

JIHOČEKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

DISERTAČNÍ PRÁCE

VYBRANÉ FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ
ŠTÍTNOU ŽLÁZU PŘEŽVÝKAVCŮ

Ing. Zuzana Křížová

ČESKÉ BUDĚJOVICE

2019

Vypracovala:

Ing. Zuzana Křížová

Studijní program: Zootechnika

Studijní obor: Zoohygiena a prevence chorob hospodářských zvířat

Školitel:

prof. Ing. Jan Trávníček, CSc.

Katedra zootechnických věd

Zemědělská fakulta

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

DEDIKACE

Disertační práce byla vypracována za podpory projektů:

- | | |
|---------------------------|--|
| GAJU 002/2016/Z | Genetika, zdraví zvířat a kvalita produktů jako základ konkurenceschopnosti |
| GAJU 152/2014/Z | Vliv produkce a úrovně steroidních hormonů na aktivitu štítné žlázy ovcí a krav |
| GAJU 011/2013/Z | Zdraví hospodářských zvířat a zdravotní bezpečnost potravin – genetické, parazitární a nutriční aspekty |
| GAJU 028/2019/Z | Genetika, zdraví zvířat a biologicky a sensoricky aktivní jako základní předpoklad kvalitních potravin a zemědělských surovin |
| NAZV KUS QJ1510336 | Výzkum a podpora produkce zdravotně a spotřebitelsky benefitních mléčných výrobků cílenou selekcí a modifikací profilu mastných kyselin mléčného tuku |
| NAZV KUS QJ1510339 | Komplexní systém zvýšení kvality mléka, mléčných produktů a monitoring zdravotního stavu krav s cílem zvýšit přidanou hodnotu zemědělské produkce v ČR |

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem disertační práci vypracovala samostatně na základě vlastních zjištění a za pomoci uvedené literatury.

V Českých Budějovicích dne

.....

Ing. Zuzana Křížová

PODĚKOVÁNÍ

Srdečně bych tímto chtěla poděkovat prof. Ing. Janu TRÁVNÍČKOVI, CSc., za cenné rady a odborné vedení při řešení úkolů předložené disertační práce. Ráda bych také poděkovala Ing. Romanu KONEČNÉMU, Ph. D., za psychickou podporu a rady nejen z oblasti vědy. Díky patří také paní Jitce RICHTEROVÉ a Ing. Martině STAŇKOVÉ z laboratoře Katedry zootechnických věd. V neposlední řadě bych ráda poděkovala rodině a svému životnímu partnerovi Vlád'ovi, který mi dodával odvahu a chuť do další práce vždy, když bylo potřeba.

OBSAH

| | | |
|------------|---|-----------|
| 1 | ÚVOD..... | 11 |
| 2 | LITERÁRNÍ PŘEHLED | 12 |
| 2.1 | Štítná žláza..... | 12 |
| 2.1.1 | Vývoj štítné žlázy..... | 12 |
| 2.1.2 | Makroskopická a mikroskopická stavba štítné žlázy | 12 |
| 2.1.3 | Štítná žláza skotu..... | 16 |
| 2.1.4 | Štítná žláza ovcí..... | 16 |
| 2.2 | Fyziologie štítné žlázy | 17 |
| 2.2.1 | Hormony štítné žlázy..... | 17 |
| 2.2.2 | Regulace sekrece hormonů štítné žlázy..... | 18 |
| 2.2.3 | Účinky hormonů štítné žlázy..... | 19 |
| 2.2.4 | Biosyntéza a transport hormonů štítné žlázy..... | 21 |
| 2.3 | Význam jódu pro funkci štítné žlázy..... | 22 |
| 2.3.1 | Potřeba jódu..... | 23 |
| 2.3.2 | Obsah jódu v organismu..... | 24 |
| 2.3.3 | Obsah jódu v krevní plazmě | 24 |
| 2.3.4 | Obsah jódu v mléce | 26 |
| 2.3.5 | Obsah jódu v moči..... | 29 |
| 2.4 | Neúměrný příjem jódu | 29 |
| 2.4.1 | Nedostatek jódu..... | 29 |
| 2.4.2 | Nadbytek jódu | 31 |
| 2.5 | Význam selenu pro štítnou žlázu | 31 |
| 2.6 | Ostatní mikronutrienty | 33 |
| 2.6.1 | Železo | 33 |
| 2.6.2 | Vitamín A | 34 |
| 2.6.3 | Zinek, vápník a fluor ve vztahu ke štítné žláze | 34 |
| 2.7 | Faktory ovlivňující štítnou žlázu | 34 |
| 2.7.1 | Strumigenní látky | 35 |
| 2.7.2 | Vliv teploty prostředí..... | 36 |
| 2.7.3 | Vliv sezónnosti | 36 |
| 2.7.4 | Vliv výživy | 37 |
| 2.7.5 | Vliv plemene | 37 |
| 2.7.6 | Změny během březosti, porodu a laktace | 38 |
| 2.7.7 | Cirkadiánní rytmy..... | 39 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 2.8 | Patofyziologie štítné žlázy | 40 |
| 2.8.1 | Morfologické poruchy štítné žlázy | 40 |
| 2.8.2 | Funkční poruchy štítné žlázy | 42 |
| 2.9 | Metody vyšetření štítné žlázy | 44 |
| 2.9.1 | Hormonální vyšetření | 44 |
| 2.9.2 | Zobrazovací metody | 46 |
| 3 | CÍL PRÁCE..... | 47 |
| 4 | MATERIÁL A METODIKA..... | 48 |
| 4.1 | Materiál..... | 48 |
| 4.1.1 | Charakteristika podmínek odběru bazénových vzorků mléka pro posouzení saturace dojnic jódem ve vybraných regionech České republiky | 48 |
| 4.1.2 | Charakteristika chovů zařazených do sledování vlivů vybraných faktorů ovlivňujících aktivitu štítné žlázy | 48 |
| 4.2 | Metodika | 54 |
| 4.2.1 | Odběry biologického materiálu | 54 |
| 4.2.2 | Laboratorní stanovení | 54 |
| 5 | VÝSLEDKY A DISKUZE | 57 |
| 5.1 | Obsah jódu v mléce jako ukazatel saturace dojnic jodem | 57 |
| 5.1.1 | Obsah jódu v bazénových vzorcích mléka | 57 |
| 5.1.2 | Obsah jódu v mléčné syrovátce | 61 |
| 5.1.3 | Obsah jódu v individuálních vzorcích mléka | 63 |
| 5.2 | Faktory ovlivňující štítnou žlázu skotu..... | 64 |
| 5.2.1 | Vliv stimulace energetického metabolismu na tyreoidální hormony dojnic | 64 |
| 5.2.2 | Vliv fáze laktace na koncentraci hormonů štítné žlázy | 66 |
| 5.2.3 | Vliv pořadí laktace na koncentraci hormonů štítné žlázy dojnic | 69 |
| 5.2.4 | Vliv ročního období na koncentraci na hormonů štítné žlázy dojnic | 71 |
| 5.2.5 | Vliv různého množství a formy suplementovaného jódu do KD dojnic na koncentraci tyreoidálních hormonů v krevní plazmě | 72 |
| 5.2.6 | Vliv plemenné příslušnosti na koncentraci tyreoidálních hormonů v krevní plazmě | 74 |
| 5.3 | Faktory ovlivňující štítnou žlázu ovcí | 77 |
| 5.3.1 | Vliv klimatu na dynamiku hormonů štítné žlázy u ovcí | 77 |
| 5.3.2 | Vliv věku na dynamiku hormonů štítné žlázy jehňat | 78 |
| 5.3.3 | Vliv březosti a laktace na dynamiku hormonů štítné žlázy | 80 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 6 | ZÁVĚR | 83 |
| 6.1 | Faktory ovlivňující štítnou žlázu skotu | 83 |
| 6.2 | Faktory ovlivňující štítnou žlázu ovcí | 86 |
| 7 | SOUHRN | 87 |
| 8 | SUMMARY | 88 |
| 9 | LITERATURA..... | 89 |
| 10 | SEZNAM PUBLIKOVANÝCH VÝSLEDKŮ | 108 |
| 11 | SEZNAM TABULEK..... | 111 |
| 12 | SEZNAM OBRÁZKŮ | 112 |
| 13 | SEZNAM GRAFŮ | 113 |

SEZNAM ZKRATEK

BHB – β – hydroxybutyrát

CNS – centrální nervová soustava

D1 – dejodáza typu 1

D2 – dejodáza typu 2

D3 – dejodáza typu 3

DNA – deoxyribonukleová kyselina

EDDI – etylendiamindihydrogen jodid

FSH – folikulostimulační hormon

fT₃ – volný trijódtyronin

fT₄ – volný tyroxin

GPXs – glutation peroxidáza

HDL – lipoprotein s vysokou hustotou

CHOL – cholesterol

IDA – anémie z nedostatku železa (iron deficiency anemia)

IDD – iodine deficiency disorders

KD – krmná dávka

LDL – lipoprotein s nízkou hustotou

LH – luteinizační hormon

NEB – negativní energetická bilance

RNA – ribonukleová kyselina

rT₃ – reverzní trijódtyronin

T₃ – trijódtyronin

T₄ – tyroxin

TAG – triacylglycerol

TBA – tyroxin binding albumin

TGB – tyroxin binding globulin

TPO – tyreoidální peroxidáza

TRH – tyreostimulační hormon

TRs – thioredoxin reduktáza

TSH – tyreostimulační hormon

TT₃ – celkový trijódtyronin

TT₄ – celkový tyroxin

TTR – transtyretin

UNICEF – United Nations International Children's Emergency Fund

USG – ultrasonograf

WHO – World Health organization

1 ÚVOD

Štítnou žlázu ovlivňuje mnoho vnějších i vnitřních faktorů. Genetické predispozice, se jako vnitřní faktor, uplatňují na vzniku onemocnění štítné žlázy až z 80 %, zbývajících 20 % je výsledkem působení vnějších faktorů. Mezi nejvýznamnější vnitřní faktory řadíme genetickou zátěž, pohlaví, způsob chovu nebo březost. Z vnějších faktorů je to především výživa – obsah mikronutrientů, jako například selenu v organizmu, který má přímý vliv na metabolismus a účinnost hormonů štítné žlázy. Významným faktorem, ovlivňujícím štítnou žlázu, jsou i strumigenní látky – látky inhibující funkci štítné žlázy vyskytující se především v krmivu. Neméně významně ovlivňují funkci štítné žlázy i klimatické podmínky, ve kterých jsou zvířata chována (TROJAN, 2003; TRÁVNÍČEK, et al., 2011; KVÍČALA, 2012).

Pro správnou funkci štítné žlázy je rozhodující množství jódu v organizmu. Problematika jodového deficitu se dotýká téměř celého světa, nedostatek jódu je problémem nejen třetích zemí, ale i zemí rozvinutých. Odhaduje se, že asi 2,2–2,5 miliardy lidí stále žije za podmínek nedostatku jódu v přirozeném prostředí. Zásobení jódem není ideální ani v České republice. Stále zde existují skupiny s nedostatečným příjmem jódu, například v některých regionech, případně některé sociální skupiny. Od 50. let minulého století v ČR probíhá jodová profylaxe. Dnes se považuje saturace populace jódem v ČR za adekvátní a lze tak považovat jodový deficit od 21. století za zvládnutý. Stále však zůstává v současné době jodový deficit jedním z hlavních preventivních programů opatření WHO (World Health Organization) a UNICEF (United Nations International Children's Emergency Fund) a kontinuálně probíhají výzkumy týkající se saturace jódem nejen u lidí, ale i u zvířat. Snahou je dále zavádět opatření, která by eliminovala onemocnění, která vznikají jeho nedostatkem (ŘEHŮŘKOVÁ a RUPRICH, 2013).

2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 Štítná žláza

2.1.1 Vývoj štítné žlázy

Štítná žláza (*Glandula thyroidea*) je endokrinní žlázou folikulárního typu. Najdeme ji u všech obratlovců, její uspořádání se však značně liší u jednotlivých druhů zvířat. Všeobecně má hnědočervenou barvu a tuhou konzistenci. Začíná se vytvářet už v prenatálním období na spodině hltanu v budoucím místě kořene jazyka a sestupuje dolů do oblasti průdušnice a hrtanu. *Glandula thyroidea* je entodermálního původu stejně jako například plíce, játra nebo slinivka břišní. Na ventrální ploše hltanu, dělením buněk, dochází při vývoji k zesílení výstelky a tento epitelální základ štítné žlázy se postupně zanořuje dorzo-kaudálním směrem do mezenchymu a narůstá do stran, dostává se až na úroveň prvních dvou tracheálních prstenců. Epitelový základ komunikuje s dutinou hltanu určitou dobu prostřednictvím kanálku – *Ductus thyroglossus*. Kromě nepárového základu štítné žlázy se na její stavbě podílí také buňky čtvrté žaberní štěrbin. Tyto buňky postnatálně migrují do základu štítné žlázy a jejich diferenciací vznikají tzv. C-buňky – kalcitonin produkující buňky (HALOUZKA A KRINKE, 2000; DVOŘÁK, 2002; POLICENI et al., 2012; STATHATOS, 2016).

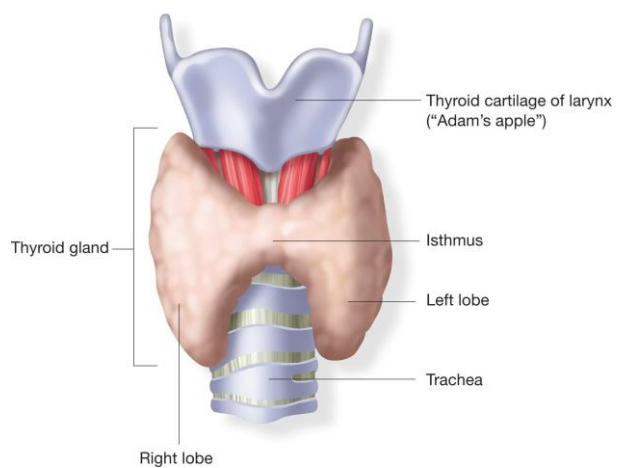
2.1.2 Makroskopická a mikroskopická stavba štítné žlázy

U savců je štítná žláza složena ze dvou laloků – *lobus dexter et lobus sinister*, naléhajících z přední strany na průdušnici a hrtan (obrázek 1). Oba laloky jsou mezi sebou spojeny můstkem – *isthmus* (HORKÝ a TICHÝ et al., 2004). U psa a kočky tento můstek chybí úplně, u koně je minimálně vyvinutý. U většiny savců je tato žláza párová, naopak je tomu u plazů, kde je štítná žláza nepárová (POLICENI et al., 2012; FRANDSON et al., 2013).

Tyreoidea je obalena vazivovým pouzdem, ze kterého odstupují vazivová septa, která rozdělují parenchym štítné žlázy na neúplné lalůčky. Lalůčky jsou složeny z váčků – folikulů, které jsou vyplněny koloidem a tvoří základní stavební jednotku štítné žlázy. Folikuly jsou vystlány folikulárními buňkami, tyto folikulární epitelové buňky tvoří až 90 % parenchymu štítné žlázy (JELÍNEK a KOUDELA et al., 2003). Folikuly mají rozmanitou velikost a tvar. Jejich stěna je vystlána žláznatým epitelem, který zcela uzavírá dutinu (obrázek 2).

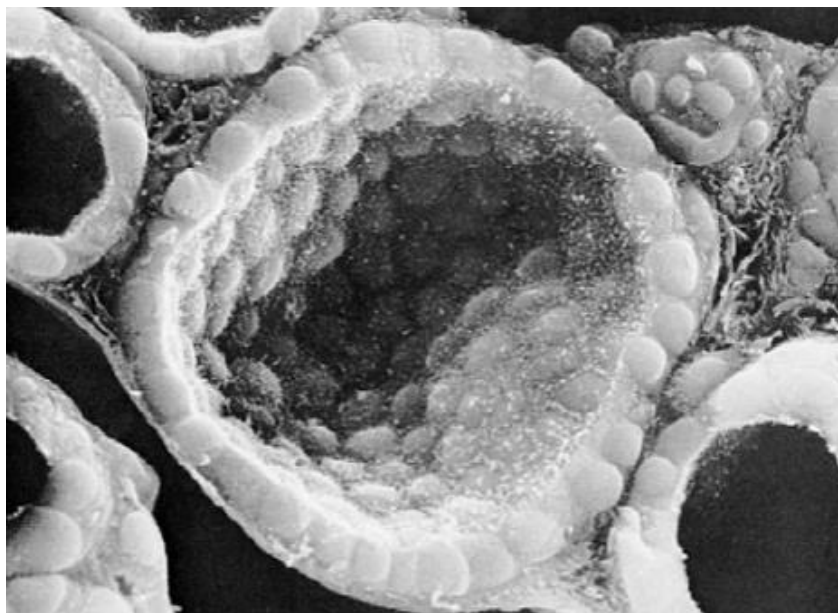
Obrázek 1: Makroskopická stavba štítné žlázy

(zdroj: www.biotechenergypatch.com)



Obrázek 2: Folikuly štítné žlázy

(zdroj: www.vesmir.cz)

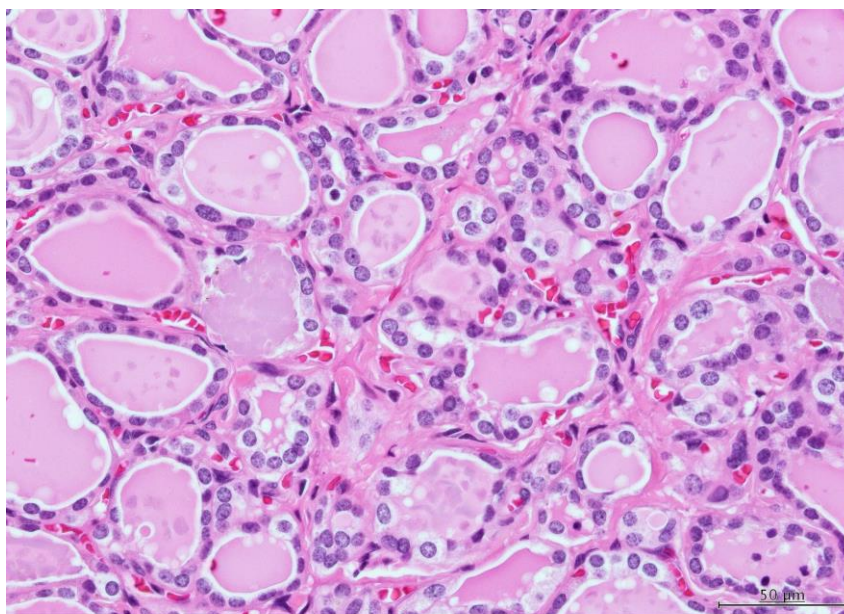


Žláznatý epitel je tvořen dvěma druhy buněk – folikulárními epitelovými buňkami a světlými parafolikulárními buňkami. Folikulární epitelové buňky přiléhají na bazální membránu folikulu, mezi nimi jsou uloženy buňky parafolikulární. Tvar tyreocytů je proměnlivý, v klidovém stádiu jsou ploché, při stimulaci TSH (tyreostimulačním hormonem) se jejich velikost mění. Tyreocyty syntetizují tyreoglobulin, který je vypuzován do lumina folikulů tzv. koloidu. Syntéza T_3 (trijódyroninu) a T_4 (tyroxinu) se uskutečňuje v tyreoglobulinu na rozhraní buňky a koloidu (STATHATOS, 2019).

Parafolikulární buňky jsou světlejší a větší než buňky folikulární jsou součástí difúzního endokrinního systému označovaného jako APUS-systém (obrázek 3). Liší se také morfologicky a funkčně. Parafolikulární buňky jsou u nižších obratlovců seskupeny v ultimobrachiální tělíska. Hlavní funkcí těchto buněk je vylučování hypokalcemického faktoru, snižujícího obsah vápníků v krvi – kalcitoninu. Parafolikulární buňky jsou také označovány jako C – buňky (STATHATOS, 2019; DAS et al., 2017).

Obrázek 3: Histologická stavba štítné žlázy

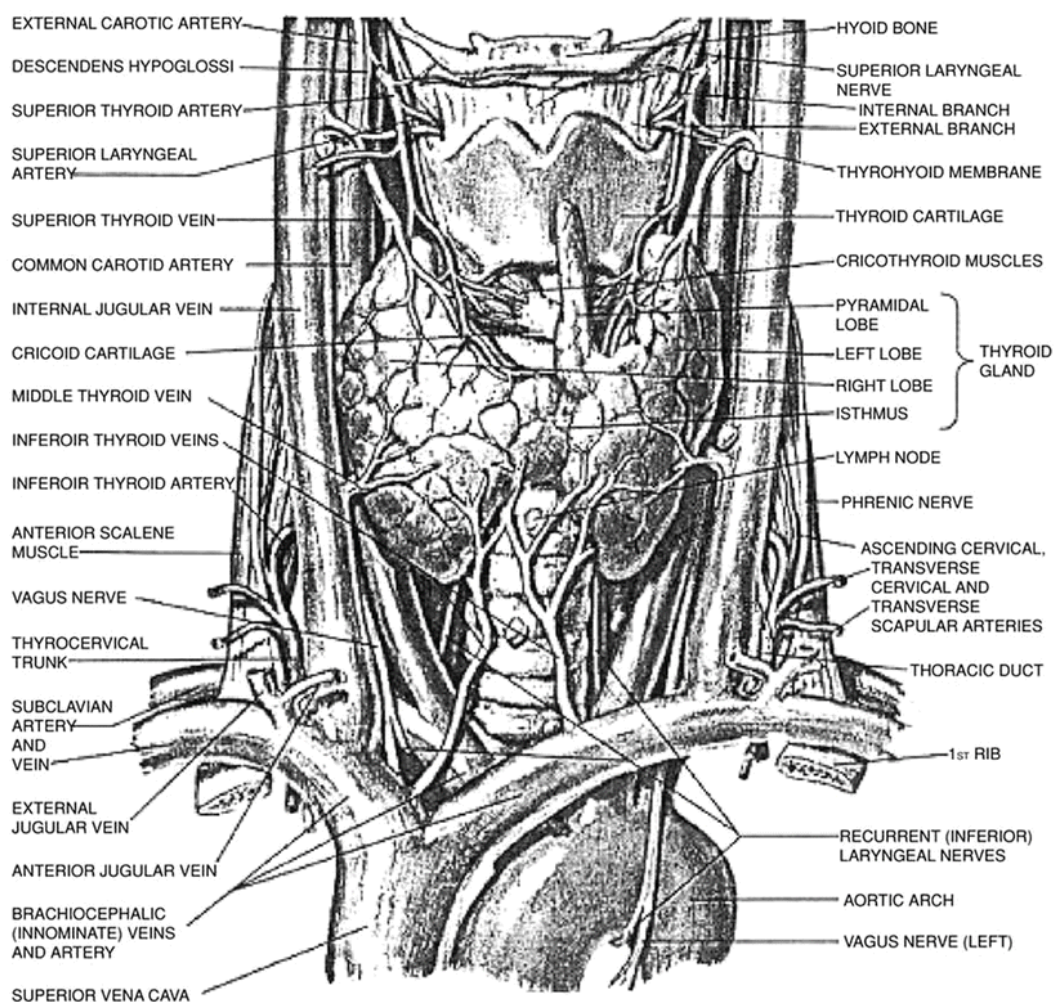
(ISLAM, 2018)



Microfollicular thyroid:
small follicles around 50 μm in diameter (H&E, high power)

Krev přivádí ke štítné žláze především *a. thyroidea cranialis*, která odstupuje od *a. carotis communis*, a probíhá kolem jejího dorzálního okraje. Kaudálněji odstupuje *a. thyroidea caudalis*, která zajišťuje dodatečné zásobení štítné žlázy krví. Na rostrálním okraji hrtanu se *a. thyroidea cranialis* dělí na *a. laryngea cranialis* a *a. pharyngea ascendens* (obrázek 4). Ze štítné žlázy je pak krev odváděna *v. thyroidea cranialis*, která je větví vnitřní hrdelnice – *v. jugularis interna* (JELÍNEK a KOUDELA et al., 2003; FRANDSON et al. 2013).

Obrázek 4: Uložení štítné žlázy a její vztah k okolí
(STATHATOS, 2016)



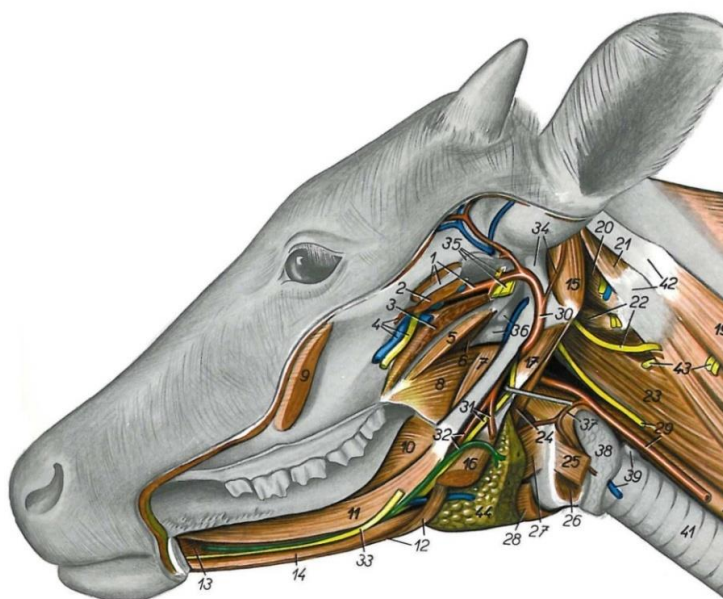
2.1.3 Štítná žláza skotu

U skotu se štítná žláza nachází na dorzální ploše průdušnice (obrázek 5). U dospělého skotu se hmotnost štítné žlázy pohybuje v rozmezí 20 – 35 g (REECE, 2011), podle PEKSY et al. (2011) je hmotnost štítné žlázy do $16,4 \pm 4,2$ g u telat a do $47,2 \pm 23,3$ g u krav. U skotu se štítná žláza skládá z pravého a levého laloku (*lobus dexter et lobus sinister*), ty jsou ventrálně spojeny *isthmem*. Laloky jsou trojúhelníkovitého tvaru. Z *isthmu* někdy vystupuje kraniálně k jazyku úzký pruh jako zbytek po *ductus tyroglossus*. Tento pruh naznačuje, jak se vyvíjel základ štítné žlázy z ústní spodiny (REECE, 2011; GARDNER a SHOBACK, 2011).

Barva štítné žlázy u skotu je hnědo-červená, u telat je štítná žláza tmavší barvy a vzhledem k velikosti těla větší, než u dospělého skotu. Žláznatý můstek je také v porovnání se štítnou žlázou dospělého skotu silnější (REECE, 2011).

Obrázek 5: Topografie štítné žlázy skotu (38)

(POPESKO, 1988)



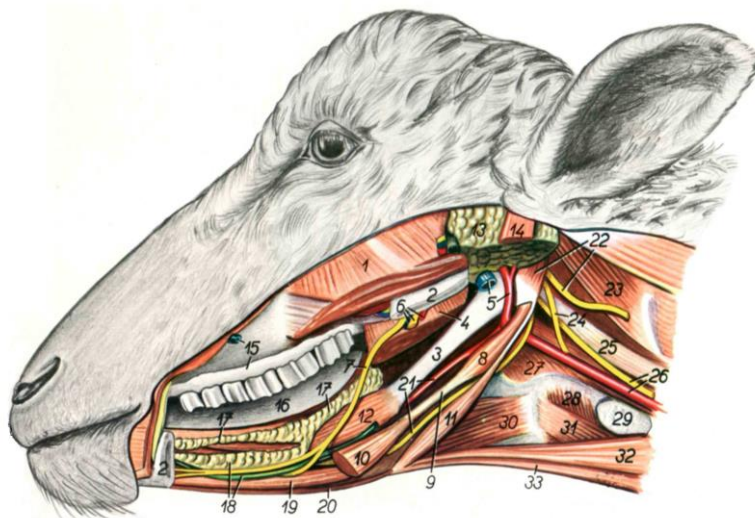
2.1.4 Štítná žláza ovcí

U ovcí i koz, je štítná žláza stavěna podobně jako u skotu (obrázek 6). Můstek je vazivovitý, laloky štítné žlázy jsou 1 – 1,5 cm široké a 3 – 5 cm dlouhé. Hmotnost štítné žlázy u ovcí, se pohybuje v rozmezí 4 – 7 g (AKERS a DENBOW,

2013). Podle KRABAČOVÉ (2002) se hmotnost štítné žlázy u jehňat pohybuje v rozpětí 0,9 – 4,4 g.

Obrázek 6: Topografie štítné žlázy u ovcí (29)

(POPESKO, 1988)



Jak u skotu, tak u ovcí platí, že na velikost štítné žlázy má vliv mnoho faktorů, jako úroveň výživy, příjem jódu, roční období, pohlaví, věk a mnoho dalších. Velikost ale i funkci také ovlivňují fyziologické procesy jako březost nebo laktace (JELÍNEK A KOUDELA, 2003; PEKSA et al., 2014).

2.2 Fyziologie štítné žlázy

2.2.1 Hormony štítné žlázy

Majoritní funkcí štítné žlázy je produkce hormonů: 3, 5, 3', 5'- L – tetrajódyroninu – tyroxinu (T_4) a 3, 5, 3'- L – trijódyroninu (T_3) a kalcitoninu (tyreokalcitoninu) a jejich deponace ve žláze. Tyreoidea produkuje za normálních okolností trijódyronin a tyroxin v poměru asi 1:8 (ZAMRAZIL, 2011; MULLUR et al., 2014). Tyto hormony jsou výjimečné tím, že pro svoji biologickou účinnost potřebují stopové dávky jódu – obsahují 59 – 65% jódu, který je jejich základem, dostatečné množství jódu v organismu je tak rozhodujícím pro správnou funkci štítné žlázy (ZAMRAZIL A ČEŘOVSKÁ, 2014). T_3 vzniká de jodacii i mimo štítnou žlázu, a to v játrech a ledvinách, ale také v kůži jak uvádí CUNNINGHAM a KLEIN (2007). Ve vazné formě se v krevním séru nachází 99,97 % tyroxinu (T_4)

a 99,50 % trijódtyroninu (T_3), tyto frakce hormonů jsou 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 a fT_4 (kde „f,“ značí „Free“) (LANGER, 2004).

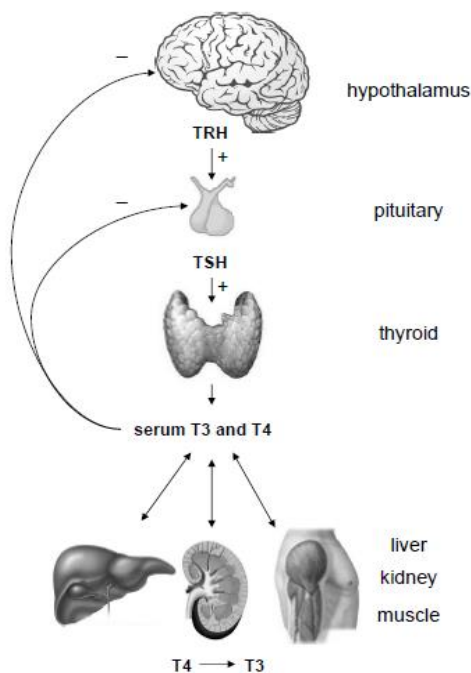
2.2.2 Regulace sekrece hormonů štítné žlázy

Funkce štítné žlázy, resp. biosyntéza hormonů, je řízena hypotalamo-hypofyzárním systémem (obrázek 7). Hypotalamus produkuje neurosekreční hormon TRH (thyreotropin realising hormon), který stimuluje syntézu TSH (tyreostimulační hormon) v adenohipofýze. Syntéza a sekrece TSH je řízena pomocí negativní zpětné vazby účinkem tyreoidálních hormonů. Zpětnovazebnou reakci tak ovlivňuje množství tyreoidálních hormonů v krvi a to především T_4 (STÁRKA et al., 2010; ZAMRAZIL A ČEŘOVSKÁ, 2014).

Mimo mechanismu negativní zpětné vazby mohou činnost štítné žlázy ovlivňovat další faktory například vysoká koncentrace jódu v krevní plazmě, nebo naopak nedostatek jódu, který aktivitu štítné žlázy zvyšuje.

