ 24,83 |
| <b>min</b> ( $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ) | 11,60               | 40,90             | 50,00             | 35,00             | 88,40              |
| <b>max</b> ( $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ) | 108,00              | 93,20             | 88,40             | 176,60            | 171,20             |
| <b>med</b> ( $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ) | 83,00               | 64,60             | 58,40             | 41,00             | 138,40             |

## 5.2 Hladina celkového T<sub>3</sub> a T<sub>4</sub> v krevní plazmě dojnic

Průměrný obsah TT<sub>4</sub> před pokusem byl  $50,91 \pm 12,95 \text{ nmol}\cdot\text{l}^{-1}$ . Graf č. 2 znázorňuje průměrné množství TT<sub>4</sub> v krevní plazmě za celé pokusné období. Nejvyšší průměrná hodnota byla zjištěna před pokusem,  $50,91 \pm 12,95 \text{ nmol}\cdot\text{l}^{-1}$ . Naopak nejnižší byla v měsíci květnu,  $39,92 \pm 9,48 \text{ nmol}\cdot\text{l}^{-1}$ . Pokud porovnáme množství T<sub>4</sub> za celé pokusné období, a zahrneme i období pře pokusem, můžeme říct, že hladina tohoto hormonu výrazněji nekolísala a lze říct, že množství jódu v plazmě zásadně neovlivnilo produkci T<sub>4</sub> štítnou žlázou. Individuální vzorky se pohybovaly v rozmezí  $25,4 - 87,80 \text{ nmol}\cdot\text{l}^{-1}$ .

Graf č. 2: Průměrná hladina TT<sub>4</sub> v krevní plazmě dojnic



Celková průměrná hodnota za pokusné období byla  $45,51 \pm 4,49 \text{ nmol}\cdot\text{l}^{-1}$ . Při srovnání s hodnotami CUNNINGHAMA a KLEINA (2007), kteří uvádějí TT<sub>4</sub>  $79,86 \pm 26,12 \text{ nmol}\cdot\text{l}^{-1}$ , se naše hodnoty liší, respektive jsou nižší o  $34,35 \pm 21,63 \text{ nmol}\cdot\text{l}^{-1}$ . MARSHALL a BANGERT (2008) uvádí hodnotu TT<sub>4</sub>  $60 - 150 \text{ nmol}\cdot\text{l}^{-1}$ , i v tomto případě jsou získané hodnoty poměrně nižší, dokonce ani nedosahují uváděné spodní hranice  $60 \text{ nmol}\cdot\text{l}^{-1}$ . Obsah T<sub>4</sub> za celé sledované období je shrnut v tabulce č. 8.

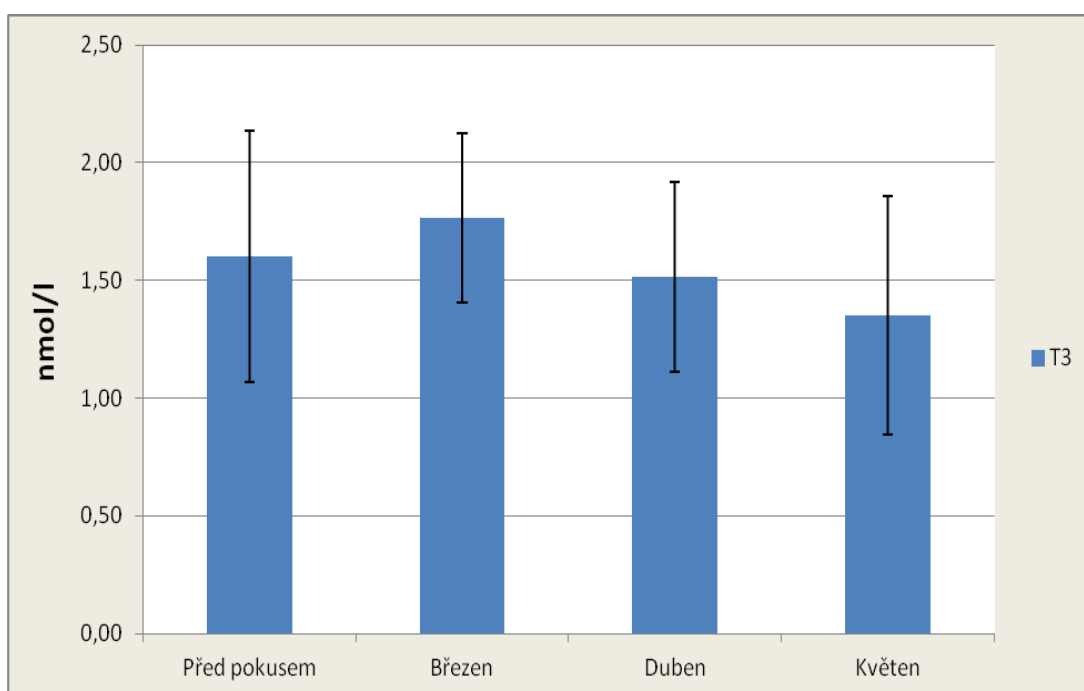
Průměrná hodnota T<sub>4</sub> v období změny příjmu množství a formy jodu byla  $43,7 \text{ nmol}\cdot\text{l}^{-1}$  což je téměř o 14 % méně než na začátku pokusu. Rozdíly nejsou statisticky významné.

