

**JIHOČESKÁ UNIVERSITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
Z E M Ě Ď Ě L S K Á F A K U L T A**

Katedra anatomie a fyziologie hospodářských zvířat

---

Studijní program: M4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Všeobecně zemědělský obor

**D I P L O M O V Á P R Á C E**

Obsah jodu v mléce

Iodine content in milk

Autor:  
Miroslav Hrabec

Vedoucí práce:  
doc. Ing. Jan Trávníček, CSc.

České Budějovice

---

**2007**

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích  
Zemědělská fakulta  
Katedra anatomie a fyziologie hospodářských zvířat  
Akademický rok: 2004/2005

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Miroslav HRABEC  
Studijní program: M4101 Zemědělské inženýrství  
Studijní obor: Všeobecné zemědělství  
  
Název tématu: Obsah jodu v mléce

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

**Úvod a cíl:** Mléko je významným zdrojem jodu v lidské výživě. Jeho obsah v mléce je závislý zejména na příjmu krmnou dávkou. Cílem práce je zhodnotit vliv mlékárenského zpracování mléka na obsah jodu v mléce.

**Literární přehled:** Uveďte faktory působící na obsah jodu v mléce. Zhodnoťte mléko jako zdroj jodu v lidské výživě. Popište význam jodu, projevy a příčiny jeho nedostatku.

**Materiál a metody:** Zhodnoťte vliv mísení mléka od různých dodavatelů na jeho obsah v mléčné surovině. Vyhodnoťte vliv mlékárenského zpracování mléčné suroviny na obsah jodu v konzumním mléce před jeho distribucí do prodejní sítě. Vzorky mléka budou získávány v a.s. Madeta v Č. Budějovicích. Jod v mléce bude stanoven po alkalickém spalování spektrofotometricky.

**Výsledky:** Výsledky zpracujte do tabulek a grafů, doplňte komentářem a zhodnoťte statisticky.

**Diskuse:** Výsledky srovnajte s domácími i zahraničními literárními údaji.

**Souhrn:** Uveďte nejvýznamnější poznatky z vlastní práce.

Rozsah práce: **přibližně 40 stran**  
Rozsah příloh: **tabulky a grafy**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Underwood, E.J. et al.: The Mineral Nutrition of Livestock. CABI Publishing, Wallingford 2001, 614 s.

Fiedler, J.H., Rösler, H.J.: Spurenelemente in der Umwelt. Gustav Fischer Verlag Jena - Stuttgart 1993, 384 s.

Kroupová, V. et al.: Saturace krav jodem v České republice. Veterinářství, 2001, 51,4: 155-158.

Kursa, J. Herzig, I.: Problematika nadbytku jodu. Studie. Vědecký výbor veterinární MZe ČR. VÚVel Brno 2003, 18 s.

Macro and Trace Elements. Friedrich Schiller University. Jena (1990-2004).

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

Datum zadání diplomové práce: **15. března 2005**

Termín odevzdání diplomové práce: **30. dubna 2007**

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení ④  
Studentská 13  
378 01 České Budějovice

  
prof. Ing. Magdalena Hrabánková, CSc.

děkanka

L.S.

  
doc. Ing. Jan Trávníček, CSc.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 15. března 2005

Diplomová práce na téma: „**Obsah jodu v mléce**“, byla zpracována v rámci projektu: NAZV 1B44013/2004 s názvem: „**Regulace obsahu jodu v potravinách živočišného původu**“.

Děkuji doc. Ing. Janu Trávníčkovi, CSc. a všem pracovníkům katedry anatomie a fyziologie hospodářských zvířat za cenné rady a připomínky poskytnuté při realizaci této diplomové práce.

Zvláštní díky patří mé rodině a mým přátelům, kteří šli tuto životní etapu se mnou.

Prohlašuji, že diplomovou práci s názvem „**Obsah jodu v mléce**“ jsem vypracoval samostatně, na základě vlastních zjištění, práce a materiálů, které jsou uvedeny v seznamu literatury.

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

V Českých Budějovicích dne 24. dubna 2007

.....

## **Anotace:**

Předmětem mé diplomové práce bylo zhodnotit obsah jodu v mléčné surovině a posoudit vliv mlékárenského zpracování mléka na změny jeho obsahu. Diplomová práce přináší aktuální informace o obsahu jodu v mléčné surovině v České republice před jeho distribucí do prodejní sítě. Odběr vzorků byl prováděn v technologické lince mlékárenského podniku v průběhu dvou po sobě následujících let (2005 a 2006). Celkem bylo odebráno 174 vzorků u kterých byl obsah jodu stanoven modifikovanou metodou Sandell - Kollthofa. Průměrný obsah jodu v konzumním mléce o tučnosti 1,55% byl v roce 2005  $534,9 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  a v roce 2006  $682,0 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ .

## **Klíčová slova:**

Mléko, jod v mléce, sezóna, nadbytek jodu

## **Annotation:**

The main goal of my graduation thesis was to review the amount of iodine in raw milk and to consider how does the milk processing influence the changes of iodine's content in the milk. This graduation thesis brings current information about the iodine's content in raw milk in Czech Republic before its distribution to the market. The samples were extracted in the technology output line in the dairy works during two following years (2005 and 2006). On the whole there were taken 174 samples in which the content of iodine was set by Sandell - Kollthofa method. The average value of iodine in the market milk with 1,55% fat in the year 2005 was  $534,9 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  and in the year 2006 was  $682,0 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ .

## **Keywords:**

Milk, iodine in milk, season, iodine abundance

# OBSAH:

<b>1. ÚVOD</b> .....	10
<b>2. LITERÁRNÍ PŘEHLED</b> .....	12
2.1. Biologický význam jodu .....	12
2.1.1. Výskyt jodu v přírodě .....	12
2.1.2. Metabolický obrat jodu .....	13
2.1.3. Význam jodu pro syntézu hormonů štítné žlázy.....	14
2.2. Funkční význam jodu jako součást hormonů štítné žlázy .....	16
2.3. Potřeba jodu pro skot a jeho zdroje .....	17
2.3.1. Potřeba jodu vzhledem k užitkovosti, věku a růstu .....	17
2.3.2. Obsah jodu v krmivech .....	19
2.3.3. Doplnkové zdroje jodu .....	20
2.4. Obsah jodu v mléce a mléčné surovině .....	21
2.5. Projevy nedostatku a nadbytku jodu .....	26
2.5.1. Projevy nedostatku jodu .....	26
2.5.2. Projevy nadbytku jodu .....	28
<b>3. MATERIÁL A METODIKA PRÁCE</b> .....	29
3.1. Odběr vzorků .....	29
3.2. Základní ošetření mléka v mlékárně .....	29
3.3. Stanovení jodu v mléce.....	31
3.3.1. Reagencie.....	31
3.3.2. Postup stanovení .....	32
3.3.3. Hodnocení .....	33
<b>4. VÝSLEDKY</b> .....	34
4.1. Porovnání obsahu jodu v syrovém mléce a mléce po první pasteraci v roce 2005.....	34



4.2. Porovnání obsahu jodu v mléce po první pasteraci a ve výrobku v roce 2005.....	36
4.3. Porovnání obsahu jodu v syrovém mléce a mléce po první pasteraci v roce 2006 .....	38
4.4. Porovnání obsahu jodu v mléce po první pasteraci a ve výrobku v roce 2006.....	40
4.5. Porovnání obsahu jodu v mléce ve velko-objemových zásobnících a výrobku mezi roky 2005 a 2006 .....	41
<b>5. DISKUZE.....</b>	<b>44</b>
<b>6. ZÁVĚR .....</b>	<b>49</b>
<b>7. PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>50</b>
<b>8. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....</b>	<b>58</b>
<b>9. PŘÍLOHY .....</b>	<b>59</b>

# 1. ÚVOD

V současné době mezi celosvětová nejvýznamnější zdravotní rizika člověka řadíme nedostatek jodu. Primární a sekundární nedostatek tohoto prvku představuje celosvětový problém, zasahující především mladou lidskou populaci žijící v prostředí s nedostatečným obsahem jodu v půdě. Dle odhadu WHO - UNICEF - ICCIDD (1994) bylo ohroženo v roce 1990 onemocněním z nedostatku jodu (IDD) 1,6 miliardy obyvatel, což je jedna čtvrtina obyvatelstva naší planety, z nichž 655 milionu bylo postiženo strumou a 11,2 milionu kretenizmem. Převážnou část postižené populace tvořily nejen rozvojové země v oblastech Asie, Afriky a Latinské Ameriky, ale i rozsáhlé regiony v USA (HETZEL a PANDAV, 1996). Cílem výše uvedených organizací byla eliminace tohoto globálního problému do roku 2000. Byly zřízeny národní programy pro kontrolu IDD s programem celoplošného monitoringu saturace populace jodem především na základě obsahu jodu v moči, TSH a tyroxinu v krvi, palpačního a ultrasonografického vyšetření štítné žlázy. Ani v Evropě není problematika jodového deficitu v řadě zemí spolehlivě vyřešena a podle Mezinárodní rady pro řešení nemocí jodového deficitu (ICCIDD) je počet osob postižených onemocněními jodového deficitu i v Evropě poměrně vysoký (asi 60 miliónu lidí). Novější výzkumy WHO ukazují, že celá střední Evropa, tudíž i Česká republika, musí být pokládána za endemickou strumigenní oblast.

Naše republika leží v oblasti nedostatečného přirozeného přísunu jodu a v minulosti se u nás vyskytovali i nejtěžší projevy jeho nedostatku, například endemický kretenizmus. Zásobení jodem není ani u nás zatím vyřešeno tak, aby byl pro celou populaci zajištěn optimální přísun.

Dosavadní zavedená opatření vedla sice k částečnému zlepšení, ale nikoliv k žádoucímu efektu. Proto je třeba co nejrychleji hledat i v ČR optimální a účinné řešení dotace jodu pro obyvatelstvo. Není to samozřejmě záležitost jen léčby onemocnění vzniklých nedostatečným přísunem jodu do organismu, ale hlavně prevencí, na které se musí podílet i producenti potravin tím, že budou vyrábět a trhu nabízet část potravin svého sortimentu s vyšším obsahem jodu. Veterinární a zemědělský výzkum akceptoval iniciativu endokrinologů a hygieniků hledat způsoby a cesty jak ovlivnit nízký obsah jodu v mléce, mase a ve vejcích a rozšířit

tak podíl potravin živočišného původu podílejících se na prevenci jodového deficitu u lidí.

Jednou z možností, jak jednoduše, rychle, efektivně a hlavně účinně zvýšit přísun jodu, je plošná suplementace, pro kterou se jako nosič hodí nejlépe kuchyňská sůl. Dále je možno hledat různé zdroje jodu ze zemědělství. Mezi nejvýznamnější z hlediska obsahu jodu sem patří produkty živočišné výroby jako je maso, mléko a vejce, které jsou běžnou součástí stravy většiny lidské populace. Tím by se také částečně řešil problém jodopenie u zvířat, protože chceme-li produkovat potraviny s vyšším množstvím jodu, musíme daný prvek nejdříve ve vyšších dávkách přidávat zvířatům. Z hlediska výživy lidí znamená jodopenie u zvířat zároveň negativní aktuální snížení jodu v těchto potravinách.

Polyfaktoriální charakter příčinného pozadí jodopenie v řetězci ovzduší, půda, voda, rostliny, hospodářské zvíře, člověk podmiňuje úspěšnost profylaxe na základě interdisciplinární spolupráce.

## 2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 2.1. Biologický význam jodu

#### 2.1.1. Výskyt jodu v přírodě

Jod je velmi vzácný prvek, který se v přírodě vyskytuje pouze ve sloučeninách. Byl objeven roku 1811 francouzským chemikem Bernardem Courtoisem a v roce 1813 ho L. Gay Lussac pojmenoval podle charakteristické vlastnosti, fialové barvy, jod. Jeho mezinárodní chemická značka je „I“, atomové číslo 53 a atomová hmotnost 126,96. Patří do skupiny halogenů. Objevil jej při chemickém zpracování popela mořských rostlin a to ve formě fialových par. Tímto se zjistilo, že mořské rostliny mají velmi vysoký obsah jodu. Z jejich popela se dosud většina jodu vyrábí. Tento prvek se sice v přírodě vyskytuje ve stopových množstvích, ale je přitom poměrně rozšířený. Celkové množství jodu na naší planetě se odhaduje na miliardy tun. V zemské kůře se nachází v množství  $3 \cdot 10^{-5}\%$ , zatímco v půdě  $5 \cdot 10^{-4}\%$ . Podzolové a písčité půdy jej obsahují malé množství, zatímco černozem patří mezi půdy s vyšším obsahem tohoto mikroelementu. Výskyt jodu i ve vodách kolísá v dost širokém rozpětí. Jeho obsah závisí na různých faktorech, například na složení půdy a na atmosférických podmínkách (VELIKÝ, 1964).

V atmosféře se tento prvek nachází též v poměrně malém množství. Rozdíl v obsahu jodu ve vzduchu se zjistil v blízkosti moře a ve vnitrozemí. V  $1 \text{ m}^3$  ve vnitrozemské atmosféře je jeho obsah v průměru  $0,5 \text{ } \mu\text{g}$ , zatímco na pobřeží moří a nad oceány se vyskytuje v  $1 \text{ m}^3$  průměrně  $10 \text{ } \mu\text{g}$  jodu. Jeho množství ve vzduchu závisí i na teplotě, proudění, vlhkosti vzduchu, ale hlavně na jeho obsahu v půdě a ve vodě.

Z půdy, vody a atmosféry se jod dostává do rostlin. Jeho obsah v nich kolísá v rozsahu nepatrného množství až do  $500 - 1\,000 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  zelené hmoty. Největší obsah se zjistil v některých mořských rostlinách, kde se podařilo stanovit až  $90 \text{ mg}$  prvku ve  $100\text{g}$  sušiny. V ostatních rostlinách se množství jodu pohybuje v průměru  $10^{-6} - 10^{-7}\%$ . Obsah jodu je obecně vyšší v seně a v silážovaných

objemných krmivech, než v zelené hmotě a zrninách. Existují určité limitující faktory, jako jsou například pH půdy nebo obsah chloridů. Při nárůstu jejich hodnot klesá využití jodu rostlinami (RICHTER a MERZWEILER, 1986). Výrazněji se jod nalézá i v některých minerálních a naftových vodách, v uhlí apod. V pletivech a tkáních živých organismů se vyskytuje zejména ve formě rozličných organických sloučenin (JANČA, 1993).

### 2.1.2. Metabolický obrat jodu

Forma jodu, ve které je přiváděn do organismu, je jednou z rozhodujících podmínek jeho účinnosti. Kromě rychlosti degradace a resorpce je ovlivněna i jeho využitelnost organismem (PHILLIPS et al., 1988).

Jod je nejlépe absorbován v anorganické jodidové formě v gastrointestinálním traktu (McDOWELL, 1992). U přežvýkavců je 70 - 80% denního příjmu jodidu absorbováno v batoru a dalších 10% ve slezu (MILLER et al., 1975). Zpětná sekrece jodidu ve slezu je reabsorbována z tenkého a tlustého střeva.

Jod ve sloučeninách a elementární jod ( $I_2$ ) je relativně nerozpustný v batorové tekutině a je absorbován až ve slezu. U člověka a dalších savců je většina jodu vstřebávána především v tenkém střevě (LARRY a IVES, 1991).

Jodid je také snadno absorbován v plicích a kůži. Dle CONRAD a HEMKEN (1978) se při použití jodoforů zvyšuje obsah jodu v mléce o 8 - 10  $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ . MILLER et al. (1975) experimentálně prokázal, že maximální koncentrace jodu v extratyroidální tkáni dosahuje pouze 0,006 - 0,04 z koncentrace radiojodu ve štítné žláze na jednotku hmotnosti.