Obrázek 7: Osa hypotalamus – hypofýza – štítná žláza

(JANSEN, 2008)



Hlavním úkolem TRH je vazba na specifické membránové receptory a stimulace adenohipofyzárních buněk k produkci TSH. TRH se nachází i v mozku a míše, kde může fungovat jako neurotransmitter. Jeho poločas rozpadu se pohybuje okol 5 minut při intravenózním podání (GREENSPAN et al., 2003).

2.2.3 Účinky hormonů štítné žlázy

Hormony štítné žlázy se účastní mnoha biologických procesů, od metamorfózy u obojživelníků až po početné metabolické děje, jak u zvířat, tak u lidí (LANGER, 2004). Štítná žláza produkuje především tyroxin (T_4) a pouze malé množství trijódtyroninu (asi 20 % jeho obsahu v plazmě), podle dosavadních znalostí je však základním účinným hormonem trijódtyronin (T_3) (LÍMANOVÁ, 2006, MULLUR, 2014).

Majoritním účinkem tyreoidálních hormonů je zvyšování bazálního metabolismu ve všech tkáních a orgánech s výjimkou mozku, sleziny a varlat, při těchto dějích dochází následně ke zvýšené spotřebě kyslíku a zvýšení termogeneze (AKERS a DENBOW, 2013). Ovlivňují také diferenciaci nervové soustavy, zvyšují srdeční frekvenci a zvětšují intenzitu kontrakcí myokardu, dále mají vasodilatační účinek na drobné cévy a krevní vlasečnice, do jisté míry stimulují i tvorbu mléka a zvyšují obsah mléčného tuku (JELÍNEK a KOUDELA et al., 2003). Jak uvádí MAČÁKOVÁ a MAČÁK (1992) tyreoidální hormony ovlivňují také glykogenolytický a hyperglykemizující účinek adrenalinu a zesilují působení inzulinu na glukózu a na syntézu glykogenu, dále u mladých jedinců, výrazný vliv mají ale i na zrání skeletu a chrupu.

Podle AKERS a DENBOW (2013) se tyroxin uplatňuje jako jeden z hlavních faktorů stimulujících galaktopoézu, tj. udržení sekrece mléka při laktaci. Trijódtyronin prochází buněčnou membránou a posléze se váže na buněčné receptory. Má především vliv na DNA – zvyšuje transkripci genetické informace, po několika hodinách je možné prokázat stimulaci RNA – polymerázy I. Účinek hormonů štítné žlázy na jaderné receptory není však asi jediným mechanismem působení. Předpokládá se, že také přímo působí na mitochondriální membránu, a na buněčnou membránu ve vztahu k adenylcykláze, metabolismu a transportu lipidů a sodíku (SCROEDER et al.; MUSIL, 1990). Po vstupu do buňky se trijódtyronin váže na receptor v jádře buňky, tento receptor je příbuzný nukleárním receptorům

pro steroidy a skupinu vitamínu D. Účinky hormonů štítné žlázy jsou komplexní, díky přítomnosti receptorů téměř ve všech buňkách a nejsou dosud zcela objasněné (STATHATOS, 2016).

2.2.3.1 Účinky na metabolismus

Zvyšují bazální metabolismus ve všech tkáních a orgánech (s výjimkou mozku, varlat, dělohy a lymfatických uzlin). Účinek hormonů na metabolismus spočívá především v přímém účinku hormonů štítné žlázy na buněčné jádro, kde ovlivňují řízení látkové výměny, zvláště pak tvorbu bílkovin. Zvyšují také látkovou výměnu, spotřebu kyslíku ve tkáních a urychlují vstřebávání cukrů v trávicím traktu (GANONG, 2005; DYLEVSKÝ, 2009).

2.2.3.2 Účinky na termoregulaci

Hormony štítné žlázy zvyšují produkci tepla, pokud je organismus v chladném prostředí a k udržení tělesné teploty je nutná větší produkce tepla v tkáních. Při deficitu hormonů je pak organismus ohrožen hypotermií. Zvýšený výdej hormonů pak vede ke zvýšené srdeční činnosti a snižuje se koncentrace glykogenů výsledkem je pak zvýšená citlivost na účinek adrenalinu (MAČÁKOVÁ a MAČÁK, 1992; DYLEVSKÝ, 2009).

2.2.3.3 Účinky na růst a vývoj

V období krátce postnatálním mají hormony vliv na diferenciaci buněk CNS, zrání skeletu a chrupu – při nedostatku hormonů štítné žlázy se nevyvíjí dostatečné množství neuronů v mozkové kůře a je narušena myelinizace (vytváření obalů nervových spojů) a vzniká u lidí nanismus a kretenismus. Tyroidální hormony výrazně stimulují lineární růst a vývoj kostí. T_3 stimuluje přímo aktivitu a zrání chondrocytů, zároveň urychluje jejich růst prostřednictvím stimulace sekrece růstového hormonu.

Růstové účinky souvisí s metabolickými účinky tyroxinu a trijódtyroninu, oba tyto hormony v normálních dávkách zvyšují tvorbu bílkovin, které využívá organismus pro růst. Hormony štítné žlázy ovlivňují i například hlemýžď ve vnitřním uchu, při jejich nedostatku vzniká hluchota. Mají vliv i na reflexní činnost, s nízkou koncentrací hormonů štítné žlázy se tak prodlužuje reakční doba reflexů (MAČÁKOVÁ a MAČÁK, 1992; TRÁVNÍČEK, 2010; GANONG, 2005; DYLEVSKÝ, 2009).

2.2.3.4 Účinky na krevtvorbu

Zvýšené využití kyslíku v tkáních při zvýšené hladině T_3 a T_4 stimuluje tvorbu erythropoetinu a tím vzestup krevtvorby. Při hypotyreóze může naopak vzniknout „fyziologická anémie“ (LANGER et al., 2004).

2.2.3.5 Účinky na gastrointestinální trakt

Tyreoidální hormony stimuluji glukoneogenezi a glykogenolýzu v játrech a vstřebávání glukózy ze střeva. Stimulují také lipolýzu a reesterifikaci triacylglycerolů v tukové tkáni, výsledkem těchto protichůdných účinků je uvolňování volných mastných kyselin do krevního oběhu. Tato reakce je důležitá pro fyzickou aktivitu a pro udržení optimální teploty organismu v chladném prostředí (termoregulaci).

2.2.4 Biosyntéza a transport hormonů štítné žlázy

Pro tvorbu T_4 a T_3 je nutná dostatečná koncentrace jodidu v epitelu štítné žlázy. Schopnost vychytávat jodid se nazývá také jodidová pumpa nebo tramping jodidu, tuto schopnost nemá jen štítná žláza, ale uvádí se, že i 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; REECE, 2011). Pro syntézu štítné žlázy je nepostradatelný enzym tyreoidální peroxidáza (TPO) (LÍMANOVÁ, 2006).

Syntéza T_4 a T_3 probíhá podle GRENNSPANNA (2003) v šesti hlavních krocích:

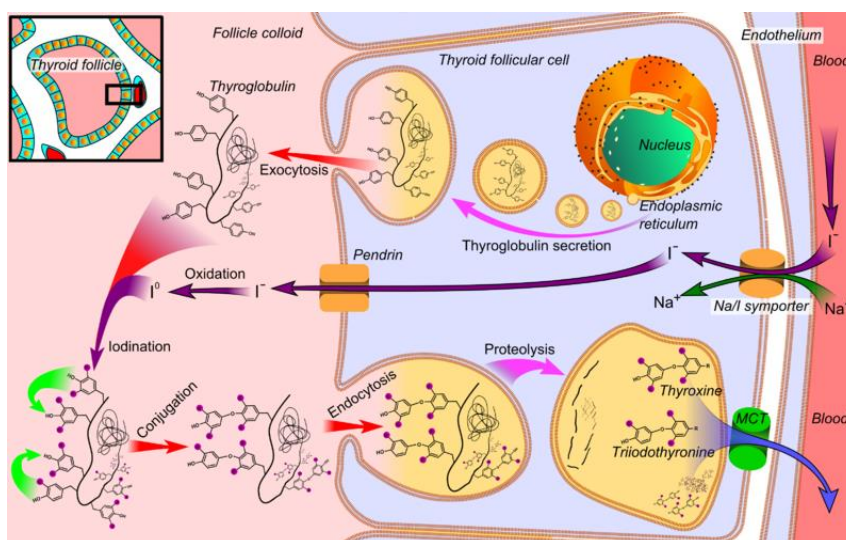
1. vychytávání jodidu a aktivní transport přes bazální membránu do tyreocytu,
2. syntéza tyreoglobulinu,
3. oxidace a jodace tyrosinových zbytků v tyreoglobulinu,
4. spojování jódtyrosinových molekul v tyreoglobulinu a vznik T_3 a T_4 ,
5. dejodace jódtyrosinu uvnitř tyreocytu a
6. za určitých okolností 5' - dejodace T_4 na T_3

T_3 a T_4 vznikají jako součást tyreoglobulinu. Molekuly tyreoglobulinu s navázanými T_4 a T_3 nejsou uvolňovány do krve z tyreoidálních folikulů. Uvolnění

z koloidu, který je obklopen a uzavřen folikulárními buňkami probíhá tak, že koloid vstupuje ve formě váčků do buněk (endocytóza). Lysozomy uvolní proteolytické enzymy a pomocí nich se oddělí T_4 a T_3 z tyreoglobulinu. T_4 a T_3 se bezprostředně pevně navážou na plazmatické proteiny (tzv. celkový T_3 a T_4) a jsou transportovány krví. Hlavním plazmatickým proteinem, na který se hormony vážou je TGB (Tyroxin Binding Globulin), 75 %. Tento protein má značnou afinitu k tyreoidálním hormonům. Větší afinitu má však pro T_4 než pro T_3 . Vzhledem k rozdílné afinitě se ale uvolňuje tkáňovým buňkám více T_3 než T_4 . Uvnitř tkáňových buněk je T_3 účinnější než T_4 , jeho biologický poločas rozpadu je však kratší (REECE, 2011). V menší míře (15 %) se hormony štítné žlázy vážou na transportní bílkovinu albumin (Tyroxin binding Albumin – TBA) a v poslední řadě na prealbumin (transthyretin – TTR – 10 %). Zbylé hormony cirkulují v krvi ve volné formě. Ve formě volných hormonů koluje v krvi 0,03 % z celkového obsahu T_4 a 0,3 % z celkového T_3 (ŠTERZL et al., 2006).

Obrázek 8: Syntéza hormonů štítné žlázy

(Zdroj: www.teachmephysiology.com)



2.3 Význam jódu pro funkci štítné žlázy

Jód je biogenní esenciální prvek, nezbytný pro tvorbu hormonů štítné žlázy, které hrají nezastupitelnou roli v řízení energetického metabolismu všech tělesných buněk, včetně mozkových. Vyskytuje se v organismu ve všech buňkách, tkáních a tekutinách. Ve štítné žláze se nachází až 80 % jódu z jeho celkového množství v organismu. Ukazatelem saturace organismu jódem je jeho obsah především v

moči, u laktujících zvířat pak v mléce. Močí se vylučuje zhruba 40 % přijatého jódu (u nelaktujících přežvýkavců se uvádí až 90 %), 30 % přijatého jódu je vylučováno výkaly. Největší množství jódu je obsaženo v mořské vodě, jeho obsah v půdě a rostlinách je závislý především na vzdálenosti dané lokality od moře, z tohoto důvodu ho ve vnitrozemských oblastech není dostatek (TRÁVNÍČEK et al., 2010; HEDAYATI, 2011).

2.3.1 Potřeba jódu

Jód je esenciální prvek nepostradatelný jak ve výživě zvířat, tak ve výživě lidí. Potřeba jódu je závislá na mnoha faktorech: plemeno, věk, míra užitkovosti, pohlaví, způsob chovu a v neposlední řadě fyziologická fáze. Jak bylo zmíněno, jód ovlivňuje vývoj CNS a celkový růst organismu, zvýšenou potřebu tak mají zejména jedinci v období jak prenatalním, tak v období růstu a pohlavního dospívání, ale také v období březosti a laktace (MANDIKI, et al., 2002). Potřeba jódu že také zvyšuje v případě vyššího příjmu strumigenních látek.

V České republice je nízký obsah jódu jak ve vodě, tak v půdě, z tohoto důvodu je saturace hospodářských zvířat jódem nedostatečná (KROUPOVÁ et al., 2001). Nezbytnou nutností je tak zařazení jódem obohacených minerálních krmných směsí a přísad do krmných dávek. Jednak z hlediska zdraví hospodářských zvířat, ale i z hlediska zdraví lidí, jako konzumentů živočišných produktů (mléko a mléčné výrobky, maso, vejce). Dlouhou dobu byl pro suplementaci využíván především jód v anorganické formě (KI – *kalium iodatum*), v současné době se využívají organické formy jódu, u kterých se předpokládá výraznější účinek na pokrytí potřeby jódu, jsou to například jodované estery mastných kyselin, řasy obsahující vyšší množství jódu (*rod chlorela*) nebo např. ethylendiamindihydrogenjodid – EDDI (KOTRBÁČEK et al., 2001; MISKINIENE et al., 2010).

Názory na optimální potřebu jódu u přežvýkavců se různí především díky stále novým výzkumům. Podle Nařízení Komise (ES) č. 1459/2005 je maximální povolené množství suplementovaného jódu pro dojnice 5 mg/kg kompletní krmné dávky s vlhkostí 88 %. Pro ovce pak 10 mg/kg (EU, 2005). Současné normy využívané v České republice doporučují pro dojnice 0,8 mg jódu v 1 kg sušiny

krmné dávky, případně 0,6 mg jódu na 1 kg vyprodukovaného mléka (OTRUBOVÁ A RYSOVÁ, 2018).

2.3.2 Obsah jódu v organismu

Jód se do organismu zvířat dostává především prostřednictvím krmiva a napájecí vody, v malé míře je ale přijímán i dýcháním z ovzduší. Do organismu se také dostává prostřednictvím veterinárních léčiv a desinfekčních látek s obsahem jódu (KURSA et al., 1998). Jód přijatý krmivem je v trávicím traktu rychle a téměř úplně vstřebáván do krve, z krve je pak vychytáván štítnou žlázou. Ve štítné žláze se pak jód organifikuje za vzniku tyreoidálních hormonů, ty jsou dále transportovány do krve a následně jsou vychytávány buňkami pro regulaci buněčného metabolismu. Po vychytání buňkami se jód odštěpuje, přechází zpět do krve, poté je částečně přenášen ke štítné žláze pro opětovné využití a částečně je přenášen do ledvin, kde posléze dojde k jeho vyloučení močí (KVÍČALA, 2012; EASTMAN et al., 2018).

2.3.3 Obsah jódu v krevní plazmě

Koncentrace jódu v krevní plazmě se u přežvýkavců pohybuje v rozmezí 50 – 100 µg/l. Množství jódu v plazmě je ovlivněno především jeho příjmem krmivem (SCHULTZ, 2012). TRÁVNÍČEK et al., (2010) u ovcí prokázal, že zvýšením obsahu jódu v krmné dávce z 0,15 mg/kg sušiny na 1,3 mg/kg sušiny došlo k jeho zvýšení v krevní plazmě z 83,1±9,6 µg/l na 123,9±79,9 µg/l. Obsah jódu v krevní plazmě v závislosti na jeho příjmu krmivem je uveden v tabulce 1.

Tabulka 1: Obsah jódu v krevní plazmě v závislosti na jeho příjmu krmivem

| | Příjem jódu (mg/kg sušiny krmné dávky) | Jód v krevní plazmě (µg/l) | Zdroj |
|----------------|---|---------------------------------------|---------------------------|
| Ovce | 0,35 – 0,34 | 40,0±7,7 | ANKE (2004) |
| | Bez suplementace jódem ¹ | 38,1 – 141,7 | TELEBIAN et al. (2010) |
| Dojnice | 0,91 | 83,13±44,24 | VÍTKOVÁ (2012) |
| | 0,06 | 10 | McCOY et al. (1997) |
| | 1,4 | 55-60 | McCOY et al. (1997) |

¹krmná dávka obsahovala pouze jód, který se vyskytoval v krmivu přirozeně

Na území České republiky kolísá koncentrace jódu v krmivu v rozmezí 0,1 – 0,9 mg/kg sušiny. Závisí především na rostlinném druhu, intenzitě hnojení, geologických a klimatických podmínkách. Vyšší obsah jódu vykazují rostliny rostoucí v povodí řek, naopak nejnižší koncentraci vykazují rostliny na půdách s podložím žuly. Bezesporu nejvyšším obsahem jódu se vyznačují mořské řasy (900 mg/kg sušiny). Jód se hromadí v listech rostliny, při konzervaci tak dochází ke změnám jeho obsahu. Seno a silážovaná krmiva mají v porovnání se zelenou hmotou vyšší obsah jódu (tabulka 2). Byl zaznamenán i vliv ročního období na množství jódu v pastevním porostu – tabulka 3 (TRÁVNÍČEK et al., 2011).

Tabulka 2: Obsah jódu v objemných krmivech (mg/kg sušiny krmiva) – Jihozápadní Čechy

(TRÁVNÍČEK et al., 2011)

| Krmivo | n | x | s_x | min. | Max. | Med. |
|-----------------|----------|------------------------|----------------------|-------------|-------------|-------------|
| Pastevní porost | 93 | 0,149 ^{1,2} | 0,105 | 0,027 | 0,555 | 0,119 |
| Seno | 118 | 0,112 ^{1,3} | 0,094 | 0,023 | 0,523 | 0,078 |
| Travní siláž | 67 | 0,213 ^{2,3,4} | 0,169 | 0,025 | 0,945 | 0,148 |
| Kukuřičná siláž | 26 | 0,110 ⁴ | 0,097 | 0,034 | 0,463 | 0,078 |

^{1,2,3,4} p < 0,01

Tabulka 3: Obsah jódu v pastevním porostu v závislosti na ročním období (mg/kg sušiny)

(TRÁVNÍČEK et al., 2011)

| Období | n | x | s_x | min. | Max. |
|-----------------|----------|--------------------|----------------------|-------------|-------------|
| květen – červen | 51 | 0,101 ¹ | 0,074 | 0,027 | 0,078 |
| srpen - říjen | 39 | 0,214 ¹ | 0,107 | 0,085 | 0,181 |

¹ p < 0,01

2.3.4 Obsah jódu v mléce

Jak uvádí FLACHOWSKY et al. (2013) koncentrace jódu v mléce je velmi variabilní a stoupá lineárně spolu s jeho zvyšujícím se obsahem v krmné dávce. To potvrzuje korelační koeficient, který je podle TRÁVNÍČKA et al. (2011), ROZENSKÉ et al. (2013) a NIEDOBOVÉ (2013) 0,88. Variabilita obsahu jódu v mléce u dojnic a malých přežvýkavců je uvedena v tabulce 4. Množství jódu v mléce je ovlivněno mnoha dalšími faktory jako například plemenem, individualitou jedince, zdravotním stavem a věkem zvířete, dále sezónními změnami, pořadím a fází laktace nebo technologií chovu. (HERZIG et al., 1999; TRÁVNÍČEK et al., 2004; FLACHOWSKY et al., 2007; FLACHOWSKY et al., 2014).

Tabulka 4: Variabilita obsahu jódu v kravském, ovčím a kozím mléce

| | Obsah jódu v mléce ($\mu\text{g/l}$) | Autor |
|----------------|--|---------------------------|
| Dojnice | 76 - 192 | BRZÓSKA et al. (2009) |
| | 35 - 605 | HEJTMÁNKOVÁ et al. (2006) |
| | 117 - 259 | SORIGUER et al. (2011) |
| | 148 - 314 | SHAKERIAN (2014) |
| Ovce | 56 - 668 | PAULÍKOVÁ et al. (2011) |
| | 39 - 577 | ROZENSKÁ et al. (2011) |
| | 17 - 437 | TRÁVNÍČEK a KURSA (2001) |
| Kozy | 4 - 393 | TRÁVNÍČEK a KURSA (2001) |
| | 48 - 89 | PAULÍKOVÁ et al. (2011) |
| | 393 - 584 | ROZENSKÁ et al. (2011) |

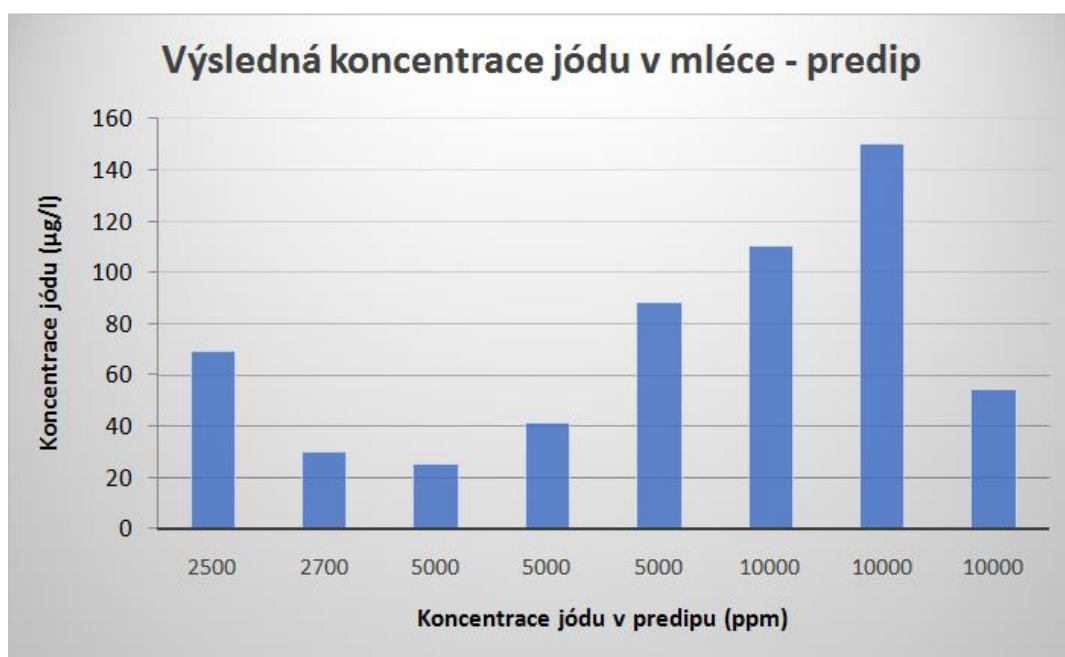
OTRUBOVÁ A RYSOVÁ (2018) uvádí, že na koncentraci jódu v mléce má vliv i používání desinfekčních prostředků s obsahem jódu, používaných před (predipy) nebo po dojení (postdipy), které jsou stále běžnou praxí, navzdory tomu, že existuje mnoho alternativ (kys. mléčná, ethanol apod.). V závislosti na obsahu

jódu v desinfekčním prostředku a způsobu aplikace tak může být jeho koncentrace v mléce významně zvýšena. Uvádí také, že po použití postdipů s koncentrací jódu 3000 – 5000 ppm, vzrostla koncentrace jódu v mléce v průměru o 50 – 60 µg/l. Přenos jódu do mléka je však nižší, pokud je vemeno důkladně vydojeno. Grafy 1 a 2 znázorňují koncentraci jódu v mléce při použití predipů a postdipů s různým obsahem jódu.

Obsah jódu v mléce má sezónní charakter, u dojnic byla zjištěna dvojnásobně vyšší koncentrace jódu v mléce v zimním období (127 µg/l) oproti období letnímu (60 µg/l). Vyšší obsah jódu v mléce v zimních měsících souvisí s vyšší koncentrací jódu v zimních krmných dávkách, sušením a konzervací rostlinné hmoty dochází k jeho koncentraci v krmivu (HERZIG a SUCHÝ, 1996; DAHL et al., 2003).

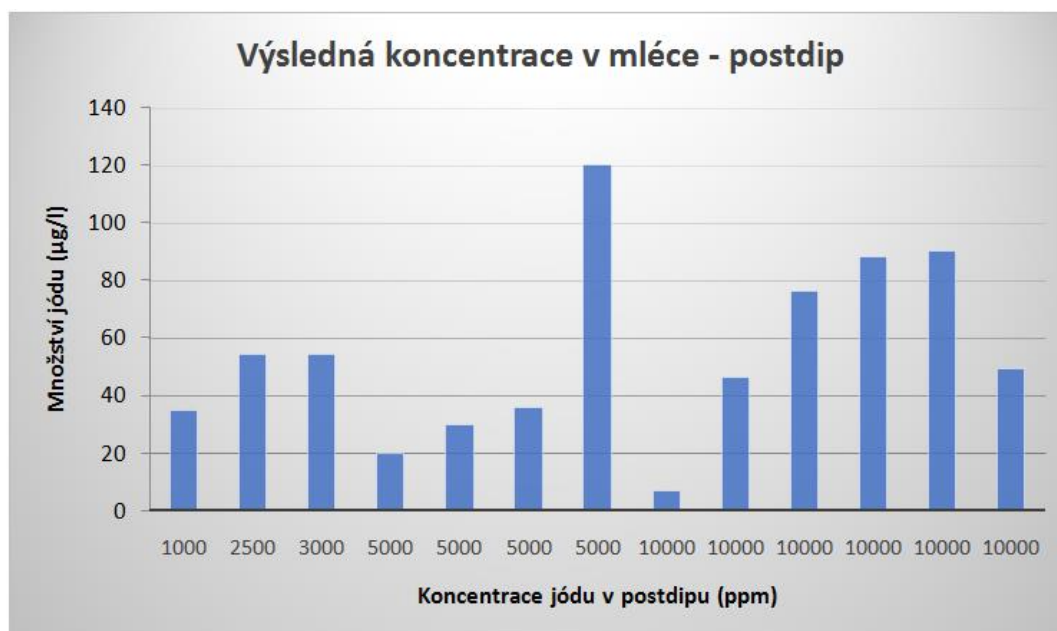
Graf 1: Koncentrace jódu v mléce při použití predipů s různým obsahem jódu (ppm)

(OTRUBOVÁ A RYSOVÁ, 2018)



Graf 2: Koncentrace jódu v mléce při použití postdipů s různým obsahem jódu (ppm)

(OTRUBOVÁ A RYSOVÁ, 2018)



Hlavním expozičním zdrojem jódu v lidské výživě je právě mléko a mléčné výrobky. Optimální příjem jódu u lidí by se podle ZAMRAZILA a ČEŘOVSKÉ (2014) měl pohybovat okolo 150 µg/den, nejvýše však 500 µg/den. Jak již bylo zmíněno dříve obsah jódu v mléce, je velice variabilní a závisí především na jeho příjmu krmivem. ŘEHŮŘKOVÁ a RUPRICH (2013) uvádí, že příjem jódu mlékem je 0,5 µg/kg tělesné hmotnosti za den. V roce 2014 byl proveden monitoring spotřeby mléka a mléčných výrobků u studentů, který prokázal, že mléko a mléčné výrobky kryjí denní potřebu jódu u žen z 69,6 % a u mužů z 59 % (KŘÍŽOVÁ et al., 2014).

Z hlediska jak zdraví konzumentů mléka, tak samotných zvířat, je považována optimální koncentrace jódu v mléce 100 – 200 µg/l. Na základě vztahů mezi obsahem jódu v mléce, jeho příjmem a klinickým stavem vymezili TRÁVNÍČEK et al. (2011) úroveň obsahu jódu v mléce a jejich diagnostický význam v chovu dojného skotu:

- a) obsah jódu pod 20 µg/l mléka – kritická hranice hlubokého jodového deficitu s rizikem výskytu strumy u narozených telat

- b) obsah jódu 50 – 80 μg jódu v mléce – nízká úroveň příjmu jódu
- c) 100 – 200 $\mu\text{g/l}$ mléka – koncentrace jódu považována z hlediska potřeb dojnic i zdraví spotřebitele za optimální
- d) 250 – 500 a nad 500 $\mu\text{g/l}$ mléka – signalizuje různý stupeň nadbytečného příjmu jódu krmnou dávkou

2.3.5 Obsah jódu v moči

Obsah jódu v moči (jodurie) je považována za hlavní ukazatel saturace jódem jak u lidí, tak u zvířat. V průměru 90 % přijatého jódu se vylučuje právě močí, z tohoto důvodu se považuje jodurie za relativně spolehlivý ukazatel jeho příjmu (GREENSPAN 2003; ZAMRAZIL a ČEŘOVSKÁ, 2014). TRÁVNÍČEK et al., 2011 uvádí jako optimální koncentraci jódu v moči dojnic 150 – 299 $\mu\text{l/l}$.

2.4 Neúměrný příjem jódu

2.4.1 Nedostatek jódu

Problematika jodového deficitu se dotýká téměř celého světa, nedostatek jódu není problém pouze ve třetích zemích, ale týká se i zemí rozvinutých. V roce 1990 bylo odhadováno, že 1,5 miliardy lidí na celém světě není dostatečně suplementováno jódem (28,9 % světové populace), zhruba 11,2 milionu lidí trpí kretenismem (mentální retardace vlivem nedostatku jódu) a dalších 45 milionů lidí je postiženo určitým stupněm poruchy intelektu (EASTMAN et. al., 2018).

Výjimkou není ani Česká republika, kde se případy endemického kretenismu objevovaly ještě na počátku minulého století (ZAMRAZIL, 2011). V 50. letech minulého století tak byla zahájena jodová profylaxe, její princip spočíval v jodaci jedlé soli sloučeninami jódu, původně pomocí KI (*kalium iodatum*), posléze pomocí stabilnějších jodičnanů. Po zavedení profylaxe se situace výrazně zlepšila. V polovině 90. let se v ČR opět vyskytly projevy nedostatku jódu, zejména strumy u dětí. Důvodem bylo postupné zhoršování kvality jodace soli, neboť na trhu byla k dispozici sůl buď neobsahující jód, nebo jen malé množství, zhoršila se opatření při jejím balení, a celkově klesl zájem o jodovou profylaxi. V pozadí těchto problémů byla také skutečnost, že v ČR se nevyskytuje žádný typ horniny s vyšším obsahem jódu, výsledkem je tak jeho nízký obsah v půdě, vodě a v návaznosti i v krmivech a produktech živočišného původu. Jako reakce na tyto

skutečnosti, byla Mezirezortní komisí pro řešení jódového deficitu (MKJD) v druhé polovině 90. let realizována některá opatření, jako například zvýšení limitu obsahu jódu v kuchyňské soli, zvýšení počtu výrobců potravin (pečiva, uzenin), kteří začali používat sůl s jódem nebo přidávání jódu do náhrad mateřského mléka a speciálních výrobků pro těhotné (RYŠAVÁ A KŘÍŽ, 2013). V současnosti je jódový deficit v České republice, podle kritérií WHO, považován za zvládnutý, je však nutné této problematice i nadále věnovat stálou a systematickou pozornost (ZAMRAZIL, 2011).

U hospodářských zvířat byla nízká saturace jódem způsobena jednak jeho zmíněným nízkým obsahem v půdě a následně tak v krmivech, ale i zkrmování vyššího množství řepky a řepkových produktů (strumigenní účinky) a úspornými opatřeními při používání minerálních krmných přísad v krmných dávkách (TRÁVNÍČEK, 2000).

Jak u lidí, tak u zvířat, se nedostatek jódu projevuje změnou funkce štítné žlázy a dochází i ke změně její struktury. Při nízké koncentraci jódu v organismu dochází ke změnám v produkci tyreoidálních hormonů, štítná žláza zvětší svůj objem, dochází tak v důsledku kompenzačního mechanismu a vzniká struma neboli vole. Klinické a subklinické projevy jódového deficitu označujeme souhrnně zkratkou IDD (Iodine Deficiency Disorders), zahrnují řadu klinických příznaků typických pro nedostatek jódu. (FERRI et al., 2003; SIPOS et al., 2004; FLACHOWSKY, et al., 2013). Nejkritičtějším obdobím z hlediska nedostatku jódu je období prenatální a časně postnatální (u lidí i u zvířat), jódový deficit v tomto období způsobuje nevratné poškození mozku (EFSA JOURNAL, 2005).

Při nedostatku jódu dochází u zvířat k oslabení srsti, je lámavá a ztrácí lesk. U jehňat nedochází k normálnímu vývinu folikulů produkujících vlnu, deficit tak může mít vliv na kvalitu vlny v dospělosti. U krav jsou klinické projevy jódového deficitu charakterizovány aborty, mrtvě rodícími se telaty, prodlouženou involucí pohlavních orgánů, funkčními poruchami ovarií, zvýšeným výskytem endometritid a sníženou fertilitou. Pokud je nedostatek jódu v chovech skotu mírnější, vyskytuje se u novorozených telat vrozená struma, stejně tak u jehňat, selat a kůzlat. Mlád'ata se často rodí s celkově sníženou životaschopností, slepá nebo s minimálním ostrstěním. U samců se zpomaluje růst varlat, dochází ke změnám během spermiogeneze a snižuje se libido (CIBULKA et al., 2004). Někteří autoři uvádějí,

příznaky nedostatku jódu jsou nejčastěji zaznamenávány u prasnic, selata se rodí se ztluštělou kůží v oblasti krku, hlavy a plece. Jedinci, kteří přežijí, mají následně zpomalený růst a ochablé končetiny.