Tab. č. 8: Obsah TT<sub>4</sub> v krevní plazmě dojnic

|                                | <b>Před pokusem</b> | <b>16.3.2011</b> | <b>27.4.2011</b> | <b>31.5.2011</b> |
|--------------------------------|---------------------|------------------|------------------|------------------|
| <b>x (nmol<sup>-1</sup>)</b>   | 50,91 ± 12,95       | 42,40 ± 7,43     | 48,79 ± 15,68    | 39,92 ± 9,48     |
| <b>min (nmol<sup>-1</sup>)</b> | 31,70               | 26,70            | 30,80            | 25,40            |
| <b>max (nmol<sup>-1</sup>)</b> | 72,90               | 54,70            | 87,80            | 59,20            |
| <b>med (nmol<sup>-1</sup>)</b> | 48,60               | 42,40            | 46,30            | 41,40            |

V grafu č. 3 jsou zaznamenány průměrné hodnoty množství  $TT_3$  za pokusné období. Průměrný obsah  $TT_3$  před pokusem byl  $1,60 \pm 0,53 \text{ nmol}\cdot\text{l}^{-1}$ . Nejnižší hodnota byla zaznamenána v květnu a to  $1,35 \pm 0,50 \text{ nmol}\cdot\text{l}^{-1}$ . Naopak nejvyšší hodnota byla zaznamenána v březnu,  $1,77 \pm 0,35 \text{ nmol}\cdot\text{l}^{-1}$ .

Graf č. 3: Průměrná hladina  $TT_3$  v krevní plazmě dojnic



Při porovnání hodnoty  $TT_3$  před pokusem a v měsíci březnu došlo ke zvýšení hladiny o  $0,17 \text{ nmol}\cdot\text{l}^{-1}$  tedy o 10,62 %. Zvýšení hladiny v únoru je však nepatrné stejně jako změna množství hormonu v následujících měsících (tabulka č. 9). V dubnu bylo množství  $TT_3$  dokonce nižší než v období před pokusem.

Celková průměrná hodnota od období před pokusem do května byla  $1,56 \pm 0,15 \text{ nmol}\cdot\text{l}^{-1}$ . Při porovnání s údaji CUNNINGHAMA a KLEINA (2007), kteří uvádí hladinu  $TT_3$  od  $0,63$  do  $2,61 \text{ nmol}\cdot\text{l}^{-1}$  se naše hodnoty liší pouze minimálně. I v porovnání s rozpětím od  $1,0$  do  $2,9 \text{ nmol}\cdot\text{l}^{-1}$ , které uvádí MARSHALL a BANGERT (2008), byla odchylka od fyziologické hodnoty nepatrná. Spodní uvedené hranice nedosáhlo šest vzorků z celkových 36-ti a horní hranici nepřesáhl vzorek žádný, lze říct, že fyziologické hodnotě neodpovídalo pouze 16,6 % vzorků.

V souvislosti s nárůstem jódu v krevní plazmě nebyl zaznamenán významný nárůst celkové koncentrace  $TT_3$  a  $TT_4$  v krevní plazmě pokusné skupiny. Poklesu  $TT_3$  v posledním měsíci pokusu (květen) odpovídá i nízké koncentraci  $TT_4$ .

Tab. č. 9: Obsah  $TT_3$  v krevní plazmě dojnic

|                                  | <b>Před pokusem</b> | <b>16.3.2011</b> | <b>27.4.2011</b> | <b>31.5.2011</b> |
|----------------------------------|---------------------|------------------|------------------|------------------|
| <b>x (nmol·l<sup>-1</sup>)</b>   | 1,60 ±0,53          | 1,77 ±0,36       | 1,51 ±0,40       | 1,35 ±0,50       |
| <b>min (nmol·l<sup>-1</sup>)</b> | 0,55                | 1,24             | 0,67             | 0,60             |
| <b>max (nmol·l<sup>-1</sup>)</b> | 2,34                | 2,27             | 2,01             | 2,08             |
| <b>med (nmol·l<sup>-1</sup>)</b> | 1,73                | 1,69             | 1,58             | 1,45             |

### 5.3 Hladina volného $T_3$ a $T_4$ v krevní plazmě dojnic

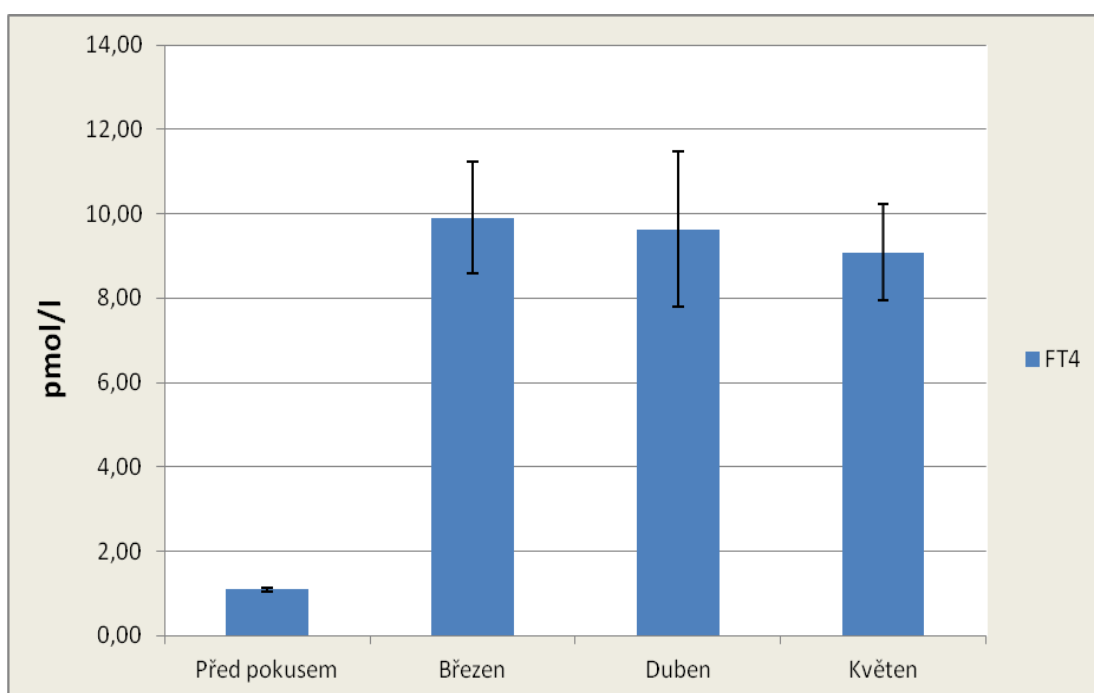
Pouze volné formy  $T_3$  a  $T_4$  jsou schopny vstupovat do buněk, kde se nadále metabolizují a za určitých podmínek přecházejí z volné formy do vazné a naopak (LANGER, 1993). A právě proto mají tyto volné frakce velký význam z hlediska konečného působení na cílové orgány. Volné formy vykazovaly tyto hodnoty před zahájením pokusu:  $FT_3$  4,78 ±0,86 pmol·l<sup>-1</sup> a  $FT_4$  9,53 ±1,48 pmol·l<sup>-1</sup>.