Jod je vylučován ze 40% močí, 30% výkaly, 8% mlékem a v menší míře potem (MILLER et al., 1975; UNREDWOOD, 1977). Úroveň vylučování jodu močí koreluje s obsahem v krevní plazmě (HEMKEN, 1980). ZHENG (1989) zjistil pozitivní korelaci mezi obsahem jodu v pitné vodě ( $400 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ ) a močí ( $890 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$  kreatinu) v endemické oblasti s výskytem strumy způsobené nadbytkem jodu. Obsah jodu v moči je v přímém vztahu k jeho obsahu přijímaném potravou. Je tedy důležitým ukazatelem saturace organismu, přičemž u skotu a malých přežvýkavců svědčí o nedostatečné suplementaci jodurie pod  $100 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  močí

(BOBEK, 1998). HERZIG et al. (1996) prokázali stanovením koncentrace jodu u krav mírný deficit jodu u 68,9% ze 672 vzorků vyšetřených na území České republiky.

Metabolismus a exkrece jodu jsou ovlivněny i přítomností strumigenů. Strumigenních látek je dnes známo mnoho a podle toho, který z metabolických dějů při přeměně jodu v štítné žláze zasahují, rozeznáváme několik typů:

- Do první skupiny patří látky inhibující aktivní transport jodu přes membránu folikulárních buněk. Jsou to thiokyanáty, chloristany, chlorečnany, jodičnany, dusičnany a produkty hydrolýzy glukosinolátů (KALAČ a MÍKA, 1997).
- Druhou skupinu tvoří deriváty thiomočoviny a jiné sloučeniny. Tyto strumigeny blokují v těle peroxidázy, které jsou nezbytné pro uvolňování elementárního jodu z jodidů, a tudíž nemůže docházet k jodaci tyrozinu a následně syntéze  $T_3$  a  $T_4$ . I když někteří autoři ve svých studiích popisují i jiné působení strumigenních látek, výsledek je vždy stejný - narušení činnosti a vnitřní stavby štítné žlázy (HRNČIAR et al., 1982).

V současné době nabývá na významu problematika rostlinných strumigenů, hlavně ve vztahu ke zvýšení produkce některých krmných plodin. Mimo endemické regiony se sníženým obsahem jodu v půdě, vodě a plodinách, může dojít k relativnímu nedostatku tohoto prvku při krmení velkými dávkami strumigenních krmiv jako jsou např. kapusta, hořčice, řepka (pokrutiny) a luštěniny obsahující thiokyanáty. Tyto glykosidy mají zřejmě pro rostliny ochranný charakter a zároveň představují i zásobárnu síry. (RAO a LAKSHMY, 1995).

Příjem thiokyanátů snižuje vylučování jodu trávicím traktem a klesá sekrece výkaly na 11%, zatímco sekrece močí se zvyšuje na 46% (MILLER et al., 1975). SCHÖNE et al. (1999) zaznamenali pokles koncentrace jodu v mléce prasnic při zátěži dosahující  $10 \text{ mmol glukosinolátů} \cdot \text{kg}^{-1}$  krmiva.

### **2.1.3. Význam jodu pro syntézu hormonů štítné žlázy**

Štítná žláza patří mezi žlázy bez vývodu, mezi žlázy s „vnitřní sekrecí“ (žlázy endokrinní), které svůj sekret odvádějí do krevního proudu. Štítná žláza není sice pro život nepostradatelná, nicméně její význam pro organizmus je veliký. V dětství ovlivňuje tělesný i duševní vývoj. U jedince je nejvíce patrný její vliv na

výměnu látek: výměšek štítné žlázy zrychluje okysličovací děje, takže stoupá spotřeba kyslíku i tvorba tepla. Podle spotřeby kyslíku, zjišťováním „basálního metabolismu“ lze určit stupeň činnosti štítné žlázy. Jod je všeobecně uznávaným esenciálním prvkem. Průměrné množství tohoto prvku v živočišném organismu kolísá v rozpětí od  $10^{-5}\%$  do  $10^{-4}\%$ . Jeho obsah v organismu závisí na jeho přísunu, a to hlavně potravou, ale také i ovzduším. Rozdělení jodu v jednotlivých orgánech a tělních tekutinách živočišného těla není stejné. Některé orgány, zejména štítná žláza, hromadí poměrně vysoké množství tohoto prvku. Z celkového množství jodu v organismu se ve štítné žláze kumuluje více než 50%. Asi 1% tohoto jodu ve štítné žláze se nachází v anorganické formě ( $J^{-1}$ ). Ostatní množství je ve formě sloučenin. Anorganická forma jodu ve štítné žláze je v porovnání s jeho množstvím v krvi nepatrná, kde se jeho obsah pohybuje v rozmezí 25 - 40%. Štítná žláza není jen orgánem, který kumuluje jod v organismu, ale také má funkci v biosyntéze organických sloučenin, nejvíce ve formě účinných hormonů (SOVA, 1988).

V dutinách váčků štítné žlázy se nachází koloid s obsahem bílkoviny tyreoglobulinu. Funkce štítné žlázy je plně závislá na přítomnosti jodu ve vodě a potravě. Její epitel vstřebává jod z krve a ukládá jej do koloidu, kde spolu s aminokyselinou tyrozinem se stává podkladem pro tvorbu hormonů. Štítná žláza dokáže nahromadit při vysoké aktivitě až 500x více jodu, než obsahuje krev. Z tyreoglobulinu se syntetizují dva hormony a to tyroxin a trijodtyronin.

**Tyroxin (T4)** je v krvi vázán na specifickou bílkovinu, z níž se uvolňuje do buněk tkání a orgánů. Štěpí se ve všech tkáních a tím se rovněž zvyšuje produkce energie a tvorby tepla. Je nezbytný pro běžnou činnost nervové soustavy (mozku), aktivizuje činnost srdce a vstřebávání ve střevním traktu.

**Trijodtyronin (T3)** působí stejně jako tyroxin, jen poněkud rychleji, protože kromě vazby na specifickou bílkovinu se nachází v krvi také volně.

Kromě uvedených hormonů vylučuje štítná žláza z C-buněk hormon kalcitonin, který reguluje hladinu vápníku v krvi. Činnost štítné žlázy je řízena tyreotropním hormonem (TSH) hypofýzy, mechanismem zpětné vazby a kromě toho je ovlivněna množstvím přijatého jodu (MIHOLOVÁ, 1976).

## 2.2. Funkční význam jodu jako součást hormonů štítné žlázy

Biosyntéza hormonů štítné žlázy je ovlivněna hladinou jodu v organizmu, tyreotropním hormonem hypofýzy a řadou dalších faktorů (HANČ a PÁDR, 1982). Proces biosyntézy hormonů štítné žlázy probíhá plynule a nepřetržitě, přičemž se jednotlivé reakce časově prolínají.

Základní účinky hormonů štítné žlázy jsou dva - růstový (proteosyntetický) a metabolický (VRZGULA et al., 1990).

Hlavní účinek hormonů štítné žlázy je metabolický: zvyšuje přeměnu látek a spotřebu kyslíku ve všech tkáních těla, kromě mozku, sleziny, varlat, vaječnicků a lymfatických uzlin, kde nejsou příslušné receptory. V důsledku působení hormonů štítné žlázy se zvyšuje krvetvorba, zrychlují se reflexní odpovědi, bazální metabolismus stoupá, mizí zásoby glykogenu v játrech, zvyšuje se hladina krevní glukózy a hladina dusíkatých látek v krvi a nastává jejich zvýšený výdej močí, tělesná hmotnost klesá. Snižuje se množství lipidů v plazmě. Tyroxin dále zasahuje do metabolismu vody a solí (VRZGULA et al., 1990).

Hormony štítné žlázy jsou nezbytné pro normální vývoj a funkci centrální nervové soustavy. U zvířat po tyreoidektomii se těžko vytvářejí podmíněné reflexy a jejich upevnění je téměř nemožné (BOĎA et al., 1990).

Štítná žláza skotu obsahuje přibližně 21,3%  $T_4$  a 4%  $T_3$ . Tyroxin má silný galaktopoetický účinek, ale není pro galaktopoézu nevyhnutelný. Jeho přidávání dojnicím do krmiva zvyšuje produkci mléka o 10 - 20% hlavně tehdy, jestliže se současně zvýší i příjem energie. Konzumace takového mléka však není přípustná (VRZGULA et al., 1990).

Normální funkce štítné žlázy a dostatečná saturace organizmu jodem je nezbytná také pro správnou funkci pohlavních žláz.

Tyreoidální hormony stimulují střevní resorpci, hepertyreóza se projevuje nadměrnou žravostí (přitom však zvíře hubne v důsledku zvýšených oxidačních pochodů), hypothyreóza způsobuje nechutenství (BÍREŠ, 1993).

Tyreoidální hormony ovlivňují růst a vývin většiny tkání, jsou nepostradatelné například pro normální růst a vývin kostí (pro osifikační centra epifýz).



Pod vlivem tyroxinu se vylučuje růstový hormon (STH) z adenohypofýzy. Tyroxin stimuluje vývoj kůže a jejích derivátů (chlupů, peří), zvyšuje ukládání pigmentů v kůži. Při hypofunkci je kůže zbytnělá a hrubá. U ptáků urychluje tyroxin přepeření a způsobuje růst neúplně diferencovaného, nadměrně vyvinutého peří (VRZGULA et al., 1990).

Dle TIIRATS (1997) se mění produkce tyreoidálních hormonů v krevní plazmě plemenic skotu v závislosti na fázi laktace. Na počátku laktace byly zjištěny významně nižší hodnoty  $T_4$  ( $45,1 \text{ nmol} \cdot \text{l}^{-1}$ ) než v pozdní fázi ( $56,7 \text{ nmol} \cdot \text{l}^{-1}$ ) a u suchostojných plemenic ( $64,3 \text{ nmol} \cdot \text{l}^{-1}$ ). Hodnoty  $T_3$  byly významně vyšší na počátku laktace ( $1,9 \text{ nmol} \cdot \text{l}^{-1}$ ) než v pozdní fázi a u suchostojných plemenic ( $1,71 \text{ nmol} \cdot \text{l}^{-1}$ ). Naopak BROUČEK et al. (1991) zaznamenali významně vyšší hladiny  $T_3$  v druhé polovině laktace ( $0,8 \text{ nmol} \cdot \text{l}^{-1}$ ) než v první polovině ( $0,63 \text{ nmol} \cdot \text{l}^{-1}$ ). Zároveň zaznamenali významné rozdíly koncentrace trijodtyroninu u vysokoprodukčních dojnic (6162 kg) a dojnic s nižší produkcí (4624 kg). Největší rozdíly byly zaznamenány v 7. - 9. měsíci laktace ( $0,61$  oproti  $0,79 \text{ nmol} \cdot \text{l}^{-1}$ ). V obsahu  $T_4$  byly zaznamenány významné rozdíly při prvním a posledním sledování v období mezi 7. - 9. měsícem ( $52,6$  oproti  $71,9 \text{ nmol} \cdot \text{l}^{-1}$ ).

TIIRATS (1997) uvádí, že koncentrace hormonů negativně koreluje s produkcí mléka ( $T_4$   $r = -0,51$ ;  $rT_3$   $r = -0,47$ ;  $T_3$   $r = -0,32$ ). BROUČEK et al. (1991) rovněž zaznamenali negativní závislost mezi  $T_3$  a  $T_4$  a dojivostí za 180 a 305 dní ( $r = -0,41$ ;  $r = -0,65$ ).

## **2.3. Potřeba jodu pro skot a jeho zdroje**

### **2.3.1. Potřeba jodu vzhledem k užitkovosti, věku a růstu**

Nároky na přísun jodu jsou ovlivněny řadou faktorů. V některých fyziologických obdobích života hospodářských zvířat (pohlavní dospívání, březost, laktace) potřeba jodu přirozeně stoupá v souvislosti se zvýšenými požadavky, které jsou na štítnou žlázu kladeny. Podobně i v konečném důsledku šlechtitelského programu a stále rostoucí užitkovostí zvířat je možné spatřovat příčinu zvyšujících se nároků na přívod jodu, které jsou navíc podporovány

i zátěžemi ovlivněnými velkovýrobními technologiemi. Nezbytná úroveň příjmu jodu také závisí na interakcích s jinými minerálními látkami v organismu, na expozici jedince faktorům negativně intervenujícím v metabolismu jodu a činnosti štítné žlázy a rovněž na věku a pohlaví (HENNIG, 1992; SOMMER et al., 1994; POHUNKOVÁ et al., 1988).

Nutriční požadavky jednotlivých druhů hospodářských zvířat se liší v závislosti na kategorii zvířat, laktaci, fázi reprodukčního cyklu. Laktující zvířata mají vyšší požadavky na jod vzhledem k jeho 8 - 10% vylučování v mléce (MILLER, 1975).

Dle normy ARC (1980) a NRC (1984 - 1989) (McDOWELL, 1992; tab. 1) byl adekvátní příjem jodu pro přežvýkavce v období gravidity a laktace  $0,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  sušiny krmiva. V pracích dalších autorů se doporučuje zvýšení dávky na  $0,8 - 1,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  sušiny pro březí a laktující plemenice (ANKE, 1985; BLOOD a RADOSTIS, 1989), což je v souladu i s ČSN 467070. Dle SOMMERA et al. (1994) na 1 kg mléka připadá 0,3 mg jodu při roční užitkovosti nad 4 000 kg mléka a tučnosti 3,6 - 4%.

Ve srovnání s přežvýkavci, především v období laktace, jsou požadavky prasat a drůbeže nižší.

Tab. 1 Požadovaný příjem jodu hospodářských zvířat (McDOWELL, 1992)

Druh	Kategorie	Požadavek ( $\text{mg I} \cdot \text{kg}^{-1}$ sušiny)
Skot masný	Všechny kategorie	0,5
Skot mléčný	Laktující	0,5
	Mladý skot	0,25
Ovce	Všechny kategorie	0,10 - 0,80
Prasata	Všechny kategorie	0,14
Slepice	Nosný typ	0,30 - 0,35

Denní potřeba jodu pro ovce dle SLANINY a SOKOLA (1991) činí  $0,2 - 0,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  sušiny krmiva. McGRATH et al. (1990) doporučuje na 1 kg krmné dávky  $0,15 \text{ mg}$  jodu.

Pro nosnice je normovaná spotřeba uváděna v rozmezí  $0,35 - 0,50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  krmné směsi (ZELENKA et al., 1993).

Přesná denní potřeba jodu není zatím pro jednotlivé druhy zvířat stanovena. Diety, které obsahují jod v koncentracích  $0,1 - 0,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , jsou všeobecně považovány za vyhovující. (PHILLIPS, 1982). Krávy krmené v průměru  $16 \text{ mg}$  jodu denně měly hladinu jodu v mléce výrazně nižší, než krávy krmené v průměru  $164 \text{ mg}$  na den (CONVEY, 1977). Laktující zvířata mají zvýšenou potřebu, protože jod je sekretován mlékem. Orientační potřeba jodu je pro dojnice  $0,8 \text{ mg}$  na  $\text{kg}$  sušiny krmiva a  $0,6 \text{ mg}$  na  $\text{kg}$  mléka (SOMMER et al., 1994).

### 2.3.2. Obsah jodu v krmivech

Z krmiv rostlinného původu jsou nejkudší na jod zrninové koncentráty, sójový a řepkový šrot a píce (GROPPEL et al., 1991). Jeho obsah je dán především druhem a částí zkrmované plodiny (SOMMER et al., 1994, tab. 2). Koncentrace se dále mění dle způsobu zpracování a konzervace zelené hmoty (ANKE et al., 1993, tab. 3). TRÁVNÍČEK et al. (2004) analyzovali v průběhu let 1997 - 2001 34 vzorků objemných krmiv. Nejvyšší obsah jodu zjistili v travních silážích ( $213,3 \pm 169,3 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  sušiny), nejnižší v kukuřičné siláži ( $110,0 \pm 97,2 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) a v seně ( $112,1 \pm 93,9 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ). Pastervní porost obsahoval v průměru  $148,9 \pm 105,1 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  sušiny. Krmiva původem z podhorských oblastí západních Čech (geologické podloží krystalické břidlice a vyvěřeliny starší žuly) obsahovala více jodu než krmiva z podhorských oblastí jižních Čech (geologické podloží v převaze krystalické břidlice). Největší rozdíl v obsahu jodu v závislosti na původu krmiva byl u sena: západní Čechy  $168,0 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , jižní Čechy  $78,0 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  sušiny ( $P < 0,01$ ). Obsah jodu v pastervní porostu byl ovlivněn sezonou. V období od května do července obsahoval pastervní porost  $101,3 \pm 73,6 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  sušiny a v období srpna až října  $214,5 \pm 107,3 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  sušiny ( $P < 0,01$ ).