2.4.2 Nadbytek jódu

Stejně jako nedostatek je i nadbytek jódu škodlivý nejen u lidí, ale i u zvířat. Stejně jako u ostatních mikroprvků, je důležité udržovat jeho koncentraci v organismu v určitém rozmezí. Citlivost na vysoké dávky jódu se u zvířat liší v závislosti na několika faktorech jako je druh zvířat, věk, pohlaví, individualita jedince a aktuální fyzický stav. Nadměrný příjem jódu zapříčiňuje řadu závažných poruch (ZAMRAZIL A ČEŘOVSKÁ, 2013).

2.5 Význam selenu pro štítnou žlázu

Selen byl objeven v roce 1817 Berseliusem. Byl známý především jako prvek s toxickými vlastnostmi. Až v roce 1957 byly objeveny jeho fyziologické účinky a biologický význam pro růst a zdraví zvířat a lidí Schwartzem a Folzem, kteří mikroprvek zkoumali podrobněji (TRÁVNÍČEK et al., 2004).

Selen je mikroprvek obsažený ve všech tkáních a tělních tekutinách v různých koncentracích. Zhruba 30 % z celkového množství selenu v organismu je obsaženo v játrech, přibližně 15 % v ledvinách, 30 % ve svalové tkáni a 10 % v krevní plazmě. Štítná žláza obsahuje největší množství selenu kovalentně zabudovaného do selenoproteinů (VAŠKOVÁ, 2006; NAVARRO-ALARCON et al., 2008). Selen je multifunkčním prvkem, jeho biologická aktivita je nejvíce spojována s aminokyselinou selenocysteinem. Dostatečná aktivita selenoenzymů je důležitá pro optimální imunitní reakce, pro správnou funkci peroxidáz a pro selenoenzymy dejodázy, které mají přímý vliv na metabolismus a účinnost hormonů štítné žlázy (KVIČALA, 2012). Hlavní selenoproteiny a jejich funkce je uvedena v tabulce 5.

Tabulka 5: Hlavní selenoproteiny a jejich funkce

(DRUTEL et al., 2012)

Glutation peroxidázy (GPXs)

| | |
|------|--|
| GPX1 | Cytosolový antioxidant |
| GPX2 | Antioxidant v trávicím traktu |
| GPX3 | Antioxidant v plazmě a extracelulární tekutině |
| GPX4 | Mitochondriální membránový antioxidant, strukturální protein spermií |
| GPX5 | Neznámý účinek a místo působení |
| GPX6 | Homolog GPX1 |

Thioredoxin reduktázy (TRs)

Zachovávají systémy oxidace-redukce v organismu, regulují určité transkripce a buněčné růstové faktory

| | |
|-----|---------------------------------|
| TR1 | Cytosolový efekt, všudypřítomná |
| TR2 | Přítomna ve varlatech |
| TR3 | Především v mitochondriích |

Dejodázy

| | |
|----|---|
| D1 | Konverze T_4 na T_3 a rT_3 a T_3 na rT_3 nebo T_2 . Přítomna v ledvinách, játrech, hypofýze a štítné žláze |
| D2 | Konverze T_4 na T_3 a T_3 na T_2 . Nachází se ve štítné žláze, CNS, hypofýze, kosterní a srdeční svalovině |
| D3 | Konverze T_4 na T_3 a T_3 na rT_3 a T_2 . Přítomna u březích samic v děloze, v placentě, v mozku novorozenech mláďat a kůži |

Ostatní selenoproteiny

| | |
|------------------------|--|
| Selenoprotein P | Transport selenu, antioxidant endotelu |
| Selenoprotein W | Antioxidant srdeční a kosterní svaloviny |
| Selenofosfát syntetáza | Syntéza selenofosfátu pro selenoproteiny |
| 15-kDa selenoprotein | Ochrana proti rakovině organismu? |

Syntéza selenoproteinů je regulována celkovým obsahem selenu v organismu. Mechanismus syntézy probíhá stejně jako u ostatních proteinů. Existují tři izoformy dejodáz (D1, D2 a D3). Jejich lokalizace a funkce se liší v závislosti na tkáních, kde se nachází. Selen se podílí na metabolismu jodovaných derivátů tyroninu, ty zasahují do všech činností a dějů v organismu. Selen má důležitou funkci ve vztahu k dejodázám, které ovlivňují procesy řízené hormony štítné žlázy (KÖHRLE, 1999; DRUTEL et al., 2012).

Hlavními selenoproteiny jsou glutathion peroxidáza (GPXs), thioredoxin reductáza (TRs) a dejodázy, které jsou syntetizovány ve štítné žláze. Úlohou glutathion peroxidázy je ochrana organismu před poškozením volnými radikály, hraje tedy zásadní roli v antioxidantních procesech. Podílí se také na regulaci některých transkripčních faktorů a genové expresi (DRUTEL et al., 2012).

2.6 Ostatní mikronutrienty

2.6.1 Železo

Stav štítné žlázy je ovlivněn mnoha faktory. Některé studie například dokazují, že metabolismus štítné žlázy ovlivňuje anémie z nedostatku železa (IDA = iron deficiency anemia). IDA snižuje koncentrace T_4 a T_3 v plazmě, dále omezuje přeměnu T_4 na T_3 a dochází při ní ke zvýšení koncentrace cirkulujícího TSH. Ze studií také vyplývá, že se často IDA vyskytuje společně s nedostatkem jódu. První studie, která prokázala vliv železa na metabolismus jódu, byla humánní studie ZIMMERMANN et al. (2000). Ti zkoumali skupinu dětí se strumou, které trpěli nedostatkem jódu, některé z těchto dětí trpěly také anémií, způsobenou nedostatkem železa. Prokázali také, že u dětí bez anémie došlo ke snížení objemu štítné žlázy a stabilizaci koncentrace jak TSH tak T_4 . Později byla prováděna řada dalších kontrolovaných studií, které rovněž potvrdily snížení objemu tyreoidy u dětí s deficitem železa v případě, že bylo železo podáváno zároveň se solí obohacenou jódem (ARTHUR et al., 1993; HESS, 2009).

2.6.2 Vitamín A

V současnosti existuje pouze minimum informací o společném výskytu deficitu vitamínu A a jódu. Některé studie uvádějí, že nedostatek vitamínu A má vliv na metabolismus štítné žlázy – reguluje jak samotný metabolismus štítné žlázy, tak periferní metabolismus hormonů štítné žlázy a produkci TSH hypofýzou, způsobuje zvětšení štítné žlázy, narušuje biosyntézu tyreoglobulinu, snižuje vychytávání jódu štítnou žlázou a následně dochází i ke snížení koncentrace T_4 a T_3 . Dále uvádějí, že deficit vitamínu A také způsobuje zvýšení celkového a volného T_3 a T_4 na periférii a snižuje přeměnu tyroxinu na trijódtyronin v játrech. Studií, které by prokázaly přímou souvislost nedostatku vitamínu A a jódu, však existuje velice málo (ARTHUR et al., 1993; HESS, 2009).

2.6.3 Zinek, vápník a fluor ve vztahu ke štítné žláze

O vlivu zinku na štítnou žlázu existují zatím pouze domněnky. Zinek má komplexní roli a může tedy ovlivňovat jak syntézu, tak působení hormonů. Doposud provedené studie však přinesly nepřesvědčivé důkazy o interakci mezi množstvím zinku v organismu a metabolismem štítné žlázy (HESS, 2009).

U vápníku se předpokládá, je-li přijímán do organismu v nadměrném množství, strumigenní účinek. Podávání 2 g vápníku denně bylo spojováno se snížením clearance (míra filtrace) jodidu štítnou žlázou, mechanismus působení je však neznámý. V nedávné době bylo také prokázáno, že vápník intenzivně snižuje vstřebávání tyroxinu (SARNE, 2016).

Také fluor má mírný strumigenní účinek, předpokládá se, že zabraňuje transportu jodidu do štítné žlázy. Pokud se tak vyskytuje v organismu ve vyšším množství, má strumigenní účinek (TRIGGIANI et al., 2009).

2.7 Faktory ovlivňující štítnou žlázu

Na vzniku onemocnění štítné žlázy se podílí mnoho vnitřních a vnějších faktorů. Jejich kombinací působení může docházet k autoimunitním procesům ve štítné žláze. Predispozice, z hlediska genetiky, se na vzniku onemocnění podílí až z 80 % a 20 % je způsobeno působením vnějších faktorů (SARANAC et al., 2011).

2.7.1 Strumigenní látky

Strumigenní látky inhibují tyreoidální funkci, mohou ovlivňovat jak metabolismus zachycování jodidu, tak blokovat organické vazby jódu. V obou těchto případech pak dochází ke stimulaci sekrece TSH, štítná žláza zvětší svůj objem a vzniká struma, nebo-li vole (GANONG, 2005). Stejně jako jód jsou strumigenní látky přijímány do organismu krmivem. Z přirozených látek vyskytujících se v rostlinných krmivech jsou to především produkty štěpení glukosinolátů, kyanogenní glykosidy, fenoly a lektiny (KALAČ a MÍKA, 1997).

Vlivem strumigenních látek na organismus hospodářských zvířat se zabývají studie SCHÖNEHO et al. (1993, 1994), ti zjistili, že pokud zvířata přijímají vyšší množství strumigenních látek krmivem, lze jejich antityreoidální působení snížit suplementací jódu do krmné dávky. Podrobněji se strumigenními látkami zabývá například studie TRIPHATI et al. (2008).

Strumigenní látky rozdělit do čtyř skupin:

Strumigeny I. řádu

- chloristany, chlorečnany, chlornany, jodistany, jodičnany, dusitany a dusičnany
- produkty štěpení glukosinolátů (thiokyanáty) zabraňující vychytávání jódu štítnou žlázou
- antityreoidální působení těchto látek lze snížit dostatečným příjmem jódu v dietě (ZHAO et al., 1994)

Strumigeny II. řádu

- deriváty thiomočoviny a thiouracilu, thiazoly, thiazoliny, jodované thiouracily, produkty hydrolyzy glukosinolátů – isothiokyanáty a goitrin
- blokují tvorbu tyreoidálních hormonů a inhibují přenos jódu ve štítné žláze, jsou přítomny například v růžičkové kapustě a květáku (MURRAY et al., 2013).

Strumigeny III. řádu

- sulfonamidy
- blokují tvorbu tyroxinu a zamezují uvolňování tyroxinu navázaného na krevní bílkoviny
- strumigenní účinek mohou mít i některá antibiotika, která inhibují proces zabudování jódu do molekuly tyrozinu nebo tyroxinu

Strumigeny IV. řádu

- analogy tyroninu s fluorem, bromem nebo chlórem
- konkurenčně vytěsňují tyroxin a inhibují sekreci tyreoliberinu

Ostatní

- tvorbu a působení tyreoidálních hormonů může ovlivňovat například nadbytek lithia, přítomnost kortikoidů, pesticidů, polychlorovaných bifenylnů nebo produkty bakteriálního znečištění vod. Strumigenně působí i testosteron, progesteron a některá sedativa, nedostatek hořčiku, zinku nebo selenu (LÍMANOVÁ et al., 1995, UNDERWOOD a SUTTLE, 1999).

2.7.2 Vliv teploty prostředí

Funkce štítné žlázy hospodářských zvířat je ovlivněna řadou environmentálních faktorů, z nichž nejdůležitějším je okolní teplota. Během tepelného stresu se snižuje jak koncentrace T_4 tak T_3 v krvi, souběžně dochází ke snížení rychlosti metabolismu, příjmu krmiva, růstu a ke snížení produkce. Pokud jsou zvířata vystavena vysokým teplotám, dochází tak k celkovému snížení aktivity štítné žlázy. Naopak při nízkých teplotách se aktivita štítné žlázy zvyšuje. Některé studie uvádějí, že snížení příjmu krmiva v období, kdy jsou zvířata vystavena vysokým teplotám, úzce koreluje se sníženou produkcí T_4 (SABER, et al., 2009; LALSANGPUII et al., 2015; SARNE, 2016).

2.7.3 Vliv sezónnosti

Pokud nejsou teplotní výkyvy nijak extrémní (mírné klima, chov ve stájích, přístřešky pro zvířata) jsou koncentrace tyreoidálních hormonů závislé na fotoperiodě (délce světelného dne) během jednotlivých ročních období. U alpských a sanských koz, které byly vystaveny umělým fotoperiodickým cyklům, střídavě

jeden nebo dva měsíce (dlouhé dny: 16 hodin světla a 8 hodin tmy, krátké dny: 16 hodin tmy a 8 hodin světla) reagoval organismus zvířat pohotově na změnu periody zvýšením koncentrace T_3 v průběhu dlouhých dní a snížením koncentrace v průběhu krátkých dní. Účinek změny délky světelného dne na plazmatickou koncentraci T_4 se projevil se zpožděním několika týdnů a poměr T_3 a T_4 byl výrazný. Ke snížení hladiny T_4 došlo během krátkých dní a ke zvýšení během dlouhých dní. (TODINI, 2007). Během dlouhých dní je vyšší i hladina TRH oproti kratším dnům. Dlouhé dny potlačují expresi genu monodejodáz v hypotalamu, čímž se omezí lokální biologická dostupnost tyreoidálních hormonů, která souvisí s úlohou štítné žlázy při sezonním rozmnožování. (YASUO et al., 2006). Na základě citovaných studií nelze přesně stanovit vztah mezi teplotou a fotoperiodou ve vztahu ke štítné žláze, navíc pokud je příjem krmiva výrazně sezónní, jak uvádí TODINI (2007), je hlavním ukazatelem aktivity štítné žlázy sezónní profil tyreoidálních hormonů.

2.7.4 Vliv výživy

T_3 přímo stimuluje příjem krmiva na úrovni hypotalamu. Zatímco na druhé straně, je množství a kvalita krmiva hlavním faktorem určujícím plazmatickou koncentraci tyreoidálních hormonů (DAUNCEY, 1990; KONG et al., 2004). Koncentrace tyreoidálních hormonů jsou považovány za indikátory výživného stavu zvířat a vysoce korelují s příjmem krmiva u přežvykavců, včetně těch, kteří vykazují výraznou sezónní cykličnost v příjmu krmiva (RHIND, 2000). Při nedostatku energie se koncentrace T_3 u dospělých ovcí snižuje, zatímco při zvýšené úrovni výživy se zvyšuje. Plazmatická koncentrace celkového T_3 vysoce koreluje s energií a dusíkatou bilancí krmiva. Při restrikci krmiva u ovcí dochází k celkovému snížení tyreoidálních hormonů v krevní plazmě (ABECIA et al., 2001).

2.7.5 Vliv plemene

Štítnou žlázu, respektive produkci tyreoidálních hormonů, ovlivňuje i plemenná příslušnost, to bylo prokázáno především u malých přežvykavců. Při narození jehňat plemene blackface byla prokázána vyšší koncentrace T_3 a T_4 než u jehňat plemene suffolk, to koreluje s vyšší tělesnou teplotou a lepší termoregulační schopností (DWYER a MORGAN, 2006). U jehňat plemene merino ve věku 2 až 3

dnů, která byla vystavena chladovému stresu, byla prokázána zvýšená koncentrace tyreoidálních hormonů ve srovnání s jehňaty plemene romney-marsh (DOUBEK et al., 2003). Obecně platí, že plemena, která jsou chována v extenzivních podmínkách (vyšší nadmořská výška, chladnější klima) mají lepší termoregulační schopnosti, než plemena chovaná intenzivně (nížinné oblasti, teplejší klima). Tento fakt také souvisí s intenzitou pokryvu těla jehňat při narození chovaných v chladnějších oblastech (vyšší potřeba tyreoidálních hormonů pro endogenní teplo a růst vlny), než u jehňat plemen chovaných v teplejších oblastech (DWYER a LAWRENCE, 2005). Byla také prokázána vyšší hladina T_4 u plemene assaf než u plemene rasa aragonesa a merino, což bylo spojeno s rozdíly v rychlosti růstu vlny (ABECIA et al., 2005). Vyšší hladina T_4 byla také prokázána u plemene suffolk ve srovnání s plemenem gulf coast z USA, to souvisí s větší velikostí těla a vyšším růstovým potenciálem plemene suffolk (WILLIAMS, 2004). Vyšší hladiny T_3 a T_4 u jehňat plemene outaouasis jsou spojovány s vyšší plodností ve srovnání s plemenem suffolk (nižší plodnost) (FALLAH-RAD A CONNOR, 1999).

2.7.6 Změny během březosti, porodu a laktace

U malých přežvykavců byly pozorovány vyšší koncentrace T_4 v plazmě v průběhu říje a nižší během luteální fáze. Koncentrace T_3 byly vyšší během luteální fáze (TODINI et al., 2007). Během březosti se úroveň aktivity štítné žlázy a koncentrace cirkulujících hormonů zvyšuje u všech savců z důvodu zvýšené koncentrace vazebných proteinů v krevní plazmě, sekrece tyreotropních faktorů placentou, zvýšené citlivosti hypofyzárního TSH na hypotalamický TRH a z důvodu změny katabolismu tyreoidálních hormonů v období březosti (GLINOER, 2001). Ke konci březosti hraje plod důležitou roli co se týče koncentrace tyreoidních hormonů, plod má vyšší aktivitu štítné žlázy a vyšší požadavky na příjem jódu než matka, u březích samic tak dochází ke snížení plazmatického fT_4 (TODINI et al., 2007). Koncentrace celkového, tedy TT_4 je u bahnic nejvyšší ve stádiu rané březosti ($85,00 \pm 21,09$ nmol/l), od 2 poloviny březosti se postupně snižuje a nejnižších hodnot dosahuje na konci březosti ($54,28 \pm 12,63$ nmol/l) (ASANE A SERE, 1990).

V období kolem porodu je koncentrace T_3 relativně stabilní, zatímco koncentrace T_4 zůstává nízká až do 10. dne po porodu (LUCARONI a TODINI, 1989). KHAN a LUDRI (2002) uvádějí, že se koncentrace jak T_4 tak T_3 20 dní před

porodem neměnila, v den porodu dosáhly minimální úrovně a do 20 dne po porodu narůstaly (TODINI, 2007).

Na začátku laktace jsou koncentrace tyreoidálních hormonů nízké a v průběhu laktace pozvolna stoupají, je prokázáno, že u jedináček jsou hladiny tyreoidálních hormonů podstatně nižší, než u dvojčat. Tato zjištění tak podporují význam hladiny tyreoidálních hormonů jako indikátorů energetické bilance u zvířat (RHIND 2000).

2.7.7 Cirkadiánní rytmy

Hormony štítné žlázy mají cirkadiánní a ultradiánní rytmus. Jejich koncentrace v krvi je ovlivněna mnoha faktory, jak již bylo zmíněno například okolní teplotou nebo komponenty v dietě. Byla také prokázána pozitivní korelace mezi koncentrací cirkulujících hormonů a energetickou bilancí, zvířata v poporodním období, u nichž se vyskytuje negativní energetická bilance (NEB). U dojnic byla prokázána negativní korelace mezi koncentrací T_4 , T_3 a denní dojivostí. (HUSZENICA et al., 2002). Cirkadiánní změny v sekreci hormonů jsou pravděpodobně spojeny s teplotními rytmy v oblasti chovu, stejně tak s příjmem krmiva a metabolismem, nebo v souvislosti se střídáním aktivity a klidu zvířat během dne. Kromě toho se předpokládá, že určitou roli hrají i překrývající se vlivy ročního období a fyziologického stavu. Existuje však množství faktorů, které mohou ovlivňovat koncentraci T_4 a T_3 a o interakci těchto faktorů je doposud pouze málo informací, údaje v literatuře jsou spíše diskutabilního charakteru (TODINI, 2007).

U ovcí u kterých byla odebírána krev ve 2 hodinovém intervalu byla prokázána nejnižší hladina tyreoidálních hormonů v odpoledních hodinách, během noci se koncentrace postupně zvyšovala a nejvyšších hodnot bylo naměřeno v dopoledních hodinách (VELASQUEZ et al., 1997). V zimním období dosahuje koncentrace jak T_4 tak T_3 maximální úrovně časně ráno, pravděpodobně z důvodu reakce na chlad, kterému byla zvířata vystavena v noci. SOUZA et al., 2002 provedl studii u beranů, kterým byla krev odebírána každé dva měsíce po dobu jednoho roku, výsledky jejich studie poukazují na to, že tyreoidální hormony mají nejvyšší koncentraci v časných ranních hodinách oproti odpoledním hodinám.

2.8 Patofyziologie štítné žlázy

Nemoci štítné žlázy (tyreopatie) jsou ve většině zemí světa nejčastějšími endokrinopatiemi hned po cukrovce (*Diabetes melitus*). V zemích, kde není zcela vyřešen jodový deficit, postihují poruchy štítné žlázy až 90 % obyvatelstva. Poruchy funkce štítné žlázy se mohou projevovat jako zvětšení samotné štítné žlázy (struma), změnami ve funkci a to jednak hyperfunkcí (hypertyreóza) nebo hypofunkcí (hypotyreóza) štítné žlázy. Dále se tyto změny mohou projevovat jako tyreoiditidy (zánětlivé procesy štítné žlázy), nebo postižením maligními nebo benigními nádory (MAREK a BRODANOVÁ, 2002; ZAMRAZIL, 2003).

Je prokázáno, že tyreopatií přibývá s věkem jedince. Záněty štítné žlázy jsou častěji pozorovány u dospělých jedinců, ke změnám také dochází v určitých fyziologických fázích. Některé tyreopatie se sdružují s jinými autoimunitními chorobami, jako je vitiligo, nebo již zmiňovaný *diabetes melitus* (ZAMRAZIL et al., 2003; MADDISON et al., 2008; JISKRA, 2011).

2.8.1 Morfologické poruchy štítné žlázy

2.8.1.1 Struma

Jako struma se označuje zvětšení štítné žlázy jak palpačně, tak inspekčně. Může být spojena s hypotyreózou, hypertyreózou, ale i s normální funkcí štítné žlázy. Pojem struma nevypovídá o funkčním stavu tyreoidy, ani o povaze choroby, která ji způsobila. Název údajně pochází od bulharské řeky Struma, kde se ve středověku u lidí žijících v této oblasti objevovalo zvětšení štítné žlázy. Hlavním příčinou vzniku a rozvoje hyperplazie štítné žlázy bývá jodo-deficitní krmná dávka, obsah strumigenních látek v krmivu, které zasahují do syntézy hormonů nebo genetické defekty v biosyntéze hormonů štítné žlázy. V důsledku působení těchto, ač zdánlivě odlišných faktorů, dochází ke snížení koncentrace hormonů štítné žlázy v krvi a zpětnou vazbou dochází ke zvýšené produkci TSH, jehož následkem dochází ke zmíněnému zvětšení štítné žlázy za účelem udržení normální funkce štítné žlázy (JISKRA, 2011; SINGH a BEIGH, 2013; ZIMMERMANN et al., 2015).

Strumu lze dělit dle následujících hledisek:

- a. morfologické hledisko – difúzní, uzlová
- b. epidemiologické hledisko – endemická, sporadická
- c. onkologické hledisko – benigní, maligní
- d. z hlediska funkce – eufunkční, hyperfunkční, hypofunkční
- e. histologické hledisko – parenchymová, kolidní

Obrázek 9: Struma u ovce

(Zdroj: <https://www.worldiodineassociation.com/animals/>)



Obrázek 10: Struma u kůzlete

(SINGH a BEIGH, 2013)



2.8.2 Funkční poruchy štítné žlázy

2.8.2.1 Hypotyreóza

Hypotyreóza je charakterizována komplexem klinických příznaků a laboratorních nálezů, které jsou způsobeny nedostatečnou sekrecí hormonů štítné žlázy a/nebo nedostatečným působením hormonů v cílových tkáních. Nedostatek hormonů štítné žlázy ovlivňuje funkci všech orgánových systémů, v důsledku toho jsou klinické příznaky variabilní, často nespecifické a vzácně patogenní. Dochází ke zpomalení buněčného metabolismu, které vede k únavě, otupělosti až letargii a ke zvyšování hmotnosti bez odpovídajícího zvýšení chuti ke krmivu (HNILICA, 2004; ČEŠKA et al., 2010; SINGH a BEIGH, 2013).

Klinický obraz hypotyreózy závisí na tom, v jakém období života hypofunkce vznikla. U plodu se hypofunkce štítné žlázy označuje jako kongenitální hypotyreóza, vyskytuje se ve dvou formách: endemická a sporadická. Endemická kongenitální hypotyreóza s různě těžkými stupni poškození vývoje mozku (nevratnými) u novorozeňat je následkem jodového deficitu matky a plodu během březosti. Sporadická kongenitální hypotyreóza souvisí nejčastěji s anatomickými a situačními poruchami při samotném vývoji štítné žlázy nebo s poruchami syntézy tyreoidálních hormonů (HNÍKOVÁ, 2005).

Hypotyreóza často probíhá subklinicky. Dochází ke snížení koncentrace TSH pod fyziologickou hodnotu, ale hladina hormonů štítné žlázy zůstává v optimální koncentraci. Klinické příznaky jsou méně výrazné nebo chybí úplně. Subklinická hypotyreóza je spojena se zvýšeným výskytem poruch lipidového spektra – zvýšená hladina LDL cholesterolu (ZAMRAZIL, 2004)

Nejrozšířenější je hypotyreóza u psů jak uvádí RŮŽIČKA (2015). Obvykle postihuje velká a střední plemena psů, uvádí, že v posledních letech se hypotyreóza vyskytuje neobvykle často u plemene rhodéský ridgeback, labrador, dobrman nebo německá doga ale i u některých plemen koček (obrázek 11 a 12). U koní, skotu, ovcí a koz, se vyskytuje sporadicky. Zvířata postižená hypotyreózou mají narušenou termoregulaci, nejsou schopna udržet optimální tělesnou teplotu a může dojít až k podchlazení. Postižení jedinci tak instinktivně vyhledávají teplejší místa. Nejčastějšími kožními změnami při hypotyreóze je suchost kůže a její nadměrné odlupování, špatný růst srsti a alopecie (obvykle bilaterálně symetrická). Při déle

trvající hypotyreóze dochází sekundárně ke kumulaci glykosaminoglykanů v kůži (většinou se jedná o kyselinu hyaluronovou) a vzniká myxedém (ztluštění kůže), zejména v oblasti hlavy a v záhybech kůže (MULLUR, 2014).

U zvířat může hypotyreóza způsobovat řadu poruch reprodukce: u samic se může vyskytovat anestrus, neplodnost a aborty. U samců způsobuje hypotyreóza atrofii varlat, hypospermii a neplodnost. Klinické příznaky hypotyreózy u koní nejsou přesně popsány, nejčastěji způsobuje hypotyreóza infertilitu, agalaktii, anhidrózu a laminitidu. Kongenitální hypotyreóza (vrozená nedostatečnost štítné žlázy) prodlužuje u koní dobu březosti, hříbata se však rodí s krátkou, jemnou srstí, měkkýma ohnutýma ušima, nejsou schopna se postavit a mají nedostatečně osifikované kosti. Vypadají tak jako nedovyvinutá (WATSON et al., 2010; SINGH a BEIGH, 2013; MULLUR, 2014).

Obrázek 11: Hypertyreóza u psa

(Zdroj: <https://dogtime.com>)



Obrázek 12: Hypertyreóza u kočky

(Zdroj: <http://www.county-vets.co.uk>)



2.8.2.2 Hypertyreóza

Hypertyreóza je stav charakteristický zvýšenou sekrecí tyreoidálních hormonů a současně zvýšenou odpovědí v periferních tkáních. Klinické příznaky hypertyreózy vyplývají ze zrychleného metabolismu. Objevují se příznaky jako únava, třes, pocení, průjmy, zrychlení srdeční frekvence a tělesné teploty. Postižení jedinci nápadně hubnou navzdory zvýšené chuti ke krmivu. Zvyšuje se taky nápadně aktivita zvířat. Neléčená hypertyreóza se může vyvinout v akutní, život ohrožující, tyreotoxikózu. V tomto případě jsou koncentrace hormonů štítné žlázy v krvi extrémně vysoké, objevují se horečnaté stavy, zvracení, průjmy, slabost, dehydratace a zrychlený srdeční tep až srdeční selhání. Mezi příčiny vzniku hypertyreózy patří Graves-Basedowova choroba (vznik protilátek proti TSH receptorům), záněty štítné žlázy, nadbytek jódu, především po jeho předchozím nedostatku a některé léky. Následkem negativní zpětné vazby dochází ke snížení koncentrace TSH a zvýšení koncentrace tyreoidálních hormonů. U skotu a malých přežvýkavců se hypertyreóza objevuje ojediněle. (MARINELLA, 2007; VLČEK, 2010; JISKRA, 2011; DRBALOVÁ et al., 2012).

2.9 Metody vyšetření štítné žlázy

Laboratorní diagnostika pro stanovení hormonů štítné žlázy patří k frekventovaným speciálním laboratorním vyšetřením. Kvantitativní stanovení hladin hormonů, často strukturálně velmi složitých a zároveň velmi podobných molekul, v tak složitém biologickém materiálu jako je krevní sérum nebo plazma, se provádí podle přesných analytických metodik. Vzhledem k závažnosti onemocnění štítné žlázy je včasná diagnostika a následná léčba velmi žádoucí (LUKEŠ A KORANDA, 2001).

2.9.1 Hormonální vyšetření

2.9.1.1 Stanovení tyreostimulačního hormonu (TSH)

Stanovení TSH je v současnosti považováno za základní vyšetření funkce štítné žlázy. Mezi koncentrací TSH a fT_4 je logaritmicko-lineární vztah, poklesne-li koncentrace fT_4 na polovinu, vzroste koncentrace TSH 160krát. Klinický význam spočívá v tom, že za předpokladu normální funkce hypotalamo-hypofyzární osy odráží koncentrace TSH dostupnost T_4 pro tkáň. Při výběru metody pro stanovení TSH v krevním séru a jeho posouzení je rozhodující funkční senzitivita.

V současnosti existují vysoce citlivé metody stanovení TSH, tzv. metody třetí generace s mezí detekce pod 0,1 mU/l. Navíc dnes běžně používané, vysoce specifické, monoklonální protilátky vylučují zkříženou reakci s FSH a LH (RACEK et al., 2006).

2.9.1.2 Stanovení tyreoglobulinu (TGB)

Hladina tyreoglobulinu v krevním séru stoupá při každém zrychleném růstu štítné žlázy. Dochází k tomu při onemocnění štítné žlázy, ale zvýšená koncentrace tyreoglobulinu může být i fyziologická a to především u březích a mladých rostoucích zvířat. Největší význam má stanovení tyreoglobulinu jako nádorového markeru. Nejen že jeho koncentrace v séru několikanásobně stoupá při růstu primárního nádoru, ale dlouhodobé sledování jeho koncentrace má nenahraditelný význam pro chirurgickou a radiační eliminaci (u lidí) (LANGER, 2004).

2.9.1.3 Stanovení celkových forem hormonů (TT₄ a TT₃)

Celkový tyroxin je více vázaný na vazebné bílkoviny než celkový trijódtyronin, jejich koncentrace je tedy výrazně ovlivněna hladinou vazebných bílkovin v krvi. Dříve bylo stanovení T₄ a TGB rutinně používáno v humánní medicíně pro posouzení aktivity štítné žlázy těhotných žen, bylo od něj však upuštěno z důvodu, že u některých těhotných žen byla zvýšená hladina T₄ a TSH způsobena zvýšenou hladinou estrogenů (LUKEŠ a KORANDA, 2001; RACEK, 2006).

2.9.1.4 Stanovení volných forem hormonů (fT₄ a fT₃)

Stanovení volných forem hormonů je složitější z důvodu, že koncentrace těchto hormonů se měří přibližně o tři řady níže, než u forem celkových. Navíc existuje v krvi dynamická rovnováha mezi volnou a vaznou formou hormonů a spolu s individuální variabilitou má za následek poměrně široké rozpětí fyziologických hodnot. Pro posouzení tyreoidální funkce se používá stanovení fT₄ spolu se stanovením TSH. Stanovení koncentrace fT₃ nepatří k základním stanovením pro posouzení funkce štítné žlázy, je ovlivněna mnoha faktory a používá se jen v případě nejasných laboratorních nálezů, za účelem zlepšení diagnostiky při onemocnění štítné žlázy (SCHNEIDERKA et al., 2000; LANGER, 2004; LÍMANOVÁ, 2006). Obecná interpretace výsledných parametrů štítné žlázy je uvedena v tabulce 6.