Hodnoty  $FT_4$  jsou znázorněny v grafu č. 4. Z grafu je patrné, že nejvyšších hodnot dosahoval volný thyroxin v měsíci březnu, tedy měsíc po zahájení pokusu, a to 9,90 ±1,32 pmol·l<sup>-1</sup>. Naopak nejnižší hodnota byla zjištěna v měsíci lednu (před pokusem), 1,09 ±0,05 pmol·l<sup>-1</sup>. Pokud porovnáme hladinu  $FT_4$  před pokusem (únor) a měsíc po pokuse (březen), došlo ke zvýšení o 8,81 pmol·l<sup>-1</sup>, tedy o 808,25 %. Od března do května již byla hladina  $FT_4$  poměrně vyrovnaná, průměrně dosahovala hodnoty 9,54 ±0,29 pmol·l<sup>-1</sup>. Hodnota volného thyroxinu se pohybuje v rozmezí 9,8 - 23,1 pmol·l<sup>-1</sup> ([www.ordinace.cz](http://www.ordinace.cz); staženo dne 15.3.2012). Při porovnání s těmito údaji, můžeme říct, že hodnoty v našem pokuse získané za měsíc březen až květen odpovídají fyziologickým hodnotám, nebo jsou o nepatrné množství nižší, než je spodní hranice. Výrazně odlišná byla hodnota zjištěná v únoru (před pokusem), ta byla o 93,37 % nižší než výše uvedená fyziologická hodnota. Z grafu je tedy zřejmé,

že vzestup hladiny FT<sub>4</sub> byl zapříčiněn změnou množství a formy jódu v krmné dávce, ta se vzhledem k množství FT<sub>4</sub> v krevní plazmě projevila pozitivně.

V tabulce č. 10 jsou shrnuty hodnoty FT<sub>4</sub> v krevní plazmě dojníc za celé období (únor až květen)

Graf č. 4: Průměrná hladina FT<sub>4</sub> v krevní plazmě dojníc

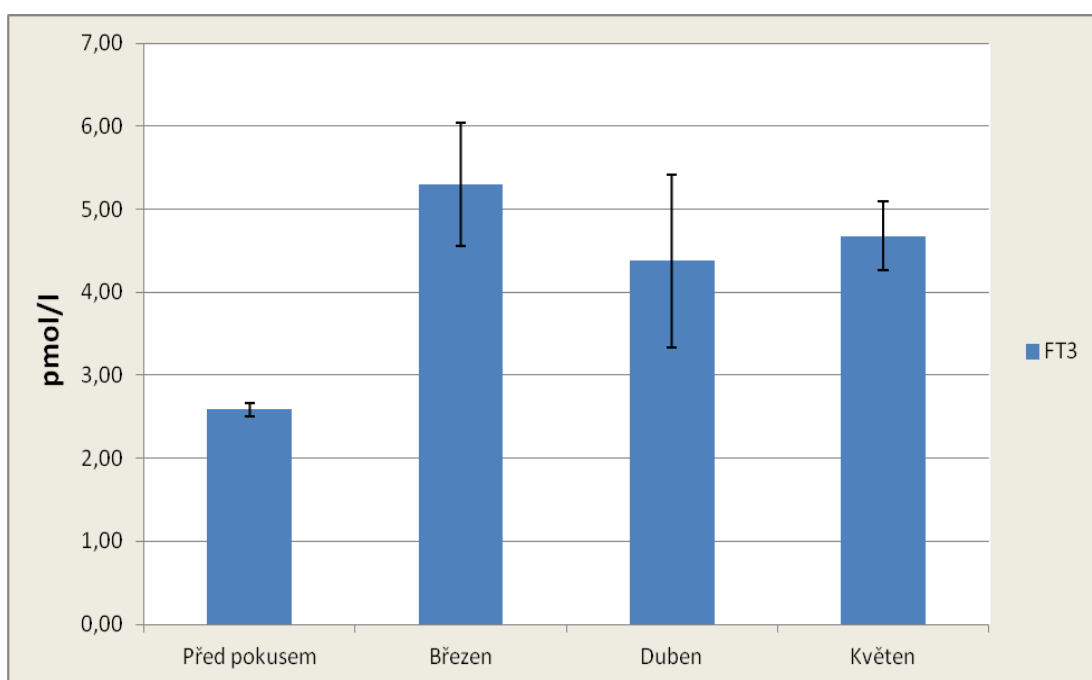


Tab. č. 10: Obsah FT<sub>4</sub> v krevní plazmě dojníc

|                                  | <b>Před pokusem</b> | <b>16.3.2011</b> | <b>27.4.2011</b> | <b>31.5.2011</b> |
|----------------------------------|---------------------|------------------|------------------|------------------|
| <b>x (pmol·l<sup>-1</sup>)</b>   | 1,09 ±0,06          | 9,90 ±1,32       | 9,64 ±1,83       | 9,08 ±1,14       |
| <b>min (pmol·l<sup>-1</sup>)</b> | 1,01                | 8,00             | 5,80             | 7,80             |
| <b>max (pmol·l<sup>-1</sup>)</b> | 1,17                | 12,00            | 11,70            | 11,10            |
| <b>med (pmol·l<sup>-1</sup>)</b> | 1,08                | 9,90             | 10,55            | 8,50             |