Tab. 2 Obsah jodu v plodinách -  $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  sušiny (SOMMER et al., 1994)

Plodina	Zelená píce	Semeno
Pšenice	40 - 90	60 - 360
Žito	470	80
Ječmen	120 - 290	50
Oves	140 - 670	110
Kukuřice	120 - 260	160
Vojtěška	160 - 330	-

Tab. 3 Obsah jodu v plodinách -  $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  sušiny (ANKE et al., 1993)

Plodina	Zelená píce		Siláž	
	x	S <sub>x</sub>	x	S <sub>x</sub>
Červený jetel	58	16	111	28
Travní porost	59	24	104	42
Kukuřice	66	22	91	18
Tuřín - list	196	97	383	145

### 2.3.3. Doplnkové zdroje jodu

Z chemického hlediska je možné sloučeniny jodu určené k suplementaci rozdělit na anorganické a organické. Mezi anorganické sloučeniny jodu používané jako doplňkový zdroj jodu u hospodářských zvířat patří jodid draselný a sodný a jodičnan draselný, sodný a vápenatý. Z organických sloučenin je to pak etylendiamindihydrojodid (EDDI) a jodované nasycené mastné kyseliny jako součást přípravku Produktan J 40 registrováno v ČR (BEKEOVÁ et al., 1998).

V minulosti byla provedena řada studií, v nichž byla sledována zejména stabilita a využitelnost jodu z jednotlivých chemických sloučenin. Z pohledu stability se jeví jako problematické zejména anorganické jodidy a jodičnan vápenatý v porovnání s jodičnanem draselným a organickými sloučeninami jodu (McDOWELL, 1992; UNDERWOOD, 1977). Z hlediska využitelnosti svědčí dosavadní znalosti ve prospěch organických sloučenin jodu. BEKEOVÁ et al.

(1998) uvádí, že jodované nenasycené mastné kyseliny jsou účinnější formou jodu v prevenci funkčních poruch štítné žlázy z nedostatku jodu než KI. Při použití EDDI jako doplňkového zdroje jodu byl pozorován jeho podstatně vyšší přestup z KD do mléka v porovnání s organickými sloučeninami jodu (BOBEK et al., 1997).

V současné době převážná většina výrobců minerálních směsí v ČR ustoupila od používání jodidu draselného pro špatnou stabilitu a vazbu s některými substráty a dotuje jod ve formě jodičnanu vápenatého (KRÁSA, 2000). V poslední době jsou pro zvýšení využitelnosti jodu používány také přípravky obsahující kombinace tuků s jodem, tzv. jodované tuky (ŠIMEK, 1993).

## 2.4. Obsah jodu v mléce a mléčné surovině

Obsah jodu v mléce je ovlivněn chemickou formou jodu v krmné dávce, fází laktace, ročním obdobím, strumigeny a použitím jodoforů. Průměrný obsah jodu v mléce  $442,5 \pm 185,6 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  zjistil v roce 2005 TRÁVNÍČEK et al. (2006). U ovcí je ukazatelem karence pokles obsahu jodu v mléce pod  $79 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  (GROPPEL et al., 1991). Dle MILLERA (1975) dojnice vylučují do mléka méně jodu než samice jiných druhů hospodářských zvířat. Účinný systém recyklace jodu přes gastrointestinální trakt umožňuje u dojnic ochranu před deficitem jodu. Vzájemnou závislost mezi příjmem jodu a jeho koncentrací v plazmě a mléce prokázali McCOY et al. (1997), kteří zaznamenali nízký obsah jodu v krevní plazmě  $10 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  a mléce  $29,4 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  u březích plemenic přijímajících  $0,06 \text{ mg l} \cdot \text{kg}^{-1}$  sušiny v porovnání se skupinou přijímajících  $1,4 \text{ mg l} \cdot \text{kg}^{-1}$  sušiny, kdy se obsah jodu v plazmě pohyboval v rozmezí  $55 - 60 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  a v mléce  $378,2 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ .

Vlivem sezóny na obsah jodu v mléce se zabývali DAHL et al. (2003). V syrovém kravském mléce z různých oblastí Norska zjistili v zimním období dvojnásobné množství jodu ve srovnání s letními měsíci ( $127 \mu\text{g l} \cdot \text{l}^{-1}$  oproti  $60 \mu\text{g l} \cdot \text{l}^{-1}$ ). V mléce s nízkým obsahem tuku stanovili rovněž méně jodu v letním období ( $63-122 \mu\text{g l} \cdot \text{l}^{-1}$ ) než v zimě ( $103-272 \mu\text{g l} \cdot \text{l}^{-1}$ ). Sezónní změny v obsahu jodu v mléce jsou dávány do souvislosti s nižším obsahem jodu v letních krmných dávkách. Ztrátou vody při konzervování rostlinné hmoty se obsah jodu zvyšuje. Seno a silážovaná krmiva mají více jodu než původní zelená hmota (HERZIG a SUCHY, 1996; BOBEK, 1998). Obsah jodu v objemných krmivech je ovlivněn i obdobím sklizně. V období května až července byl

průměrný obsah jodu v pastevních porostech v jihozápadních Čechách  $101,3 \pm 73,6$ , v srpnu až říjnu  $214,5 \pm 107,3 \mu\text{g l}^{-1}$ . Ke značné proměnlivosti obsahu jodu v objemných krmivech přispívají i klimatické vlivy, které podmiňují významné meziroční rozdíly (TRÁVNIČEK et al., 2004).

Nezanedbatelný je rovněž vliv fáze laktace. Se snižující se produkcí mléka v pokročilejších stádiích laktace bylo pozorováno zvyšování obsahu jodu v mléce (MILLER et al., 1975). BERG et al. (1988) zjistili, že dojnice na první laktaci měly tendence ke značně vyšším koncentracím jodu v mléce než ostatní.

Rovněž na území České republiky se deficit jodu v objemných krmivech projevil poklesem jeho úrovně v mléce. Ve vybraných lokalitách ČR nedosahovalo na konci osmdesátých let doporučenou koncentraci  $100 \mu\text{g jodu} \cdot \text{l}^{-1}$  mléka 83,7% dojnic (KURSA et al., 1998). Na počátku devadesátých let zaznamenaly KROUPOVÁ a BROŽOVÁ (1986) průměrný obsah jodu v mléce  $80 \pm 19,05 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ , přičemž nedostatek jodu v objemných krmivech byl do jisté míry kompenzován použitím jodoforů a minerálních krmných přísad. Účinek doplňkové suplementace jodem v endemických oblastech vyplývá i ze studií ANKE et al. (1994), kteří prokázali v regionech Německa při dlouhodobém celoplošném příjmu  $10 \text{ mg l} \cdot \text{kg}^{-1}$  sušiny vzestup jeho obsahu v mléce krav z  $17 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  na  $81 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  mléka. Obdobný vzestup obsahu jodu v mléce po plošné suplementaci jodu v minerálních krmných přísadách zaznamenali v letech 1997 - 1999 KROUPOVÁ et al. (2001). U 18,7% chovů byla zjištěna úroveň jodu v mléce převyšující  $200 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ . Byly jim podávány různé minerální krmné přísady obohacené jodem od různých výrobců s průměrným obsahem jodu  $15 - 150 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Tyto hodnoty lze považovat za projev nadbytku jodu v souvislosti s jeho zvýšeným příjmem v rozmezí  $10 - 30 \text{ mg}$  na kus a den.

Obsah jodu v kolostru je vyšší než obsah jodu v mléce. AUMONT et al. (1989) experimentálně zjistil v závislosti na obsahu jodu v krmné dávce ovcí 1,5 - 6,7 x vyšší hladinu jodu v kolostru, než byla průměrná hodnota v mléce.

Vztah mezi obsahem jodu v krmné dávce a v mléce lze vyjádřit korelačním koeficientem 0,66 (MAAS et al., 1989). V souvislosti s podáváním minerálních krmných přísad s obsahem jodu  $20 - 150 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  sušiny zaznamenali KROUPOVÁ et al. (2001) vzestup jodu v mléce krav na hodnoty vyšší než  $200 \mu\text{g l} \cdot \text{l}^{-1}$  s maximem  $596,2 \mu\text{g l} \cdot \text{l}^{-1}$ . TŘINÁCTÝ et al. (2001) při suplementaci jodu (ethylenediamine dihydroiodide) na úrovni 250% denní potřeby zjistili v mléce

dojených krav  $594,8 \pm 178,1 \mu\text{g l} \cdot \text{l}^{-1}$ . Při stejné dotaci jodu za současného příjmu řepkového šrotu v množství  $270 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  směsi poklesla koncentrace jodu v mléce na  $209,4 \pm 145,3 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ .

Při stanovení obsahu jodu v mléce některých evropských zemí byl signifikantně nejvyšší obsah jodu stanoven v distribuční síti ČR, pak následuje mléko distribuované ve Velké Británii, Slovensku, dále Francii, Belgii, Spolkové republice Německo, Polsku a Švýcarsku (viz tab. 6). Stále zvyšující se trend obsahu jodu v mléce uvádí v literatuře i Německo, ale obsah jodu v mléce ani trend nárůstu není tak výrazný a významný jako v ČR. Zvyšující se obsah jodu v mléce v ČR se sleduje již od r. 1997, kdy došlo k vzestupu ze 140 až na  $472 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  v r. 2005 (viz tab. č. 4). Všechny výsledky byly získány na pracovišti Zdravotního ústavu v Ostravě (RYŠAVÁ et al., 2005).

Denní doporučená dávka jodu pro většinovou populaci (děti nad 12 let a dospělí) dle WHO - UNICEF - ICCIDD činí  $150 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  (r. 2001). Podle výživových doporučení bychom měli přijmout 2 mléčné dávky za den, což představuje cca 0,4 litry mléka v podobě mléka jako takového nebo mléčných výrobků. V tabulce č. 5 je vypočteno, jakou měrou se podílí mléko na naplnění DDD (doporučená denní dávka) pro jod u nás a ve sledovaných okolních zemích. Z literárních zdrojů stanovená hodnota 35% v SRN a 24% ve Švýcarsku odpovídá publikovaným údajům v literatuře (RYŠAVÁ et al., 2005).

Tab. 4 Obsah jodu v mléce v distribuční síti v ČR v letech 1997 - 2005 (RYŠAVÁ et al., 2005)

<b>Rok</b>	<b>Obsah jodu v mléce (<math>\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}</math>)</b>
<b>1997</b>	140
<b>2002</b>	300
<b>2004</b>	460
<b>2005</b>	472

Tab. 5 Naplnění DDD mlékem v ČR a Evropě (RYŠAVÁ et al., 2005)

<b>Stát</b>	<b>Obsah jodu v mléce (<math>\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}</math>)</b>	<b>Naplnění DDD mlékem (%)</b>
<b>ČR</b>	472	126
<b>Velká Británie</b>	325	87
<b>SR</b>	240	64
<b>Francie</b>	207	55
<b>Belgie</b>	158	42
<b>SRN</b>	130	35
<b>Polsko</b>	90	24
<b>Švýcarsko</b>	90	24



Tab. 6 Obsah jodu v mléce různých evropských producentů (RYŠAVÁ et al., 2005)

Původ	Název výrobku	Tuk (%)	Druh	Obsah jodu ( $\mu\text{g l}^{-1}$ )	Průměr ( $\bar{x}$ )
Polsko	Kościan	3,2	Mléko ošetřené vysokou teplotou	93	90
	Ekomleko	3,2		90,3	
	Hej!	2		86	
Německo	H-VOLL-MILCH	3,5		130	130
	Minus L	3,5		137	
	Die leichte Muh	1,7		93,1	
	Becel pro-activ	0,8		159	
Velká Británie	Rachel's organic	1,7		345	325
	Semi skimmed	1,7		305	
	Soya	1,9		32	
Francie	Windy	1,6		192	207
	LAIT demi-écréme	1,6		221	
Belgie	CAMPINA LAIT DEMI ÉCRÉME	1,6		158	158
Švýcarsko	M-Drink	2,8		79	90
	Milch Lait Latte	2,7		86	
	Drink	2,7	106		
Slovensko	Polotučné mlieko	1,5	243	240	
	MILLI	1,5	310		
	TESCO mlieko	1,5	227		
	Horské mlieko polotučné	1,5	180		
Česká republika	Tatra mléko trvanlivé lahodné	3,6	Pasterované	421	472
	Trvanlivé mléko odtučněné	0,5		538	
	Jihočeské mléko polotučné trvanlivé	1,5		601	
	Lahodné jihočeské polotučné	1,5		413	
	Lahodné jižní mléko polotučné	3,5		387	

## 2.5. Projevy nedostatku a nadbytku jodu

### 2.5.1. Projevy nedostatku jodu

Hospodářská zvířata jsou ideálním indikátorem nedostatku jodu pro určité území především proto, že přijímají krmivo v oblasti, ve které žijí. Důsledkem nedostatku jodu je deficit hormonu štítné žlázy, což se odráží ve snížení všech metabolických aktivit v těle. Syndrom deficitu - struma, je nejběžněji manifestován u narozených a mladých, rostoucích zvířat (McDOWELL, 1992).

Zhoršenou činnost štítné žlázy je třeba dát do souvislosti především s nedoceneným významem minerální výživy, restriktivními opatřeními v krmné technice, větším přívodem přirozených a "antropogenních" strumigenů v krmivu a pitné vodě (HENNIG, 1992).

Klinické projevy deficitu jodu u krav jsou charakterizovány aborty a mrtvě narozenými telaty, poruchami puerperia a prodlouženou involucí pohlavních orgánů, funkčními poruchami ovarií, zvýšeným výskytem endometritid a sníženou fertilitou (McDOWELL, 1992).

Nedostatek jodu a následně s tím spojený deficit tyroxinu vyvolává u zvířat pomalý růst, nechutenství a snížení doживosti (BOŽA et al., 1990). Výsledky sledování padesáti stád krav v jižním Irsku naznačují možnost kolísání hladiny jodu v krvi v průběhu roku. Velmi nízká hladina jodu ( $< 25 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ) byla zjištěna u 30% stád na jaře a u 70% na podzim (MEE et al., 1994).

Mimo endemické regiony se sníženým obsahem jodu v půdě, vodě a plodinách může dojít k relativnímu nedostatku jodu při krmení velkými dávkami strumigenních krmiv, např. kapusty, hořčice, řepky (pokrutiny) a luštěnin, obsahujících thiokyanáty a thionil-thioxolidon. Enviromentální strumigeny mohou být i humnové kyseliny v pitné vodě (HUANG et al., 1994).

Také glukosinoláty v řepkových pokrutinách vyvolávají vedle snížené chutnosti hypothyreózu. V experimentálních studiích byly pod vlivem strumigenů thiokyanáty zjištěny biochemické změny, související s rozvojem mozku. Přídavek thiokyanátů do potravy, zbavené jodidu draselného, vyvolal u pokusných krys významné snížení hladiny cirkulujícího tyroxinu. Signifikantně nižší byl i obsah nukleových kyselin a bílkovin v některých oblastech mozku (RAO a LAKSHMY,

1995).

Rostoucím prasatům byl při zkrmování směsi s řepkovým šrotem prokázán snížený příjem krmiva, retardace růstu a klinická hypotyreóza. Dále bylo zjištěno narušení metabolismu zinku, snížení hladiny vitamínu A v séru a akumulace mědi v játrech (SCHÖNE, 1999). Obsah glukosinolátů nižší než  $2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  směsi nenarušuje příjem krmiva, méně než  $1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  směsi neovlivňuje hmotnost štítné žlázy, nicméně stoupají požadavky na suplementaci jodu. Suplementace jodu může zmírnit antityreodní působení glukosinoláty, ale jen jejich nízká koncentrace v krmivu (pod  $0,7 \text{ mmol} \cdot \text{kg}^{-1}$  krmiva) nenaruší funkci štítné žlázy. Jod nepůsobí preventivně při vysokém příjmu glukosinoláty (SCHÖNE et al., 1999).