Tabulka 6: Obecná interpretace výsledků parametrů štítné žlázy

(LANGER, 2004)

| TSH | fT₄ | Výsledek |
|--------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Vysoká koncentrace | Normální koncentrace | Subklinická hypotyreóza |
| Vysoká koncentrace | Nízká koncentrace | Hypotyreóza |
| Nízká koncentrace | Normální koncentrace | Subklinická hypertyreóza |
| Nízká koncentrace | Vysoká/normální koncentrace | Hypertyreóza |
| Nízká koncentrace | Nízká/normální koncentrace | Není způsobeno tyreoidou |

2.9.2 Zobrazovací metody

2.9.2.1 Scintigrafické vyšetření

V humánní medicíně je v současnosti scintigrafické vyšetření nahrazováno ultrasonografií. Scintigrafické vyšetření využívá radioaktivního jódu (I131 nebo I123). Při normální funkci štítné žlázy nedochází ani k hyperfixaci ani hypofixaci jódu, štítná žláza tvar motýla – dva symetrické laloky a její obraz je homogenní. Při poruchách funkce štítné žlázy je možné díky radioaktivnímu jódu rozlišit části štítné žlázy, které hyperfixují jód, takzvané teplé uzly, a části, které jód hypofixují, takzvané studené uzly (BROOME, 2006)

2.9.2.2 Ultrasonografické vyšetření (USG)

Ultrasonografické vyšetření je základním vyšetřením při podezření na patologický stav štítné žlázy, používané jak ve veterinární, tak v humánní medicíně. Díky USG lze zjistit neinvazivně velikost laloků štítné žlázy, jejich strukturu a celkové uložení. Štítná žláza je díky svému povrchovému uložení k tomuto vyšetření velmi dobře přístupná (STAUDENHERZ et al., 2019).

3 CÍL PRÁCE

Cílem práce bylo vyhodnotit vybrané faktory, které mohou ovlivňovat funkci štítné žlázy u skotu a ovcí. Posoudit, zda faktory jako příjem jódu, plemenná příslušnost, fáze laktace nebo pořadí laktace ovlivní štítnou žlázu ve smyslu změny produkce hormonů. Cíl lze rozdělit do několika dílčích cílů:

Dílčí cíle:

- a) Zhodnotit zásobení dojnic jódem a jeho dlouhodobý vývoj koncentrace v bazénových vzorcích mléka ve vybraných regionech České republiky
- b) Vyhodnotit vliv vybraných faktorů na aktivitu štítné žlázy skotu (množství a forma suplementovaného jódu, vliv stimulace energetického metabolismu, vliv pořadí a fáze laktace, vliv plemenné příslušnosti a ročního období)
- c) Vyhodnotit vliv vybraných faktorů na aktivitu štítné žlázy ovcí (vliv březosti a laktace, vliv věku, vliv klimatu)

Hypotéza:

Vybrané faktory ovlivňují aktivitu štítné žlázy a dynamiku hormonů

4 MATERIÁL A METODIKA

4.1 Materiál

4.1.1 Charakteristika podmínek odběru bazénových vzorků mléka pro posouzení saturace dojníc jódem ve vybraných regionech České republiky

Ve spolupráci s Centrální laboratoří mlékárny Madeta a.s. byly odebrány bazénové vzorky (směsný vzorek mléka odebraný z chladících tanků v chovu) ze svozné oblasti, které reprezentují v každém roce kolem 500 000 litrů mléka zpracovaného na konzumní mléko a mléčné výrobky. Celkem bylo za rok 2015 – 2018 odebráno 360 bazénových vzorků mléka, u kterých byl vyhodnocen obsah jódu, jako ukazatele saturace dojníc jódem. Vzorky byly odebrány z celkem 11 okresů (Benešov, České Budějovice, Český Krumlov, Jihlava, Jindřichův Hradec, Kolín, Pelhřimov, Písek, Příbram, Tábor, Třebíč).

4.1.2 Charakteristika chovů zařazených do sledování vlivů vybraných faktorů ovlivňujících aktivitu štítné žlázy

4.1.2.1 Agropodnik Košetice a.s – farma Chyšná

Akciová společnost Agropodnik Košetice vznikla před sedmi lety z původního družstva Agrodružstvo Košetice založeného v roce 1976. V současné době zmiňovaný zemědělský podnik obhospodařuje v nadmořské výšce od 494 do 570 metrů 2 875 ha zemědělské půdy, z níž je 2 377 orné. Strukturu rostlinné výroby podřizuje klimatickým podmínkám s tím, že její stěžejní část tvoří výroba krmiv pro živočišnou výrobu. Živočišná výroba je zaměřena na farmě Chyšná na chov skotu holštýnského plemene (785 dojníc základního stáda). Dojnice jsou celoročně krmeny monodietou, složení krmné dávky je uvedeno v tabulce 7. Dojnice jsou dojeny dvakrát denně v rybinové dojárně firmy Westfalia s dvakrát dvanácti dojicími stánkami vybavenými automatickým proplachem dojicího zařízení (airwash systémem) – po každé podojené dojnici je proveden automaticky krátký proplach, čímž dochází k eliminaci patogenních zárodků mastitidních dojníc.

Obrázek 13: Zrekonstruovaná stáj v Chyšné



(Zdroj: <https://www.naschov.cz/mleko-hlavni-komoditou/>)

Stáj v Chyšné byla v roce 2009 kompletně zrekonstruovaná na stáj s volným ustájením na matracích přistýlaných štípanou slámou (obrázek 13). Průměrná užitkovost za sledované období byla 11. 553 kg mléka.

Tabulka 7: Složení kompletní krmné dávky – dojnice Chyšná

| Krmivo | Množství krmiva (kg/ks) | Sušina krmiva (kg) | Koncentrace jódu v krmivu (mg I/kg) |
|--------------------|--------------------------------|---------------------------|--|
| Kukuřičná siláž | 21,00 | 5,04 | 0,40 |
| Jetelotravní siláž | 6,00 | 0,96 | 0,30 |
| Melasa | 0,80 | 0,62 | 0,48 |
| DOVP | 2,30 | 2,00 | 0,12 |
| DKS | 9,60 | 8,50 | 6,00 |
| Celkem | 39,70 | 17,12 | 7,30 |

*Složení: řepkový extrahovaný šrot, kukuřice, sójový extrahovaný šrot toastovaný, řepkový extrudovaný šrot, kukuřičné výpalky, biskvitová moučka, vitamin A, D3, E, kvasnice krmné sušené, rostlinný saponifikovaný tuk, uhličitán vápenatý, sacharóza, hydrogenuhličitán sodný, močovina technicky čistá - krmná, chlorid sodný, oxid hořečnatý

4.1.2.2 Farma Panský, okres Tábor

Farma pana Panského se nachází na soběslavsku v nadmořské výšce 471 m. n. m. Ovcím je k dispozici 16 ha pastvin, mezi kterými jsou v průběhu pastvy přeháněny. Na farmě je chováno 150 kusů ovcí plemene Suffolk. Ovce jsou celoročně chovány na pastvě spolu s beranem. Vyjimku tvoří období bahnění, kdy jsou ovce umísťovány do boxů ve stáji, na kterou navazuje výběh. Ovce zůstávají ve stáji ještě 7 – 14 dní po obanhění. Bahnění probíhá v měsících prosinec, leden a únor. Jehňata mají neomezený přístup ke kvalitnímu lučnímu senu. 14 dní po porodu jsou bahnice s jehňaty opět vypuštěny na pastvinu. Odstav jehňat se neprovádí, jehňata zůstávají s matkami po celou dobu výkrmu. Pastevní sezóna trvá od dubna do října v závislosti na klimatických podmínkách. Letní krmnou dávku tvoří pastva (cca 8 kg zelené píče) s příkrmem kvalitního sena (3 – 5 kg/kus/den) umístěného ve volně přístupné stáji. Zvířata mají neomezený přístup k minerálnímu lizu Solsel (obsah látek v 1 kg: sodík 37 %, hořčík 0,6 %, vápník 1,1 %, zinek 1000 mg, mangan 1000 mg, železo 300 mg, selen 20 mg, jód 100 mg, kobalt 20 mg). Průměrný věk bahnic byl 3 roky. Průměrná měsíční teplota při prvním odběru (jaro) byla 1,40°C, při druhém odběru 10,15 °C (podzim).

4.1.2.3 Farma MVDr. Zelený, okres Klatovy

Farma Zelený se nachází v okrese Klatovy nedaleko sušice v nadmořské výšce 472 m. n. m. Dojnice jsou ustájeny ve volné boxové stáji stlané slámou. Dojnice jsou krmeny celoročně stabilní krmnou dávkou (monodieta), dojení je plně automatizované díky boxovému dojícímu robotu. Složení krmné dávky před pokusem je uvedeno v tabulce 8, v průběhu pokusu v tabulce 9. Pokus byl zaměřen na vliv zkrmování různé formy jódu ve vitamino-minerální přísadě na výslednou koncentraci jódu v krevní plazmě dojnic.

Tabulka 8: Krmná dávka a obsah jódu v jednotlivých složkách krmné dávky před pokusem

| Krmivo | Množství krmiva (kg/ks) | Sušina krmiva (kg) | Jod v sušině krmiva (mg) |
|--------------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| Jetelotravní senáž | 32,00 | 11,20 | 3,81 |
| Obilí | 6,00 | 5,22 | 0,36 |
| Řepkový ext. šrot | 4,70 | 2,66 | 1,28 |
| Vitamix S7+ | 0,30 | 0,29 | 23,20 |
| Krmná sůl | 0,08 | 0,08 | 0,00 |
| Vápenec | 0,25 | 0,25 | 0,00 |
| Celkem | 41,63 | 19,70 | 28,65 |

Obsah jódu v 1 kg sušiny krmné dávky **1,45 mg**

Dojnicím byla standardně přidávána do KD vitamino-minerální přísada Vitamix S7+, výrobek firmy Trouw Nutrition Biofaktory s.r.o. s obsahem 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 tak byl přidán 1 mg organického jódu, takže celkově došlo v kompletní krmné dávce ke snížení obsahu jódu z 1,45 mg/kg sušiny na 0,92 mg/kg sušiny.

Tabulka 9: Krmná dávka a obsah jódu v jednotlivých složkách krmné dávky během pokusu

| Krmivo | Množství krmiva (kg/ks) | Sušina krmiva (kg) | Jod v sušině krmiva (mg) |
|--------------------|-------------------------|--------------------|--------------------------|
| Jetelotravní senáž | 32,00 | 11,20 | 3,81 |
| Obilí | 6,00 | 5,22 | 0,36 |
| Řepkový ext. šrot | 4,70 | 2,66 | 1,28 |
| Vitamix S7+ | 0,30 | 0,29 | 11,60 |
| UNI - SATURAN | - | - | 1,00 |
| Krmná sůl | 0,08 | 0,08 | 0,00 |
| Vápenec | 0,25 | 0,25 | 0,00 |
| Celkem | 41,63 | 19,70 | 18,05 |

Obsah jódu v 1 kg sušiny krmné dávky **0,92 mg**

4.1.2.4 Školní zemědělský podnik České Budějovice

České červinky jsou chovány celoročně na pastvině, kde je zajištěn stlaný přístřešek s příkrmem a napáječkami (míčové). Pastevní sezóna začíná 1. května a končí v říjnu – cca 180 dní. Délka pastevního období trvá v závislosti na klimatických podmínkách. Zvířata jsou na pastvě krmena *ad libitum* (bez omezeného přístupu ke KD), k dispozici mají seno. Potřebné minerální látky jsou doplněny minerálními lizy pro suchostojné období. Průměrná krmná dávka je uvedena v tabulce č. 10.

Za rok 2012 a 2013 bylo celkem odebráno 69 vzorků krve. Ze vzorků byly stanoveny hormony štítné žlázy. Krmná dávka v období odběru je uvedena v tabulce 10. České červinky přijaly prostřednictvím krmiva průměrně 12,78 mg jódu/den resp. 1,17 mg/kg sušiny krmiva.

Tabulka 10: Krmná dávka a obsah jódu v jednotlivých složkách krmné dávky českých červinek

| | Množství krmiva | Sušina krmiva (kg) | Obsah jódu v 1 kg sušiny (mg) | Obsah jódu v krmivu (mg) |
|---------------|----------------------------|-------------------------------|--|---|
| Pastva | 40,00 | 10,00 | 0,31 | 3,10 |
| Seno | 3,00 | 0,85 | 0,47 | 1,19 |
| Minerální liz | 0,04 | 0,04 | 200,00 | 8,00 |
| Celkem | 43,04 | 10,89 | - | 12,29 |

Obsah jódu v 1 kg sušiny krmné dávky **1,17 mg**

4.1.2.5 Farma Porhansl, Čejkovice

Od poloviny dubna do konce listopadu jsou zvířata na pastvě. Po zbytek roku jsou umístěna v tzv. zimovišti. Jedná se o vypanelovanou plochu ohrazenou pevnou ohradou s přístupem do lehkého dřevěného přístřešku, kde je umístěno krmíště, nezámrazné napajedlo a minerální liz. Na tuto plochu navazuje naháněcí ulička, zakončená fixační klecí a přístup do „měkkého“ výběhu. Odkliz hnoje z přístřešku se provádí jednou za měsíc, z celé plochy jednou za 3 měsíce v zimním období.

V období, kdy jsou zvířata na pastvě, probíhá odkliz hnoje méně často, dle potřeby. Zvířata jsou na pastvě krmena *ad libitum*, k dispozici mají seno, také *ad libitum*. Předpokládaný příjem jódu, vzhledem k téměř shodnému způsobu chovu, je obdobný jako u českých červinek (tabulka 10). Připouštění se provádí inseminací. Využívá se sezónního připouštění v období od začátku dubna do konce června. Tento způsob vyžaduje neustálou kontrolu zvířat a hlídání termíny jejich projevu říje. Pokud nebylo zjištěno „přebíhání“ po 21 dnech, provádí se kontrola březosti rektální palpací za dva měsíce od připouštění. Porody probíhají od začátku ledna do konce března v zimovišti.

4.2 Metodika

4.2.1 Odběry biologického materiálu

4.2.1.1 Odběry vzorků krve

Odběry vzorků krve u všech zvířat probíhaly v součinnosti s veterinárním lékařem. U ovcí byla krev odebírána z *vena jugularis* do sterilních zkumavek VACUETTE. U skotu pak z ocasní žíly do sterilní odběrové soupravy HEMOS-01.

4.2.1.2 Odběry vzorků mléka

Individuální vzorky mléka dojnic byly odebírány pravidelně v rámci kontroly užitečnosti do sterilních vzorkovnic a v případě potřeby byly do zpracování uchovány při -20°C. Bazénové vzorky mléka byly odebírány do sterilních vzorkovnic z tanků po zchlazení a v případě potřeby uchovány do zpracování při -20°C.

4.2.1.3 Aplikace monenzinu dojnicím a jeho působení

Monensin byl dojnicím/jalovicím podáván ve formě bolusu – intraruminálního inzertu s obsahem monensinu 32,4 g s kontinuálním uvolňováním v součinnosti s veterinárním lékařem. Inzert je válcovitého tvaru, tělo inzertu je opatřeno křídélky, a označený unikátním číslem. Inzert obsahuje 12 podjednotek, každá z podjednotek obsahuje 2,7 g monensinu, po dobu asi 95 dnů dochází k uvolňování průměrně 335 mg monensinu za den. Inzert byl dojnicím podáván 3 – 4 týdny před předpokládaným otelením. Po podání inzertu byly dojnice drženy v uzavřených prostorách po dobu 1 hodiny po podání, aby bylo možné sledovat neúspěšné polknutí nebo regurgitaci. Pokud k nim dojde, je možné nepoškozený inzert znovu podat. Nelze opětovně podávat poškozený inzert. V průběhu dalších 4 dní, byly dojnice kontrolovány, zda nevykazují příznaky uvíznutí intraruminálního inzertu v jícnu. Po podání intraruminálního inzertu je mléko i maso bez ochranných lhůt. Monensin byl aplikován celkem 82 dojnicím (skupina pokusná). Ke skupině pokusných dojnic byla vytvořena skupina kontrolní (76 ks dojnic).

4.2.2 Laboratorní stanovení

Všechny analýzy krve včetně stanovení obsahu jódu v mléce dojnic byly provedeny v hematologické a biochemické laboratoři katedry zootechnických věd ZF JU v Českých Budějovicích.

4.2.2.1 Stanovení celkového T₄ a T₃

Celkový tyroxin a trijódtyronin byl stanoven z krevního séra RIA (radioimunologicky) metodou pomocí testů firmy Beckman Coulter ČR s.r.o. Radioimunologické metody se vyznačují vysokou specifitou a citlivostí. Vázané frakce se stanovují tak, že se neznámý vzorek a kalibrátor inkubuje spolu s ¹²⁵I – tyroxinem jako radioindikátorem ve zkumavkách, které jsou potažené protilátkou. Po inkubaci se obsah zkumavky odsaje a navázaná aktivita se změří gama – měřičem. Následně se sestrojí kalibrační křivka a z ní se odečítají koncentrace T₄ a T₃ v neznámém vzorku.

4.2.2.2 Stanovení volného T₄ a T₃

Volné formy tyreoidálních hormonů byly stanoveny z krevního séra RIA (radioimunologicky) metodou pomocí testů firmy Beckman Coulter ČR s.r.o. Stanovení volných frakcí fT₄ a fT₃ je založeno na použití specifické monoklonální protilátky (MoAb) označené ¹²⁵I pro trijódtyronin. Vzorek se spolu s protilátkou inkubuje ve zkumavce potažené analogem T₃ (ligand). Po inkubaci se stejně jako u TT₄ a TT₃ obsah odsaje a navázaná aktivita se změří gama – měřičem. Sestaví se kalibrační křivka a odečtou se koncentrace fT₄ a fT₃.

4.2.2.3 Stanovení koncentrace TSH

Koncentrace TSH v krevním séru byla stanovena imunoanalytickou metodou s fotometrickou detekcí (ELISA). Tato metoda má řadu variant. Všechny jsou založeny na vysoce specifické interakci antigenu a protilátky, přičemž na jednoho z těchto partnerů je kovalentně navázán enzym (nejčastěji peroxidáza nebo alkalická fosfatáza). Enzym katalyzuje chemickou přeměnu substrátu, který je přidán do reakční směsi, na produkt, který je barevný. Stanovuje se spektrofotometricky, nebo na základě fluorescence (fluorimetrické stanovení). Koncentrace produktu je úměrná koncentraci antigenu nebo protilátky ve vzorku.

4.2.2.4 Stanovení obsahu jódu v mléce

Obsah jódu v mléce byl stanoven spektrofotometricky spalovací alkalickou metodou podle Sandell-Költhoffa modifikovanou BEDNÁŘEM et al. (1964). Tato metoda je založena na redukci Ce⁴⁺ na Ce³⁺ v prostředí kyseliny sírové za účasti As³⁺ a katalytického účinku jódu (I). Mineralizace probíhá spalováním (suchou

cestou) v alkalickém prostředí při 600°C. Stanovuje se jód anorganický i jód vázaný na bílkoviny.

4.2.2.5 Stanovení ostatních krevních parametrů

Koncentrace triacylglycerolu (TAG), cholesterolu (CHOL), byly stanoveny pomocí biochemického analyzátoru Ellipse firmy Dialab spol. s.r.o. Koncentrace β -hydroxybutyrátu byla stanovena přímo při odběrech krve přístrojem WellionVet BELUA.

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

Výsledky práce byly zpracovány statistickými výpočty v programu STATISTICA 12, grafy byly vytvořeny v programu Microsoft Excel.

5.1 Obsah jódu v mléce jako ukazatel saturace dojníc jodem

5.1.1 Obsah jodu v bazénových vzorcích mléka

Koncentrace jódu v mléce krav je systematicky sledována od roku 1988. Jako optimální koncentrace je uváděna hodnota 100 – 200 $\mu\text{g I/l}$ (TRÁVNÍČEK et al., 2011). Prudký rozvoj výroby mléka v moderních velkochovech, poradenství ve výživě krav, plošná nutriční suplementace minerálních látek díky široké nabídce minerálních krmných přísad a předchozí zkušenosti s tyreopatiemi narozených telat, vedly k prudkému nárůstu koncentrace jódu v mléce, která v roce 2003 dosáhla v průměru hodnoty 310 $\mu\text{g I/l}$. To pokračovalo i v následujících letech, kdy koncentrace jódu v mléce nekontrolovatelně rostla, v roce 2010 dosáhla průměrná hodnota až 490,00 $\mu\text{g I/l}$, v tomto případě, již hrozí vznik poruch štítné žlázy (KROUPOVÁ et al., 2015).

Ve stejném roce byla koncentrace jódu v mléce v Německu průměrně 124,50 $\mu\text{g/l}$, v Polsku 183,50 \pm 5,00 $\mu\text{g/l}$, v Belgii v průměru 158,00 mg/l a ve Švýcarsku 90,00 $\mu\text{g/l}$ (ŠLIWIŃSKI et al., 2011; KÖHLER et al., 2012; O'BRIEN et al., 2013; RYŠAVÁ, et al., 2014). Vysoké hodnoty v roce 2010 byly alarmující, v rámci prevence zdravotních rizik nadbytečného příjmu jódu tak došlo k postupnému snížení koncentrace jódu v mléce na průměrnou hodnotu 234,00 $\mu\text{g/l}$ v roce 2014, která se již reálně blížila doporučené koncentraci (PAULÍKOVÁ et al., 2002; TRÁVNÍČEK et al., 2011; KROUPOVÁ et al., 2015).

V návaznosti na rok 2014 byly odebírány nadále bazénové vzorky mléka ve spolupráci s mlékárnou Madeta a.s., v rámci kontinuálního monitoringu saturace dojníc jodem v ČR V roce 2015 se koncentrace jódu v bazénových vzorcích mléka pohybovala v průměru 243,70 \pm 129,90 $\mu\text{g I/l}$, při hodnotě mediánu 243,00 $\mu\text{g I/l}$ (tabulka 11). Minimální zjištěná hodnota byla 35,00 $\mu\text{g I/l}$, což odráží nedostatečnou saturaci dojníc jodem a poukazuje na riziko výskytu zdravotních poruch (neonatální struma apod.). Tato nízká koncentrace jódu v mléce, je nedostatečná nejen z hlediska zdraví zvířat ale i z hlediska zdraví konzumentů, tudíž nedostatečná k pokrytí doporučeného denního příjmu jódu 150 $\mu\text{g/den}$ u

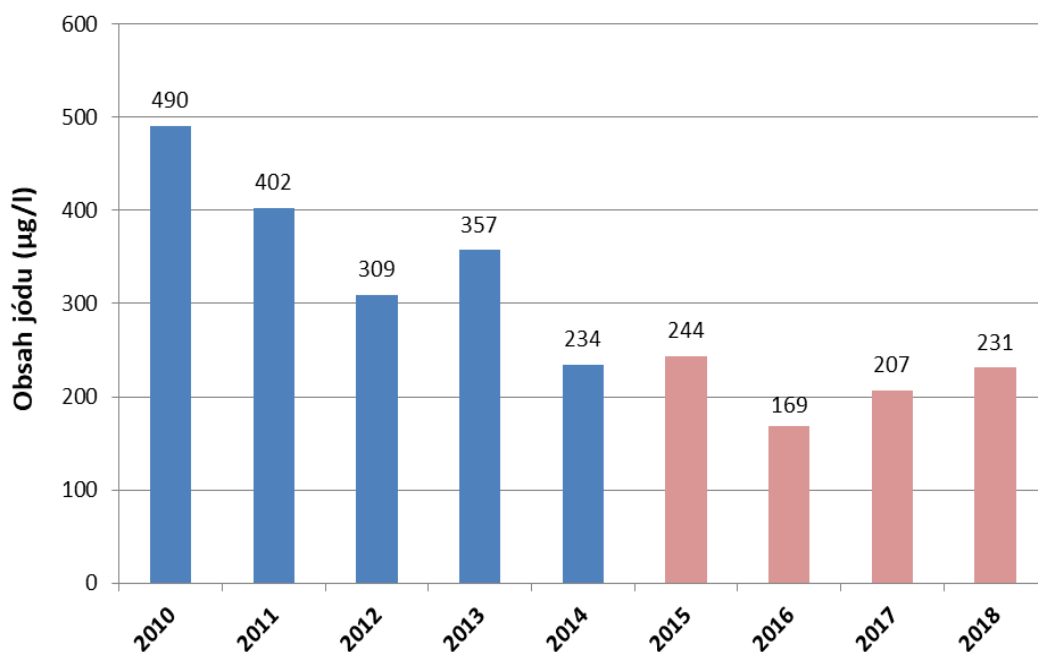
lidí, který uvádí ZAMRAZIL a ČEŘOVSKÁ (2014). Naopak maximální zjištěná hodnota 688,00 µg I/l, svědčí o nadbytečném příjmu jódu krmnou dávkou.

Tabulka 11: Koncentrace jódu v bazénových vzorcích mléka v ČR v letech 2015 – 2018

| Rok | n | \bar{x} | s_x | min | max | med |
|------|-----|-----------|--------|--------|--------|--------|
| 2015 | 150 | 243,70 | 129,90 | 35,00 | 688,00 | 243,00 |
| 2016 | 70 | 169,20 | 71,70 | 40,00 | 316,00 | 158,00 |
| 2017 | 70 | 207,70 | 53,60 | 90,00 | 308,00 | 209,00 |
| 2018 | 70 | 231,20 | 63,50 | 110,00 | 460,00 | 228,00 |

Výsledky z posledních let, v porovnání s předchozími lety (graf 3) poukazují na postupný setrvalý pokles jódu v mléce, ubývá i extrémních hodnot a tím dochází i k postupnému snížení variability obsahu jódu v mléce.

Graf 3: Koncentrace jódu (µg/l) v bazénových vzorcích mléka ČR



Zdroj: Výsledky z bazénových vzorků mléka katedry Zootechnických věd Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích

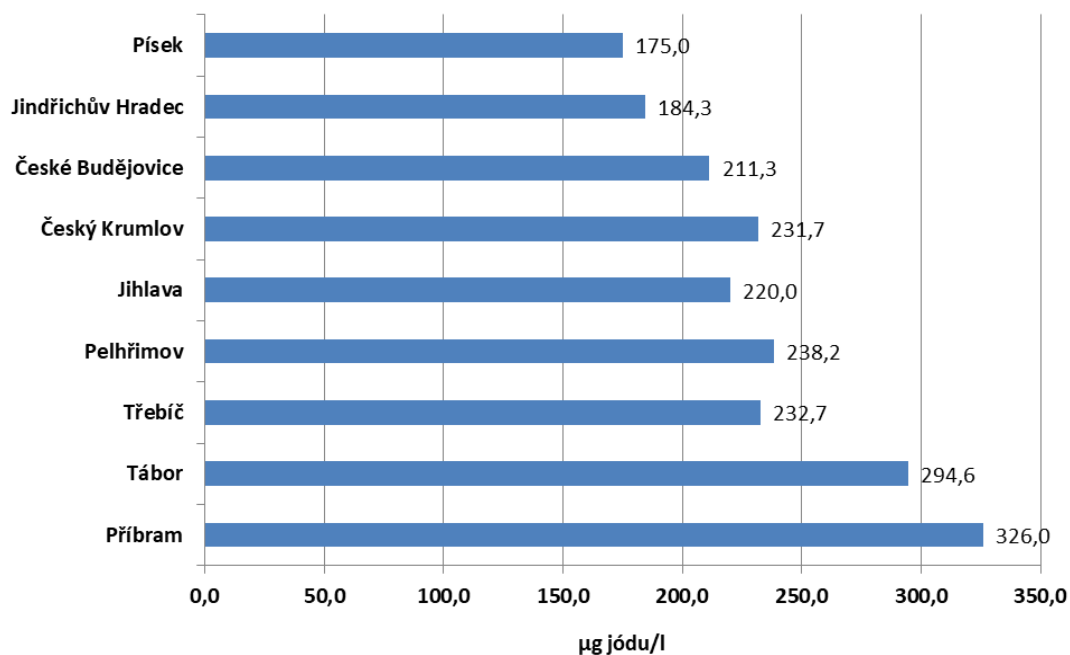
V roce 2017 byla koncentrace jódu v mléce v porovnání s rokem 2015 nižší o 17,30 % a průměrná hodnota 207,70 µg I/l již odpovídá požadovanému obsahu jódu v mléce.

Relativní zastoupení (%) bazénových vzorků mléka je uvedeno v tabulce 12. V posledních letech došlo ke snížení počtu vzorků vykazujících hodnoty nízké (pod 100 µg I/l) a zároveň se snížilo i relativní zastoupení vzorků s hodnotami vysokými (nad 300 µg I/l). Dokonce, v letech 2016 – 2017, nebyl zaznamenán ani jeden bazénový vzorek překračující koncentraci jódu nad 400 µg/l. A v roce 2018 nebyl, dokonce, zaznamenán jediný chov s koncentrací jódu v mléce pod 100 µg/l.

Tabulka 12: Relativní zastoupení bazénových vzorků mléka (%) podle koncentrace jódu v letech 2015 – 2018

| Koncentrace jódu (µg/l) | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| ≤ 100 | 14,70 | 20,00 | 4,30 | 0,00 |
| 101 – 200 | 18,70 | 40,00 | 28,60 | 20,00 |
| 201 – 300 | 38,00 | 37,00 | 64,30 | 70,00 |
| 301 – 400 | 19,30 | 3,00 | 2,80 | 8,50 |
| 401 – 499 | 2,00 | 0,00 | 0,00 | 1,42 |
| ≥500 | 7,30 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Celkový počet vzorků | 150 | 70 | 70 | 70 |

Graf 4: Průměrný obsah jódu v bazénových vzorcích mléka v 9 okresech ČR v roce 2018



Zjištěné minimální a maximální hodnoty poukazují na velké rozdíly v koncentracích jódu, v bazénových vzorcích mléka, mezi jednotlivými chovy dojnic. Nicméně mléko svážené z jedné spádové oblasti od různých producentů je při transportu do mlékárny sváženo v jedné cisterně společně, dochází tak ke smísení mléka s nízkou a vysokou koncentrací jódu. Ve výsledku, by se tak teoreticky koncentrace jódu v mléce mohla blížit požadovanému rozpětí 100 – 200 µg I/l. V grafu 4 je uveden průměrný obsah jódu v mléce v jednotlivých okresech České republiky v roce 2018.

V okrese Písek a Jindřichův Hradec se průměrná koncentrace jódu v mléce pohybovala v mezích referenčního rozpětí. Koncentrace jódu v mléce na 250 µg I/l byla zjištěna v okrese Tábor a nejvyšší koncentrace jódu byla zjištěna v okrese Příbram (326,0 µg I/l). V ostatních 5 okresech se koncentrace jódu pohybovala v rozpětí 200 – 250 µg I/l.

Koncentrace jódu v kravském mléce odráží jeho příjem krmnou dávkou. Při úplné absenci nebo nízkém obsahu jódu v krmivech, dochází souběžně i ke snižování jeho obsahu v mléce, v důsledku toho se mohou vyskytovat metabolické poruchy nejen u dospělých zvířat, ale především u novorozených telat. Dostatečná saturace dojnic jódem je nezbytná jednak pro správný vývoj plodu (vývoj CNS,

předcházení vzniku neonatální strumy apod.), tak i z důvodu, že mléko je jediným zdrojem potravy v prvních dnech života telete. Vzhledem k tomu, že je přirozený obsah jódu v krmivech (především v pícninách) velmi nízký, je nutná jeho suplementace do krmiv hospodářských zvířat. Obsah jódu v krmných doplňcích je však limitován Nařízením Komise ES č. 1459/2005, maximální přípustný obsah jódu v KKD (kompletní krmné dávce) pro dojnice je 5 mg/kg při vlhkosti 12 %. V České republice jsou v současnosti uplatňovány normy, doporučující pro dojnice 0,8 mg I/kg sušiny krmiva, případně 0,6 mg I/kg vyprodukovaného mléka (TRÁVNÍČEK et al., 2011; NIEDOBOVÁ, 2013; KROUPOVÁ et al., 2015; OTRUBOVÁ A RYSOVÁ, 2018).