Hladina FT<sub>3</sub> v našem pokuse dosahovala nejvyšší hladiny,  $5,30 \pm 0,74 \text{ pmol}\cdot\text{l}^{-1}$  (tabulka č. 11), v březnu, naopak nejnižší hladina volného trijódthyroninu byla před pokusem a to  $2,29 \pm 0,07 \text{ pmol}\cdot\text{l}^{-1}$  (graf č. 5). V březnu, měsíc po změně obsahu a formy jódu v krmné dávce, stoupla hladina FT<sub>3</sub> o 204,63 % v porovnání před pokusem, zhruba tedy dvojnásobně. Hodnoty v dubnu a květnu se od sebe lišily už jen minimálně.

Graf č. 5: Průměrná hladina FT<sub>3</sub> v krevní plazmě dojnic



Fyziologické rozpětí volného trijódthyroninu je  $3,4 - 6,3 \text{ pmol}\cdot\text{l}^{-1}$  ([www.ordinace.cz](http://www.ordinace.cz); staženo dne 15.3.2012). Při porovnání s výše uvedenými údaji vyplývá, že v měsíci březnu až květnu se hladina FT<sub>3</sub> pohybovala ve fyziologickém rozmezí. Před pokusem však nedosáhla ani spodní hranice rozpětí. Z celkových 36-ti vzorků se 11 pohybovalo pod spodní hranicí fyziologického rozpětí a pouze jeden přesáhl hranici  $6,3 \text{ pmol}\cdot\text{l}^{-1}$ , můžeme tedy říct, že 33,3 % vzorků pohybovalo mimo rozpětí  $3,4 - 6,3 \text{ pmol}\cdot\text{l}^{-1}$ . I v tomto případě je podle výsledku zřejmé, že k vzestupu hladiny FT<sub>3</sub> došlo měsíc po změně formy a množství jódu v krmné dávce, tudíž měla tato úprava krmné dávky pozitivní vliv na výslednou hladinu volného trijódthyroninu v krevní plazmě.

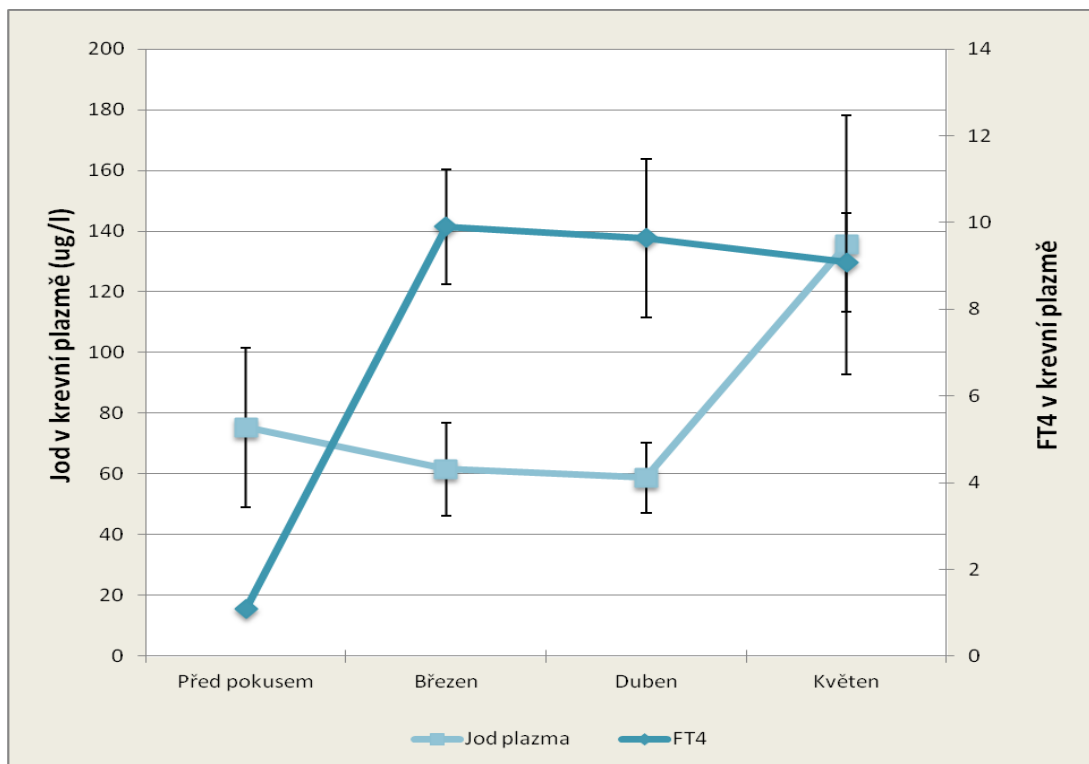
Tab. č. 11: Obsah FT<sub>3</sub> v krevní plazmě dojnic

|                                  | Před pokusem | 16.3.2011  | 27.4.2011  | 31.5.2011  |
|----------------------------------|--------------|------------|------------|------------|
| <b>x (pmol·l<sup>-1</sup>)</b>   | 2,59 ±0,07   | 5,30 ±0,74 | 4,38 ±1,03 | 4,68 ±0,41 |
| <b>min (pmol·l<sup>-1</sup>)</b> | 2,46         | 4,54       | 2,54       | 4,06       |
| <b>max (pmol·l<sup>-1</sup>)</b> | 2,70         | 7,06       | 5,80       | 5,52       |
| <b>med (pmol·l<sup>-1</sup>)</b> | 2,57         | 5,21       | 4,73       | 4,57       |

#### 5.4 Dynamika obsahu jódu a FT<sub>4</sub> v krevní plazmě dojnic

V grafu č. 5 je znázorněna celková dynamika obsahu jódu a FT<sub>4</sub> v krevní plazmě pokusné skupiny. Jak je z grafu zřejmé, nárůst hladiny jódu v krevní plazmě ovlivnil pozitivně hladinu volného thyroxinu, jehož koncentrace v krevní plazmě během pokusu stoupla.