Rozdrcením řepkových semen se uvolní produkty hydrolyzující glukosinoláty. Extruze semen řepky a ječmene zvyšuje růst prasat, využitelnost krmiva a stravitelnost proteinů, eliminuje rozdíly v nutriční hodnotě mezi variantami s vysokým a nízkým obsahem glukosinolátů a eliminuje hypotyreodizmus vyvolaný řepkou (HUANG et al., 1995).

Obdobně mohou působit i další přirozené, resp. "antropogenní" strumigeny jako dusičnany, jodičnany, chloristany, lithium, deriváty aniline, kyselina p-aminobenzoová, fenothiazin, sulfonoamidy, antibiotika, některé pesticidy a insekticidy, polychlorované bifenyly, ftalátové estery, nedostatek hořčíku, zinku a selenu a řada dalších faktorů. Jednomocné aniony (dusičnany, dusitany, jodičnany a jiné) se velikostí a nábojem podobají jodidu, a tímto způsobem, tj. kompeticí, interferují s vychytáváním jodu ve štítné žláze (PISARŇÍKOVÁ et al., 1995).

Další příčina hypotyreózy souvisí s množstvím selenu, který je obsažen v jodtyroninu 5-dejodáze, která je zodpovědná za periferní produkci trijodtyroninu. V pokročilejším věku dochází ke snížení periferní přeměny tyroxinu na trijodtyronin. Z analýz nutričních situací, způsobu obhospodařování půdy a s tím související využitelnosti jodu pícninami je zřejmé, že příčinné pozadí nedostatku jodu v krmivech tvoří souběh záporných faktorů na úrovni ovzduší - půda - rostlina - živočišný organizmus. K tomu přistupuje zvýšená potřeba jodu, potencovaná stupňovanou užitkovostí a zátěžemi velkovýrobních technologií (PHILLIPS et al., 1982).

## 2.5.2. Projevy nadbytku jodu

Nadbytek jodu přichází v úvahu především při chybné manipulaci s minerálními krmnými doplňky nebo při záměrné dotaci jodu do krmiva. Trvalejší přebytek v krmivu vyvolá jodizmus, který se klinicky projevuje slzením, rýmou, kašlem, zježenou srstí, později intermitentní horečkou, dermatitidou až exitem (NEWTON a CLAWSON, 1974). Přebytek hormonů může vést až ke zvýšenému energetickému výdeji a dochází k ubývání na hmotnosti - hubnutí. Zvyšuje se srdeční frekvence, tepový a minutový objem, amplituda krevního tlaku. Hypertyreóza nebo předávkování preparáty štítné žlázy může redukovat kostní hmotu a urychlovat osteoporózu (SCHREITER, 1979). U rostoucích telat a selat je nutné k vyvolání toxicity více než 500ti násobné zvýšení doporučených hladin (NEWTON a CLAWSON, 1974). Citlivost podle druhů zvířat není stejná a i v populaci stejného druhu existují individuální rozdíly. Při podávání jodu telatům v množství 250krát větším než je potřeba, byl snížen příjem krmiva, ale nedošlo k onemocnění nebo k úhynu zvířat (FISH a SWANSON, 1982). Experimentální podávání vysokých hladin organicky vázaného jodu (50 mg · EDDI/den) ovlivnilo negativně humorální a buněčnou imunitu telat, což naznačuje nutnost sledovat z tohoto pohledu i populaci lidí (HAGGARD et al., 1980).

JENKINS a HIDIROGLOU (1990), kteří sledovali toxicitu jodu u telat, navrhli maximální hladinu v krmivu telat 10 ppm, což je 40-ti násobek potřeby.

Při otravách se doporučuje aplikovat preparáty obsahující železo. Intoxikace jodem připadá také v úvahu především při nesprávné aplikaci léků obsahující tento prvek. Jsou to např. některé antibakteriální přípravky. Jestliže názory odborníků na optimální množství denního příjmu jodu se dosti lišily, pak totéž, ale v daleko větší míře platí i o minimálních toxických dávkách jodu pro hospodářská zvířata. I zde hraje velkou roli množství exogenních a endogenních faktorů těžko definovatelných, které značně ovlivňují rozpětí hodnot přijatého jodu, při kterém jednotliví autoři pozorují příznaky otrav (ELTON et al., 1995).

## **3. MATERIÁL A METODIKA PRÁCE**

### **3.1. Odběr vzorků**

Odběr vzorků byl prováděn v mlékárenském provozu v průběhu dvou po sobě následujících let (2005 a 2006). V roce 2005 bylo ke stanovení obsahu jodu v mléce odebráno celkem 46 vzorků. Odběr probíhal v obdobích duben až květen a září až říjen v týdenních intervalech. V období 8.2. - 20.4. 2006 bylo odebráno celkem 128 vzorků. Odběry v tomto roce se prováděly každý pracovní den v týdnu a byly odebírány kvalifikovanými pracovníky mlékárny jako vzorky pro stanovení jakostních znaků vykupovaného mléka. Vlastní odběr probíhal v technologické lince zpracování mléka na třech místech. Místa odběru jsou blíže popsána v kapitole 3.2. (Základní ošetření mléka v mlékárně). Ve standardních odběrových lahvíčkách byly vzorky v den odběru zmrazeny a před vlastní analýzou uchovány při teplotě -15°C po dobu 4 - 6 týdnů.

### **3.2. Základní ošetření mléka v mlékárně**

Ve sledovaném podniku se vyrábí mléko vysokotepečně pasterované, homogenizované, které má při teplotě skladování 4 - 8°C trvanlivost 14 dnů. Veškeré mléko zpracovávané v mlékárenském závodě bylo tepelně ošetřeno tak, aby byla zajištěna jeho zdravotní nezávadnost a trvanlivost. Mezi základní ošetření mléka patří příjem a jeho následné zchlazení a úschova, předešťování, odstředování, první pasterace, standardizace, homogenizace, druhá pasterace, ošetření obalu a balení.

Mléko je do podniku přiváženo prostřednictvím cisteren o objemu 14 000 litrů ze 14ti oblastí jihozápadních Čech. První vzorek byl odebírán při přepouštění syrového kravského mléka z cisteren do levého a pravého velkoobjemového zásobníku - tanku. Tyto tanky mají objem 100 000 litrů, přičemž jejich kapacita bývá využita přibližně z 65%. Tento tank slouží k uchování většího objemu mléka pro zajištění kontinuální výroby. Z pravého tanku (PT) je mléko použito na výrobu zákysů a sušeného odstředěného mléka, proto se u něj dále obsah jodu nezjišťoval. Z levého tanku (LT) mléko postupuje k předešťování na 45°C a následnému odstředění.

Odstředování je rozdělení syrového mléka na odstředěné (odtučněné) a na smetanu na základě rozdílných měrných hmotností tuku a mléčné plazmy. K rozdělení dochází na talířových odstředivkách. Tukové kuličky se pohybují do středu bubnu odstředivky, kde se shromažďují ve formě smetany (cca 40% tučnost). Odstředěné mléko má obvykle obsah tuku 0,05%. Vlivem odstředivé síly se při průchodu mléka odstředivkou oddělují také částice s větší měrnou hmotností (různé nečistoty, shluky mikroorganismů, somatické buňky apod.) a oddělují se ve formě odstředivkového kalu.

Po odstředění následuje první pasterace při teplotě 85°C po dobu 5 sekund. Hlavní význam spočívá v usmrcení převážné části vegetativních forem mikroorganismů, která vede k zajištění zdravotní nezávadnosti mléka a zvýšení trvanlivosti suroviny. Dochází k inaktivaci většiny enzymů, k 50% denaturaci sérových bílkovin, zhoršení bakteriostatických vlastností mléka a nepatrné změně chuti mléka.

Po první pasteraci následuje šokové ochlazení na 6°C a standardizace, což je upravení obsahu tuku v mlékárenské surovině dle požadovaného obsahu tuku ve výrobku. V našem případě se obsah tuku upravuje na 1,55%. Tukuprostá sušina se při výrobě mléka ve sledovaném závodě neupravuje. Standardizované mléko postupuje do zásobních tanků T11 (60 000 litrů) a T12 (40 000 litrů). V těchto místech byl odebírán druhý vzorek pojmenovaný po názvu příslušného tanku.

Před druhou pasterací se mléko opět předehřeje a putuje do homogenizátoru, kde dojde ke zmenšení tukových kuliček na jednotnou velikost (zpravidla pod 1  $\mu\text{m}$ ). Mléko se protlačuje při vysokém tlaku (180 až 200 BAR) a teplotě (cca 75°C) úzkou štěrbinou homogenizační hlavy (jednostupňová homogenizace).

Poté následuje druhá pasterace, která probíhá při 120°C po dobu cca 1 sec. Po pasteraci mléko pokračuje do steritanku a nakonec do baličky TT3 (Tetra-Top). Mléko zabalené do krabic se ukládá na paletu a převáží do technologického skladu, odkud se expeduje. Třetí a poslední místo odběru bylo přímo ze zabaleného finálního výrobku (z krabice). V diplomové práci je třetí odběr označován jako výrobek.

Během výroby nejsou do mléka přidávány žádné chemické ani jiné látky a k desinfekci mléčného vybavení se používají běžné přípravky jako hydroxid sodný a kyselina dusičná, které při správném použití nemohou ovlivnit množství jodu v mléce ani pozdější přesnost při jeho stanovení.

### 3.3. Stanovení jodu v mléce

Jod v mléce byl stanoven modifikovanou metodou Sandell - Kollthofa (alkalickou spalovací metodou) obdobným způsobem jako při stanovení proteinového jodu v séru (BEDNÁŘ et al., 1964). Jelikož se jedná téměř výlučně o anorganický jod nebo (v případě kontaminace cizí látkou) o jod nevázaný na bílkoviny, stanovuje se vlastně jod celkový.

#### 3.3.1. Reagencie

1. Roztok síranu zinečnatého, 10%
2. Roztok hydroxidu sodného,  $0,5 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$  (10 ml připravovaného roztoku síranu zinečnatého nemá spotřebovat při titraci méně než 10,8 ml připraveného roztoku hydroxidu sodného).
3. Kyselá směs. 116,9 g NaCl se rozpustí ve 400 ml vody. 13,0 g metaarsenitanu sodného se rozpustí ve 40 ml 7% roztoku hydroxidu draselného. Připraví se zředěná kyselina sírová (241 ml kyseliny sírové se smíchá s 1 000 ml vody). Připravená roztok chloridu sodného a metaarsenitanu se přidá ke zředěné kyselině sírové a směs se doplní vodou do 2 000 ml.
4. Roztok síranu ceričito-amonného. Odváží se přesně 6,325 g síranu ceričito-amonného a rozpustí v 1 000 ml vody. K roztoku se přidá 161 ml kyseliny sírové konc. A směs se doplní vodou do 2 000 ml.
5. Roztok octanu brucinu, 1%. 2,5 g brucinu se v odměrné baňce suspenduje ve vodě a přidá se 6 ml kyseliny octové. Po rozpuštění se směs doplní vodou na 250 ml.
6. Roztok hydroxidu draselného,  $2 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$
7. Standardní roztoky jodidu draselného k přípravě kalibračního grafu:

**A.** Základní roztok KI obsahuje 130,8 mg KI v 1 000 ml, tj. 100 mikrogramů jodu v 1 ml.

**B.** Pracovní roztok se připravuje ze základního roztoku zředěním vodou, tj. 2,5 ml roztoku A. se doplní vodou do 1 000 ml. 1 ml tohoto roztoku (B.) obsahuje 0,25 mikrogramů jodu. Tento roztok se použije k sestrojení kalibračního grafu tak, že (vždy do dvou zkumavek) se odměří 0,500 ml (obsahuje 0,125 mikrogramů jodu), 0,400 ml (obsahuje 0,100 mikrogramů jodu) a 0,250 ml roztoku B. (obsahuje 0,0625 mikrogramů jodu). K odpipetovaným objemům roztoku se přidá voda do 1 000 ml. Kromě toho se připraví slepý pokus tak, že se odměří do dvou zkumavek po 1 000 ml vody (neobsahuje žádný jodid). Standardy se zpracovávají souběžně se vzorky ve všech bodech pracovního postupu.

Poznámka: Vodou se rozumí neionizovaná voda vysoké čistoty, neobsahující stopy jodu.

### **3.3.2. Postup stanovení**

Vzorek mléka o objemu 1 ml se odměří do spalovací zkumavky z těžkotavitelného skla a přidá se 1 ml roztoku síranu zinečnatého a 2 ml roztoku KOH  $2 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ . Směs se mírně protřepe a přidá se několik krystalů chlorečnanu draselného. Směs se vysuší při teplotě  $115^\circ\text{C}$  přes noc. Po vysušení se zkumavky se vzorky (a stejně zpracovanými kalibračními standardy) žíhají v muflové peci. Spalování probíhá tak, že po dosažení teploty  $500^\circ\text{C}$  se pec udržuje půl hodiny při této teplotě. Pak se opatrně teplota zvyšuje až na  $600^\circ\text{C}$ . Při této teplotě se zkumavky žíhají jednu hodinu, přičemž se pec krátce ventiluje (asi 15 sekund) po 5, 20 a 40 minutách.

Po vychladnutí zkumavek se zbytek po vyžhání suspenduje v 6 ml vody (suspendování se napomáhá skleněnou tyčinkou). Zkumavky se centrifugují 10 minut, pak se z čirého supernatantu odměří 2 ml (dvakrát) do tenkostěnných zkumavek. Do každé zkumavky se přidají 2 ml kyselé směsi, důkladně se protřepe a směs se inkubuje 10 minut v ledové vodní lázni (max.  $4^\circ\text{C}$ ). Potom se přidají 2 ml síranu ceričito-amonného, opět se směs promísí protřepáním a všechny zkumavky ve zpracované sérii se najednou vloží do lázně o  $40^\circ\text{C}$  na 20 minut (přesně). Potom se stojany se zkumavkami rychle přesunou do ledové vodní lázně



a po 10 minutách chlazení se obsah zkumavek převrství roztokem brucinu (0,5 ml). Zkumavky se promísí a opětovně se najednou vloží na 15 minut do horkovzdušné sušárny (105°C). Po ochlazení (30 minut při teplotě místnosti) se měří absorbance při 430 nm proti vodě.

### **3.3.3. Hodnocení**

S každou sérií se zpracovávají souběžně kalibrační standardy. Z naměřených absorbancí se sestrojí kalibrační graf, na němž se vynesou hodnoty absorbance proti koncentraci (0,000, 0,0625, 0,100 a 0,125 mikrogramů). Výsledek je dán průměrem odečtů dvou paralelních stanovení.

## 4. VÝSLEDKY

### 4.1. Porovnání obsahu jodu v syrovém mléce a mléce po první pasteraci v roce 2005

V tabulce č. 7 jsou uvedeny obsahy jodu ve vzorcích mléka získaných z velkoobjemových zásobníků (LT - levý tank, PT - pravý tank a T11 - odstředěné mléko již prošlé první pasterací a standardizované na obsah tuku 1,55%) v obdobích duben až květen a září až říjen roku 2005. V následujícím grafu je pak znázorněna dynamika.