V chovech, kde se průměrné hodnoty koncentrace jódu v mléce pohybují pod 100 µg I/l, je nutná kontinuální kontrola saturace dojníc jódem, a při dlouhodobě přetrvávajících nízkých koncentracích, doporučujeme revizi krmné dávky a případné zařazení minerálních krmných směsí s vyšším obsahem jódu a selenu.

5.1.2 Obsah jódu v mléčné syrovátce

Dále byla vyhodnocena závislost koncentrace jódu v mléčné syrovátce na koncentraci jódu v mléce (tabulka 13). Celkem bylo odebráno 42 bazénových vzorků mléka z 10 okresů. ROZENSKÁ et al. (2013) uvádí, že 76,6 % jódu z mléka přechází do mléčné syrovátky. Cílem práce bylo zjistit, jaké množství jódu z mléka přechází do mléčné syrovátky a zda je obsah jódu v mléčné syrovátce závislí na obsahu jódu v mléce.

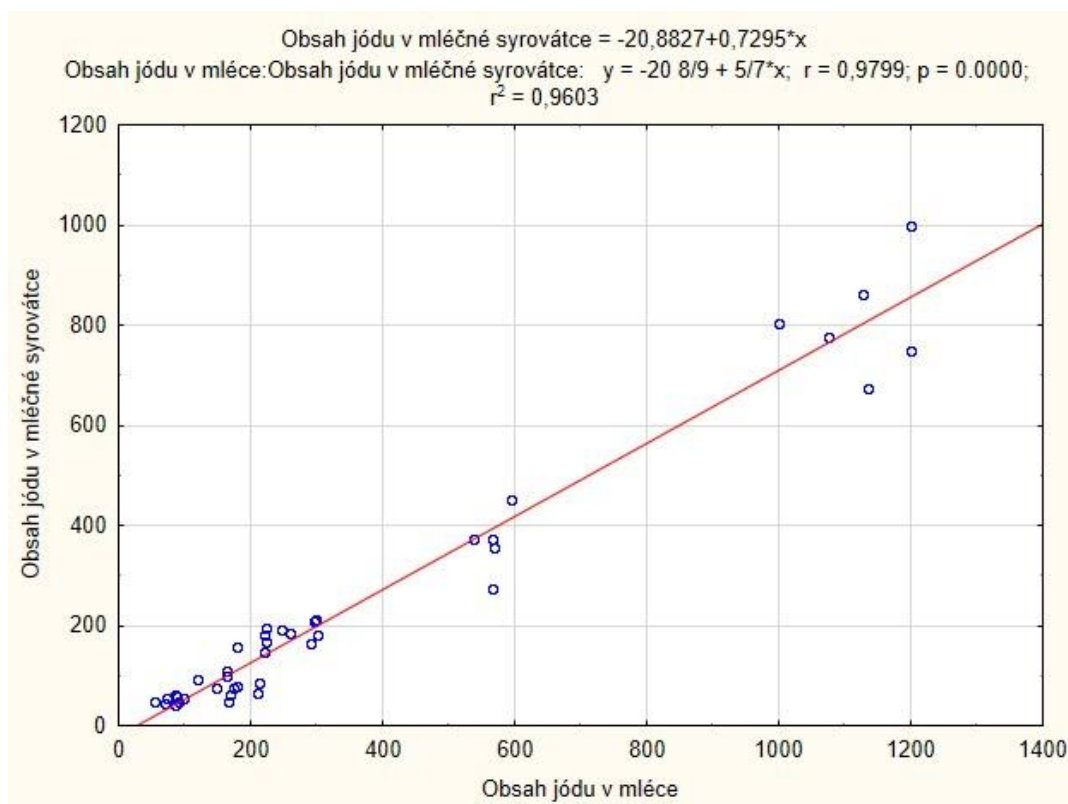
Obsah jódu v mléčné syrovátce byl stanoven v laboratoři Katedry zootechnických věd, Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.

Tabulka 13: Obsah jódu v mléce a v mléčné syrovátce (n = 48)

| | \bar{x} | s_x | min | max | median |
|---|-----------|-------|------|--------|--------|
| Jod v mléce ($\mu\text{g/l}$) | 365,6 | 344,9 | 55,0 | 1200,0 | 222,0 |
| Jod v syrovátce ($\mu\text{g/l}$) | 245,8 | 256,7 | 40,5 | 1000,0 | 163,0 |
| Jod v syrovátce (%) | 67,17 | 12,4 | 39,5 | 87,0 | 66,9 |

Byl zjištěn velmi vysoký stupeň korelační závislosti obsahu jódu v mléčné syrovátce na obsahu jódu v mléce ($r_{xy} = 0,979$). Z výsledků je patrné, že se zvyšujícím se obsahem jódu v mléce dochází souběžně ke zvyšování obsahu jódu v syrovátce (graf 5). Průměrný obsah jódu v syrovátce byl $245,84 \pm 259,97 \mu\text{g/l}$ při hodnotě mediánu $163,00 \mu\text{g/l}$ a bylo zjištěno, že v průměru $67,17\%$ jódu z mléka přechází do syrovátky.

Graf 5: Závislost koncentrace jódu v mléčné syrovátce na koncentraci jódu v mléce



5.1.3 Obsah jódu v individuálních vzorcích mléka

V rámci monitoringu obsahu jódu v individuálních vzorcích mléka bylo v chovu holštýnských krav odebráno celkem 92 individuálních vzorků mléka (tabulka 14). Pro vyhodnocení byly použity parametry hodnocení koncentrace jódu v mléce, které uvádí TRÁVNÍČEK et al. (2011).

Tabulka 14: Obsah jódu ve všech individuálních vzorcích mléka dojnic ($\mu\text{g/l}$)

| n | \bar{x} | s_x | min. | max. | med. | $v_x\%$ |
|----------|-----------------------------|-------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------------------|
| 92 | 230,24 | 88,22 | 106,00 | 500,00 | 200,50 | 38,53 |

Průměrná koncentrace ve všech individuálních vzorcích mléka byla $230,24 \pm 88,22 \mu\text{g/l}$. Nejnižší naměřená koncentrace jódu v individuálních vzorcích mléka byla $106,0 \mu\text{g/l}$. Maximální koncentrace dosahovala hodnoty $500 \mu\text{g/l}$. V žádném z 92 vzorků nebyla zjištěna koncentrace menší než $99 \mu\text{g/l}$. U téměř 50 % vzorků byla naměřena koncentrace jódu v rozpětí $100 - 199 \mu\text{g/l}$ (tabulka 15), což podle většiny autorů odpovídá optimální koncentraci (EFSA, 2005; RUPRICH a ŘEHŮRKOVÁ, 2007; TRÁVNÍČEK et al., 2011; KÖHLER et al., 2012; VAN DER REIJDEN et al., 2017).

Tabulka 15: Vyhodnocení koncentrace jódu v individuálních vzorcích mléka

| Jód v mléce ($\mu\text{g/l}$) | Počet vzorků (n) | Zastoupení vzorků (%) | Diagnostický význam |
|---|---|--|------------------------------|
| < 99 | 0 | 0 | Nízká úroveň příjmu jódu |
| 100 – 199 | 45 | 48,91 | Optimální příjem jódu |
| 200 – 249 | 23 | 25,00 | Mírně nadbytečný příjem jódu |
| 250 – 500 | 24 | 26,09 | Nadbytečný příjem jódu |

I přes to, že téměř 50 % individuálních vzorků mléka odpovídalo svou koncentrací udávanému referenčnímu rozpětí, bylo zjištěno vyšší procento (24 %) vzorků, které přesahovaly koncentraci $250 \mu\text{g/l}$ (24 %).

5.2 Faktory ovlivňující štítnou žlázu skotu

5.2.1 Vliv stimulace energetického metabolismu na tyreoidální hormony dojnic

Vybraným dojnicím plemene holštýn byl v období 3 – 4 týdnů před předpokládaným otelením zaveden v součinnosti s veterinárním lékařem intraruminální inzert s obsahem monensinu. Inzert obsahoval 12 podjednotek s postupným uvolňováním. Výrobce uvádí uvolnění průměrně 335 mg monensinu denně. Byla vytvořena skupina pokusná (n=82) a kontrolní (n=76). Cílem sledování bylo vyhodnotit vliv stimulace energetického metabolismu na koncentraci tyreoidálních hormonů v krvi dojnic. Jako ukazatele úrovně energetického metabolismu byly stanoveny koncentrace β -hydroxybutyrátu (BHB), triacylglycerolů (TAG) a cholesterolu (CHOL).

Tabulka 16: Metabolický profil u pokusné a kontrolní skupiny dojnic

| | Pokusná skupina | | | Kontrolní skupina | | |
|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | TAG (mmol/l) | BHB (mmol/l) | CHOL (mmol/l) | TAG (mmol/l) | BHB (mmol/l) | CHOL (mmol/l) |
| \bar{x} | 0,80 ^a | 0,67 ^c | 6,06 ^e | 0,89 ^b | 0,70 ^d | 5,79 ^f |
| s_x | 0,83 | 0,37 | 1,79 | 0,96 | 0,40 | 1,80 |
| min. | 0,07 | 0,10 | 2,15 | 0,06 | 0,20 | 1,78 |
| max. | 2,53 | 2,40 | 10,59 | 2,50 | 3,10 | 10,52 |
| med. | 0,41 | 0,60 | 6,05 | 0,22 | 0,60 | 5,65 |
| $v_x\%$ | 0,67 | 0,13 | 3,17 | 0,92 | 0,16 | 3,25 |

^{a,b; c,d; e,f} $p > 0,05$

U kontrolní skupiny dojnic byla zjištěna hodnota TAG $0,89 \pm 0,96$ mmol/l při hodnotě mediánu 0,22 mmol/l (tabulka 16). Minimální naměřená hodnota byla 0,06 mmol/l, maximální pak 2,50 mmol/l. Zjištěná průměrná hodnota TAG $0,89 \pm 0,96$ mmol/l u kontrolní skupiny dojnic odpovídá referenčnímu rozpětí 0,20 – 1,60 mmol/l (KOPŘIVA, 2011). Velká směrodatná odchylka však poukazuje na velké

odlišnosti u jednotlivých zvířat. KUPCZYŃSKI et al. (2011) zjistili u dojnic nižší koncentraci TAG - $0,26 \pm 0,12$ mmol/l.

Průměrná koncentrace CHOL u skupiny pokusné byla $6,06 \pm 1,79$ mmol/l. U skupiny kontrolní $5,79 \pm 1,80$ mmol/l. KOPŘIVA (2011) uvádí referenční rozpětí pro cholesterol 2,50-6,00 mmol/l. Při porovnání s těmito údaji byla koncentrace cholesterolu u pokusné skupiny nepatrně vyšší, než udávaná horní hranice 6,00 mmol/l. U skupiny kontrolní se pak koncentrace CHOL pohybovala na horní hranici udávaného referenčního rozpětí.

Koncentrace BHB se u kontrolní skupiny dojnic pohybovala v průměru $0,70 \pm 0,40$ mmol/l. Koncentrace BHB byla u dojnic pokusné skupiny $0,67 \pm 0,39$ mmol/l. U skupiny kontrolní $0,70 \pm 0,40$ mmol/l. ŠTOLCOVÁ a BARTOŇ (2019) uvádějí, že hodnoty BHB převyšující koncentraci 1,40 mmol/l indikují u dojnic subklinickou ketózu, při hodnotách nad 2,60 mmol/l pak ketózu klinickou, vznikající jako výsledek NEB. Námi zjištěné hodnoty se shodují s FIORE et al. (2017), kteří uvádějí u klinicky zdravých zvířat koncentraci BHB v krvi $0,59 \pm 0,12$ mmol/l. Mezi ukazateli energetického metabolismu u pokusné a kontrolní skupiny nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl ($p > 0,05$). Koncentrace TAG a BHB v krvi dojnic se pohybovala v referenčním rozpětí. Vyšší koncentraci vykazoval cholesterol a to u obou skupin dojnic.

Tabulka 17: Koncentrace tyreoidálních hormonů a TSH v krevní plazmě dojnic

| | Pokusná skupina (n=82) | | | Kontrolní skupina (n=76) | | |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------|
| | TT ₄ (nmol/l) | TT ₃ (nmol/l) | TSH (ng/ml) | TT ₄ (nmol/l) | TT ₃ (nmol/l) | TSH (ng/ml) |
| \bar{x} | 30,45 ^a | 2,48 ^c | 2,05 ^e | 34,17 ^b | 2,65 ^d | 3,69 ^f |
| s_x | 13,31 | 0,83 | 3,79 | 11,99 | 0,91 | 8,09 |
| min. | 10,00 | 0,69 | 0,04 | 12,70 | 0,97 | 0,03 |
| max. | 78,30 | 4,71 | 29,38 | 68,90 | 6,06 | 4,85 |
| med. | 28,50 | 2,38 | 1,17 | 32,45 | 2,57 | 1,47 |
| v_x% | 174,79 | 0,69 | 14,11 | 143,70 | 0,83 | 64,41 |

^{a,b} $p < 0,01$, ^{c,d} $p > 0,05$

Koncentrace T_4 u kontrolní skupiny dojnic byla v průměru $34,17 \pm 13,31$ nmol/l při hodnotě mediánu 28,50 nmol/l. Mezi kontrolní a pokusnou skupinou nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl v koncentracích T_4 (tabulka 17). Naměřené koncentrace se však pohybovaly na nízké úrovni v porovnání s referenčními hodnotami, které uvádí CUNNINGHAM a KLEIN (2007), $79,86 \pm 26,12$ nmol/l. Podobnou koncentraci, $71,98 \pm 27,09$ nmol/l, uvádějí ve své studii i MOHEBBI-FANI et al. (2008).

Koncentrace T_3 byla u dojnic kontrolní skupiny v průměru $2,65 \pm 0,91$ nmol/l. U skupiny pokusné $2,48 \pm 0,83$ nmol/l. Mezi koncentracemi T_3 kontrolní a pokusné skupiny nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl ($p > 0,05$). Námi zjištěná hodnota se shoduje s údaji, které uvádí DJOKOVIĆ et al. (2010), $2,22 \pm 0,74$ nmol/l. Nižší koncentrace u dojnic zjistili RASOOLI et al. (2004) $1,06 \pm 0,07$ nmol/l.

Vyhodnocování koncentrace TSH podle literárních údajů je obtížné. Nejen že ve studiích týkajících se štítné žlázy není uváděno rozpětí tohoto parametru, ale pokud jsou hodnoty TSH uvedeny, liší se značně rozpětí v závislosti na autorovi, nebo zahrnují malý počet zvířat a jsou již zastaralé (např. GORET, et al., 1974; HOPKINS et al., 1975). Při porovnání námi zjištěných hodnot s údaji o TSH, které uvádí DUŠOVÁ et al. (2012) u ovcí bez suplementace jódem ($0,55 \pm 0,13$ ng/ml) je patrné, že u dojnic byly hodnoty několikanásobně vyšší.

S ohledem na získané hodnoty tyreoidálních hormonů a TSH, kdy mezi kontrolní a pokusnou skupinou byl zaznamenán statisticky významný rozdíl v koncentracích, lze předpokládat, že stimulace energetického metabolismu, měla vliv na koncentraci tyreoidálních hormonů a TSH. U skupiny kontrolní byly koncentrace tyreoidálních hormonů a TSH vyšší v porovnání se skupinou pokusnou.

5.2.2 Vliv fáze laktace na koncentraci hormonů štítné žlázy

Cílem bylo zjistit, zda má fáze laktace vliv na koncentraci hormonů štítné žlázy. Jako indikátor zdravotního stavu dojnic po porodu (adaptace na NEB) byl stanoven obsah BHB v krvi dojnic. Celkem bylo odebráno 100 vzorků krve. Krev byla odebírána do sterilních zkumavek a do laboratorní analýzy uchována při -20°C .

Dojnice byly rozděleny do tří skupin podle fáze laktace (tabulka 18). V tabulce 19 je uveden souhrn zjištěných koncentrací tyreoidálních hormonů a BHB v krvi všech tří skupin dojnic.

Tabulka 18: Rozdělení dojnic do jednotlivých skupin

| Skupina | Počet zvířat | Dny laktace |
|-----------|--------------|-------------|
| Skupina A | 41 | 0 - 70 |
| Skupina B | 41 | 71 - 150 |
| Skupina C | 18 | 151 - 230 |

Tabulka 19: Koncentrace tyreoidálních hormonů a BHB v krvi dojnic

| | Skupina A | | | Skupina B | | | Skupina C | | |
|-----------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| | TT ₄ | TT ₃ | BHB | TT ₄ | TT ₃ | BHB | TT ₄ | TT ₃ | BHB |
| | (nmol/l) | (nmol/l) | (nmol/l) | (nmol/l) | (nmol/l) | (nmol/l) | (nmol/l) | (nmol/l) | (nmol/l) |
| \bar{x} | 39,20 ^a | 2,76 ^d | 0,71 ^g | 30,86 ^b | 2,77 ^e | 0,49 ^h | 17,46 ^c | 1,90 ^f | 0,58 ^{ch} |
| s_x | 14,60 | 1,02 | 0,45 | 12,41 | 0,83 | 0,19 | 4,51 | 0,35 | 0,15 |
| med. | 14,90 | 2,65 | 0,70 | 30,10 | 2,52 | 0,50 | 17,30 | 1,87 | 0,60 |
| min. | 16,50 | 0,97 | 0,30 | 11,50 | 0,77 | 0,10 | 10,00 | 1,43 | 0,40 |
| max. | 78,30 | 6,06 | 2,40 | 59,80 | 4,71 | 0,80 | 28,20 | 2,68 | 0,90 |

^{a,b, a,c,d,f} p < 0,01 ^{d,e; g,h; g:ch} p > 0,05

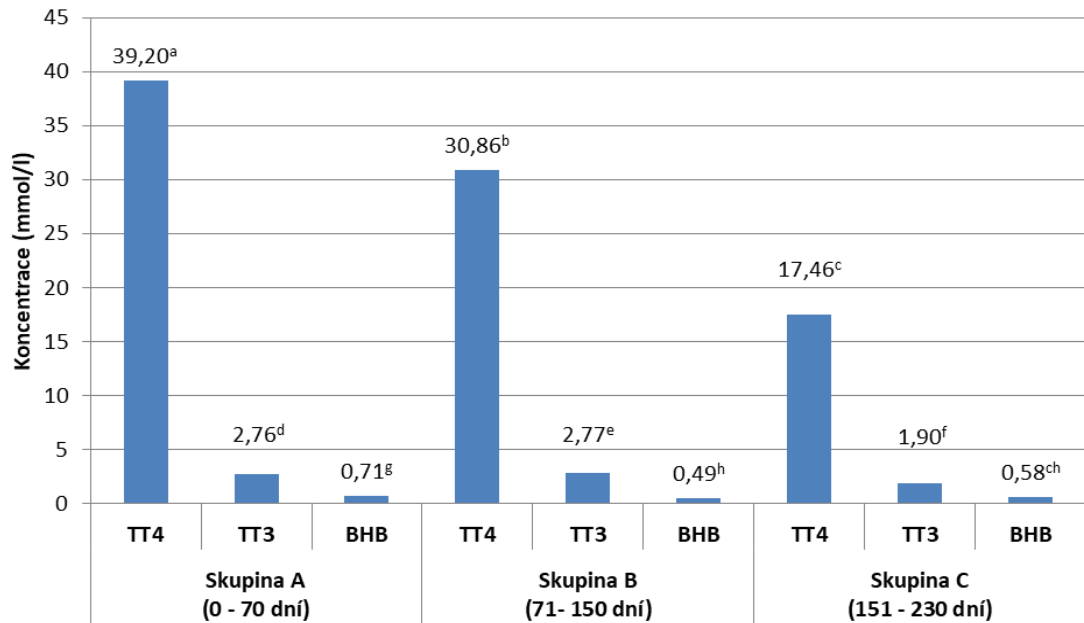
U vysoko produkčních dojnic dochází během tranzitního období k významným hormonálním změnám, které souvisí s metabolismem. V poslední fázi březosti a na počátku laktace se musí organismus vysoko užitkových dojnic vyrovnat s metabolickou zátěží. Po porodu dochází u dojnic k NEB (negativní energetická bilance). Je to následek neschopnosti přijmout dostatečné množství sušiny po porodu, nezbytné k pokrytí vysokých energetických požadavků, plynoucích z nárůstu laktace. Adaptace endokrinního systému v tranzitním období, primárně adaptace štítné žlázy, pankreatu a kůry nadledvinek, je klíčovým faktorem

pro udržení metabolické rovnováhy (MOHEBBI-FANI et al., 2008; DJOKOVIĆ et al., 2014).

Hormony štítné žlázy, především trijódtyronin (T_3), významně ovlivňují energetický metabolismus. Snížení funkce štítné žlázy, respektive snížená produkce hormonů štítné žlázy (hypotyreóza) v období před porodem a v období časně laktace, mobilizace tělesných rezerv na úkor laktace (lipomobilizace) jsou doprovázeny závažnými riziky poruch metabolismu sacharidů a tuku, v důsledku poklesu metabolických a oxidačních procesů v jaterních buňkách (ketóza, steatóza jater). Koncentrace tyreoidálních hormonů (T_4 a T_3) jsou považovány za ukazatele adaptace organismu na NEB. Pokud je NEB hluboká a dlouhodobá dochází k poruchám celkového zdraví a reprodukce (FIORE et al., 2017; PARAKASH et al., 2018).

Nejvyšší koncentrace T_4 (tabulka 19) byla zaznamenána u skupiny A ($39,20 \pm 14,60$ nmol/l). I přes to se pohybovala na nízké úrovni při srovnání s koncentrací T_4 , kterou uvádí CUNNINGHAM a KLEIN (2007). FIORE et al. (2017) uvádí koncentraci T_4 u dojnic podobnou, jako byla námi zjištěná ($40,93 \pm 11,20$ nmol/l). Nejnižší koncentrace T_4 byla zjištěna u skupiny C, $17,46 \pm 4,51$ nmol/l (graf 6). RHIND (1991) uvádí, že u ovcí je nejnižší koncentrace hormonů štítné žlázy v období po porodu a v průběhu laktace se postupně zvyšuje. U dojnic měla koncentrace zjištěných hormonů opačnou tendenci.

Graf 6: Koncentrace tyreoidálních hormonů a BHB v krvi dojníc v jednotlivých fázích laktace



a,b, a,c p <0,01; d,e, d,f, g,h, g,ch p>0,05

Nejnižší koncentrace T₃ byla zaznamenána u skupiny C (1,90±0,35 nmol/l). U skupiny A a B nebyl mezi koncentracemi T₃ zaznamenán statisticky významný rozdíl (p>0,05). V porovnání s několika studii (MOHEBBI-FANI et al., 2008; FIORE et al., 2017; PARAKASH et al., 2018) se námi zjištěné průměrné hodnoty pohybují na nižší úrovni.

HAYIRLI et al. (2002) uvádějí průměrnou koncentraci BHB v krevní plazmě před porodem 0,57 mmol/l, v první fázi laktace (do 100 dní) dosahuje koncentrace BHB hodnot nejvyšších, 1,34 mmol/l, a v průběhu další fáze laktace se snižuje až na průměrných 0,57 mmol/l. Námi zjištěné koncentrace BHB u všech tří skupin nepřesáhly hodnoty 0,75 mmol/l.

5.2.3 Vliv pořadí laktace na koncentraci hormonů štítné žlázy dojníc

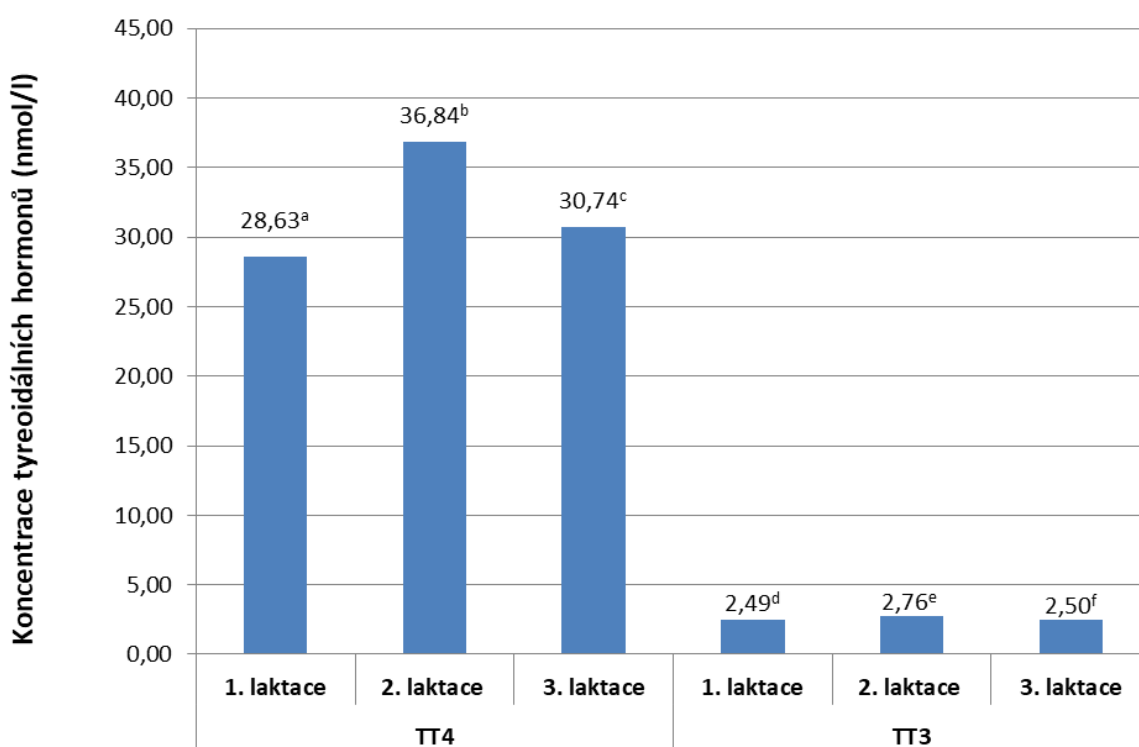
Cílem práce bylo zhodnotit, zda u dojníc chovaných ve stejných chovatelských podmínkách existují rozdíly v koncentraci hormonů štítné žlázy v závislosti na pořadí laktace. Celkem byla krev odebrána u 58 klinicky zdravých dojníc na 1., 2. a 3. laktaci (graf 7).

Nejnižší koncentrace T₄ byla zjištěna u dojníc na první laktaci (28,63±10,36 nmol/l). Nejvyšší koncentrace byla zjištěna u dojníc na druhé laktaci. Mezi

koncentracemi T₄ u dojnic na první a druhé ani na třetí laktaci nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl ($p>0,05$). Koncentrace T₄ u dojnic na první, druhé a třetí laktaci se pohybovala na nízké úrovni v porovnání s koncentracemi, které uvádějí CUNNINGHAM a KLEIN (2007), FIORE et al. (2017) a DJOKOVIĆ et al. (2014).

Naopak vyšší hodnoty vykazoval T₃. PARAKASH et al. (2018) uvádějí koncentraci T₃ $1,74\pm 0,07$ mmol/l. Při porovnání byly námi zjištěné hodnoty trijódtyroninu vyšší. Stejně jako u T₄ nebyly zaznamenány rozdíly mezi koncentracemi T₃.

Graf 7: Koncentrace T4 a T3 v krevní plazmě dojnic na 1., 2. a 3. laktaci



a,b; a,c; b,c; d,e; d,f $p>0,05$

Předpokládáme, že nízké koncentrace T₄ a vyšší koncentrace T₃ jsou výsledkem strumigenního působení řepkového šrotu zkrmovaného ve vyšším množství. Nevýznamné rozdíly v koncentracích hormonů štítné žlázy však poukazují na to, že pořadí laktace nemá významný vliv na koncentraci hormonů štítné žlázy.

5.2.4 Vliv ročního období na koncentraci na hormonů štítné žlázy dojníc

Pro zjištění vlivu klimatu na koncentraci hormonů štítné žlázy v krevní plazmě dojníc bylo celkem odebráno 110 vzorků krve. Odběry krve probíhaly ve dvou obdobích – léto a zima. Letní období bylo charakterizováno jako období od července do září, kdy byla průměrná denní teplota 19,27°C, minimální teplota 7,67°C a maximální 32,60°C. Jako zimní období bylo definováno období od ledna do března, průměrná teplota v těchto měsících byla 1,24°C, minimální naměřená teplota pak -10,23°C, maximální 13,40°C. Data o teplotách pocházejí z meteorologické stanice Košetice.

Průměrná koncentrace hormonů štítné žlázy a TSH v obou sledovaných obdobích je uvedena v tabulce 20. Byl zaznamenán statisticky významný rozdíl ($p > 0,01$) mezi koncentracemi T_4 a T_3 v letním a zimním období. Mezi koncentrací T_4 a T_3 byl zjištěn mírný stupeň korelační závislosti ($p > 0,01$, $r = 0,31$). Koncentrace TSH vykazovala vyšších hodnot v zimním období, v porovnání s letním ($p > 0,01$).

Tabulka 20: Koncentrace tyreoidálních hormonů a TSH dojníc v létě a zimě

| | Léto | | | Zima | | |
|-------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------|
| | TT ₄ (nmol/l) | TT ₃ (nmol/l) | TSH (ng/ml) | TT ₄ (nmol/l) | TT ₃ (nmol/l) | TSH (ng/ml) |
| \bar{x} | 22,78 ^a | 2,08 ^c | 1,11 ^e | 40,34 ^b | 3,48 ^d | 2,61 ^f |
| s_x | 11,06 | 0,49 | 1,27 | 13,86 | 0,65 | 2,24 |
| med. | 19,35 | 2,16 | 0,36 | 38,55 | 3,53 | 1,44 |
| min. | 10,00 | 0,77 | 0,12 | 18,10 | 2,10 | 0,73 |
| max. | 59,80 | 3,25 | 4,88 | 78,30 | 4,71 | 7,56 |

^{a,b; c,d; e,f} $p > 0,01$

Z výsledků je patrné, že tepelný stres inhibuje funkci štítné žlázy. Bylo potvrzeno, že koncentrace T_4 a T_3 byly nižší v zimním období ($p > 0,01$). RASOOLI et al. (2004) zjistili statisticky významné rozdíly v koncentracích T_4 a T_3 v zimním a letním období u dojníc plemene holštýn. Uvádějí, že pokud jsou zvířata vystavena vysokým teplotám, dochází ke snížení funkce štítné žlázy, jejímž výsledkem je

snížení koncentrace hormonů štítné žlázy. Naopak při působení nízkých teplot dochází ke stimulaci TSH a výsledkem je zvýšení koncentrace tyreoidálních hormonů v krevním séru. Naše výsledky se shodují i se studiemi, zabývajícími se vlivem klimatu, resp. teplot na aktivitu štítné žlázy u ovcí a skotu (BERNABUCCI et al., 2010; KOLUMAN et al., 2011; KAMAL et al., 2018).

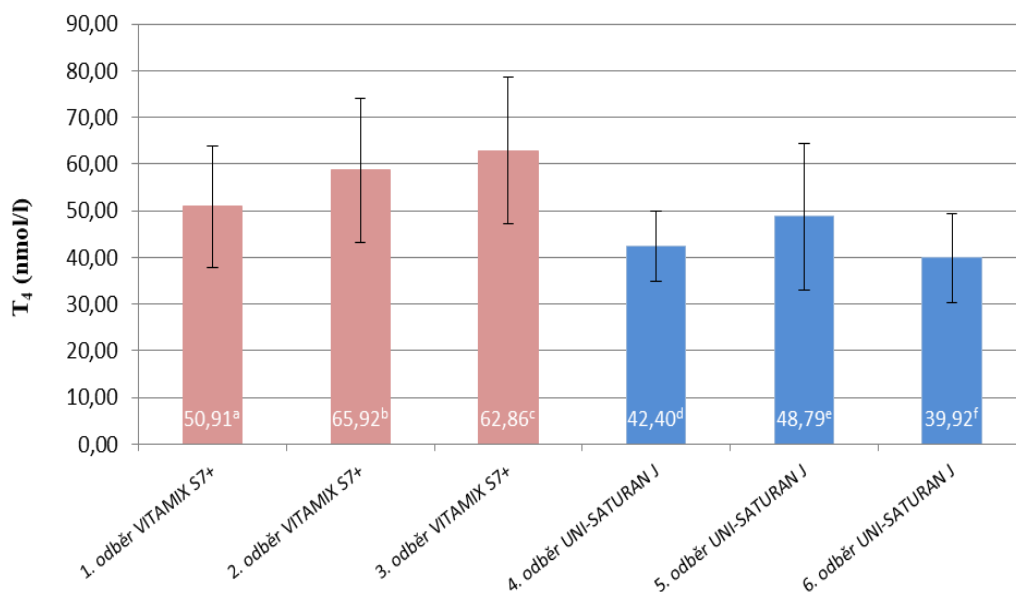
5.2.5 Vliv různého množství a formy suplementovaného jódu do KD dojníc na koncentraci tyreoidálních hormonů v krevní plazmě

Tyroxin je hlavním hormonem štítné žlázy. Na základě hojných výzkumů, je však všeobecně přijímáno tvrzení, že za fyziologickými účinky hormonů štítné žlázy ale stojí trijódtyronin, který vzniká dejodací tyroxinu, jako prekursoru, ve tkáních. Zda má tyroxin jakoukoliv aktivitu sám o sobě, nebo je pouze prohormonem, který musí být převeden na trijódtyronin, aby došlo k působení hormonů v cílových tkáních, doposud nebylo jednoznačně objasněno (GALTON, 2017).