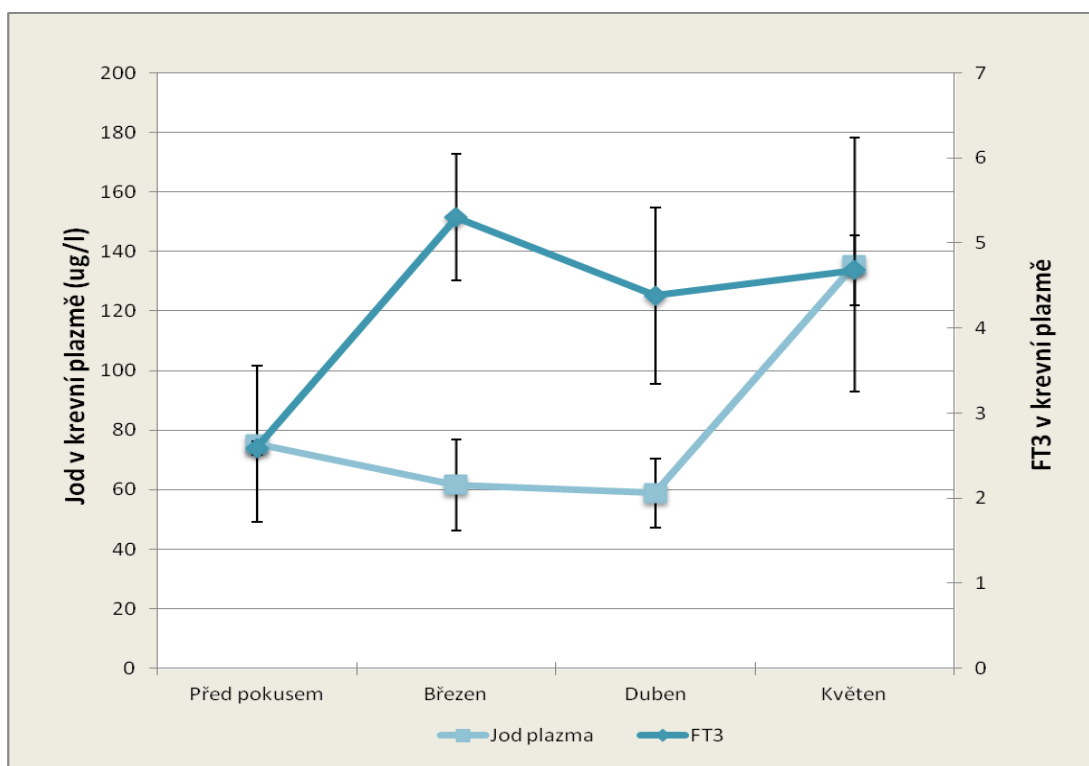
Graf č. 5: Dynamika obsahu jódu a FT<sub>4</sub> v krevní plazmě dojnic v zájmovém chovu v okrese Klatovy



## 5.5 Dynamika obsahu jódu a FT<sub>3</sub> v krevní plazmě dojnic

Dynamika obsahu jódu a FT<sub>3</sub> v krevní plazmě pokusné skupiny je zobrazena v grafu č. 6. Stejně jako v předchozím případě došlo v souvislosti se zvýšením jódu v krevní plazmě pokusné skupiny k nárůstu volné formy trijódthyoninu. Změna množství a formy jódu v krmné dávce tedy měla vliv na zvýšení obsahu jak jódu, tak obou volných forem T<sub>3</sub> a T<sub>4</sub>.

Graf č. 6: Dynamika obsahu jódu a FT<sub>4</sub> v krevní plazmě dojnic v zájmovém chovu v okrese Klatovy





## 6 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo zhodnotit vliv podávání jódu dojnícím ve formě anorganické (Vitamix S7+) a formě organické (UNI-SATURAN J) na produkci hormonů štítnou žlázou. Z výsledků laboratorní analýzy, prováděné na vzorcích krve v období roku 2011 v zájmovém chovu dojných krav v okrese Klatovy, vyplývají tyto závěry:

- Průměrný obsah jódu v krevní plazmě byl  $80,34 \pm 41,97 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ . Jeho koncentrace se zvýšila až v květnu, tedy 3 měsíce po změně množství jódu a jeho formy v minerálním doplňku, a to o 467 % na  $376,3 \pm 173,4 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ . Byla tedy prokázána závislost mezi příjmem jódu krmnou dávkou a jeho obsahem v krevní plazmě. Průměrný obsah jódu v mléce podle laboratoře KVD dosáhl hodnoty  $33,07 \pm 31,13 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ , v moči  $192,87 \pm 65,56 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ .
- V průběhu pokusu došlo ke snížení hladiny obou hormonů,  $\text{TT}_4$  o 14,2 % a  $\text{TT}_3$  o necelé 4 %. Nejnížší průměrné hodnoty  $\text{TT}_3$  a  $\text{TT}_4$  byly 3 měsíce po zahájení pokusu (květen 2011) v období, kdy byl zjištěn výrazný vzestup obsahu jódu v krevní plazmě.
- V souvislosti se vzestupem jódu v krevní plazmě byl zaznamenán statistický významný nárůst volných forem thyroxinu ( $\text{FT}_4$ ) a trijódthyroninu ( $\text{FT}_3$ ):  $\text{FT}_4$   $9,53 \pm 1,48 \text{ pmol}\cdot\text{l}^{-1}$  a  $\text{FT}_3$   $4,78 \pm 0,86$  ( $p < 0,01$ )
- Dosavadní výsledky poukazují na to, že vlivem změny zásobení dojnic jódem došlo ke zvýšení především volných forem hormonů.