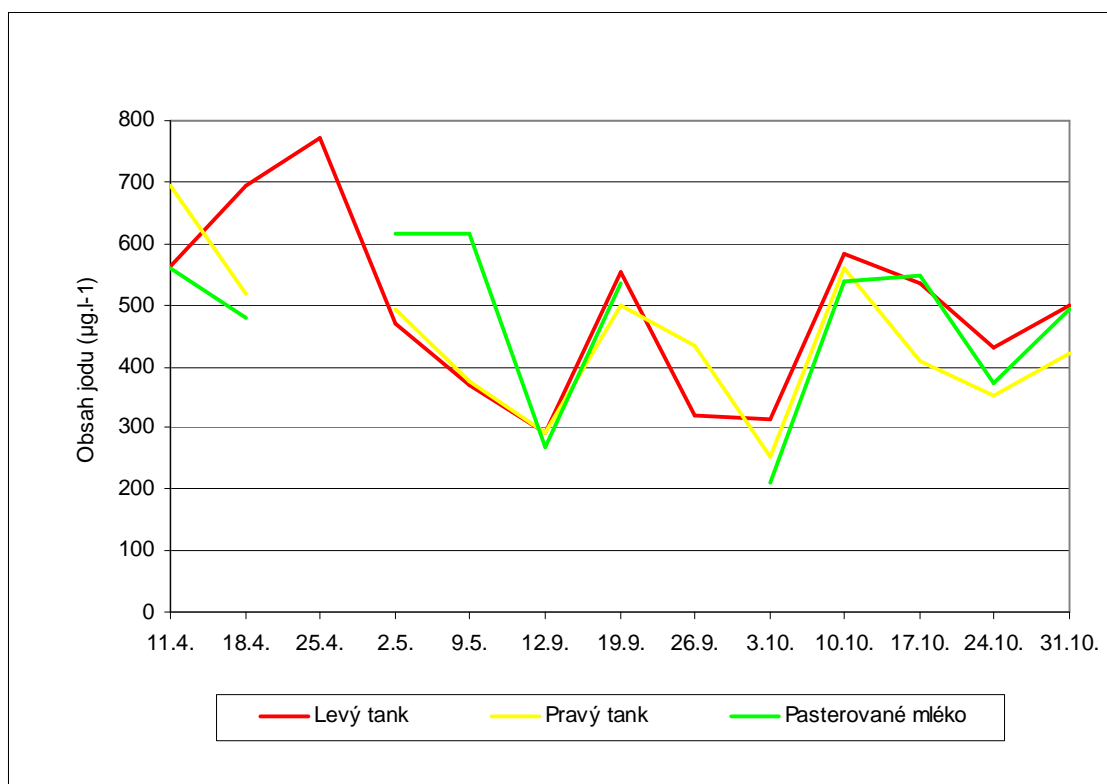
**Tab. 7 Obsah jodu v syrovém mléce a mléce po první pasteraci v roce 2005 ( $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ )**

Datum odběru	Levý tank (LT)	Pravý tank (PT)	Pasterované mléko (T11)
11.4.2005	564,2	694,1	560,5
18.4.2005	692,4	518,2	480,3
25.4.2005	770,1		
2.5.2005	469,8	492,4	615,5
9.5.2005	368,8	374,5	616,1
12.9.2005	289,9	292,0	269,8
19.9.2005	554,8	497,2	534,0
26.9.2005	319,5	434,5	
3.10.2005	314,0	252,3	212,1
10.10.2005	582,2	559,4	536,4
17.10.2005	534,1	408,2	547,1
24.10.2005	429,9	353,0	373,9
31.10.2005	499,9	422,1	492,3
<b>Průměr (<math>\bar{x}</math>)</b>	491,5	441,5	476,2
<b>Směr. odch. (<math>S_x</math>)</b>	146,8	121,1	134,6
<b>Stř. chyba průměru</b>	40,7	35,0	40,6
<b>Var. Koeficient (V%)</b>	29,9	27,4	28,3
<b>Min.</b>	289,9	252,3	212,1
<b>Max.</b>	770,1	694,1	616,1
<b>Medián</b>	499,9	428,3	534,0
<b>Počet (n)</b>	13	12	11

Při porovnání průměrných hodnot (T - testem) v tabulce č. 7 mezi levým či pravým tankem a mlékem z tanku T11 nebyly zaznamenány žádné významné statistické rozdíly. Při porovnání rozptylů (F - testem) též nebyly zaznamenány žádné statisticky významné rozdíly. Maximální hodnoty v LT a PT převyšovaly  $650 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  (770,1 a 694,1  $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ ). Maximum u pasterovaného mléka (T11) byl

616,1  $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ . Minima byly v LT 289,9  $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ , PT 252,3  $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  a v tanku T11 476,2  $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ . Mléko po první pasteraci (T11, které je směsí obou předchozích tanků) vykazuje polovinu vzorků s obsahem jodu nad 534  $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  (viz medián tab. 7). Vyšší obsah jodu v odstředěném mléce potvrzuje i průměr 476,2  $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ , který je vyšší než předpoklad po smíchání obou tanků.

**Graf č. 1 Obsah jodu v syrovém mléce a mléce po první pasteraci v roce 2005**



Na grafu č. 1 je znázorněna dynamika obsahu jodu v průběhu čtyř měsíců roku 2005. Během letních krmných dávek (květen až září) jsou nálezy jodu v mléce vesměs nižší než v období odpovídající zimním typům krmných dávek s vyšším podílem konzervovaných krmiv. V dubnu je průměrný obsah jodu v mléce 640,9  $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  na rozdíl od září, kdy vykazuje hodnotu 398  $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ .

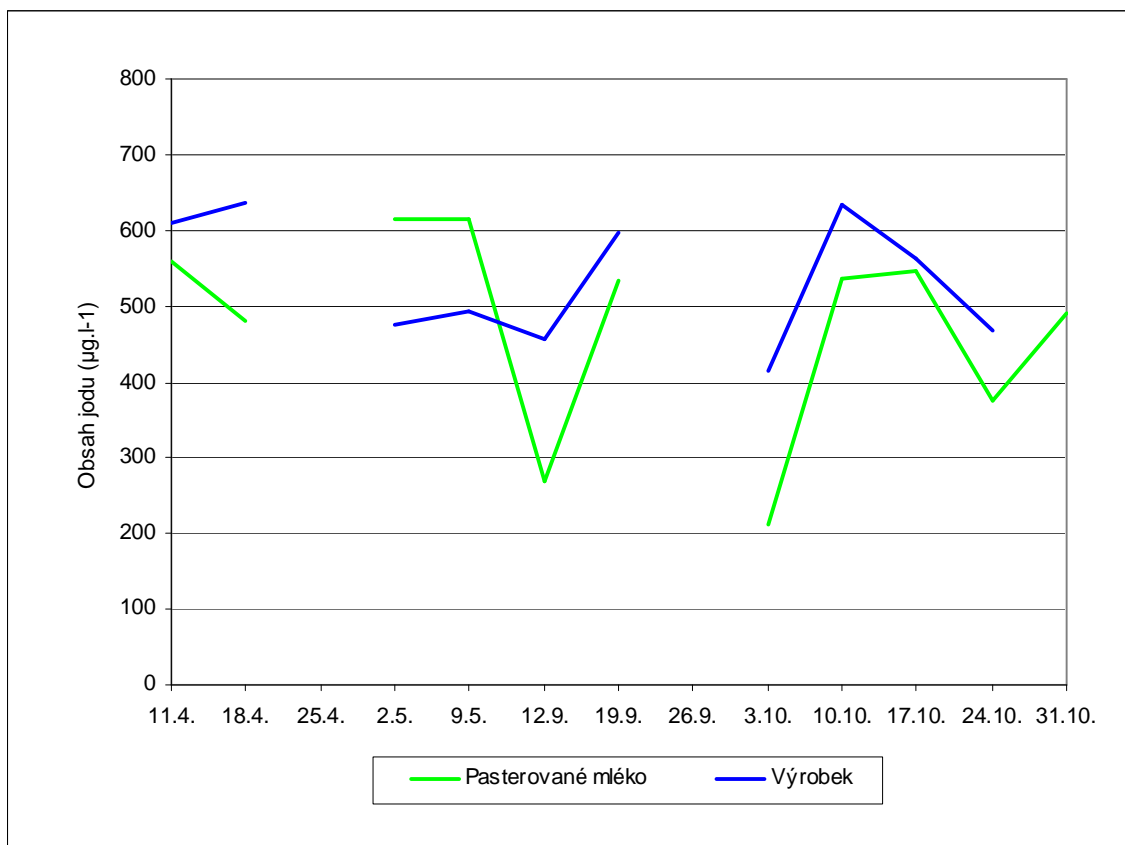
## 4.2. Porovnání obsahu jodu v mléce po první pasteraci a ve výrobku v roce 2005

Tab. 8 Obsah jodu v mléce po první pasteraci a ve výrobku v roce 2005 ( $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ )

Datum odběru	Pasterované mléko (T11)	Výrobek
11.4.05	560,5	610,8
18.4.05	480,3	636,1
25.4.05		
2.5.05	615,5	474,9
9.5.05	616,1	494,0
12.9.05	269,8	457,4
19.9.05	534,0	596,2
26.9.05		
3.10.05	212,1	414,3
10.10.05	536,4	634,2
17.10.05	547,1	562,4
24.10.05	373,9	468,6
31.10.05	492,3	
<b>Průměr (<math>\bar{x}</math>)</b>	476,2	534,9
<b>Směr. odch. (<math>S_x</math>)</b>	134,6	82,1
<b>Stř. chyba průměru</b>	40,6	25,9
<b>Var. Koeficient (V%)</b>	28,3	15,3
<b>Min.</b>	212,1	414,3
<b>Max.</b>	616,1	636,1
<b>Medián</b>	534,0	528,2
<b>Počet (n)</b>	11	10

Při porovnání průměrných hodnot (T - testem) v tabulce č. 8 mezi již jednou pasterovaným mlékem z tanku T11 a výrobkem nebyly zaznamenány významné statistické rozdíly. Jinak tomu nebylo ani při porovnání hodnot rozptylů (F - testem). Maximální hodnoty obsahu jodu v obou porovnávaných tancích převyšují  $600 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  ( $616,1 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  u tanku T11 a  $636,1 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  u výrobku), minimální hodnoty jsou u tanku T11  $212,1 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  a  $414,3 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  ve výrobku. Průměrný obsah jodu v mléce v tanku T11 byl  $476,2 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  a ve výrobku  $534,9 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ . Polovina zkoumaných vzorků z výrobku (mléko určené k plnění papírových obalů) měla vyšší obsah jodu v mléce než  $528,2 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  (viz medián tab. 8).

**Graf č. 2 Obsahu jodu v mléce po první pasteraci a ve výrobku v roce 2005**



Na grafu č. 2 je znázorněna dynamika obsahu jodu v mléce po první pasteraci (mléko odstředěné 0,05% tuku a standardizované na 1,55%) a výrobku v průběhu čtyř měsíců. Neúplnost grafu je způsobena nekompletností vzorků z období dubna a září 2005. V uvedených měsících se z technologických důvodů nepodařilo získat všechny vzorky. Přesto i neúplné grafické znázornění kopíruje obdobný vývoj jako v mléce syrovém (viz graf č. 1).

### 4.3. Porovnání obsahu jodu v syrovém mléce a mléce po první pasteraci v roce 2006

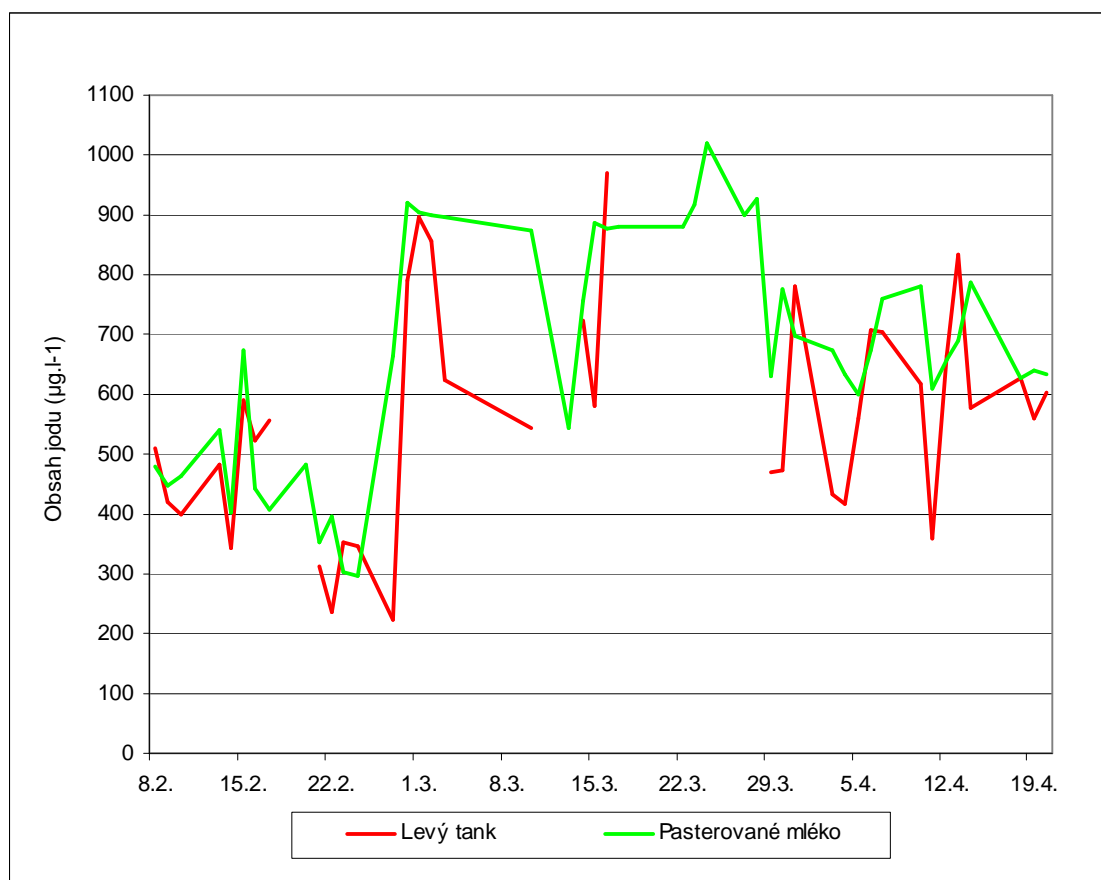
Tab. 9 Obsah jodu v syrovém mléce a mléce po první pasteraci v roce 2006 ( $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ )

Datum odběru	Levý tank (LT)	Pasterované mléko (T11)
8.2.06	509,4	478,8
9.2.06	420,5	445,8
10.2.06	401,5	463,9
13.2.06	483,8	539,8
14.2.06	342,9	402,3
15.2.06	590,4	673,4
16.2.06	523,4	442,3
17.2.06	555,3	405,6
20.2.06		484,2
21.2.06	312,0	354,5
22.2.06	235,1	396,4
23.2.06	352,0	304,6
24.2.06	345,5	297,3
27.2.06	223,8	663,6
28.2.06	790,0	921,6
1.3.06	895,6	904,0
2.3.06	856,4	899,2
3.3.06	624,3	896,0
10.3.06	541,7	871,7
13.3.06		541,7
14.3.06	722,4	758,3
15.3.06	580,6	886,3
16.3.06	968,9	876,5
17.3.06		881,4
22.3.06	641,7	881,4
23.3.06		916,3
24.3.06	886,3	1018,5
27.3.06		901,3
28.3.06		926,5

Datum odběru	Levý tank (LT)	Pasterované mléko (T11)
29.3.06	469,1	631,6
30.3.06	473,8	776,5
31.3.06	780,5	695,1
3.4.06	434,8	674,3
4.4.06	417,7	634,7
5.4.06	560,5	600,6
6.4.06	705,6	674,3
7.4.06	702,0	761,1
10.4.06	615,4	781,4
11.4.06	360,6	611,4
12.4.06	663,5	655,3
13.4.06	832,1	689,1
14.4.06	577,9	786,2
18.4.06	627,1	627,1
19.4.06	560,0	639,1
20.4.06	603,9	635,0
<b>Průměr (<math>\bar{x}</math>)</b>	568,9	673,5
<b>Směr. odch. (<math>S_x</math>)</b>	185,6	193,6
<b>Stř. chyba průměru</b>	29,7	28,9
<b>Var. Koefficient (V%)</b>	32,6	28,7
<b>Min.</b>	223,8	297,3
<b>Max.</b>	968,9	1018,5
<b>Medián</b>	560,5	673,4
<b>Počet (n)</b>	39	45

Při porovnání průměrných hodnot (T - testem) v tabulce č. 9 mezi levým tankem a mlékem z tanku T11 byly zaznamenány statisticky významné rozdíly ( $p < 0,05$ ). Při porovnání hodnot mezi rozptyly nebyly zaznamenány žádné významné statistické rozdíly (vyhodnocení F - testem). Průměrné množství obsahu jodu v pasterovaném mléce je  $673,5 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ , což je o  $104,6 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  více než v levém tanku. Maximální hodnoty obsahu jodu byly zjištěny v měsíci březnu a byly v obou tancích vyšší než  $950 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  ( $968,9 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  v LT a  $1018,5 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  ve výrobku). Minima se pohybovala v hodnotách pod  $300 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  ( $223,8 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  v LT a  $297,3 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  v tanku T11) a byla zjištěna v druhé polovině února.