Pokus byl rozdělen na dvě fáze (graf č. 8). V první fázi pokusu, kdy byla dojnícím podávána standardní vitamino-minerální přísada, celkový obsah jódu v krmné dávce byl 1,45 mg/kg sušiny KD. Průměrná koncentrace T_4 pohybovala na úrovni $56,09 \pm 15,32$ nmol/l (1. až 3. odběr). Mezi jednotlivými odběry, nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl ($p > 0,05$). Referenční rozpětí koncentrace T_4 se v závislosti na autorech liší. CUNNINGHAM a KLEIN (2007) uvádějí jako referenční hodnotu pro dojnice $79,86 \pm 26,12$ nmol/l. PAULÍKOVÁ et al. (2011) pak $90,36 \pm 23,55$ nmol/l. Při porovnání s referenčními hodnotami se koncentrace T_4 u dojníc před zahájením pokusu pohybovala na nižší úrovni.

V druhé fázi pokusu, kdy byla dojnícím zkrmována vitamino-minerální krmná přísada obohacená o organický jód (celkem 0,92 mg jódu/kg sušiny KD), byla zjištěna průměrná hodnota T_4 $43,70 \pm 12,25$ nmol/l. V souvislosti se snížením obsahu jódu v krmné dávce o 50 % a doplněním organického jódu v množství 1 mg, došlo k poklesu koncentrace T_4 v průměru o 22 %. Stejně jako v případě před pokusem, nebyl mezi jednotlivými odběry zaznamenán statisticky významný rozdíl (graf 8).

Graf 8: Průměrné koncentrace T4 v krevní plazmě dojnic v obou fázích pokusu

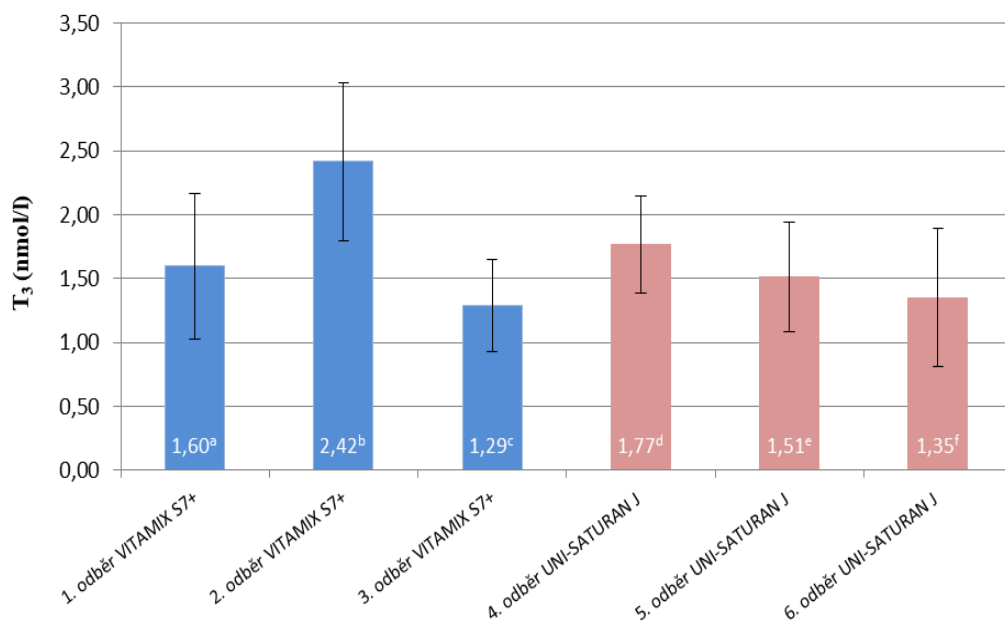


a:b; a:c; d:e; d:f $p > 0,05$

T₃ má kratší biologický poločas rozpadu než T₄, jeho hladina v krvi je tak dynamičtější oproti stabilnější koncentraci T₄. Štítnou žlázou je vylučováno jen zanedbatelné množství T₃, téměř veškerý T₃, zjistitelný v krevním oběhu, vzniká dejodací T₄ ve tkáních, jak již bylo zmíněno výše (SCHROEDER a PRIVALSKY, 2014).

Průměrná koncentrace T₃ v krevní plazmě dojnic při zkrmování standardní směsi VITAMIX S7+ byla 1,85±0,76 nmol/l. Po zahájení pokusu, kdy byl dojnícům do KD přidán UNI-SATURAN J, klesla koncentrace jódu o 9 % na hodnotu 1,54±0,46 nmol/l a během odběrů měla celkově klesající tendenci (graf č. 9). Při porovnání s údaji CUNNINGHAMA a KLEINA et al. (2007), kteří uvádí hladinu T₃ v rozpětí 0,63 – 2,61 nmol/l, je patrné, že se koncentrace T₃ pohybovala v hodnotách udávaného referenčního rozpětí. Podobné hodnoty uvádí i MARSHALL a BANGERT (2008), 1,00 – 2,90 nmol/l.

Graf 9: Průměrné koncentrace T3 v krevní plazmě dojnic v obou fázích pokusu



a:b; a:c; d:e; d:f p>0,05

I přes to, že bylo množství jódu ve vitamino-minerální směsi sníženo na polovinu a byl přidán pouze 1 mg organického jódu, nedošlo u obou hormonů k nijak dramatickému snížení obsahu v krevní plazmě dojnic. Domníváme se navíc, nižší koncentrace tyreoidálních hormonů již před pokusem, vznikla jako důsledek zkrmování většího množství řepkového extrahovaného šrotu (4,7 kg/kus/den), který působí strumigenně. ZUKALOVÁ a VÝMOLA (2003) uvádí, že hydroxyglukosinoláty obsažené v řepce představují závažný problém v krmivářství, protože snižují využitelnost řepkových šrotů a pokrutin. Rozkladný produkt – goitrin je silně strumigenní. Inhibuje syntézu tyreoidálních hormonů a jeho negativní působení nelze odstranit zvýšeným příjmem jódu v KD. Proto je díky svým antinutričním vlastnostem limitujícím faktorem při využití řepkových šrotů a pokrutin v krmných směsích.

5.2.6 Vliv plemenné příslušnosti na koncentraci tyreoidálních hormonů v krevní plazmě

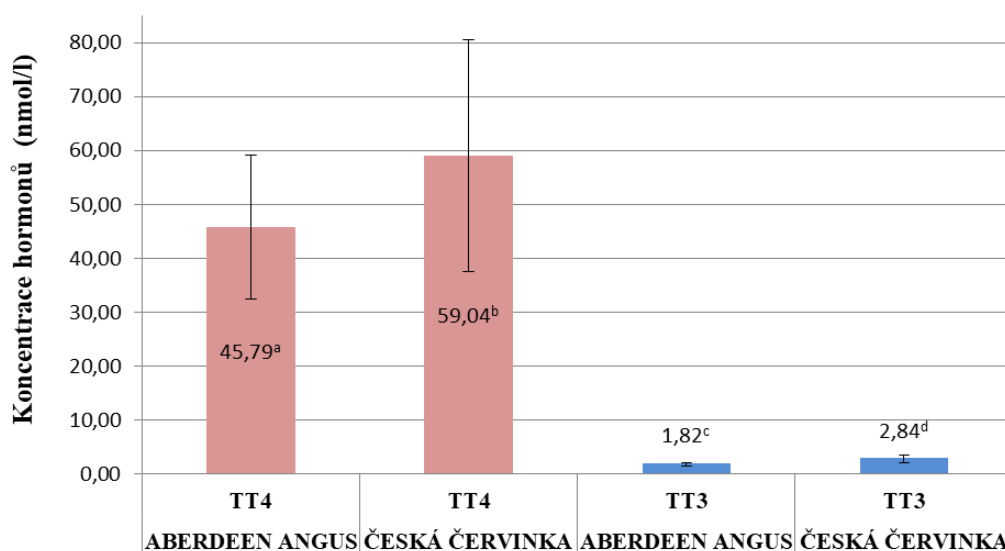
Celkem bylo odebráno 60 vzorků krve u plemene aberdeen agnus a 69 vzorků krve u plemene česká červinka. Obě dvě plemena byla chována extenzivně (pastevně), ve stejné nadmořské výšce (380 m. n. m). Krev byla odebírána u obou plemen ve stejný čas, v době pastvy, kdy krmnou dávku tvořila obou plemen pastva

s předpokládaným průměrným obsahem jódu $0,149 \pm 0,105$ mg/kg sušiny, který uvádí TRÁVNÍČEK et al. (2011).

Studie DWYERA a MORGANA (2006) uvádí vliv plemenné příslušnosti na koncentraci tyreoidálních hormonů u ovcí. Tento fakt však u ovcí souvisí s vyšší tělesnou teplotou a lepší termoregulační schopností plemene blackface v porovnání s plemenem suffolk. Různé koncentrace hormonů štítné žlázy u ovcí v závislosti na plemeni uvádí i TODINI (2007). Cílem bylo zjistit, zda má plemenná příslušnost u skotu vliv na koncentraci hormonů štítné žlázy v krevní plazmě.

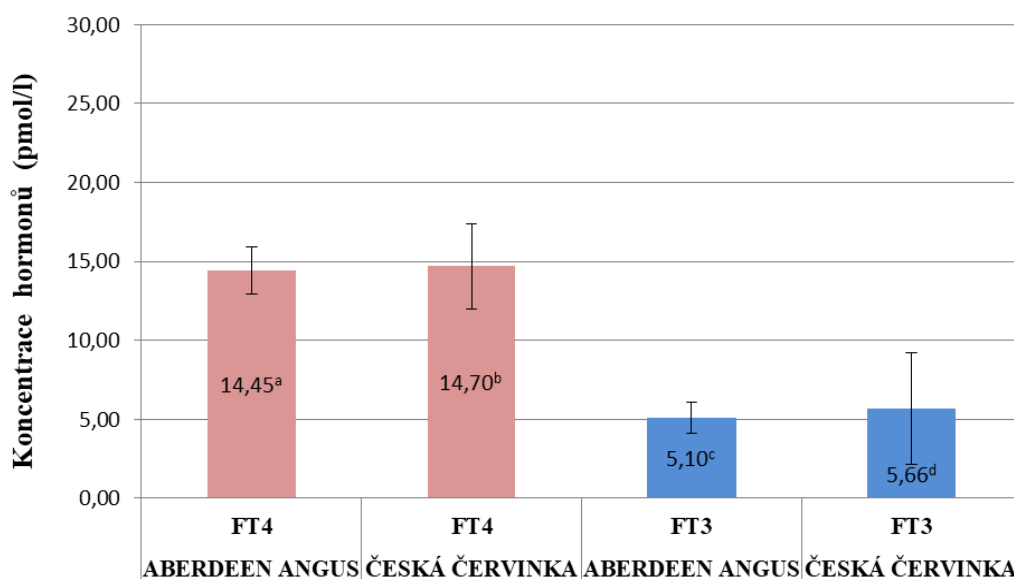
Koncentrace celkového tyroxinu u plemene aberdeen angus byla $45,79 \pm 13,31$ nmol/l (tabulka 20, graf 10), což odpovídá hodnotám, které uvádí například TADAYONFAR a NOAMAN (2013), $46,60 \pm 1,5$ nmol/l, nebo ASHKAR et al. (2010), $47,3 \pm 2,7$ nmol/l. U plemene česká červinka byla koncentrace celkového tyroxinu vyšší ($59,04 \pm 21,41$ nmol/l). Mezi koncentracemi celkového tyroxinu byl zaznamenán rozdíl (nižší hodnota u aberdeen angus o $13,55$ nmol/l) avšak, nebyl statisticky významný ($p > 0,05$).

Graf 10: Koncentrace celkových forem hormonů (TT₄ a TT₃) u obou plemen



^{a,b,c,d} $p > 0,05$

Graf 11: Koncentrace volných forem hormonů u obou plemen



a;b; c;d
p>0,05

Průměrná koncentrace volných forem hormonů u obou plemen je znázorněna v grafu č. 11. Podobně jako u celkových hormonů byly zaznamenány rozdíly mezi koncentracemi jak volného tyroxinu, tak volného trijódtyroninu, rozdíly však nebyly statisticky významné ($p > 0,05$). U plemene aberdeen angus byla průměrná hodnota fT_4 $14,45 \pm 1,48$ pmol/l, u českých červinek $14,70 \pm 2,71$ pmol/l. Při porovnání s údaji, které uvádí ASHKAR et al. (2010), se koncentrace fT_4 pohybovala na nižší úrovni.

Průměrná hodnota fT_3 u plemene aberdeen angus byla $5,10 \pm 0,97$ pmol/l, u českých červinek $5,66 \pm 1,01$ pmol/l (graf 11). ISSI et al. (2011) uvádí koncentraci fT_3 $5,85 \pm 0,39$ pmol/l, což odpovídá námi zjištěným hodnotám. ESHRATKHAH et al. (2011) uvádí pro fT_3 hodnoty o něco vyšší a to $7,1 \pm 1,0$ pmol/l.

U obou plemen nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl v koncentracích jak celkových forem hormonů štítné žlázy, tak i u volných forem hormonů. Koncentrace obou forem hormonů (vazných i volných) odpovídaly hodnotám uváděnými autory. Z výsledků tak lze předpokládat, že plemenná příslušnost u skotu nemá vliv na koncentraci hormonů v krevní plazmě.

5.3 Faktory ovlivňující štítnou žlázu ovcí

5.3.1 Vliv klimatu na dynamiku hormonů štítné žlázy u ovcí

Hlavním exogenním regulátorem činnosti štítné žlázy je teplota prostředí. Tyreoidální hormony mají sezónní charakter, maximálních hodnot podle některých autorů dosahují v zimních měsících a minimálních v měsících letních (SALEM et al., 1991; WEBSTER et al., 1991). Pokud jsou zvířata vystavena vysokým teplotám, koncentrace T_4 a T_3 stejně jako rychlost metabolismu, příjem krmiva, růst, produkce mléka klesají (SILANIKOVE, 2000; SEJLAN, 2013). SOUZA (2002) uvádí, že v zimním období dosahuje koncentrace T_4 maximální úrovně časně ráno, pravděpodobně z důvodu reakce na chlad, kterému byla zvířata vystavena v noci. V případě, že nejsou teplotní výkyvy nijak extrémní (mírné klima, chov ve stájích, přístřešky pro zvířata) jsou koncentrace tyreoidálních hormonů závislé na fotoperiodě během jednotlivých ročních období (TODINI, 2007).

Koncentrace hormonů štítné žlázy a tyreotropinu u sledovaných ovcí jsou uvedeny v tabulce 22. Podle GRECO a STABENFELDTA (2007) se koncentrace T_4 u ovcí pohybuje v rozmezí 45,38 – 94,61 nmol/l. Podobné hodnoty uvádí i KRAFT A DÜRR (2001): 49,00 – 103,00 nmol/l. Při porovnání s udávanými rozpětími se námi zjištěné hodnoty shodují, v jarním období se koncentrace T_4 blížila horní hranici rozpětí, na podzim pak ke spodní hranici udávaného rozpětí.

Jedním z faktorů, který ovlivňuje koncentraci T_4 je i výživa, jak uvádí HUSZENICA et al. (2002), případný pokles T_4 pozitivně koreluje s negativní energetickou bilancí (NEB), stejně jako koncentrace T_3 . S tímto faktem také může souviset námi zjištěná vyšší koncentrace T_3 v jarním období, $3,35 \pm 0,67$ nmol/l, kdy jsou pastevní porosty bohaté na dusíkaté látky a mají vyšší obsah energie, oproti podzimu. To potvrzuje i RHIND (1998, 2000), který uvádí, že u zvířat chovaných pastevně, dochází k výraznému poklesu koncentrace T_3 a T_4 především v období ke konci léta a na podzim, ve srovnání se zvířaty krmenými *ad libitum*. To potvrzuje i výzkum ABECIA et al (2001), který uvádí celkový pokles T_3 a T_4 v krevní plazmě ovcí při restrikci krmiva. Mezi koncentracemi T_3 a T_4 v jarním a podzimním období byl zaznamenán statisticky významný rozdíl ($p < 0,01$). Námi

zjištěná koncentrace T₃ se shoduje s rozpětím, které uvádí NAZIFI et al (2008), DUŠOVÁ (2012) a QUIN et al. (2011) u ovcí bez suplementace jódem.

Tabulka 21: Koncentrace hormonů a TSH v krvi ovcí

| | Jaro | Podzim |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| TSH (ng/ml) | 1,11±0,82 ^a | 1,84±1,82 ^b |
| TT ₄ (nmol/l) | 94,06±23,36 ^c | 48,82±18,87 ^d |
| TT ₃ (nmol/l) | 3,35±0,67 ^e | 2,43±0,52 ^f |

^{c,d,e,f}p <0,01, ^{a,b}p >0,05

Mezi koncentracemi TSH (tabulka 21) v jarním a podzimním období nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl (p>0,05). Zjištěné koncentrace se shodují s rozpětím, které uvádí PAULÍKOVÁ et al. (2011) u ovcí 2,27±0,96 ng/ml. Nižší koncentrace (pod 0,20 ng/ml) uvádějí McNATTY et al., (1994) a BADEI et al., (2010).

5.3.2 Vliv věku na dynamiku hormonů štítné žlázy jehňat

U jehňat je koncentrace T₄ v krevním séru plodu v poslední třetině vyšší než u dospělých zvířat, zatímco koncentrace celkového trijódtyroninu je výrazně nižší. Nízká hladina trijódtyroninu se postupně u plodu před narozením zvyšuje a během několika dní po narození dosahuje stejné úrovně jako u dospělých ovcí. Tyto rozdíly v koncentraci souvisí s rozdílnou dejodační činností v perifériích. Ve skutečnosti je aktivita dejodázy typu II v játrech a ledvinách u plodu až do čtvrtého měsíce nižší oproti novorozeným mláďatům (YOKUS et al., 2006; ANTUNOVIĆ et al., 2011; ABDOLLAHI et al., 2013). Před porodem se díky kortizolu zvyšuje aktivita dejodázy typu I v játrech, ledvinách a perirenální tukové tkáni a snižuje se aktivita dejodázy typu III v ledvinách a placentě. Zvýšení koncentrace celkového T₃ je nezbytné pro diferenciaci tkání. Funkční vývoj hnědé tukové tkáně umožňuje optimalizovat termogenezi, což zajišťuje adekvátní termoregulaci u novorozenců (FORHEAD et al., 2014).

První odběr byl u jehňat proveden ve věku 30 dní, druhý odběr ve věku 240 dní. Průměrná koncentrace celkového T₃ byla u jehnic byla vyšší ve 30 dnech

oproti 240 (3,67±0,96 nmol/l). Stejně tak tomu bylo i u beránek. V tabulce 22 jsou uvedeny naměřené koncentrace celkových a volných forem hormonů štítné žlázy u jehňat.

Tabulka 22: Koncentrace tyreoidálních hormonů v krevní plazmě jehňat

| | Jehnice | | Beránci | |
|-----------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|
| | 30 dní | 240 dní | 30 dní | 240 dní |
| TSH | 0,60±0,09 ^a | 1,00±0,40 ^b | 0,88±0,33 ^c | 1,87±1,33 ^d |
| TT ₄ | 124,88±18,04 ^e | 41,43±8,12 ^f | 119,53±14,52 ^g | 29,09±8,92 ^h |
| TT ₃ | 3,67±0,96 ^{ch} | 1,93±0,37 ⁱ | 3,71±0,38 ^j | 2,17±0,77 ^k |
| fT ₄ | 23,48±3,03 ^l | 12,69±1,54 ^m | 21,54±3,18 ⁿ | 11,48±2,76 ^o |
| fT ₃ | 7,31±1,37 ^p | 5,04±0,97 ^r | 6,94±1,39 ^s | 5,98±1,97 ^t |

^{a,b,c,d,r,s,p,r} p < 0,05, ^{g,h,e,f,g,h,i,m,chi,i,l,m,j,k,n,o} p < 0,01, st p > 0,05

Podle VOUDOURIHO (2003), by se koncentrace TT₄ u jehňat měla pohybovat v průměru 64 nmol/l, tohoto rozpětí nedosahovali v podzimním období ani jehnice, ani beránci. DUŠOVÁ et al. (2014) uvádí průměrnou koncentraci TT₄ u jehňat 60 dní po porodu 72,31 nmol/l, avšak poukazuje na relativně nízkou vypovídající hodnotu tohoto parametru. KOZAT et al. (2007) uvádí vyšší koncentrace TT₄ u jehňat 101,17±17,76 nmol/l. U jehňat byla zaznamenána vysoký stupeň korelační závislosti mezi koncentrací TT₄ a TT₃ (r = 0,85) a mezi koncentrací TT₄ a fT₄ (r = 0,93) a TT₄ a fT₃ (r = 0,75).

U jehnic a u beránek byly zjištěny nižší hodnoty fT₄ při prvním odběru, ve srovnání s druhým (<p0,01). DUŠOVÁ et al. (2012) uvádí koncentraci fT₄ u jehňat 18,00 pmol/l. Podobné hodnoty uvádí i PEKSA et al. (2013), který zjistil u jehňat koncentraci 17,26±1,17 pmol/l. KOZAT et al. (2007) uvádí koncentraci fT₄ u jehňat bez suplementace jódem 22,65±2,31 pmol/l.

U jehnic i beránek byla koncentrace TSH v krevním séru vyšší při prvním odběru, oproti druhému, kdy byla koncentrace dvojnásobně vyšší. Co se týče pohlaví, Při odběru ve 30 dnech byla koncentrace TSH u beránek vyšší, 0,88±0,33 ng/ml, než u jehnic, 0,60±0,09 ng/ml. Při druhém odběru ve 240 dnech se hladina

TSH pohybovala v rozmezí $1,84 \pm 1,33$ ng/ml u beránek a u jehnic $1,00 \pm 0,40$ ng/ml. PEKSA et al. (2013) zjistil koncentraci TSH u jehnat bez suplementace jódem $1,70 - 3,79$ ng/ml. Jak u jehnic, tak u beránek byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi koncentracemi TSH ve 30. a 240 dni stáří jehnat ($p < 0,05$).

Hormony štítné žlázy ovlivňují vývoj jedince nejen prenatálním období ale i v období postnatálním. V období postnatálním hrají důležitou roli ve stimulaci termogeneze a adaptace na vnější prostředí po narození. Předpokládáme, že vyšší koncentrace hormonů štítné žlázy ve 30 dnech stáří jehnat byla spojena s faktem, že novorozená mláďata mají vyšší nároky na koncentrace hormonů štítné žlázy, po porodu jsou nejvyšší a postupně dochází k jejich snížení až na fyziologickou hranici, to potvrzuje i studie BURLEOVÉ (2013), ta uvádí, že nejvyšších koncentrací dosahují jak vazné, tak volné formy hormonů první den po narození. Postupně dochází k jejich snižování až do 60. dne po porodu, kdy dosahuje fyziologického rozpětí jako u dospělých ovcí.

5.3.3 Vliv březosti a laktace na dynamiku hormonů štítné žlázy

Krevní vzorky u březích ovcí byly odebírány v první třetině březosti. Průměrná koncentrace celkového tyroxinu byla $71,44 \pm 31,80$ nmol/l (tabulka 23). ASANE a SERE (1990) uvádějí, že koncentrace celkového T_4 je u bahnic nejvyšší ve stádiu rané březosti ($85,00 \pm 21,09$ nmol/l), od 2 poloviny březosti se postupně snižuje a nejnižších hodnot dosahuje na konci březosti: $54,28 \pm 12,63$ nmol/l, tomu odpovídají i námi zjištěné výsledky. Nízké koncentrace u vysokobřezích zvířat jsou důsledkem toho, že plod má vyšší aktivitu štítné žlázy a vyšší požadavky na příjem jódu než matka a dochází tak ke snížení koncentrace tyreoidálních hormonů v krvi matky.

U laktujících ovcí byla zjištěna koncentrace T_4 $53,87 \pm 23,60$ nmol/l. Z hlediska metabolických nároků lze u bahnic předpokládat výrazný vliv zahájení laktace po porodu na koncentraci tyreoidálních hormonů v krevní plazmě, navíc jak již bylo zmíněno, koncentrace T_4 se postupně u březích zvířat snižuje a nejnižších hodnot dosahuje na konci březosti ASANE a SERE (1990). Na začátku laktace tak byla zjištěna nízká koncentrace T_4 . Ke stejným výsledkům dospěl ve své studii i (RHIND, 1991). Souběžně byla zjištěna vyšší koncentrace TSH ($2,02 \pm 1,85$ ng/ml), předpokládáme, že tento fakt souvisí se snahou organismu stimulovat štítnou žlázu

k produkci tyreoidálních hormonů a „doplnit,, tak jejich nedostatek v krvi. Výsledky BADIEIHO et al. (2010) a ESHRATKHAHA (2011) však poukazují na polyfaktoriální ovlivnění obsahu T_4 v krevní plazmě a relativně nízkou vypovídací schopnost tohoto parametru.

Průměrná zjištěná koncentrace T_3 u březích i laktujících ovcí se shodovala s koncentrací, kterou uvádí COLODEL et al., (2010) a TODINI (2007). Pohybovala se na úrovni 2,99 nmol/l. NEHASILOVÁ (2005) uvádí, že příčinou nedostatku T_3 u dospělých je nedostatek energie, při zvýšené úrovni výživy zjistila i zvýšení plazmatické koncentrace celkového T_3 a uvádí vysokou korelační závislost mezi energií a dusíkatou bilancí krmiva, nízká koncentrace po porodu tak může souviset s negativní energetickou bilancí vznikající po porodu. To ve své studii potvrzuje i ESHRATKHA (2012).

Tabulka 23: Koncentrace tyreoidálních hormonů a TSH v krvi ovcí

| | | T_4 | T_3 | fT_4 | fT_3 | TSH |
|------------------|------|-------------|-----------|------------|-----------|-----------|
| Březí | n=34 | 71,44±31,80 | 2,99±0,82 | 15,41±4,19 | 6,44±1,24 | 1,06±0,70 |
| Laktující | n=38 | 53,87±23,60 | 2,99±0,98 | 13,28±4,00 | 8,26±1,62 | 2,02±1,85 |

Volné formy (fT_4 a fT_3) tyreoidálních hormonů jsou schopny vstupovat do buněk a dále se zde metabolizovat. Za určitých podmínek přecházejí z volné formy do vazné a naopak (LANGER, 2004). Z tohoto důvodu mají tyto volné frakce význam z hlediska konečného působení na cílové orgány.

U laktujících ovcí byla zjištěna koncentrace volného tyroxinu 15,41±4,19 pmol/l. U laktujících pak 13,28±4,00 nmol/l. Zjištěné koncentrace u laktujících se shodují s PEKSOU et al. (2013), který zjistil hodnoty 13,67±1,81 pmol/l.

U březích ovcí byla koncentrace volného trijódtyroninu nižší než u ovcí laktujících. PEKSA et al. (2013) uvádí obsah fT_3 u ovcí bez suplementace jódem 3,29±0,35 pmol/l. Vyšší hodnoty mohou poukazovat na potencionální vliv teploty prostředí (GORDON et al., 2000).

Jak u březích tak u laktujících ovcí byly zaznamenány vyšší koncentrace TSH, než uvádí například McNATTY et al. (1994), BADIEI et al. (2010) nebo

PAULÍKOVÁ et al. (2011). Vyšší koncentrace TSH mohou poukazovat na sníženou funkci štítné žlázy, ta může být spojena jednak s nedostatečnou suplementací jódu do krmiva ovcí, nebo stejně tak i s náročností fyziologické fáze, kterou bezesporu laktace a březost je.

6 ZÁVĚR

Jód je nepostradatelný pro správnou funkci štítné žlázy, Česká republika patří do oblastí s nízkým obsahem jódu v půdě a vodě, z toho důvodu je nezbytná jeho suplementace do krmiv hospodářských zvířat. Optimalizace jódu v krmné dávce hospodářských zvířat má význam především z hlediska jejich zdraví, ale i z důvodu, že mléko a mléčné výrobky jsou hlavním přirozeným zdrojem jódu po populaci ČR.

V rámci předložené disertační práce byl vyhodnocen vliv vybraných faktorů na dynamiku hormonů štítné žlázy u skotu a ovcí. Cílem práce bylo zhodnotit, zda vybrané faktory ovlivňují štítnou žlázu, popřípadě do jaké míry, ve smyslu změny koncentrací hormonů. Při některých sledováních byly stanoveny i vybrané krevní parametry. Součástí práce je vyhodnocení obsahu jódu v mléce nejen jako ukazatele saturace dojnic jódem, ale i z důvodu, že mléko a mléčné výrobky jsou v České republice hlavním přirozeným zdrojem jódu pro člověka. Je tak žádoucí celkově sledovat saturaci zvířat jódem nejen z hlediska zdraví zvířat, ale i zdraví konzumentů (maso, mléko a mléčné výrobky).

6.1 Faktory ovlivňující štítnou žlázu skotu

Obsah jódu v mléce jako ukazatel saturace dojnic jódem

V bazénových vzorcích mléka byly zjištěny, mezi jednotlivými chovy, velké rozdíly v koncentracích jódu v mléce. Výsledky však poukazují na jeho postupný setrvalý pokles v porovnání s předchozími lety (2010 – 2014) a snižují se i počty chovů s extrémními hodnotami (pod 100 μg a nad 500 μg). V posledních letech se tak koncentrace jódu v mléce reálně přibližuje jeho udávanému optimálnímu množství v mléce 100 – 200 $\mu\text{g/l}$.

Dále bylo zjištěno, že téměř 68 % jódu z mléka, přechází při jeho zpracování do mléčné syrovátky a byl zjištěn velmi vysoký stupeň korelační závislosti mezi koncentrací jódu v mléce a mléčné syrovátce ($r_{xy} = 0,979$).

Koncentrace jódu v individuálních vzorcích mléka byla sledována u celkem 92 dojnic plemene holštýn. I přes to, že na sledovanou skupinu dojnic působily totožné vlivy (stejně podmínky chovu, totožné krmivo, shodné pořadí laktace,

apod., předpokládáme, že se v případě koncentrace jódu v mléce uplatňují i jiné vlivy, jako je individualita jedince.

Vliv stimulace energetického metabolismu na tyreoidální hormony dojnic

Mezi koncentracemi u pokusné a kontrolní skupiny nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl ($p > 0,05$). Koncentrace triacylglycerolů a koncentrace β -hydroxybutyrátu se pohybovala u obou skupin v mezích referenčního rozpětí. Koncentrace cholesterolu se pohybovala na vyšší úrovni referenčního rozpětí u obou skupin.

Nízká koncentrace T_4 u obou skupin současně s vyšší hodnotou TSH poukazuje na sníženou funkci štítné žlázy. Krmná dávka dojnic obsahovala doplňkovou krmnou směs v množství 9,9 kg/ks/den, jejíž součástí je řepkový šrot v množství 30 %. Řepka a řepkové produkty mají ve výživě dojnic omezené použití z důvodu obsahu glukosinolátů a dusičnanů, které působí strumigenně. Řepkové šroty jsou zařazovány do KD jako bílkovinný komponent, uvádí se, že jejich podíl v krmných směsích by měl být do 20 %. Vysoké příjmy řepkových produktů snižují obsah jódu v mléce, způsobují hypotyroidní stav charakterizovaný zvýšenou aktivitou štítné žlázy a snížením koncentrací cirkulujících tyreoidálních hormonů. Při trvalém působení glukosinolátů pak dochází k hypertrofii štítné žlázy.