## 7 Použitá literatura

1. **BEDNÁŘ, J. – RÖHLING, S. – VOHNOUT, S.;** *Příspěvek ke stanovení proteinového jódu v krevním séru;* Československá farmacie, 1964, 13, 203 – 209s.
2. **BLAHOŠ, J. – BLEHA, O.;** *Endokrinologie;* Avicenum, Praha, 1988, 460s.
3. **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;* Státní zemědělské nakladatelství Praha, 1. vyd., 1972, 462s.
4. **CUNNINGHAM, J. G. – KLEIN, B. G. – AHMED, S. A. – BRINSKO, S. P. – DAVIDSON, A. P. – GRECO, S. P. – HEIDEMANN, S. R. – HERDT, T. H. – ROBINSON, N. E. – SCHURIG, G. G. – STABENFELDT, G. H. – STEPHENSON, R. B. – VERLANDER, J. W. – WITONSKY, S. G.;** *Veterinary physiology;* Saunders elsevier, 2007, 700s. ISBN 978-1-4160-3610-4
5. **Datový standard MZ ČR - verze 4** [online]. 2011. Dostupné na: [http://ciselniky.dasta.mzcr.cz/cd\\_ds4/hypertext/JVANF.htm](http://ciselniky.dasta.mzcr.cz/cd_ds4/hypertext/JVANF.htm)
6. **GREENSPAN, F. S. – BAXTER, J. D.;** *Základní a klinická endokrinologie;* 4. vydání, 1. české vydání; nakladatelství H&H, 2003, 843s. ISBN 80-86022-56-0
7. **JELÍNEK, P. – KOUDELA, K. – DOSKOČIL, J. – ILLEK, J. – KOTRBÁČEK, V. – KOVÁŘŮ, F. – KROUPOVÁ, V. – KUČERA, M. – KUDLÁČ, E. – TRÁVNÍČEK, J. – VALENT M.;** *Fyziologie hospodářských zvířat;* MZLU v Brně, 2003, 414s. ISBN 80-7157-644-1
8. **KOMÁREK, V. – SOVA, Z. – BUKVAJ, J. – HAMPL, A. – KRÁL, A. – KRESAN, J.;** *Anatomie a fyziologie hospodářských zvířat;* Státní zemědělské nakladatelství Praha, 1971, 574s.
9. **KROUPOVÁ, V. – KURSA, J. – TRÁVNÍČEK, J. – KRATOCHVÍL, P.;** *Hormony štítné žlázy v krvi skotu z chovů bez výskytu strum u*

- narozených telat*; In: Sborník Agronomické fakulty v Českých Budějovicích, Zootechnická řada, 2/XIII, 1996, 35 – 40, ISSN 1210-6240
10. **LANGER, P.**, In: *Klinická endokrinológia* (KREZE, A. – LANGER, P. – KLIMEŠ, I. – LUCHARDUS, B. eds.); SAP – Slovak Academic Press, Bratislava, 1993, 550s. ISBN 80-85667-17-4
  11. **LANGER, P.**, In: *Všeobecná a klinická endokrinológia* (KREZE, A. – KLIMEŠ, I. – STÁRKA, L. – PAYER, J. – MICHÁLEK, J. eds.); AEP – Academic Electronic Press, Bratislava, 2004, 940s. ISBN 80-88880-58-0
  12. **LÍMANOVÁ, Z – NĚMEC, J. – ZAMRAZIL, V.**; *Nemoci štítné žlázy*; Galén, 1995, 197s. ISBN 80-85824-25-6.
  13. **MAČÁKOVÁ, J. – MAČÁK, J.**; *Patofyziologie endokrinního systému I*; Rektorát Univerzity Palackého v Olomouci; 1992, 69s. ISBN 80-7067-130-0
  14. **MARKALOUS, B. – GREGOROVÁ, M.**; *Nemoci štítné žlázy*; TRITON, 2007, 197s. ISBN 80-7254-961-8
  15. **MARSHALL W. J. - BANGERT S. K.**; *Clinical chemistry*; MOSBY, 2008, 420s. ISBN 978-0-7234-3455-9
  16. **MARVAN, F. – HAMPL, A. – HLOŽÁNKOVÁ, E. – KRESAN, J. – MASSANYI, L. – VERNEROVÁ, E.**; *Morfologie hospodářských zvířat*; Nakladatelství Brázda, Praha, 1998, 303s. ISBN 80-209-0273-2
  17. **MURRAY, R. K. – GRANNER, D. K. – MEYES, P. A. – RODWELL, V. W.**; *Harperova biochemie*; 23. vyd., 2. české vyd.; nakladatelství a vydavatelství H&H, 1998, 871s. ISBN 80-85787-38-5.
  18. **PEKSA, Z. – TRÁVNÍČEK, J. – DUŠKOVÁ, H. – KONEČNÝ, R. – HASOŇOVÁ, L.**; *Morphological and histometric parameters of the thyroid gland in slaughter cattle*; University of south Bohemia, České Budějovice, 2011, 85s. ISSN 1803-4403
  19. **POPESKO, P.**; *Atlas topografickej anatómie hospodárskych zvierat; Diel 1., Hlava a krk*, Příroda, Bratislava, 1988, 214s.
  20. **RACEK, J. – EISELT, J. – HOLEČEK, V. – NEKULOVÁ, M. – PITTROVÁ, H. – RUŠAVÝ, Z. – SENFT, V. – ŠAVLOVÁ, M. – TĚŠÍNSKÝ, P. – VERNER, M.**; *Klinická biochemie*; Galén, 2006, 330 s. ISBN 80-7262-324-9