**Graf č. 3 Obsahu jodu v syrovém mléce a mléce po první pasteraci v roce 2006**



Z grafu č. 3 je patrná dynamika obsahu jodu v syrovém a pasterovaném mléce od 8.2. - 20.4. 06. Je zřejmé, že největší množství jodu bylo v mléce v průběhu měsíce března. Průměrná hodnota za tento měsíc byla v levém tanku  $703,4 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  a  $839,0 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  v pasterovaném mléce. Nejnižší hodnoty byly zaznamenány 27.2.06 v levém tanku a 24.2.06 v pasterovaném mléce. Chybějící údaje jsou způsobeny nekompletností vzorků v měsících únoru a březnu. V uvedených měsících se z technologických důvodů nepodařilo získat všechny vzorky.

#### 4.4. Porovnání obsahu jodu v mléce po první pasteraci a ve výrobku v roce 2006

Tab. 10 Obsah jodu v mléce po první pasteraci a ve výrobku v roce 2006 ( $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ )

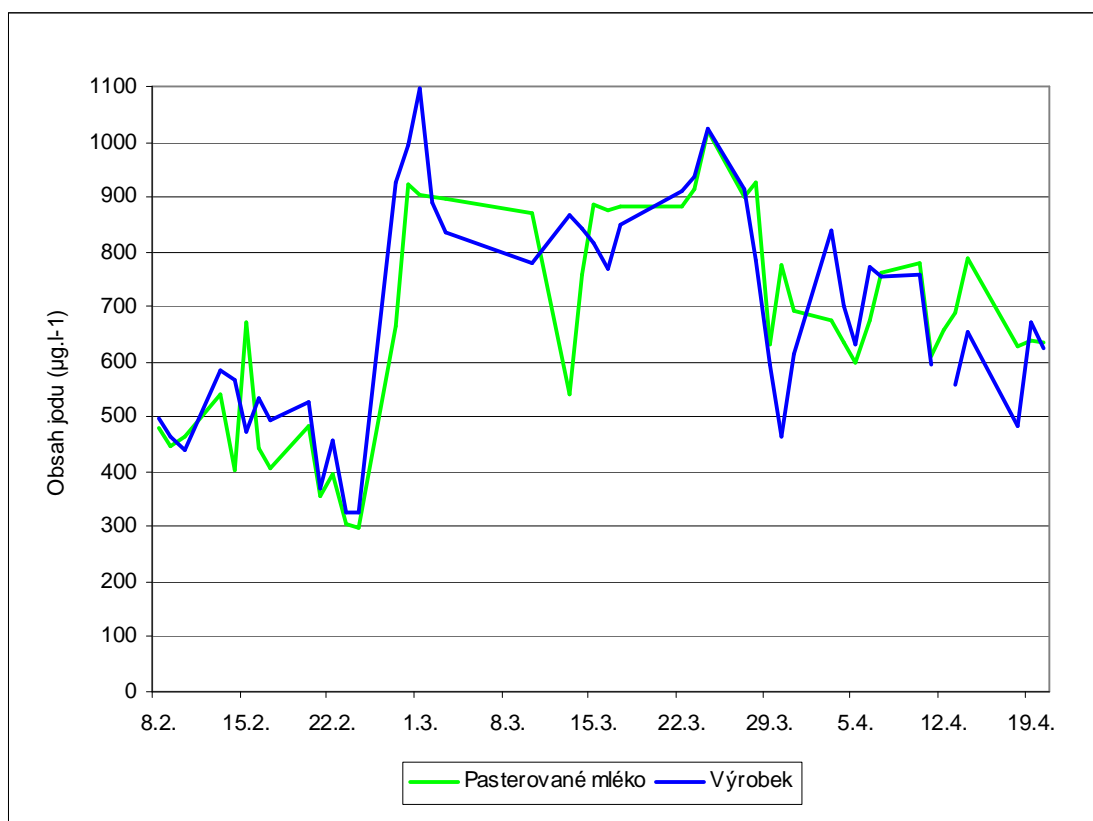
Datum odběru	Pasterované mléko (T11)	Výrobek
8.2.06	478,8	495,6
9.2.06	445,8	464,1
10.2.06	463,9	439,9
13.2.06	539,8	585,5
14.2.06	402,3	565,7
15.2.06	673,4	471,4
16.2.06	442,3	532,0
17.2.06	405,6	492,6
20.2.06	484,2	525,9
21.2.06	354,5	369,7
22.2.06	396,4	456,7
23.2.06	304,6	328,4
24.2.06	297,3	327,0
27.2.06	663,6	925,2
28.2.06	921,6	995,2
1.3.06	904,0	1097,3
2.3.06	899,2	888,6
3.3.06	896,0	833,2
10.3.06	871,7	779,8
13.3.06	541,7	866,7
14.3.06	758,3	843,1
15.3.06	886,3	815,4
16.3.06	876,5	771,2
17.3.06	881,4	847,7
22.3.06	881,4	911,3
23.3.06	916,3	937,0
24.3.06	1018,5	1024,1
27.3.06	901,3	916,3

Datum odběru	Pasterované mléko (T11)	Výrobek
28.3.06	926,5	784,1
29.3.06	631,6	594,5
30.3.06	776,5	464,4
31.3.06	695,1	612,7
3.4.06	674,3	837,6
4.4.06	634,7	702,0
5.4.06	600,6	631,6
6.4.06	674,3	772,6
7.4.06	761,1	753,5
10.4.06	781,4	757,3
11.4.06	611,4	596,3
12.4.06	655,3	
13.4.06	689,1	560,0
14.4.06	786,2	653,2
18.4.06	627,1	484,6
19.4.06	639,1	672,0
20.4.06	635,0	623,1
<b>Průměr (<math>\bar{x}</math>)</b>	673,5	682,0
<b>Směr. odch. (<math>S_x</math>)</b>	193,6	197,6
<b>Stř. chyba průměru</b>	28,9	29,8
<b>Var. Koefficient (V%)</b>	28,7	29,0
<b>Min.</b>	297,3	327,0
<b>Max.</b>	1018,5	1097,3
<b>Medián</b>	673,4	662,6
<b>Počet (n)</b>	45	44

Porovnáním průměrných hodnot (T - testem) v tabulce č. 10 mléka z tanku T11 a výrobku nebyly zaznamenány významné statistické rozdíly. Stejně tomu tak bylo i při porovnání rozptylů (vyhodnocení F - testem). Minima obsahu jodu byly v obou tancích zjištěny v druhé polovině února a pohybovaly se v množství nižším než  $330 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  ( $297,3 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  u pasterovaného mléka a  $327,0 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  u výrobku). Maxima byla zjištěna v měsíci březnu a jejich hodnoty převyšovaly v obou případech  $1\,000 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  ( $1018,5 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  v T11 a  $1097,3 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  ve výrobku). V pasterovaném mléce (T11) byl u poloviny vzorků obsah jodu v mléce vyšší než  $673,4 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  a u výrobku vyšší než  $682,0 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  (viz medián tab. 10).



**Graf č. 4 Obsahu jodu v mléce po první pasteraci a ve výrobku v roce 2006**



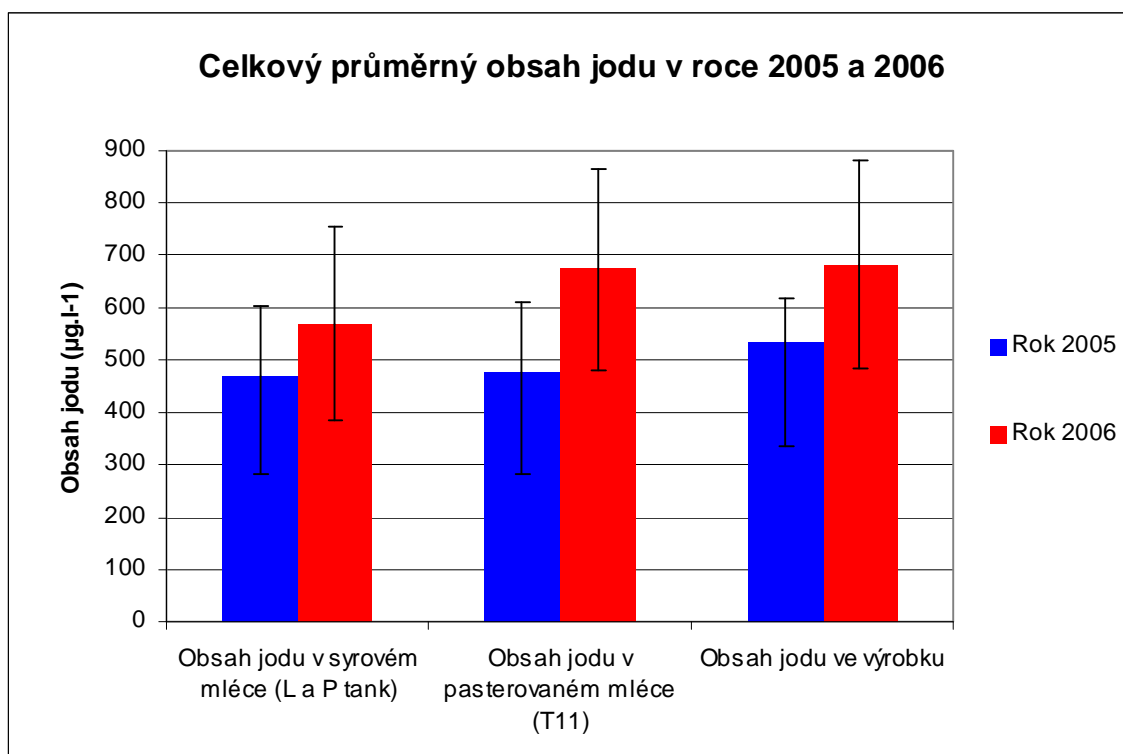
Na grafu č. 4 je znázorněna dynamika obsahu jodu v mléce u jednou pasterovaného mléka (z tanku T11) a u výrobku. Grafické znázornění kopíruje obdobný vývoj jako v mléce syrovém (viz graf č. 3).

#### 4.5. Porovnání obsahu jodu v mléce ve velkoobjemových zásobnících a výrobku mezi roky 2005 a 2006

**Tab. 11 Průměrný obsah jodu v mléce ve sledovaném období**

	Obsah jodu v syrovém mléce (L a P tank)		Obsah jodu v pasterovaném mléce (T11)		Obsah jodu ve výrobku	
	$\bar{x}$	$S_x$	$\bar{x}$	$S_x$	$\bar{x}$	$S_x$
<b>2005</b>	467,5	134,7	476,2	134,6	534,9	82,1
<b>2006</b>	568,9	185,6	673,5	193,6	682,0	197,6

**Graf č. 5 Porovnání obsahu jodu v mléce ve velkoobjemových zásobnících a výrobku**



Vzájemné porovnání obsahu jodu v mléce mezi roky 2005 a 2006 je znázorněno v grafu č. 5 a tabulce č. 11. Vyhodnocení rozptylů se provádělo F - testem a průměrů T - testem.

**Porovnáním obsahu jodu v mléce v levém a pravém tanku bylo zjištěno, že:**

- rozdíly mezi rozptyly nejsou statisticky významné.
- rozdíly mezi průměry jsou statisticky významné ( $p < 0,05$ )

**Porovnáním obsahu jodu v mléce pasterovaném (T11) bylo zjištěno, že:**

- rozdíly mezi rozptyly nejsou statisticky významné.
- rozdíly mezi průměry jsou vysoce statisticky významné ( $p < 0,01$ )

**Porovnáním obsahu jodu ve výrobku bylo zjištěno, že:**

- rozdíly mezi rozptyly jsou vysoce statisticky významné ( $p < 0,01$ )
- rozdíly mezi průměry jsou vysoce statisticky významné ( $p < 0,01$ )

V roce 2006 oproti roku předcházejícím došlo v syrovém mléce i technologicky upravené surovině (T11, výrobek) k vzestupu jodu. U syrového mléka (L a P tank) byl zaznamenán vzestup o  $101,4 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ , u mléka pasterovaného (T11) o  $197,3 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  a u výrobku o  $147,1 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ .

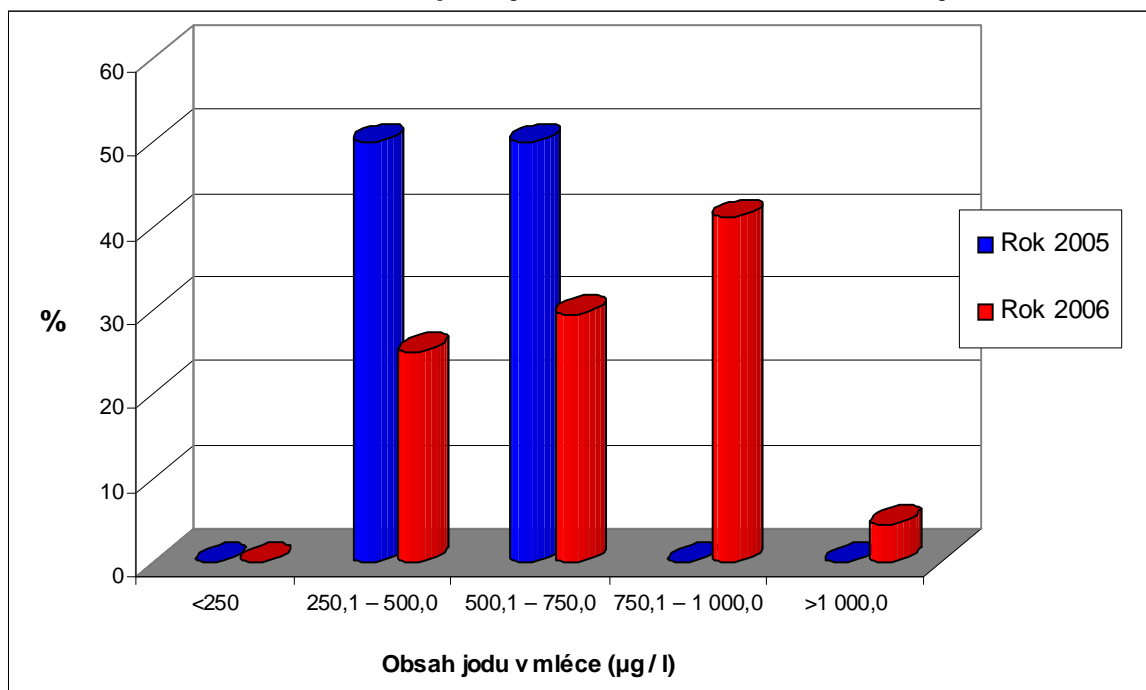
Nárůst obsahu jodu v mléce v roce 2006 vyjadřují nejen průměrné hodnoty a vzestup mediánu, ale i úbytek vzorků s obsahem jodu do  $250 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  a vzestup případů s vyšší koncentrací (viz tabulka 12, graf 6). Oproti roku 2005 se 41% vzorků nacházelo v rozmezí od 750,1 do 1 000  $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ , a 4,5% vzorků dokonce převyšovalo 1 000  $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ .

**Tab. 12 Procentické zastoupení jodu v mléce v závislosti na jeho obsahu**

Obsah jodu v mléce ( $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ )	<250	250,1 - 500,0	500,1 - 750,0	750,1 - 1 000,0	>1 000,0
Podíl vzorků v roce 2005 (%)	0	50,0	50,0	0,0	0,0
Podíl vzorků v roce 2006 (%)	0	25,0	29,5	41	4,5

V níže uvedeném grafu č. 6 jsou pro lepší názornost uvedeny hodnoty z tabulky č. 12.