Vliv fáze laktace na koncentraci hormonů štítné žlázy

V první fázi laktace byla zaznamenána prokazatelně nejvyšší koncentrace T_4 ($p < 0,01$) oproti druhé a třetí fázi laktace. V první fázi laktace byly zjištěny i vyšší hodnoty T_3 a BHB v krvi dojnic což poukazuje na metabolickou náročnost první fáze laktace. V druhé a třetí fázi laktace se postupně hodnoty tyreoidálních hormonů i BHB snižovali. Avšak průměrné nízké hodnoty T_4 a vyšší hodnoty T_3 ve srovnání s referenčním rozpětím poukazují na sníženou funkci štítné žlázy. Předpokládáme, že tato skutečnost byla způsobena strumigenním účinkem řepkového šrotu, který byl obsažen v KD ve vyšším množství.

Vliv pořadí laktace na koncentraci hormonů štítné žlázy

Nejnižší koncentrace T_4 byla zjištěna u dojnic na první laktaci ($28,63 \pm 10,36$ nmol/l). Nejvyšší koncentrace byla zjištěna u dojnic na druhé laktaci. Mezi koncentracemi T_4 u dojnic na první a druhé ani na třetí laktaci nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl ($p > 0,05$). Nevýznamné rozdíly v koncentracích hormonů

štítné žlázy poukazují na to, že pořadí laktace nemá významný vliv na koncentraci hormonů štítné žlázy. Souběžně však byly zjištěny u dojnic na první, druhé i třetí laktaci celkově nízké koncentrace T_4 a vyšší koncentrace T_3 , poukazující na sníženou aktivitu štítné žlázy. Předpokládáme, že tato skutečnost byla způsobena jako důsledek dlouhodobého působení glukosinolátů v krmné dávce.

Vliv ročního období na koncentraci hormonů štítné žlázy dojnic

Pokud jsou zvířata vystavena vysokým teplotám, dochází ke snížení funkce štítné žlázy, vlivem snížené produkce TSH, výsledkem je snížení koncentrace hormonů štítné žlázy. Naopak při působení nízkých teplot dochází ke stimulaci TSH a výsledkem je zvýšení koncentrace tyreoidálních hormonů v krevním séru. To potvrzují i námi zjištěné koncentrace tyreoidálních hormonů v letním a zimním období u dojnic.

Vliv různého množství a formy suplementovaného jódu do KD dojnic na koncentraci tyreoidálních hormonů v krevní plazmě

I přes to, že bylo množství jódu ve vitamino-minerální směsi sníženo na polovinu a byl přidán pouze 1 mg organického jódu, nedošlo u T_4 a T_3 k nijak dramatickému snížení obsahu v krevní plazmě dojnic. Lze tedy předpokládat, že dojnice využili organickou formu jódu lépe, než anorganickou. Domníváme se navíc, nižší koncentrace tyreoidálních hormonů již před pokusem, vznikla jako důsledek zkrmování většího množství řepkového extrahovaného šrotu (4,7 kg/kus/den), který působí strumigenně, negativně ovlivňuje přenos jódu do štítné žlázy.

Vliv plemenné příslušnosti na koncentraci tyreoidálních hormonů v krevní plazmě

Koncentrace volných a vazných forem hormonů se u plemene česká červinka i aberdeen angus pohybovala v rozpětí udávaném autory. Nebyla tak zjištěna snížená nebo zvýšená funkce štítné žlázy. Mezi koncentracemi celkových a volných forem hormonů byl zaznamenán rozdíl, nebyl však statisticky významný ($p > 0,05$). Předpokládáme, že tyto, i když nevýznamné rozdíly, byly způsobeny právě plemennou příslušností.

6.2 Faktory ovlivňující štítnou žlázu ovcí

Vliv klimatu na dynamiku hormonů štítné žlázy u ovcí

Koncentrace T_4 byla při prvním odběru (jaro) více jak 2krát vyšší, než při druhém odběru (podzim). S přihlédnutím ke způsobu chovu ovcí předpokládáme, že zvýšená koncentrace T_4 je stále přetrvávající reakcí na déleodobé působení chladu z předešlých několika měsíců (zimní období), kdy průměrná teplota nepřekročila $2,0^\circ\text{C}$ nad nulou a v době odběru byla průměrná denní teplota stále na nízké úrovni ($1,4^\circ\text{C}$). Ovce jsou typicky sezónní zvířata, činnost štítné žlázy je tak ovlivněna vedle teploty prostředí i fotoperiodou během jednotlivých ročních období, a při posuzování dynamiky hormonů štítné žlázy u ovcí je nutné zohlednit i kvalitu krmné dávky (pastvy) během jednotlivých ročních období.

Vliv věku na dynamiku hormonů štítné žlázy jehňat

Beránkům a jehničkám byla odebírána krev ve 30 a 240 dnech věku. Mezi koncentracemi TT_4 a TT_3 ve 30 a 240 dnech byl zaznamenán statisticky vysoce významný rozdíl ($p < 0,01$). Vysoká koncentrace TT_4 a TT_3 ve 30 dnech věku jehňat, poukazuje na to, že hormony štítné žlázy hrají rozhodující roli nejen v prenatalním období (vývoj CNS), ale i v období postnatalním, kdy významně ovlivňují celkový růst organismu a hrají důležitou roli v termoregulaci novorozenečků mláďat.

Vliv březosti a laktace na dynamiku hormonů štítné žlázy

U březích ovcí byla zjištěna hodnota T_4 $71,44 \pm 31,80$ nmol/l, která odpovídá horní hranici širokého referenčního rozpětí. S postupující březostí, kdy se zvyšuje aktivita štítné žlázy plodu a zvyšují se i požadavky plodu na příjem jódu dochází k postupnému snížení koncentrace hormonů štítné žlázy v krvi matek. To potvrzuje i námi zjištěná nižší koncentrace hormonů u bahnic v časně laktaci ($53,87 \pm 23,60$ nmol/l). Nízká hladina tyreoidních hormonů po porodu, může být také důsledkem negativní energetické bilance, která vzniká nedostatkem energie v poporodním období. Předpokládáme však, že negativní energetická bilance se u ovcí nevyskytuje tak často, ve srovnání s vysokoprodukčními dojnými, na které jsou kladeny několikanásobně vyšší nároky z hlediska produkce.

7 SOUHRN

Chov dojného skotu je v České republice jedním ze stěžejních odvětví živočišné výroby. O celkové úspěšnosti chovu v současnosti rozhoduje nejen kvantita, ale i kvalita získávaného produktu. Se stále se zvyšujícími nároky na produkci hospodářských zvířat se souběžně zvyšují i nároky na integrační systémy organismu, které regulují funkce tkání a orgánů tak, aby byla zajištěna homeostáza organismu. Ten to fakt se týká i endokrinní soustavy, její reakce na podněty z vnitřního a vnějšího prostředí je pomalejší, ve srovnání s nervovou soustavou, avšak vyvolává dlouhodobější změny. V rámci dizertační práce bylo provedeno několik analýz biologického materiálu zaměřených na zhodnocení vybraných faktorů, které mohou ovlivňovat činnost štítné žlázy u přežvýkavců. U skotu byl vyhodnocen: vliv fáze a pořadí laktace, ročního období, plemenné příslušnosti, stimulace energetického metabolismu a vliv různého množství a formy jódu suplementovaného do krmné dávky. U ovcí byl vyhodnocen vliv klimatu, věku, březosti a laktace na dynamiku hormonů štítné žlázy.

V souvislosti s činností štítné žlázy, pro jejíž správnou funkci je nezbytné dostatečné množství jódu v organismu, byl vyhodnocen i obsah jódu v bazénových a individuálních vzorcích mléka, jako ukazatele saturace dojníc jódem. V případě dostatečného nebo nadbytečného příjmu je jód vylučován močí a u laktujících zvířat mlékem. Právě mléko a mléčné výrobky jsou hlavním přirozeným zdrojem jódu v ČR a i přes to, že je v současné době v České republice jodový deficit považován za zvládnutý a příjem jódu za optimální, je nadále nutné situaci ohledně saturace jódem, jak lidí, tak zvířat, sledovat. Cílem je tak předcházet zdravotním komplikacím způsobeným deficitem jódu, ale i celkově sledovat vývoj situace a zabránit naopak případnému nadbytečnému příjmu.

8 SUMMARY

Dairy farming is one of the key livestock industries in the Czech Republic. The overall success of breeding is currently determined not only by the quantity but also by the quality of the obtained product. With the ever increasing demands on livestock production, the demands on the organism's integration systems, which regulate the functions of tissues and organs to ensure homeostasis of the organism, are increasing. This fact also affects the endocrine system, its response to stimuli from the internal and external environment is slower compared to the nervous system, but it induces longer-term changes. Several analyzes of biological material focused on evaluation of selected factors that may affect thyroid gland activity in ruminants have been carried out in the framework of the dissertation. In cattle, the effects of phase and order of lactation, seasons, breeding membership, stimulation of energy metabolism and the effect of varying amounts and form of iodine supplemented to the ration were evaluated. The effect of climate, age, pregnancy and lactation on the thyroid hormone dynamics was evaluated in sheep.

In connection with the activity of the thyroid gland, for which a sufficient amount of iodine in the body is necessary for its proper function, the iodine content of pool and individual milk samples was also evaluated as indicators of dairy iodine saturation. In case of sufficient or excess intake iodine is excreted in the urine and in lactating animals by milk. Milk and dairy products are the main natural source of iodine in the Czech Republic and despite the fact that iodine deficit is currently considered to be well managed in the Czech Republic and iodine intake is optimal, it is still necessary to monitor the situation regarding iodine saturation of both humans and animals. The aim is to prevent health complications caused by iodine deficiency, but also to monitor the development of the situation in general and to prevent possible excess income.

9 LITERATURA

ABDOLLAHI, E., KOHRAM, H., SHAHIR, M. H. (2013): Plasma concentrations of essential trace microminerals and thyroid hormones during single or twin pregnancies in fat-tailed ewes. *Small Ruminant Research*, 113 (2-3), s. 360-364.

ABECIA, J. A., VALARES, J. A., FORCADA, F. (2005): The effect of melatonin treatment on wool growth and thyroxine secretion in sheep. *Small Ruminant Research* 56, s.265–270.

ABECIA, J. A., ZUNIGA, O., FORCADA, F. (2001): Effect of melatonin treatment in spring and feed intake on wool growth and thyroxine secretion in Rasa Aragonesa ewes. *Small Ruminant Research* 41, s. 265–270.

AKERS, R. M., DENBOW, D. M. (2013): *Anatomy and physiology of domestic animals*. Wiley Blackwell, 2013, s. 680, ISBN 978-1-118-35638-8

ANKE M. (2004): Iodine. In: Merian E., Anke M., Ihnat M. et al.: *Elements and their Compounds in the Environment. Occurrence, Analysis and Biological Relevance*. 2. vydání. Berlín, Wiley-VCH Verlag. s. 1806.

ANTUNOVIĆ, Z., NOVOSELEC, J., SAUERWEIN, H., ŠPERANDA, M., VEGARA, M., & PAVIĆ, V. (2011): Blood metabolic profile and some of hormones concentration in ewes during different physiological status. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 17(5), s. 687.

ARTHUR, J. R., NICOL, F., BACKETT, G. J.: (1993): Selenium deficiency, thyroid hormone metabolism and thyroid hormone deiodinases. *Animal Journal of Nutritional Supplements*, 57, s. 236-239.

ASHKAR, F., BARTLEWSKI, P., SINGH, J., MALHI, S., YATES, K., SINGH, T., KING, W. (2010). Thyroid hormone concentrations in systemic circulation and ovarian follicular fluid of cows. *Experimental biology and medicine* (Maywood, N. J.). 235. s. 215-21. 10.1258/ebm.2009.009185.

ASSANE, M., SERE, A. (1990): Seasonal and gestational variations of triiodothyronine and thyroxine plasma-concentrations in Sahel Peulh ewe. *Annales de Recherches Veterinaires* 21, s. 285–289.

- BADIEI, K., MOSTAGHNI, K., NIKGHADAM, P., POORJAFAR, M. (2010). The effect of mercury on thyroid function in sheep. *Iranian Journal of Veterinary Medicine*, 4(4).
- BEDNÁŘ J., RÖHLING S., VOHNOUT S. (1964): Příspěvek ke stanovení proteinového jodu v krevním séru. *Československá farmacie*, 13, s. 203- 209.
- BERNABUCCI, U., LACETERA, N., BAUMGARD, L. H., RHOADS, R. P., RONCHI, B., NARDONE, A. (2010). Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal*, 4 (7), s. 1167-1183.
- BROOME, M. R. (2006): Thyroid scintigraphy in hyperthyroidism. *Clinical techniques in small animal practise*, 2006, 2. s. 10-16
- BRZÓSKA F., SZYBIŃSKI Z., SLIWŃSKI B. (2009): Iodine concentration in Polish milk: variations due to season and region. *Endokrynologia Polska*, 60, s. 449-454.
- BURLEOVÁ, B. (2013): Postnatální změny koncentrace hormonů štítné žlázy jehňat [Diplomová práce]. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2013.
- CIBULKA J. A KOL. (2004): Základy fyziologie hospodářských zvířat. ČZU v Praze, s. 142-143.
- COLODEL, M. M., MARTINS, E., MARTINS, V. M. V., MARQUES JR, A. P. (2010). Serum concentration of thyroid hormones in crioula lanada serrana ewes in gestation and lactation. *Archivos de zootecnia*, 59 (228), s. 509-517.
- CUNINGHAM, J. G., KLEIN, B. G. (2007): *Veterinary physiology*. Elsevier, s. 700, ISBN 978-1-416-03610-4
- ČEŠKA, R., DÍTĚ, P., ŠTULC, T., TESAŘ, V. (2010): *Interna*; 1.vyd.,Praha, Triton, s. 855, ISBN 978-80-7387-423-0
- DAHL L., OPSAHL J. A., MELTZER H. M. (2003): Iodine concentration in Norwegian milk and dairy products. *British Journal of Nutrition*, 90, s. 679-685.
- DAS, S. S., MISHRA, S., KAUL, J. M. (2017). Development of Parafollicular Cells and their Relationship with Developing Thyroid Follicles in Human

Foetuses. Journal of clinical and diagnostic research : JCDR, 11(7), AC01–AC04.
doi:10.7860/JCDR/2017/26211.10225

DAUNCEY, M. J. (1990): Thyroid hormones and thermogenesis. Proceedings of the Nutrition Society 49, s. 203–215.

DJOKOVIĆ, R., CICNOVIĆ, M., KURĆUBIĆ, V., PETROVIĆ, M., LALOVIĆ, M., JAŠOVIĆ, B., STANIMIROVIC, Z. (2014): Endocrine and Metabolic Status of Dairy Cows during Transition Period. Thai Journal of Veterinary Medicine, 44 (1): s. 59-56

DJOKOVIĆ, R., ŠAMANC, H, BOJKOVSKI, J., FRATRIĆ, N. (2010): Blood concentrations of thyroid hormone and lipids of dairy cows in transitional period; Lucrari Stintifice Medicina Veterinara, Timisoara, vol. XLIII No. 2, s. 34-40.

DOUBEK, J., SLOSARKOVA, S., FLEISCHER, P., MALA, G., SKRIVANEK, M. (2003): Metabolic and hormonal profiles of potentiated cold stress in lambs during early postnatal period. Czech Journal of Animal Science 48, s. 403–411.

DRBALOVÁ K., VODÁK M., ZAMRAZIL V. (2012): Subklinické tyreopatie. Medicína pro praxi, 9, s. 163-166

DRUTEL, A., ARCHAMBEAUD, F., CARON, P. (2012): Selenium and the thyroid gland: more good news for clinicians. Blackwell Publishing Ltd, Volume 78, Issue 2, s. 155-164.

DUSOVA, H., TRAVNICEK, J., KROUPOVA, V., STANKOVA, M., PEKSA, Z. (2012). Effect of high iodine intake on selected parameters of immunity in sheep. Bulletin of the Veterinary Institute in Puławy, 4 (56).

DVOŘÁK, J. (2002): Štítná žláza a její nemoci: poučení pro nemocné; Praha, Sefira, 2002, 1. vydání, s. 138. ISBN 80-902859-1-0

DWYER, C. M., LAWRENCE, A. B. (2005): A review of the behavioural and physiological adaptations of hill and lowland breeds of sheep that favour lamb survival. Applied Animal Behaviour Science 92, s. 235–260.

DWYER, C. M., MORGAN, A. (2006): Maintenance of body temperature in the neonatal lamb: Effects of breed, birth weight, and litter size. Journal of Animal Science 84, s. 1093–1101.

DYLEVSKÝ, I. (2009): Funkční anatomie. Grada, s. 544., ISBN 978-80-247-3240-4

EASTMAN C. J., ZIMMERMANN M. B. (2000): The Iodine Deficiency Disorders. [Updated 2018 Feb 6]. In: Feingold KR, Anawalt B, Boyce A, et al., editors. Endotext [Internet]. South Dartmouth (MA): MDText.com, Inc.; 2000-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK285556/>

EFSA JOURNAL (2005): Opinion of the Scientific Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed on the request from the Commission on the use of iodine in feedingstuffs. 168: 1-42 <http://www.iss.it/binary/sani/cont/iodine.1121329468.pdf>, staženo dne: 14. 2. 2019

ESHRAKHAH, B., BIGHAM, M. M., MIRZAEI, A., BEHESHTI, R. (2011): Correlation of Chemiluminescence and Electrochemiluminescence Cow; International Journal of Animal and Veterinary Advances, Maxwell Scientific Organization, roč. 3, č. 4, s. 245 – 248., ISSN 2041-2908

EU (2005): Nařízení Komise (ES) č. 1459/2005 ze dne 8. září 2005, kterým se mění podmínky pro povolení některých doplňkových látek v krmivech, které patří do skupin stopových prvků. Official Journal of European Union, L233, s. 8-10.

FALLAH-RAD, A. H., CONNOR, M. L. (1999): Relationships of thyroid hormones, IGF-I and testosterone in breeds of ram lambs with low and high prolificacies. Canadian Journal of Animal Science 79, s. 441–448.

FIGLIORE, E., GIAMBELLUCA, S., MORGANTE, M., PICCIONE, G., VAZZANA, I., CONTIERO, B., OREFICE, T., ARFUZO, F., GIANESELLA, M. (2017): Changes in thyroid hormones levels and metabolism in dairy cows around calving. Acta Veterinaria Beograd, 67 (3), s. 318-330

FLACHOWSKY G., FRANKE K., MEYER U. et al. (2014): Influencing factors on iodine content of cow milk. European Journal of Nutrition, 53, s. 351-365.

FLACHOWSKY G., SCHÖNE F., LEITERER M. (2007): Influence of an iodine depletion period and teat dipping on the iodine concentration in serum and milk of cows. Journal of Animal Feed Science, 16, s. 18-25.

- FLACHOWSKY, G., FRANKE, K., MEYER U., LEITENER, M., SCHÖNE, F. (2013): Influencing factors on iodine content of cow milk. *European Journal of Nutrition*. Volume 53, Issue 2, s. 351-365.
- FORHEAD, A. J., & FOWDEN, A. L. (2014). Thyroid hormones in fetal growth and prepartum maturation. *Journal of Endocrinology*, 221(3), R87-R103.
- FRANDSON, R. D. et al. (2013): *Anatomy and Physiology of farm animals*. John Wiley & Sons, s. 528
- GALTON, V, A. (2017): The ups and downs of the thyroxine pro-hormone hypothesis. *Molecular and Cellular Endocrinology*, Volume 458, 2017, p. 105-111, ISSN 0303-7207
- GANONG, F. W.: *Přehled lékařské fyziologie*; Galén, Praha, 2005, 890s. ISBN: 80-85787-36-9.
- GLINOER, D. (2001): Pregnancy and iodine. *Tyroid* 11, s. 471–481.
- GORDON C. J., BECKER P., PADNOS B. (2000): Comparison of heat and cold stress to assess thermoregulatory dysfunction in hypothyroid rats. *American Journal of Physiology -*
- GORET E. A., VANJONACK W. J., JOHNSON H. D.:(1974): Plasma TSH and thyroxine in six breeds of cattle. *J Anim Sci* 38:1335.
- GRECO D. S., STABENFELDT G. H. (2007): *Endokrinology* In: CUNNINGHAM, J. G., KLEIN, B. G., *Veterinary Physiology*, 4. vydání, Saunders Elsevier, St. Louis, Missouri, 700 s. ISBN – 978 – 1 – 4160 – 3610 – 4
- GREENSPAN, F. S., BAXTER, J. D. (2003): *Základní a klinická endokrinologie*; 4. vydání, 1. české vydání; nakladatelství H&H, 2003, 843s. ISBN 80-86022-56-0
- HANZALOVÁ, J., HEMZA J. (2013): *Základy anatomie soustavy trávicí, žláz s vnitřní sekrecí a soustavy močopohlavní* | *Fakulta sportovních studií Masarykovy univerzity. Veřejné služby Informačního systému* [online]. Dostupné z:https://is.muni.cz/do/fsps/e-learning/zaklady_anatomie/zakl_anatomie_II/pages/zlazy.html

- HAYIRLI, A., GRUMMER, R. R., NORDHEIM, E. V., CRUMP, P. M. (2002). Animal and dietary factors affecting feed intake during the prefresh transition period in Holsteins. *Journal of Dairy Science*. 85, s. 3430 – 3443.
- HEDAYATI M., KHAZAN M., YAGHMAEE P. (2011): Rapid microwave digestion and microplate reading format method for urinary iodine determination. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 49, s. 281-284
- HEJTMÁNKOVÁ A., KUKLIK L., TRNKOVÁ E.(2006): Iodine concentrations in cow's milk in central and northern Bohemia. *Czech Journal of Animal Science*, 51, s. 189-195.
- HERZIG I., PÍSAŘÍKOVÁ B., KURSA J., ŘÍHA J. (1999): Defined iodine intake and changes of its concentration in urine and milk of dairy cows. *Veterinarni medicina Czech*, 44, s. 35-40.
- HERZIG I., SUCHÝ P. (1996): Současný pohled na význam jódu pro zvířata. *Veterinarni medicina Czech*, 41, s. 379-386
- HESS, S. Y. (2009): The impact of common micronutrient deficiencies on iodine and thyroid metabolism: the evidence from human studies; *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*, vol. 24, no. 1, s. Histologie – Mikroskopická anatomie, s. 117-132., ISBN 978-80-210-5544-5
- HNÍKOVÁ O. (2005): Kongenitální hypotyreóza. *Pediatric pro praxi* 3: s. 123-126.
- HNILICA, P. (2004): In: *Všeobecná a klinická endokrinológia* (KREZE, A. – KLIMEŠ, I. – STÁRKA, L. – PAYER, J. – MICHÁLEK, J. eds.); AEP – Academic Electronic Press, Bratislava, s. 940. ISBN 80-88880-58-0
- HOPKINS, P. S., WALLACE, A. L., THORBURN, G. D. (1975): Thyrotrophin concentrations in the plasma of cattle, sheep and foetal lambs as measured by radioimmunoassay. *J Endocrinol* 64:371–387.
- HORKÝ, D., TICHÝ, F., BUCHTOVÁ, M., GOROŠOVÁ, A., KOCIÁNOVÁ, I., PÁRAL, V., ZIBRÍN, M. (2004): *Histologie – Mikroskopická anatomie; veterinární a farmaceutická univerzita Brno, fakulta veterinárního lékařství*, 2004, s. 275.
- HUSZENICA, G. Y., KULCSAR, M., RUDAS, P. (2002): Clinical activity of thyroid gland in ruminants. *Vet. Med. – Czech*, 47, 7: s. 199–200.

ISLAM, S. (2018): Histology. Pathology Outlines. Comwebsite. <http://www.pathologyoutlines.com/topic/tyroidhistology.html>. Accessed October 2nd, 2018 <http://teachmephysiology.com/endocrine-system/tyroid-gland-2/tyroid-gland/>

ISSI, M., G., Y., BASBURG, O. (2011): The Effect of Classical Theileriosis Treatment on Thyroid Hormone Levels in Cattle Naturally Infected with *Theileria annulata*; Asian Journal of Animal and Veterinary Advances, Academic Journal Inc., roč. 6, č. 5, s. 531-536., ISSN 1683-9919

JANSEN, J. (2008): Mutations in Thyroid Hormone Transporter MCT8: genotype, function and phenotype; Jurriaanse Stichting, Ipsen Farmaceutica BV, Novartis Pharma BV, Bristol-Myers Squibb BV, Genzyme Nederland, 2008, ISBN 978-90-8559-380-5

JELÍNEK, P., KOUDELA, K., DOSKOČIL, J., ILLEK, J., KOTRBÁČEK, V., KOVÁŘŮ, F., KROUPOVÁ, V., KUČERA, M., KUDLÁČ, E., TRÁVNÍČEK, J., VALENT M. (2003): Fyziologie hospodářských zvířat; MZLU v Brně, 2003, s. 414. ISBN 80-7157-644-1

JISKRA, J. (2011): Co je štítná žláza a jak účinkuje. [online] Dostupné z: <http://endokrinologie-obezitologie.cz/cs/clanky/tema1/co-je-stitna-zlaza-jak-ucinkuje/> [cit 2019-3-13]

KALÁČ, P., MÍKA, V., (1997): Přirozené škodlivé látky v rostlinných krmivech. ÚZPI Praha, 316 s., ISBN 80-85120-96-8.

KAMAL, R., DUTT, T., PATEL, M., DEY, A., BHARTI, P. K., & CHANDRAN, P. C. (2018). Heat stress and effect of shade materials on hormonal and behavior response of dairy cattle: a review. Tropical animal health and production, 50(4), s. 701-706

KHAN, J. R., LUDRI, R. S. (2002): Hormone profile of crossbred goats during the periparturient period. Tropical Animal Health and Production 34, s. 151–162.

KÖHLER, M., FECHNER, A., LEITENER, M., SPÖRL, K., REMER, T., SCHÄFNER, U., JAHREJS, G. (2012): Iodine content in milk from German cows and human milk: new monitoring study. Trace elements and electrolytes. 29(2): s. 119-126

KOHRLE, J. (1999): Local activation and inactivation of thyroid hormones: the deiodinase family. *Molecular and Cellular Endocrinology* 151, s. 103–11

KOLUMAN, N., DASKIRAN, I. (2011). Effects of ventilation of the sheep house on heat stress, growth and thyroid hormones of lambs. *Tropical Animal Health and Production*, 43(6), s. 1123-1127.

KONG, W. M., MARTIN, N. M., SMITH, K. L., GARDINER, J. V., CONNOLEY, I. P., STEPHENS, D. A., DHILLO, W. S., GHATEI, M. A., SMALL, C. J., BLOOM, S. R. (2004): Triiodothyronine stimulates food intake via the hypothalamic ventromedial activity independent of changes in energy expenditure. *Endocrinology* 145, 5252–5258. hypothalamic ventromedial activity independent of changes in energy expenditure. *Endocrinology* 145, s. 5252–5258.

KOPŘIVA, V. (2011): Vybrané biochemické a fyziologické hodnoty jednotlivých druhů zvířat. Inovace výuky a bezpečnosti potravin [online], citováno dne: 24. 5. 2019, dostupné z: https://cit.vfu.cz/ivbp/wp-content/uploads/2011/07/VY_04_04.pdf

KOTRBÁČEK V., DOUCHA J., OFFENBARTL T. (2004): Use of *Chlorella* as a carrier of organic-bound iodine in the nutrition of sows. *Czech Journal of Animal Science*, 49, s. 28-32.

KOZAT, S. (2008): Serum T3 and T4 concentrations in lamb with nutritional myodegradation. *Journal of veterinary internal medicine*, 21 (5), s. 1135-1137

KRABAČOVÁ, I. (2002): Morfologické a funkční změny štítné žlázy při různé saturaci hospodářských zvířat jódem. [Diplomová práce]. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2002.

KRAFT W., DÜRR U. (2001): Klinická laboratorna diagnostika vo veterinárnej medicíne. Hajko & Hajková. Bratislava. s. 365.

KROUPOVÁ, V., HERZIG, I, KURSA, J., TRÁVNÍČEK, J., THER R. (2001): Level of iodine intake by cows in the Czech Republic; *Veterinarstvi*, roč. 51, č. 4, s. 155-158.

KŘÍŽOVÁ, Z., TRÁVNÍČEK, J., HASONOVÁ, L., VÍTKOVÁ, L., STAŇKOVÁ, M. (2014): Mléko jako zdroj jódu v lidské výživě. *Mlékařské listy*, MILCOM a.s., Vol. 25, No.: 06, 147, ISSN 1212-950X

- KUPCZYŃSKI, R., ADAMSKI, M., FALTA, D., CHLÁDEK, G., KRUSZYŃSKI, W. (2011). The influence of condition on the metabolic profile of Czech Fleckvieh cows in the perinatal period. *Archives Animal Breeding*, 54(5), s. 456-467.
- KURSA, J., HERZIG, I., SUCHÝ, P. (1998): Jodový deficit u hospodářských zvířat. *Náš chov*, 4, 1998, s. 34-35
- KVÍČALA, J. (2012): Jód a součinnost prvků při tvorbě tyreoidálních hormonů a regulaci jejich účinnosti; In: *Mikroelementy 2012: sborník přednášek XLIV. Semináře o metodice stanovení a významu stopových prvků v biologickém materiálu a v životním prostředí konaného 14. – 16. května 2012 ve Valticích*, THETA, Český Těšín, 2012, s. 8 – 13. ISBN 978-80-86380-63-6
- LALSANGPUII, ALI M. A., DEVI L. I., BEHERA, P., RALTE, L. (2015): Effect of age and season on the thyroid hormone activity of Mizoram strain female mithun (*Bos frontalis*). *Veterinary World*. 2015;8(12):1375-1378. doi:10.14202/vetworld.2015.1375-1378.
- LANGER, P. (2004): In: *Všeobecná a klinická endokrinológia* (KREZE, A., KLIMEŠ, I., STÁRKA, L., PAYER, J., MICHÁLEK, J. eds.); AEP – Academic Electronic Press, Bratislava, 2004, s. 940. ISBN 80-88880-58-0
- LÍMANOVÁ, Z – NĚMEC, J. – ZAMRAZIL, V. (1995): *Nemoci štítné žlázy*. Galén, 1995, s. 197. ISBN 80-85824-25-6.
- LÍMANOVÁ, Z. (2006): *Štítná žláza*. Praha: Galén, s. 371., ISBN 80-7262-400-8
- LUCARONI, A., TODINI, L. (1989): Thyroid hormones blood concentration during pregnancy, delivery and lactation by the goat. *Atti della Societa` Italiana della Scienze Veterinarie* 43, s. 473–477.
- LUKEŠ, K., KORANDA, P. (2001): Laboratorní diagnostika onemocnění štítné žlázy. *Interní medicína pro praxi* 2001, 3: s. 120
- MAČÁKOVÁ, J., MAČÁK, J. (1992): *Patofyziologie endokrinního systému I*; Rektorát Univerzity Palackého v Olomouci; 1992, s. 69. ISBN 80-7067-130-0
- MADDISON, J. E., PAGE, S. W., CHURCH, D. B. (2008): *Small animal clinical pharmacology*, Vol. 5, Elsevier Health Sciences, s. 248.

- MANDIKI S. N. M., DERYCKE G., BISTER J. L. et al. (2002): Chemical changes and influences of rapeseed antinutritional factors on gestating and lactating ewes 1. Animal performances and plasma hormones and glucose. *Animal Feed Science and Technology*, 0908, s. 25-35.
- MAREK, J., BRODANOVÁ, M. (2002): Endokrinologie. Poruchy metabolismu a výživy; Vnitřní lékařství, Galén, Praha, s. 266., ISBN 8072621696
- MARINELLA M. A. (2007): Často přehlédnuté diagnózy v akutní péči. 1. vydání. Praha, Grada Publishing. s. 140.
- MARSHALL W. J., BANGERT S. K. (2008): Clinical chemistry. MOSBY, s. 420. ISBN 978-0-7234-3455-9
- McCOY M. A., SMYTH J. A., ELLIS W. A. (1997): Experimental reproduction of iodine deficiency in cattle. *Veterinary Record*, 141, s. 544-547.
- McNATTY, K. P., HUDSON, N. L., SHAW, L., MOORE, L. (1994): Plasma concentrations of FSH, LH, thyroid-stimulating hormone and growth hormone after exogenous stimulation with GnRH, TRH and GHRH in Booroola ewes that are homozygous carriers or non-carriers of the FecB gene. *Reproduction*, 102(1), s. 177-183.
- MISKINIENE M., I. KEPALIENE R. BOBINIENE D. (2010): Application of "Jodis" as a stable source of iodine in the nutrition of laying hens. *Bulletin of the Veterinary Institut in Pulavy*, 54, s. 389-392.
- MOHEBBI-FANI, M., NAZIFI, S., ROWGHANI, E. (2009): Thyroid hormones and their correlations with serum glucose, beta hydroxybutyrate, nonesterified fatty acids, cholesterol, and lipoproteins of high-yielding dairy cows at different stages of lactation cycle. *Comp Clin Pathol* 18: 211. <https://doi.org/10.1007/s00580-008-0782-7>
- MULLUR R., LIU Y. Y., BRENT G. A. (2014). Thyroid hormone regulation of metabolism. *Physiol. Rev.* 94, 355–382. 10.1152/physrev.00030.2013
- MURRAY R. K., BENDER D. A., BOTHAM K.M. (2013): Harperova ilustrovaná biochemie. 1. vydání. Praha, Galén, s. 730.