21. **REECE, W. O.:** *Fyziologie domácích zvířat*; Grada Publishing, 1998, 456s. ISBN 80-7169-547-5
22. **SOVA, Z. – BUKVAJ J. – KOUDELA K. – KROUPOVÁ V. – PJEŠČAK M. – PODANÝ J.;** *Fyziologie hospodářských zvířat*; Státní zemědělské nakladatelství Praha, 1990, 472s. ISBN 80-209-0092-6
23. **STÁRKA, L. – HAMPL, R. – KALVACHOVÁ, B. – NĚMEC, J. – NERADILOVÁ, M. – PORŠOVÁ–DUTOID, I. – ZAMRAZIL, V.;** *Endokrinologie*; Triton, 2010, 232s, ISBN 80-85800-77-2
24. **WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO);** *Trace elements in human nutrition and health*; Geneva, 1996, 361s. ISBN 92-4-156173-4
25. **www.ordinace.cz;** [online]. 2012. Dostupné na: <http://www.ordinace.cz/laboratorni-hodnoty/>

## 8 Seznam použitých zkratk

|                            |   |
|----------------------------|---|
| $^{125}\text{I}$           | radioizotop jódu                        |
| <b>ADP</b>                 | adenosindifosfát                        |
| <b>ATP</b>                 | adenosin trifosfát                      |
| <b>ATP</b>                 | adenosintrifosfát                       |
| <b>CNS</b>                 | centrální nervová soustava              |
| <b>DIT</b>                 | dijódtyrozin                            |
| <b>DNA</b>                 | deoxiribonukleová kyselina              |
| <b>FSH</b>                 | folikuly stimulační hormon              |
| <b>FT<sub>3</sub></b>      | volný (free) trijódthyronin             |
| <b>FT<sub>4</sub></b>      | volný (free) tetrajódthyronin, thyroxin |
| <b>HCG</b>                 | humánní chorionový gonadotropin         |
| <b>HRE</b>                 | hormonresponsivní elementy              |
| <b>I<sub>0</sub></b>       | Volný radikál                           |
| <b>I<sub>2</sub></b>       | Jodový iont                             |
| <b>LH</b>                  | luteinizační hormon                     |
| <b>MIT</b>                 | monojódtyrozin                          |
| <b>MoAb</b>                | monoklonální protilátka (               |
| <b>NIS</b>                 | Natrium Iodine Symporter                |
| <b>nmol·l<sup>-1</sup></b> | nanomol na litr                         |
| <b>pmol·l<sup>-1</sup></b> | pikomol na litr                         |
| <b>pre – Tg</b>            | prethyreoglobulin                       |
| <b>RER</b>                 | drsné endoplazmatické retikulum         |
| <b>RIA</b>                 | radioimunologie                         |
| <b>rT<sub>3</sub></b>      | reverzní trijódthytonin                 |
| <b>RTG</b>                 | rentgen                                 |

|                       |   |
|-----------------------|---|
| <b>T<sub>3</sub></b>  | 3, 5, 3' - L – trijódthyronin                 |
| <b>T<sub>4</sub></b>  | 3, 5, 3', 5' - L – tetrajódthyronin, thyroxin |
| <b>THR</b>            | hypotalamický thyreoliberin                   |
| <b>TPO</b>            | tyreoidální peroxidáza                        |
| <b>TSH – R</b>        | receptory pro thyreotropin                    |
| <b>TSH</b>            | adenohypofyzární thyreotropin                 |
| <b>TT<sub>3</sub></b> | celkový (total) trijódthyronin                |
| <b>TT<sub>4</sub></b> | celkový (total) tetrajódthyronin, thyroxin    |
| <b>WHO</b>            | World Health Organization                     |

## 9 Datové přílohy

Tab. č. 1a: Jód v krevní plazmě dojnic

| Dojnice    | Před pokusem | 24.2.2011 | 16.3.2011 | 27.4.2011 | 31.5.2011 |
|------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1          | 71,00        | 93,20     | 66,40     | 38,20     | 144,20    |
| 2          | 108,00       | 85,80     | 88,40     | 35,00     | 129,60    |
| 3          | 81,60        | 64,60     | 69,40     | 47,60     | 171,20    |
| 4          | 86,80        | 73,00     | 50,00     | 176,60    | 138,40    |
| 5          | 91,60        | 56,70     | 54,60     | 40,00     | 111,00    |
| 6          | 83,00        | 40,90     | 54,60     | 44,20     | 88,40     |
| 7          | 92,60        | 51,90     | 66,80     | 46,20     | 127,40    |
| 8          | 59,40        | 66,80     | 58,40     | 40,00     | 150,00    |
| 9          | 11,60        | 63,40     | 50,40     | 41,00     | 168,20    |
| <b>s</b>   | 76,18        | 66,26     | 62,11     | 56,53     | 136,49    |
| <b>sx</b>  | 26,22        | 15,29     | 11,52     | 42,61     | 24,83     |
| <b>med</b> | 83,00        | 64,60     | 58,40     | 41,00     | 138,40    |
| <b>min</b> | 11,60        | 40,90     | 50,00     | 35,00     | 88,40     |
| <b>max</b> | 108,00       | 93,20     | 88,40     | 176,60    | 171,20    |