**Graf č. 6 Procentické zastoupení jodu v mléce v závislosti na jeho obsahu**



## 5. Diskuze

Výsledky uváděné v diplomové práci byly získány v rámci projektu Národní agentury pro zemědělský výzkum (NAZV), který byl řešen kolektivem katedry anatomie a fyziologie hospodářských zvířat Zemědělské fakulty JU v Českých Budějovicích a pracovníky Výzkumného ústavu veterinárního lékařství v Brně od roku 2004 do roku 2006. Analýzy obsahu jodu v mléce velkoobjemových zásobníků s kapacitou 100 000 litrů, které slouží ke krátkodobému uskladnění mléka z transportních cisteren v mlékárenském provozu a konečného výrobku, byly prováděny v letech 2005 - 2006.

### Obsah jodu v mléce

Obsah jodu ve vzorcích mléka velkoobjemových zásobníků a výrobku v roce 2005 je uveden v tabulkách 7 a 8, tytéž údaje z roku 2006 jsou v tabulkách 9 a 10. V roce 2005 byl zjištěn průměrný obsah jodu ve finálním výrobku (konzumní mléko o tučnosti 1,55% určené k lidské spotřebě)  $534,9 \pm 82,1 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  a v roce 2006  $682,0 \pm 197,6 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ . Ve srovnání s výsledky KURSY et al. (2005), kteří v letech 2003 - 2004 prokázali v souboru 226 bazénových vzorků mléka z 66 okresů ČR průměrnou koncentraci jodu  $310,4 \pm 347,0 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ , dosahuje námi stanovená průměrná koncentrace jodu v mléce nárůst v roce 2005 o 72% a v roce 2006 až o 120%. Počet vzorků s obsahem jodu od 80 do  $250 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ , který lze považovat za odraz optimální saturace dojníc jodem (KURSA et al., 2005), nebyl zjištěn ani v jednom z celkového počtu 171 analyzovaných vzorků. Ve srovnání s údaji o množství jodu v konzumním mléce v České republice v roce 2005 (RYŠAVÁ et al., 2005, tab. 4), jsou naše výsledky z roku 2005 vyšší o 13% a v roce 2006 o 44%. Zvýšené jsou i oproti údajům TRÁVNÍČKA et al. (2006), kteří sledovali obsah jodu v mléce transportních cisteren, které svážejí mléko k mlékárenskému zpracování ze stejné oblasti, jako byl původ našich vzorků. Jimi zjištěná průměrná hodnota ( $442,5 \pm 185,6 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ ) byla o 17% nižší než naše nálezy v roce 2005 a o 35% nižší než v roce 2006. Na rozdíl od našich výsledků, uvedení autoři zjistili 18% vzorků v hodnotách do  $250 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ . Výsledky upozorňují na přetrvávající trend vzestupu jodu v mléce, který je možno pozorovat v tab. 4 (RYŠAVÁ et al., 2005), taktéž v roce 2003 (KURSA et al., 2005) i v roce 2006

(TRÁVNÍČEK et al., 2006).

Zahraniční údaje, které uvádí RYŠAVÁ et al. (2005), viz tab. 6, referují vesměs o nižších hodnotách než udávají naše výsledky a v některých případech až několikanásobně. Například ve Švýcarsku a v Polsku byl průměrný obsah jodu v mléce ( $90 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ ) téměř 6x nižší než námi zjištěná průměrná hodnota za rok 2005, a v roce 2006 dokonce až 7,5x nižší. Nižší obsahy jodu v mléce v těchto zemích jsou s největší pravděpodobností odrazem způsobu chovu hospodářských zvířat. Narozdíl od České republiky kladou větší důraz na chov v ekologickém zemědělství, a to především využitím extenzivního způsobu chovu, nižší zprůmyslnění a s tím související nižší dotace průmyslově vyráběných minerálních krmných přísad či minerálních doplňků.

V roce 2005 jsme zjistili 50% vzorků s hodnotou obsahu jodu vyšší než  $500 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  a v roce 2006 tuto hodnotu převyšovalo až 75% vzorků. Například v USA a Austrálii producenti považují mléko překračující tuto hranici za nežádoucí (BERG et al., 1988). Extrémní koncentrace  $1097,3 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  zjištěná v březnu 2006 je již shodná s maximálním tolerovaným denním příjmem jodu pro člověka podle WHO (BRAVERMAN, 1994), proto je žádoucí již v zemědělských provozech regulovat příjem jodu u dojnic a tím i jeho obsah v mléce vhodnou volbou minerální krmné přísady. Celková bilance příjmu jodu u lidí však musí akceptovat obdobný nárůst obsahu jodu i v dalších potravinách živočišného původu, zejména ve vejcích (TRÁVNÍČEK et al., 2006). Toto tvrzení potvrzují i BATÁRIOVÁ et al. (2007), kteří zaznamenali vzestupný trend hladiny jodurie dospělých ve sledovaných letech 1995, 1996, 2000 a 2005 (mediány 85, 86, 130 a  $251 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ ). Podle klasifikace mezinárodní komise pro regulaci poruch z nedostatku jódu (ICCIDD) je uspokojivá hladina jodurie v rozmezí  $100 - 149 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  moče, optimální pak  $150 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  moče.

### **Vliv mlékárenského zpracování a mísení na obsah jodu v mléce**

Porovnáním vlivu mlékárenského zpracování na obsah jodu v mléce jsme zjistili, že po odstředění tuku syrového mléka na hodnotu 0,05%, jeho následné standardizaci na 1,55% a první pasteraci se jeho obsah zvýší. V roce 2005 se průměrná hodnota obsahu jodu v mléce zvýšila o  $8,7 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  (tab. 7) což není

statisticky významný rozdíl. V roce 2006 došlo ke zvýšení o  $104,6 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  (tab. 9) a byl zaznamenán statisticky významný rozdíl ( $p < 0,05$ ). Zvýšení průměrného obsahu jodu v mléčné surovině si můžeme vysvětlit tím, že odstředěním tuku se zvýší relativní podíl na jod bohatších složek mléka - mléčných bílkovin (TRÁVNÍČEK et al., 2006). Porovnáním průměrného obsahu jodu jednou pasterovaného mléka z tanku T11 a výrobku došlo též k jeho zvýšení. V roce 2005 byl zaznamenán rozdíl o  $58,7 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  (tab. 8) a v roce 2006 o  $8,5 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  (tab. 10). Ani v jednom z případů nebyl rozdíl statisticky významný.

Ke změnám v průměrném obsahu jodu v mléce (mléčné surovině) dochází i smícháním mléka o různém obsahu jodu z transportních cisteren ve velkoobjemových zásobnících (LT, PT a T11). Dokládají to především změny relativního zastoupení různých koncentrací jodu v mléce (viz tabulka 12). Například v roce 2006 obsah jodu v rozmezí  $250,1 - 500 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  vykazovalo 25% vzorků a v rozmezí  $750,1 - 1\ 000 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  41%. Vliv mísení zjišťoval i TRÁVNÍČEK et al. (2006), kteří stanovili průměrný obsah jodu  $481,6 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  ve 26 vzorcích z velkoobjemových zásobníků a  $442,5 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  v transportních cisternách, které svážejí mléko do mlékárenského závodu. Tento rozdíl však nebyl statisticky významný.

## **Vliv sezóny na obsah jodu v mléce**

Jak už bylo blíže popsáno v kapitole 2.4. (Obsah jodu v mléce a mléčné surovině) na obsahu jodu v mléce se větší měrou také podílí vliv sezóny. Tím se zabývali v roce 2000 DAHL et al. (2003), kteří v syrovém kravském mléce z různých oblastí Norska zjistili v zimním období dvojnásobné množství jodu ve srovnání s letními měsíci ( $127 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  oproti  $60 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ ). V mléce s nízkým obsahem tuku stanovili rovněž v letním období méně jodu ( $63 - 122 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ ) než v zimě ( $103 - 272 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ ). Vlivem sezony se zabývali i TRÁVNÍČEK et al. (2006), kteří zjišťovali obsah jodu ve vzorcích mléka odebíraných z transportních cisteren (objem mléka v cisternách 11 - 13 tisíc litrů), svážejících mléko z pravidelných svozných oblastí k mlékárenskému zpracování. Zjistili, že vyšší průměrné koncentrace obsahu jodu v mléce byly v dubnu ( $540,5 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ ) a říjnu ( $539,9 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ ). Rozdíl mezi průměrným obsahem jodu v mléce ze všech svozných

oblastí v září ( $350,9 \pm 178,4 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ ) a dubnu ( $495,9 \pm 150,8 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ ) byl statisticky vysoce významný ( $p < 0,01$ ). Námi zjištěná průměrná hodnota obsahu jodu v mléce v roce 2005 byla v jarních měsících  $647,8 \pm 103,5 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  a  $421,4 \pm 108,6 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  v měsících podzimních. Rozdíl mezi průměry za jednotlivá období činil  $226,4 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  a při vyhodnocení T - testem byla zjištěna vysoká statistická významnost ( $p < 0,01$ ). Sezónní změny v obsahu jodu v mléce jsou dávány do souvislosti s nižším obsahem jodu v letních krmných dávkách. Ke značné proměnlivosti obsahu jodu v objemných krmivech přispívají i klimatické vlivy, které podmiňují významné meziroční rozdíly (TRÁVNÍČEK, KROUPOVÁ a ŠOCH, 2004).

### **Vliv krmné dávky na obsah jodu v mléce**

Zásadní vliv na obsah jodu v kravském mléce má jeho příjem krmnou dávkou. Vztah obsahu jodu v krmné dávce a v mléce lze vyjádřit korelačním koeficientem 0,66 (MAAS et al., 1989). Při známém velmi nízkém příjmu jodu z objemných a jadrných krmiv, daném geografickou polohou našeho území (KROUPOVÁ et al., 2001; KRÁSA, 2000) vyplývá, že celkový obsah jodu v krmných dávkách je především ovlivněn množstvím jodu v použitých minerálních krmných přísadách. TŘINÁCTÝ et al. (2001) při suplementaci jodu (etylenediamine dihydroiodide) na úrovni 250% denní potřeby zjistil v mléce dojených krav  $594,8 \pm 178,1 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ . Námi zjištěná průměrná hodnota obsahu jodu v syrovém kravském mléce za oba dva roky ( $529,3 \pm 173,7 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ ) by odpovídala podle TŘINÁCTÉHO et al. (2001) krytí denní potřeby jodu dojených krav ze 222%. Tuto zvýšenou hodnotu si můžeme vysvětlit tím, že u dojených krav došlo k neúměrné suplementaci minerálními krmnými přísadami či minerálními doplňky. Suplementace stopových prvků, včetně jodu, má být u hospodářských zvířat prioritně zaměřena na prevenci jejich deficitu, případně na funkční posílení látkového metabolismu v souvislosti s vysokou užitkovostí (HERZIG a SUCHÝ, 1996; KURSA et al., 1997). Skutečná potřeba jodu u skotu může být velice variabilní, jelikož je ovlivněna narůstajícím inhibičním uplatněním strumigenních faktorů, z nichž pro skot jsou aktuální dusičnany, glukosinoláty, huminové kyseliny a produkty bakteriálního znečištění napájecích vod (SOMMER

et al., 1994; BOBEK, 1998).

## **Příjem jodu člověkem**

Když příjem jodu u člověka klesne pod 10 µg/den, je syntéza tyroidálních hormonů nedostatečná a jejich sekrece se snižuje. Následkem zvýšení sekrece TSH štítná žláza hypertrofuje, a to vede k strumě z jodového deficitu. Tato struma je známa od starých dob (GANONG, 1997). V tabulce č. 13 (kapitola 9. přílohy) jsou uvedeny doporučené denní dávky pro jednotlivé kategorie lidí. Je zde uvedeno, že optimální příjem jodu pro muže a ženy ve věku 11 a více let je 150 µg/den. Námi zjištěná průměrná hodnota obsahu jodu v konzumním mléce (výrobku) za období 8.2. - 19.4. 2006 byla 682,0 µg · l<sup>-1</sup>. Z toho plyne, že pro zajištění doporučené denní dávky jodu by stačilo vypít 0,22 litru. V roce 2005 byl podle Českého statistického úřadu průměrný příjem konzumního mléka 53,8 litrů na osobu za rok což odpovídá 0,15 litru na den (viz tab. 14). Při této spotřebě mléka o námi zjištěném průměrném obsahu jodu v mléce za rok 2005 (534,9 µg · l<sup>-1</sup>) přijal průměrný člověk denně 80 µg jodu což odpovídá plnění doporučené denní dávky z 53%. Do výpočtu nebyly započítány ostatní mléčné výrobky jako jsou např. jogurty, tavené a tvrdé sýry, tvarohy a jiné.

Ze současných epidemiologických průzkumů vyplývá, že určité procento našich obyvatel má přívod jodu vyšší, než je doporučovaném optimum. Možné důsledky nadbytečného příjmu jodu nejsou dosud obecně uznávané, jelikož neexistuje shoda o rizikové hranici. Nadbytek jodu může vést k patologicky zvýšené činnosti štítné žlázy, hypertyreóze (MÍČEK, 2001). V našich podmínkách je častější vznik oligosymptomatické tyreotoxikózy na podkladě funkční autonomie, která se obvykle klinicky manifestuje ve vyšším věku po zátěži jodem (STARÝ et al., 2006).



## 6. ZÁVĚR

Cílem mé diplomové práce bylo zhodnotit obsah jodu v konzumním mléce před jeho distribucí do prodejní sítě a posoudit vliv mlékárenského zpracování a mísení mléka na změny jeho obsahu. Celkové popisované a zpracované výsledky sledování obsahu jodu v mléce předložené v diplomové práci:

- prokázaly, že vlivem mlékárenského zpracování se obsah jodu statisticky nevýznamně zvyšuje, a to v důsledku odebrání na jod méně bohatých složek mléka (tuku) při odstředování a mísením mléka nestejných objemů s různým obsahem jodu;
- potvrdily trend stále se zvyšujícího obsahu jodu v syrovém kravském i konzumním mléce;
- potvrdily údaje prezentované v závěrečné zprávě projektu NAZV 1B44013/2004, že vysoké obsahy jodu v mléce jsou způsobeny v převaze jeho neúměrnou suplementací dojeným kravám;
- potvrdily literární údaje vlivu sezónnosti v obsahu jodu v mléce související se změnami jeho obsahu v objemných krmivech;
- upozorňují na rizika nadbytku jodu v mléce a mléčných výrobcích a tím i na riziko jeho nadbytečného příjmu u určitých kategorií lidské populace (především kojenci a dospívající mládež).