- NAVARRO- ALARCON, M., CABRERA – VIQUE, C. (2008): Selenium in food and the human body; Science of the Total Environment, vol. 400, No. 1-3, s. 115-141.
- NAZIFI, S., SAEB, M., ABANGAH, E., KARIMI, T. (2008): Studies on the relationship between thyroid hormones and some trace elements in the blood serum of Iranian fat-tailed sheep. Veterinarski arhiv, 78(2), s. 159.
- NEHASILOVÁ, D. (2005): Poruchy metabolismu dojnic a jejich vliv na plodnost. In: Sborník přednášek ze semináře „Výživářský koncert“, Brno, s. 14–17
- NIEDOBOVÁ R. (2013): Konečné výsledky kontroly zvýšené hladiny jódu v krmivech. In: X. konference ke Dni jódu, 15. 5. 2013, České Budějovice, SZÚ Praha, s. 30-31.
- O'BRIAN, B., GLEESON, D., JORDAN, K. (2013): Iodine concentration in milk. Irish Journal of Agricultural and Food Reaserch. 52: s. 209-215.
- OTRUBOVÁ, M., RYSOVÁ, L. (2018): Představuje jód neznámého strašáka do budoucna? Agropress.cz – Zemědělství, živočišná výroba, články, reportáže a rozhovory. [online], citováno dne: 28. 6. 2019, dostupné z: <http://www.agropress.cz/predstavuje-jod-neznameho-strasaka-do-budoucna/>
- PARAKASH, M. S., ARYA, J. S., LUNAGARIYA, P. M., PATHAN, M. M. (2018): Assessment of hormone status and its correlation with milk production during different stages of lactation in indigenous and crossbred cows. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 7(4): 3632-3639.
- PAULÍKOVÁ I., SEIDEL H., NAGY O. (2011): Concentrations of thyroid hormones in variol age categoriesof ruminants and swine. Acta Veterinaria Beograd, 61, s. 489-503.
- PAULÍKOVÁ, I., KOVÁČ, G., BÍREŠ, J., PAULÍK, Š., NAGY, O. (2002): Iodine toxicity in ruminants. Veterinární medicína, 47, s. 343-350.
- PEKSA, Z., TRÁVNÍČEK, J., DUŠOVÁ, H., KONEČNÝ, R., HASONOVÁ, L. (2011): Morphological and histometric parameters of the tyroid gland in slaughter cattle. University ofsouth Bohemia, České Budějovice, 2011, s. 85. ISSN 1803-4403.

- PEKSA, Z., TRÁVNÍČEK, J., KONEČNÝ, R., JELÍNEK, F., DUŠOVÁ, H., HASONOVÁ, L., PÁLKA, V. (2014). Histometric and biochemical properties of the thyroid gland in sheep with high iodine supplementation. *Acta Veterinaria Brno*, 82 (4), s. 405-409.
- POLICENI, A. B., SMOKER, R. K., REEDE, L. D. (2012): Anatomy and embryology of the Thyroid and Parathyroid glands. Elsevier Inc., 2012, s. 105-114, doi:10.1053/j.sult.2011.12.005
- POPESKO, P. (1988): Atlas topografickej anatómie hospodárskych zvierat; Diel 1., Hlava a krk, Príroda, Bratislava, s. 214.
- QIN F., ZHU X., ZHANG W. (2011): Effects of dietary iodine and selenium on nutrient digestibility, serum thyroid hormones, and antioxidant status of Liaoning cashmere goats. *Biological Trace Element Research*, 143, s. 31480 – 31488.
- RACEK, J., EISELT, J., HOLEČEK, V., NEKULOVÁ, M., PITTROVÁ, H., RUŠAVÝ, Z., SENFT, V., ŠAVLOVÁ, M., TĚŠÍNSKÝ, P., VERNER, M. (2006): *Klinická biochemie*; Galén, s. 330. ISBN 80-7262-324-9
- RASOOLI, A., NOURI, M., KHAJEH, G. H., RASEKH, A. (2004). The influence of seasonal variations on thyroid activity and some biochemical parameters of cattle. *Iranian Journal Veterinary Research, University of Shiraz*. 5. s. 1383-1391.
- REECE, W. O. (2011): *Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat – 2., rozšířené vydání*. Grada Publishinga.s, s. 456. ISBN 80-7169-547-5
- RHIND, S. M., BASS, J., DONEY, J. M., HUNTER, E. A. (1991): Effect of litter size on the milk production, blood metabolite profiles and endocrine status of ewes lambing in January and April. *Animal Production* 53, 71–80.
- RHIND, S. M., MCMILLEN, S. R., DUFF, E., HIRST, D., WRIGHT, S. (1998): Seasonality of meal patterns and hormonal correlates in red deer. *Physiology & Behavior* 65, s. 295–302.
- RHIND, S. M., MCMILLEN, S. R., DUFF, E., KYLECE, A., WRIGHT, S. (2000): Effect of long-term feed restriction on seasonal endocrine changes in Soay sheep. *Physiology & Behavior* 71, s. 343–351.

ROZENSKÁ L., HEJTMÁNKOVÁ A., KOLIHOVÁ D. (2011): Selenium and iodine content in sheep milk from farms in central end east Bohemia. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 42, s. 153-158.

ROZENSKÁ L., HEJTMÁNKOVÁ A., KOLIHOVÁ D. et al. (2013): Effects of lactation stage, breed, and lineage on selenium and iodine contents in goat milk. *Czech Journal of Food Science*, 31, s. 318-322.

RUPRICH, J., ŘEHŮRKOVÁ, I (2007): Informace vědeckého výboru pro potraviny ve věci: Jód, část I: Obvyklý dietární přívod pro populaci ČR, Státní zdravotní ústav, Centrum hygieny potravinových řetězců, Brno.

RŮŽIČKA, M. (2015): Hypotyreoza – je Váš pes unavený, nebo nemocný?. Veterinární klinika DELTA, [online]. Dostupné z: <http://www.veterinadelta.cz/repy/hypotyreoza/>

RYŠAVÁ L., KRÍŽ J. (2013): Prevence jodového deficitu v ČR. In: Sborník X. konference u příležitosti Dne jódu: Zásobení jódem jako prevence tyreopatií a zdroje dietární expozice; Státní zdravotní ústav Praha.

RYŠAVÁ, L., ČERVKOVÁ, A., KUBACKOVÁ, J., IRGLOVÁ, Z. (2014): Dietární expozice jódu populace ČR a nejdůležitější dietární zdroje. In: Sborník X. konference u příležitosti Dne jódu – Zásobení jódem jako prevence tyreopatií a zdroje dietární expozice. SZÚ Praha.

RYŠAVÁ, L., ŽOLTÁ, M. (2013): Saturace jodem a jodurie 7-10 letých dětí a seniorů 60-75 let v ČR v r. 2007. In: Sborník X. konference u příležitosti Dne jódu: Zásobení jódem jako prevence tyreopatií a zdroje dietární expozice; Státní zdravotní ústav Praha.

ŘEHŮRKOVÁ, I., RUPRICH, J. (2013): Dietární expozice jódu populace ČR a nejdůležitější dietární zdroje. In: Sborník X. konference u příležitosti „Dne jódu“ Zásobení jódem jako prevence tyreopatií a zdroje dietární expozice. SZÚ Praha.

SABER, A. P. R., JALALI, M. T., MOHJERI, D., AKHOOLE, A. A., TEYMOURLUEI, H. Z. N., NOURI, M., GARACHOLO, S. (2009): The effect of ambient temperature on thyroid hormones concentration and histopathological changes of thyroid gland in cattle in Tabriz, Iran. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances* 4 (1), s. 28-33, ISSN 1683-9919

SALEM, M. H., ELSHERBINY, A. A, KHALIL, M. H., YOUSEF, M. K. (1991): Diurnal and seasonal rhythm in plasma-cortisol, triiodothyronine and thyronine as affected by the wool coat in barki sheep. *Indian Journal of Animal Sciences* 61, s. 946–951.

SARANAC L, ZIVANOVIC S, BJELAKOVIC B, STAMENKOVIC H, NOVAK M, KAMENOV B (2011): Why Is the Thyroid So Prone to Autoimmune Disease? *Horm Res Paediatr* 2011;75:157-165. doi: 10.1159/000324442

SARNE, D. (2016): Effects of environmental, Chemicals and Drugs on Thyroid Function; [online], Chicago, prosinec 2016, citováno dne: 3. 12. 2013, dostupné na: <http://www.thyroidmanager.org/chapter/effects-of-the-environment-chemicals-and-drugs-on-thyroid-function/>

SEJIAN, V. (2013). Climate change: impact on production and reproduction, adaptation mechanisms and mitigation strategies in small ruminants: a review. *Indian Journal of Small Ruminants*, 19(1), s. 1-21.

SHAKERIAN A. (2014): Iodine Determination in Raw Cow's Milk in Iran. *Journal of Food Biosciences and Technology*, 4, s. 13-20.

SCHNEIDERKA, P., JIRSA, M., KAZDA, A., KOCNA, P., LOUB, L., MAŠEK, Z., PICK, P., ŠEBESTA, I., ŠTERN, P. (2000): Kapitoly z klinické biochemie. Praha, Karolinum, s. 366, ISBN 80-2460-140-0

SCHÖNE F., JAHREIS G., RICHTER G. (1993): Evaluation of rapeseed meals in broiler chicks: effect of iodine supply and glucosinolate degradation by myrosinase or copper. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 61, s. 245-252.

SCHÖNE F., PAETZELT H., LANGE R. (1994): Influence of feed with thioglycosides on growth, thyroid hormone and thiocyanate status of pig and poultry. *Berliner und Munchener Tierärztliche Wochenschrift*, 107, s. 418-421.

SCHROEDER, A. C., PRIVALSKY, M. L. (2014): Thyroid hormones, T3 and T4, in the brain. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 5: 40. DOI: 10.3389/fendo.2014.00040

SCHULTZ RÖTTGER A. S. (2012): The effect of various iodine sources and levels on the performance and the iodine transfer in poultry products and tissues. Inaugural – Dissertation, Hannover, Tierärztliche Hochschule Hannover, Physiologisches Institut, s. 83.

SILANIKOVE, N. (2000). Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock production science*, 67(1-2), s. 1-18.

SINGH, R., BEIGH, S. A. (2013): Diseases of Thyroid in Animals and Their Management, Insights from Veterinary Medicine, Rita Payan-Carreira, IntechOpen, DOI: 10.5772/55377. [online] Dostupné z: <https://www.intechopen.com/books/insights-from-veterinary-medicine/diseases-of-thyroid-in-animals-and-their-management>

SIPOS, W; MILLER, I; FOUNTOULAKIS, M; SCHMOLL, F; PATZ, M; SCHWENDENWEIN, I; RAPP, E; TAXACHER, A AND GEMEINER, M (2004). Hypothyroid goitre in a ram: chemical analysis gives indirect evidence for a structurally altered type of ovine thyroglobulin. *J. Vet. Med.*, 51(A): s. 90-96.

SORIGUER, F., GUTIERREZ-REPISO, C. GONZALEZ-ROMERO, S. (2011): Iodine concentration in cow's milk and its relation with urinary iodine concentrations in the population. *Clinical Nutrition*, 30, s. 44-48.

SOUZA, M. I. L., BICUDO, S. D., URIBE-VELASQUEZ, L. F., RAMOS, A. A. (2002): Circadian and circannual rhythms of T3 and T4 secretions in Polwarth-Ideal rams. *Small Ruminant Research* 46, s. 1-5

STÁRKA, L., HAMPL, R., KALVACHOVÁ, B., NĚMEC, J., NERADILOVÁ, M., PORŠOVÁ – DUTOID, I., ZAMRAZIL, V.(2010): Endokrinologie. Praha: Triton, 2010, s. 232, ISBN 80-85800-77-2.

STATHATOS N. (2016): Anatomy and Physiology of the Thyroid Gland: Clinical Correlates to Thyroid Cancer. In: Wartofsky L., Van Nostrand D. (eds) *Thyroid Cancer*. Springer, New York, NY, ISBN 978-1-4939-3312-9

STAUDENHERZ, A., LEITHA, T. (2019): Sonografie štítné žlázy: Hledisko nukleární medicíny. *Current Radiology Repost*, 2019, 7, 4: s. 10.

ŠTERZL I., HRDÁ P., MATUCHA P. et al. (2006): Autoimunitní tyreoiditida – vybrané etiopatogenetické mechanizmy. *Vnitřní lékařství*, 52, s. 891-899.

ŠTOLCOVÁ, M., BARTOŇ, L. (2019): Využití indikátorů negativní energetické bilance v managementu chovu dojeného skotu. [online] citováno dne: 29.8.2019. Dostupné z: <https://www.ctpz.cz/vyzkum/vyuziti-indikatoru-negativni-energeticke-bilance-v-managementu-chovu-dojeneho-skotu-867>

TADAYONFAR, S., NOAMAN, V. (2013). Concentration of serum total iodine and thyroid hormones in Holstein cows in central Iran. *Journal of Livestock Science and Technologies*, 2013, 1 (1): s. 26-28

TALEBIAN MASOUDI, A. R., AZIZI, F., H. (2010). Selenium and iodine status of sheep in the Markazi province, Iran. *Iranian Journal of Veterinary Research*, 11(1), s. 78-83.

TODINI, L. (2007). Thyroid hormones in small ruminants: effects of endogenous, environmental and nutritional factors. *Animal*, 1(7), s. 997-1008.

TODINI, L., MALFATTI, A., VALBONESI, A. (2007): Plasma total T3 and T4 concentrations in goats at different physiological stages, as affected by the energy intake. *Small Ruminant Research*, 68, s. 285-290

TODINI, L., MALFATTI, A., VALBONESI, A., TRABALZA-MARINUCCI, M., DEBENEDETTI, A. (2007): Plasma total T3 and T4 concentrations in goats at different physiological stages, as affected by the energy intake. *Small Ruminant Research* 68, s. 285–290.

TRÁVNÍČEK J., KROUPOVÁ V., DUŠOVÁ H. (2011): Optimalizace obsahu jodu v kravském mléce. Metodická příručka, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Agrovýzkum Rapotín, s. 56.

TRÁVNÍČEK J., KURSA J. (2001): Iodine concentrations in milk of sheep and goats from farms in south Bohemia. *Acta Veterinaria Brno*, 70, s. 35-42.

TRÁVNÍČEK, J., KROUPOVÁ V., ŠOCH M. (2004): Iodine content in bulk feeds in western and southern Bohemia. *Czech Journal of Animal Science*, 49, s. 483-488.

TRÁVNÍČEK, J., KROUPOVÁ, V., STAŇKOVÁ, M., KONEČNÝ, R., CEMPÍRKOVÁ, R., DUŠOVÁ, H. (2010): Bilance jódu v krmné dávce pro dojnice; In: *Zásobení jódem a prevence tyreopatií se zaměřením na období těhotenství a kojení: sborník přednášek IX. Konference u příležitosti Dne jódu konané 11. března 2010 v Praze, Státní zdravotní ústav Praha, dislokované pracoviště Frýdek-Místek, Palackého 122*

TRIGGIANI, V., TAFARO, E., GIAGULLI, V. A., SABBA, C., RESTA, F., LICCHELLI, B., GUASTAMACCHIA, E. (2009): Role of iodine, selenium and

other micronutrients in thyroid function and disorders; *Endocrine, Metabolic and Immune Disorders – Drug Targets*, vol. 9, no. 3, s. 277-294.

TRIPATHI M. K., MONDAL D., KARIM S. A. (2008): Growth, haematology, blood constituents and immunological status of lambs fed graded levels of animal feed grade damaged wheat as substitute of maize. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 92, s. 75-85.

TROJAN, S. (2003): *Lékařská fyziologie*; 4. vyd., Grada, Praha, 2003, s. 568. ISBN 80-247-0512-5

UNDERWOOD, E. J., SUTTLE, N. F. (1999): *The mineral nutrition of livestock*. 3rd Edition, CAB International, Wallingford. *Open Journal of Animal Sciences*, Vol.2 No.3.

VAN DER, O. L., ZIMMERMANN, M. B., & GALETTI, V. (2017). Iodine in dairy milk: Sources, concentrations and importance to human health. *Best practice & research Clinical endocrinology & metabolism*, 31(4), s. 385-395.

VÁŠKOVÁ, P. (2006): *Selen v lidské výživě*; [Bakalářská práce], Brno, Masarykova univerzita, Lékařská fakulta, 2006.

VELASQUEZ, L. F. U., SOUZA, M. I. L., OBA, E., RAMOS, A. D. (1997): Circadian rhythms of plasma triiodothyronine (T-3) and thyroxine (T-4) in ideal ewe sheep during seasonal anoestrus. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia* 26, s. 508–513.

VÍTKOVÁ, L. (2014): *Kravné mléko jako přirozený zdroj jodu v lidské výživě*. [Diplomová práce]. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2013.

VLČEK P. (2010): Moderní endokrinologická diagnostika poruch štítné žlázy. *Klinická Biochemie a Metabolismus*, 18, s. 132-135.

VOUDOURI, A. N., CHADIMO, S. E., MENEGATOS, J. G. (2003): Selenoenzyme activities in selenium and iodine-deficient sheep. *Biological Trace Element Research*, 94, s. 213-223.

WATSON, P. J., SCHOLE, S, F, E. (2010): Congenital goitre and alopecia in pedigree Saler cattle *Veterinary Record* 166, s. 29-30.

WEBSTER, J. R., MOENTER, S. M., WOODFILL, C. J. I., KARSH, F. J. (1991): Role of the thyroid gland in seasonal reproduction. II. Thyroxine allows a season-specific –suppression of gonadotropin secretion in sheep. *Endocrinology* 129, 176–183

WILLIAMS, C. C., CALMES, K. J., FERNANDEZ, J. M., STANLEY, C. C., LOVEJOY, J. C., BATEMAN, H. G., GENTRY, L. R., GANTT, D. T., HARDING, G. D. (2004): Glucose metabolism and insulin sensitivity in Gulf Coast native and Suffolk ewes during late gestation and early lactation. *Small Ruminant Research* 54, s. 167–171.

YASUO, S., NAKAO, N., OHKURA, S., IIGO, M., HAGIWARA, S., GOTO, A., ANDO, H., YAMAMURA, T., WATANABE, M., WATANABE, T., ODA, S., MAEDA, K., LINCOLN, G. A., OKAMURA, H., EBIHARA, S., YOSHIMURA, T. (2006): Long-day suppressed expression of type 2 deiodinase gene in the mediobasal hypothalamus of the Saanen goat, a short-day breeder: implications for seasonal window of thyroid hormone action on reproductive neuroendocrine axis. *Endocrinology* 147, s. 432–440.

YOKUS, B., CAKIR, D. U., KANAY, Z., GULTEN, T., & UYSAL, E. (2006). Effects of seasonal and physiological variations on the serum chemistry, vitamins and thyroid hormone concentrations in sheep. *Journal of Veterinary Medicine Series A*, 53(6), s. 271-276.

ZAMRAZIL V. (2011): Jodový deficit – definice, epidemiologie a význam. In: Sborník přednášek z XLIV. semináře „O metodice stanovení a významu stopových prvků v biologickém materiálu a životním prostředí“ 14. – 16. 5. 2012, Valtice, Václav Helán – 2 THETA, Český Těšín, 2012. ISBN 978-80-86380-63-6.

ZAMRAZIL V., (2003): Subklinické tyreopatie. *Interní medicína pro praxi* 6: s. 295-299.

ZAMRAZIL, V., ČEŘOVSKÁ, J (2014): Jód a štítná žláza – optimální přívod jódu a poruchy z jeho nedostatku. *Mladá fronta a.s.*, 26 s., ISBN 987-80-204-3302-2

ZHAO F., EVANS E. J., BILSBARROW P.E. (1994): Influence of nitrogen a sulfur on the glucosinolate profile of rapeseed (*Brassica-napus* L). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 64, s. 295-304.

ZIMMERMANN, M. B., GALETTI, V. (2015): Iodine intake as a risk factor for thyroid cancer: a comprehensive review of animal and human studies. *Thyroid research*. [online]. Dostupné z: <https://thyroidresearchjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13044-015-0020-8>.

ZIMMERMANN, M., ADOU, P., TORRESANI, T., ZEDER, CH., HURRELL, R. (2000): Persistence of goiter despite oral iodine supplementation in goitrous children with iron deficiency anemia in Côte d'Ivoire. *The American Journal of Clinical Nutrition*, Volume 71, Issue 1, 1 January 2000, s. 88–93.

ZUKALOVÁ, H., VÝMOLA, J. (2003): Glukosinoláty v krmivářství. In: *Sborník konference Řepka, mák, hořčice*. Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů v Praze, 2003, s. 17-26, ISBN 80-213-1007-3

10 SEZNAM PUBLIKOVANÝCH VÝSLEDKŮ

Impaktované publikace:

- KONEČNÝ, R., HASOŇOVÁ L., TRÁVNÍČEK, J., SAMKOVÁ E., HLADKÝ J., KŘÍŽOVÁ Z. (2015): Effect of organic selenium and iodine supplementation on selenium and thyroid hormones status of lactating ewes and lambs. *Acta Veterinaria - Beograd* 2015, 65 (4), s. 477 – 487. DOI: 10.1515/acve-2015-0040
- TRÁVNÍČEK, J., KONEČNÝ, R., KŘÍŽOVÁ, Z., HLADKÝ, J., STAŇKOVÁ, M., HASOŇOVÁ, L., SAMKOVÁ, E. (2019): Iodine content development in raw cow's milk in the Czech Republic between years 2006 – 2017 (V TISKU)

Vědecké publikace – Scopus (WoS):

- HLADKÝ, J., TRÁVNÍČEK, J., HASOŇOVÁ, L., KŘÍŽOVÁ, Z., KONEČNÝ, R., SAMKOVÁ, E., KAUTSKÁ, J., KALA, R. (2016): Effect of monensin on milk production and metabolism of dairy cows. In: *MendelNet 2016: 23th International PhD Students Conference*. Brno: Mendel University in Brno, Faculty of AgriSciences, Czech Republic, Nov 9-10, 2016, s. 205-209.
- KAUTSKÁ, J., TRÁVNÍČEK, J., KONEČNÝ, R., KŘÍŽOVÁ, Z., SAMKOVÁ, E., HASOŇOVÁ, L., HANUŠ, O., STAŇKOVÁ, M. (2017): Effect of monensin on the copper, zinc and iodine contents in milk of dairy cows. In *MendelNet 2017: 24th International PhD Students Conference*. Brno: Mendel University in Brno, Faculty of Agricultural Sciences, Czech Republic, Nov 8-9, 2016, s. 214-218, ISBN 978-80-7509-529-9.
- KŘÍŽOVÁ, Z., TRÁVNÍČEK, J., KONEČNÝ, R., HLADKÝ, J., HASOŇOVÁ, L., KALA, R. (2016): The effect of feeding extracted rapeseeds meal on the content of iodine in milk, urine and blood plasma in dairy cows. In *MendelNet 2016, 23th International PhD Students Conference*. Brno: Mendel University in Brno, Faculty of Agri Sciences, Czech Republic, Nov 9-10, 2016, s. 790-794.

Vědecké publikace recenzované:

- KŘÍŽOVÁ, Z., KAŇKA, V., TRÁVNÍČEK, J., KONEČNÝ, R., HLADKÝ, J., KAUTSKÁ, J. (2016): Účinek monenzinu na mléčnou produkci a obsah kyseliny β -hydroxymáselné. Mlékařské listy, MILCOM a.s., Vol. 27, No.: 05, 158, ISSN 1212-950X
- KŘÍŽOVÁ, Z., TRÁVNÍČEK, J., SAMKOVÁ, E., HASOŇOVÁ, L., KONEČNÝ, R., KALA, R., HLADKÝ, J., STAŇKOVÁ, M. (2016): Obsah jódu v mléce a syrovátce. Mlékařské listy, MILCOM a.s., Vol. 27, No.: 02, 155, ISSN 1212-950XE

Publikace ve sbornících:

- KŘÍŽOVÁ, Z., KONEČNÝ, R., HLADKÝ, H., KAUTSKÁ, J., FREJLACH, T., TRÁVNÍČEK, J. (2017): Dynamika hormonů štítné žlázy u březích a laktujících ovcí plemene Suffolk. In: Zootechnika 2017: Sborník z konference mladých vědeckých pracovníků. Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, s. 80-86. ISBN 978-80-7394-641-8.
- KŘÍŽOVÁ, Z., ŠVARCOVÁ, A., FREJLACH, T., KALA, R., HLADKÝ, J., TRÁVNÍČEK, J., STAŇKOVÁ, M., RICHTEROVÁ, J. (2014): Aktivita štítné žlázy u pastevně chovaného skotu. In: Aktuální otázky bioklimatologie 2014, Výzkumný ústav živočišné výroby, Praha, s. 40-42. ISBN 978-80-7403-127-4
- KŘÍŽOVÁ, Z., TRÁVNÍČEK, J., HLADKÝ, J., FREJLACH, T., ŠVARCOVÁ, A., KALA, R. (2015): Vliv klimatu na dynamiku hormonů štítné žlázy u ovcí plemene Suffolk (The influence of climate on the dynamics of toroid hormones in sheep breed Suffolk). In: Aktuální otázky bioklimatologie zvířat 2015, Výzkumný ústav živočišné výroby, Praha, s. 91-93. ISBN 978-80-7403-145-8
- KŘÍŽOVÁ, Z., TRÁVNÍČEK, J., HLADKÝ, J., KALA, R., ŠVARCOVÁ, A., FREJLACH, T. (2015): Vliv zkrmování organického jódu na aktivitu štítné žlázy. In: I. Mezinárodní fyziologická konference, Zemědělská

fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Vol. 1, No. 1, s. 9-13.
ISBN 978-80-7394-535-0

- KŘÍŽOVÁ, Z., TRÁVNÍČEK, J., KONEČNÝ, R., HLADKÝ, J., KALA, R., FREJLACH, T., POBORSKÁ, A., PRAŽÁK, J. (2016): Obsah jódu v kravském mléce a jeho význam v lidské výživě. In: Zootechnika 2016: Sborník konference mladých vědeckých pracovníků, Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. ISBN 978-80-7394-579-4.
- KŘÍŽOVÁ, Z., TRÁVNÍČEK, J., SAMKOVÁ, E., HASONŇOVÁ, L., KALA, R., ŠVARCOVÁ, A., FREJLACH, T., HLADKÝ, J. (2015): Aktuální obsah jódu v mléce a jeho význam v lidské výživě. In: Ingrovy dny 2015, Mendelova univerzita, Brno, p. 225-233. ISBN 978-80-7509-220-5

11 SEZNAM TABULEK

| | |
|---|----|
| Tabulka 1: Obsah jódu v krevní plazmě v závislosti na jeho příjmu krmivem | 24 |
| Tabulka 2: Obsah jódu v objemných krmivech (mg/kg sušiny krmiva) – Jihozápadní Čechy | 25 |
| Tabulka 3: Obsah jódu v pastevním porostu v závislosti na ročním období (mg/kg sušiny) | 25 |
| Tabulka 4: Variabilita obsahu jódu v kravském, ovčím a kozím mléce | 26 |
| Tabulka 5: Hlavní selenoproteiny a jejich funkce | 32 |
| Tabulka 6: Obecná interpretace výsledků parametrů štítné žlázy | 46 |
| Tabulka 7: Složení kompletní krmné dávky – dojnice Chyšná | 49 |
| Tabulka 8: Krmná dávka a obsah jódu v jednotlivých složkách krmné dávky před pokusem | 51 |
| Tabulka 9: Krmná dávka a obsah jódu v jednotlivých složkách krmné dávky během pokusu | 52 |
| Tabulka 10: Krmná dávka a obsah jódu v jednotlivých složkách krmné dávky českých červinek | 53 |
| Tabulka 11: Koncentrace jódu v bazénových vzorcích mléka v ČR v letech 2015 – 2018..... | 58 |
| Tabulka 12: Relativní zastoupení bazénových vzorků mléka (%) podle koncentrace jódu v letech 2015 – 2018..... | 59 |
| Tabulka 13: Obsah jodu v mléce a v mléčné syrovátce (n = 48)..... | 62 |
| Tabulka 14: Obsah jódu ve všech individuálních vzorcích mléka dojnic (µg/l) | 63 |
| Tabulka 15: Vyhodnocení koncentrace jódu v individuálních vzorcích mléka..... | 63 |
| Tabulka 16: Metabolický profil u pokusné a kontrolní skupiny dojnic..... | 64 |
| Tabulka 17: Koncentrace tyreoidálních hormonů a TSH v krevní plazmě dojnic | 65 |
| Tabulka 18: Rozdělení dojnic do jednotlivých skupin | 67 |
| Tabulka 19: Koncentrace tyreoidálních hormonů a BHB v krvi dojnic | 67 |
| Tabulka 20: Koncentrace tyreoidálních hormonů a TSH dojnic v létě a zimě | 71 |
| Tabulka 21: Koncentrace hormonů a TSH v krvi ovcí..... | 78 |
| Tabulka 22: Koncentrace tyreoidálních hormonů v krevní plazmě jehňat | 79 |
| Tabulka 23: Koncentrace tyreoidálních hormonů a TSH v krvi ovcí | 81 |

12 SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|--|----|
| Obrázek 1: Makroskopická stavba štítné žlázy | 12 |
| Obrázek 2: Folikuly štítné žlázy..... | 13 |
| Obrázek 3: Histologická stavba štítné žlázy..... | 14 |
| Obrázek 4: Uložení štítné žlázy a její vztah k okolí | 15 |
| Obrázek 5: Topografie štítné žlázy skotu (38) | 16 |
| Obrázek 6: Topografie štítné žlázy u ovcí (29) | 17 |
| Obrázek 7: Osa hypotalamus – hypofýza – štítná žláza | 18 |
| Obrázek 8: Syntéza hormonů štítné žlázy | 22 |
| Obrázek 9: Struma u ovce | 41 |
| Obrázek 10: Struma u kůzlete | 41 |
| Obrázek 11: Hypertyreóza u psa | 43 |
| Obrázek 12: Hypertyreóza u kočky..... | 43 |

13 SEZNAM GRAFŮ

| | |
|---|----|
| Graf 1: Koncentrace jódu v mléce při použití predipů s různým obsahem jódu (ppm)..... | 27 |
| Graf 2: Koncentrace jódu v mléce při použití postdipů s různým obsahem jódu (ppm) | 28 |
| Graf 3: Koncentrace jódu ($\mu\text{g/l}$) v bazénových vzorcích mléka ČR | 58 |
| Graf 4: Průměrný obsah jódu v bazénových vzorcích mléka v 9 okresech ČR v roce 2018 | 60 |
| Graf 5: Závislost koncentrace jódu v mléčné syrovátce na koncentraci jódu v mléce | 62 |
| Graf 6: Koncentrace tyreoidálních hormonů a BHB v krvi dojnic v jednotlivých fázích laktace | 69 |
| Graf 7: Koncentrace T4 a T3 v krevní plazmě dojnic na 1., 2. a 3. laktaci | 70 |
| Graf 8: Průměrné koncentrace T4 v krevní plazmě dojnic v obou fázích pokusu..... | 73 |
| Graf 9: Průměrné koncentrace T3 v krevní plazmě dojnic v obou fázích pokusu..... | 74 |
| Graf 10: Koncentrace celkových forem hormonů (TT_4 a TT_3) u obou plemen..... | 75 |
| Graf 11: Koncentrace volných forem hormonů u obou plemen | 76 |