Tab. č. 2a: Hladina TT<sub>3</sub> v krevní plazmě dojnic

| TT <sub>3</sub> |              |           |           |           |
|-----------------|--------------|-----------|-----------|-----------|
| Dojnice         | Před pokusem | 16.3.2011 | 27.4.2011 | 31.5.2011 |
| 1               | 1,50         | 2,27      | 1,61      | 0,84      |
| 2               | 1,93         | 2,27      | 1,11      | 1,45      |
| 3               | 0,86         | 1,24      | 1,58      | 1,73      |
| 4               | 2,05         | 2,14      | 1,80      | 1,80      |
| 5               | 2,34         | 1,71      | 1,37      | 0,71      |
| 6               | 0,55         | 1,66      | 1,99      | 2,08      |
| 7               | 1,76         | 1,69      | 0,67      | 0,60      |
| 8               | 1,66         | 1,57      | 1,48      | 1,21      |
| 9               | 1,73         | 1,35      | 2,01      | 1,74      |
| <b>s</b>        | 1,60         | 1,77      | 1,51      | 1,35      |
| <b>sx</b>       | 0,53         | 0,36      | 0,40      | 0,50      |
| <b>med</b>      | 1,73         | 1,69      | 1,58      | 1,45      |
| <b>min</b>      | 0,55         | 1,24      | 0,67      | 0,60      |
| <b>max</b>      | 2,34         | 2,27      | 2,01      | 2,08      |

Tab. č. 3a: Hladina TT<sub>4</sub> v krevní plazmě dojnic

| <b>TT<sub>4</sub></b> |                     |                  |                  |                  |
|-----------------------|---------------------|------------------|------------------|------------------|
| <b>Dojnice</b>        | <b>Před pokusem</b> | <b>16.3.2011</b> | <b>27.4.2011</b> | <b>31.5.2011</b> |
| 1                     | 48,80               | 42,40            | 50,70            | 29,30            |
| 2                     | 53,40               | 42,40            | 38,00            | 45,90            |
| 3                     | 72,90               | 49,10            | 56,70            | 44,70            |
| 4                     | 47,60               | 42,30            | 47,60            | 42,40            |
| 5                     | 37,80               | 54,70            | 45,30            | 25,40            |
| 6                     | 48,60               | 42,70            | 46,30            | 37,50            |
| 7                     | 31,70               | 35,70            | 30,80            | 41,40            |
| 8                     | 71,70               | 45,60            | 87,80            | 59,20            |
| 9                     | 45,70               | 26,70            | 35,90            | 33,50            |
| <b>s</b>              | 50,91               | 42,40            | 48,79            | 39,92            |
| <b>sx</b>             | 12,96               | 7,44             | 15,68            | 9,48             |
| <b>med</b>            | 48,60               | 42,40            | 46,30            | 41,40            |
| <b>min</b>            | 31,70               | 26,70            | 30,80            | 25,40            |
| <b>max</b>            | 72,90               | 54,70            | 87,80            | 59,20            |

Tab. č. 4a: Hladina FT<sub>3</sub> v krevní plazmě dojnic

| <b>FT<sub>3</sub></b> |                     |                  |                  |                  |
|-----------------------|---------------------|------------------|------------------|------------------|
| <b>Dojnice</b>        | <b>Před pokusem</b> | <b>16.3.2011</b> | <b>27.4.2011</b> | <b>31.5.2011</b> |
| 1                     | 2,69                | 5,46             | 4,73             | 5,52             |
| 2                     | 2,70                | 5,22             | 5,46             | 5,01             |
| 3                     | 2,50                | 4,72             | 5,8              | 4,83             |
| 4                     | 2,57                | 4,85             | 4,78             | 4,24             |
| 5                     | 2,57                | 4,71             | 4,65             | 4,57             |
| 6                     | 2,46                | 4,54             | 4,81             | 4,55             |
| 7                     | 2,61                | 7,06             | 2,92             | 4,47             |
| 8                     | 2,54                | 5,21             | 2,54             | 4,06             |
| 9                     | 2,65                | 5,92             | 3,69             | 4,87             |
| <b>s</b>              | 2,59                | 5,30             | 4,38             | 4,68             |
| <b>sx</b>             | 0,08                | 0,75             | 1,04             | 0,41             |
| <b>med</b>            | 2,57                | 5,21             | 4,73             | 4,57             |
| <b>min</b>            | 2,46                | 4,54             | 2,54             | 4,06             |
| <b>max</b>            | 2,70                | 7,06             | 5,80             | 5,52             |



Tab. č. 5a: Hladina FT<sub>4</sub> v krevní plazmě dojnic

| <b>FT<sub>4</sub></b> |                     |                  |                  |                  |
|-----------------------|---------------------|------------------|------------------|------------------|
| <b>Dojnice</b>        | <b>Před pokusem</b> | <b>16.3.2011</b> | <b>27.4.2011</b> | <b>31.5.2011</b> |
| 1                     | 1,17                | 8,00             | 10,60            | 11,10            |
| 2                     | 1,16                | 9,20             | 10,50            | 10,10            |
| 3                     | 1,01                | 10,10            | 11,10            | 9,40             |
| 4                     | 1,04                | 8,40             | 11,70            | 8,30             |
| 5                     | 1,17                | 12,00            | 10,60            | 7,80             |
| 6                     | 1,04                | 9,90             | 8,60             | 7,90             |
| 7                     | 1,04                | 11,40            |                  | 8,50             |
| 8                     | 1,09                | 11,20            | 5,80             | 8,20             |
| 9                     | 1,08                | 8,90             | 8,20             | 10,40            |
| <b>s</b>              | 1,09                | 9,90             | 9,64             | 9,08             |
| <b>sx</b>             | 0,06                | 1,32             | 1,83             | 1,14             |
| <b>medián</b>         | 1,08                | 9,90             | 10,55            | 8,50             |
| <b>min</b>            | 1,01                | 8,00             | 5,80             | 7,80             |
| <b>max</b>            | 1,17                | 12,00            | 11,70            | 11,10            |