## 7. PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

1. **ANKE, M. - GROPPPEL, B. - SCHOLZ, E.:** Iodine in the food chain. In: Anke, M. et al.: Trace Elements in Man and Animals. Tema 8, Media Touristic Verlag, Gersdorf, 1993, s.1049-1053
2. **ANKE, M.:** Nutriční nezbytnost širšího spektra stopových prvků. In: Sborník konference Biologické aspekty vysoké produkce mléka, České Budějovice, Dům techniky ČSVTS, 1985, s.191-200
3. **AUMONT, G. - LAMAND, M. - TRESSOL, J. C.:** Iodine nutrition in ewes: effect of low to high iodine intake on iodine content of biological fluids in pregnant and lactating ewes. *Reprod. Nutri. Dev.*, 29(1), 1989, s. 113-125
4. **BATÁRIOVÁ, A. - ČERNÁ, M. - KUBAČKOVÁ, J. - ŠMÍD, J.:** Vývoj jodurie v průběhu biologického monitorování 1995 - 2005. sborník VIII. Konference: Jodový deficit a jeho prevence v ČR, 2007, 25 s.
5. **BEDNÁŘ, J. - RÖHLING, S. - VOHNOUT, S.:** Příspěvek ke stanovení proteinového jodu v krevním séru. *Českoslov. Farm.*, 13, 1964, s. 203-209
6. **BEKEOVÁ, E. - SIKLENA, P. - KRAJNICÁKOVÁ, M. - HENDRICHOVSKÝ, V. - LEVKUT, M.:** Jodované nenasýtané mastné kyseliny v prevencii hypotyreózy u dospívajících býčků. *Slov. Vet. Čas.*, 23(3), 1998, s. 153-158
7. **BERG, J. N. - PADGITT, D. - McCARTHY, B.:** Iodine concentration in milk of dairy cattle fed various amounts of iodine as ethylenediamine dihydroiodide. *Journal of Dairy Science*, 71, 1988, s. 3283-3291
8. **BÍREŠ, J. - BARTKO, P. - PAUER, T. - JUHÁSOVÁ, Z. - BEKEOVÁ, E.:** Jodopénia u plemenných baranov - klinika, patologicko-anatomický a laboratorný nález. *Veterinářství*, 43, 1993, s. 6-8

9. **BLOOD, D. C. - RADOSTIS, O. M.:** Veterinary Medicine: A text-book of the diseases of cattle, sheep, pigs, goats and horses. ELBS Bailliere Tindall, U.K., 7, 1989, 1176 s.
10. **BOBEK, S. - SECHMAN, A. - BRZÓSKA, F. - PYSKA, H.:** The Effect of Salt-Licks Supplemented with EDDI or KI on the Iodine Level in Milk. Związki mineralne w żywieniu zwierząt, II. Konferencja naukow, Kraków, 22.-23.9.1997, s. 165 -170.
11. **BOBEK, S.:** Profylaktika jódowa u zwierząt. Medycyna Wet., 54, 1998, s. 80-86
12. **BOĎA, K. - SURYNEK, J.:** Patologická fyziologia hospodárskych zvierat'. Bratislava, Príroda, 1990, 386 s.
13. **BRAVERMAN, L. E.:** Iodized salt is safe. IDD Newsletter, 10, 1994, s. 42-43
14. **BROUČEK, J. - LETKOVIČOVÁ, M. - BRESTENSKÝ, V.:** Vzťahy mliekovej úžitkovosti a biochemických ukazovateľovdojnic u vysoko a menej úžitkových kráv. Vet. Med., 36(9), 1991, s. 513-523
15. **CONRAD, L. M. - HEMKEN, R. W.:** Milk iodine as influenced by an iodophor teat dip. J. Dairy Sci., 61, 1978, s. 776-780
16. **CONVEY, E. M.:** Serum thyronine after thyrotropin rebasing hormone in dairy cows fed varying amounts of kosine. J. Dairy Sci., 60, 1977, 975 s.
17. **ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD:** Spotřeba potravin v roce 2005, Číslo jednací: 1544/2006-3120, Kód: 3004-06, 2005, citováno: 16.3. 2007, elektronický odkaz: [http://www.czso.cz/csu/2006edicniplan.nsf/t/340038A8E8/\\$File/3004rr\\_01.xls](http://www.czso.cz/csu/2006edicniplan.nsf/t/340038A8E8/$File/3004rr_01.xls)
18. **DAHL, L. - OPSAHL, J. A. - MELTZER, H. M. - JULSHAMN, K.:** Iodine concentration in Norwegian milk and dairy products. British Journal of Nutrition. 90, 2003, s. 679-685

19. **ELTON, M. - ELNAGAR, B. - SULIEMAN, E. A. - KARLSSON, F. A. - VAN THI, H. V. - BOURDOUX, P. - GEBRE-MEDHIN, M.:** The use of sugar as a vehicle for iodine fortification in endemic iodine deficiency. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 46, 1995, s. 281-289
20. **FISH, R. E. - SWANSON, E. W.:** Effect of excessive intakes of iodine upon growth and thyroid function of growing Holstein heifers. *J. Dairy Sci.*, 65, 1982, s. 605-610
21. **GANONG, W. F.:** Přehled lékařské fyziologie. 1. vyd., Jinočany, Nakladatelství a vydavatelství H&H, 1997, 681 s.
22. **GROPPEL, B. - REMBECK, W. A. - GROPP, J.:** Iodanreicherung in organen und Geweben von Mastkühen nach Iodsupplementation des Futters. In: Anke, M.: Mengen - und Spurenelemente, 11. Arbeitstagung, Jena, Verlag MTV Hammerschmid, 1991, s. 300-308
23. **HAGGARD, D. L. - STOWE, H. D. - CONNER, G. H. - JOHNSON, D. W.:** Immunologic effects of experimental iodine toxicosis in young cattle. *Am. J. Vet. Res.*, 41, 1980, s. 539-543
24. **HANČ, O. - PÁDR, Z.:** Hormony : Úvod do jejich chemie a biologie. Praha, Academia, 2. vyd., 1982, 853 s.
25. **HEMKEN, R. W.:** Milk and meat iodine content: relation to human health. *J. Amer. Vet. Med. Assoc.*, 176, 1980, s. 1119-1121
26. **HENNING, R. W.:** Mineralstoffe Vitamine Egotropika. *Landwirtsch. Verl.*, 1992, 636 s.
27. **HERZIG, I. - SUCHY, P.:** Actual experience of importance iodine for animals. *Vet. Med.*, 41, 1996, s. 97-101

28. **HERZIG, I. - SUCHÝ, P.:** Current views on the importance of iodine for animals. *Vet. Med., Praha*, 41(12), 1996, s. 379-386
29. **HETZEL, B. S. - PANDAV, C. S.:** SOS for a Billion: the conquest of iodine deficiency disorders. Oxford University Press, New Dehli, 1996, s. 119-128
30. **HRNČIAR, J. - IZAKOVIČ, V. - LANGER, P. - LICHARDUS, B.:** Klinická endokrinológia. Martin: Osvetra, 1. vyd., 1982, 616 s.
31. **HUANG, T. S. - LU, F. J. - TSAI, C. W. - CHOPRA, I. J.:** Effect of humic acids on thyroidal function. *Endocrin invest*, 17(10), 1994, s. 787-791
32. **HUANG, S. - LIANG, M. - LARDY, G. - HUFF, H. - KERLEY, M. - HSIEH, F.:** Extrusion processing of rapeseed meal for reducing glucosinolates. *J. Anim. Fd. Sci. Technol.*, 56, 1995, s. 1-9
33. **JANČA, J.:** Sropové prvky a kovy života v přírodě. 1. vyd., Praha, nakladatelství Eminent 1993, 88 s.
34. **JENKINS, K.J. - HIDIROGLOU, M.:** Effects of elevated iodine in milk replacer on calf performance. *J. Dairy Sci.*, 73(3), 1990, s. 804-907
35. **KALAČ, P. - MÍKA, V.:** Přirozené škodlivé látky v rostlinných krmivech. Ústav zem. a potravin. informací, Praha, 1997, 317 s.
36. **KRÁSA, D.:** Monitoring a ekonomika používání minerálních krmných přísad obohacených o jod. Diplomová práce, ZF JCU, České Budějovice, 2000, 95 s.
37. **KROUPOVÁ, V. - BROŽOVÁ, V.:** Jód v mléce dojníc v jihozápadních Čechách. In: *Sborník VSŽ*, 1, Praha, 1986, s. 57-66
38. **KROUPOVÁ, V. - HERZIG, I. - KURSA, J. - TRÁVNÍČEK, J. - THÉR, R.:** Saturace krav jodem v České republice. *Veterinářství*, 51(4), Praha, 2001, s. 155-158

39. **KURSA, J. - HERZIG, I. - KROUPOVÁ, V. - KRATOCHVÍL, P. - TRÁVNÍČEK, J.:** Consequences of iodine deficiency in cattle in some regions of the Czech Republic. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 28(2), 1997, s. 115-127
40. **KURSA, J. - HERZIG, I. - SUCHÝ, P.:** Jodový deficit u hospodářských zvířat. *Náš chov*, 4, 1998, s. 34-35
41. **KURSA, J. - HERZIG, I. - TRÁVNÍČEK, J. - KROUPOVÁ, V.:** Milk as a Food Source of Iodine for Human Consumption in the Czech Republic. *Acta Veterinaria Brno*, 74, 2005, s. 255-264
42. **LARRY, R. - IVES, S.:** The effect of essential trace minerals on reproduction in beef cattle. *Veter. Clinics of Northern America: Food Animal Pract.*, 7, 1991, s. 41-57
43. **MAAS, J. - BERG, J. N. - PETERSEN, R. G.:** Serum distribution of iodine after oral administration of ethylenediamine dihydroiodide in cattle. *Am. J. Vet. Res.*, 50(10), 1989, s. 1758-1759
44. **McCOY, M. A. - SMYTH, J. A. - ELLIS, W. A. - ARTHUR, J. R. - KENNEDY, D. G.:** Experimental reproduction of iodine deficiency in cattle. *Veterinary Record*, 141, 1997, s. 544-547
45. **McDOWELL, L. R.:** Minerals in animal and human nutrition. Inc., Academic Press, 1992, 524 s.
46. **McGRATH, D. - POOLE, D. B. R. - FLEMING, G. A.:** Health implications of soil iodine content. *Farm and Food Research*, U.K., 21. vyd., 1990, s. 20-21
47. **MEE, J. F. - OFARRELL, K. J. - ROGERS, P. A. M.:** Base - line survey of blood trace element status of 50 dairy herds in the south of Ireland in the spring and autumn of 1991. *Ir. Vet.*, 47, 1994, s. 115-122

48. **MÍČEK, M.:** Autoimunní onemocnění štítné žlázy u dětí. VOX Peditrie, 1(7), září 2001, s. 20-22
59. **MIHOLOVÁ, B.:** Anatomie a fyziologie hospodářských zvířat. 2. vyd., Praha, Státní zemědělské nakladatelství 1976, 217 s.
50. **MILLER, J. K. - SWANSON, E. W. - SPALDING, G. E.:** Iodine Absorption, Excretion, Recycling, and Tissue Distribution in the Dairy Cow. Journal of Dairy Science, 58(10), 1975, s. 1578-1593
51. **NEWTON, G. L. - CLAWSON, A. J.:** Iodine toxicity: physiological effects of elevated dietary iodine on pigs. J. Anim. Sci., 39, 1974, s. 879-884
52. **PHILLIPS, D. I. - NELSON, M. - BARKER, D. J. - MORRIS, J. A. - WOOD, T. J.:** Iodine in milk and the incidence of thyrotoxicosis in England, Clin. Endocrinol (Oxf.), 28(1), 1988, s. 61-66
53. **PHILLIPS, R. W.:** Trace elements, In: Veterinary pharmacology and therapeutics. The Iowa state University Press, 5. vyd., 1982, 1134 s.
54. **PISAŘÍKOVÁ, B. - HERZIG, I. - ŘÍHA, J.:** Anorganické anionty s možným strumigenním účinkem v pitných a napájecích vodách. In: 1. Kábrtovy dietetické dny. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 1995, s. 101-105
55. **POHUNKOVÁ, D. - NĚMEC, J.:** Aktuální otázky endemické strumy a jodového deficitu. Čas. Lék. Čes., 127(21), 1988, s. 641-647
56. **RAO, P. S. - LAKSHMY, R.:** Role of goitrogens in iodine deficiency disorders and brain development. Indian J. Med. Res., 120, 1995, s. 223-226
57. **RICHTER, D. - MERZWEILER, A.:** Jodgehalte Landwirtschaftlich genutzen böden der DDR. In: Anke, M.: Spurenelement-symposium-Jod., 1986, s. 13-18

58. **RYŠAVÁ, L. - ČERVKOVÁ, A. - KUBAČKOVÁ, J.:** Obsah jodu a selenu v mléce v distribuční síti ČR a evropských státech, citováno: 2.4. 2007, 2005, elektronický odkaz: [http://www.zuova.cz/informace/cvz/obsah\\_jodu.pdf](http://www.zuova.cz/informace/cvz/obsah_jodu.pdf)
59. **SCHÖNE, F.:** Iodine deficiency, iodine requirement and iodine excess of farm animals - Experiments in growing pigs. Berliner und Munchener Tierärztliche Wochenschrift, 112(2), 1999, s. 64-70.
60. **SCHREITER, V.:** Patologie žláz s vnitřní sekrecí. 3. vyd., Praha, Avicemum ZN 1979, 396 s.
61. **SLANINA, I. - SOKOL, J.:** Vademecum veterinárního lékaře. Příroda, 1. vyd., Bratislava, 1991, 1182 s.
62. **SOMMER, A. - ČEREŠŇÁKOVÁ, Z. - FRYDRYCH, Z. - KRÁLÍK, O. - KRÁLIKOVÁ, Z. - KRÁSA, A. - PAJDÁŠ, M. - PETRIKOVIČ, P. - POZDÍŠEK, J. - ŠIMEK, M. - TŘINÁCTÝ, J. - VENCL, B. - ZEMAN, L.:** Potřeba živin a tabulky výživné hodnoty krmiv pro přežvýkavce. ČZS VÚVZ Pohořelice 1994, 198 s.
63. **SOVA, Z.:** Biologické základy živočišné výroby. 3. vyd., Praha, Státní zemědělské nakladatelství, 1988, 73 s.
64. **STARÝ, K. - RUBER, V. - DASTYCH, M.:** Tyreotoxióza a vliv tyreoidálních hormonů na kostní tkáň. Med. Pro Praxi, 4, 2006, s. 175 - 176
65. **ŠIMEK, M.:** Minerální krmné přísady a doplňky ve výživě zvířat. Živočišná výroba 3, ÚZPI, Praha, 1993, 60 s.
66. **TIIRATS, T.:** Thyroxine, triiodthyronine and reverse - triiodthyronine concentrations in blood plasma in relation to lactation, milk yield, energy and dietary protein intake in Estonian dairy cows. Acta. Vet. Scand., 38(4), 1997, s. 339-348



67. **TRÁVNÍČEK, J. - HERZIG, I. - KURSA, J. - KROUPOVÁ, V. - NAVRÁTILOVÁ, M.:** Iodine content in raw milk. *Vet. Med.*, 51(9), 2006, s. 448-453
68. **TRÁVNÍČEK, J. - KROUPOVÁ, V. - ŠOCH, M.:** Iodine content in bulk feeds in western and southern Bohemia, *Czech J. of Anim. Sci.*, 49(11), 2004, s. 483-484
69. **TŘINÁCTÝ, J. - SUSTALA, M. - VRZALOVÁ, D. - KUDRNA, V. - LANG, P.:** Milk iodine content in cows fed rapeseed meal iodine supplement. In: *Book of Abstracts of the 52nd Annual Meeting of the European Association for Animal Production.*, 26-29 August 2001, 7, 106 s.
70. **UNDERWOOD, E. J.:** Trace elements in human and animal nutrition. 4. vyd., London, Academy Press 1977, 545 s.
71. **VELIKÝ, I.:** Mikroelementy v teorii a praxi. Bratislava, Vydavateľstvo pôdohospodárskej literatury, 1. vyd., 1964, 194 s.
72. **VRZGULA, L. - ALIJEV, A. A. - BAREJ, W.:** Poruchy látkového metabolizmu hospodárskych zvierat a ich prevencia. Bratislava, Príroda, 2. vyd., 1990, 494 s.
73. **ZELENKA, J. - ZEMAN, L. - KOČÍ, S. - KOČIOVÁ, Z.:** Potreba živin a tabulky výživné hodnoty pro drůbež. ČAZV, Brno, Komise výživy hospodářských zvířat, 1. vyd., 1993, 54 s.
74. **ZHENG, H. B.:** An epidemiological survey of goiter caused by excessive iodine in potable water in Cangzhou region. *Chung Hua Yu Fang I Hsueh Tsa Chin*, 23(5), 1989, s. 305-307

## 8. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

WHO -	Světové zdravotnické organizace
UNICEF -	Dětský fond OSN
ICCIDD -	Mezinárodní organizace pro řešení jodového deficitu
IDD -	celosvětový projekt na pomoc lidem trpícím nedostatkem jódu
STH -	somatotropin
TSH -	tyreotropin
T3 -	tyroxin
T4 -	trijodtyronin
EDDI -	etylendiamindihydrojodid
DDD -	doporučená denní dávka
LT -	levý tank
PT -	pravý tank
T11 -	tank T11
NAZV -	Národní agentura pro zemědělský výzkum

## 9. PŘÍLOHY

Tab. 13 Doporučené denní dávky jodu v potravě lidí (GANONG, 1997)

Kategorie	Věk (Roky)	Hmotnost (kg)	Dávka jodu ( $\mu\text{g}$ )
Kojenci	0,0 - 0,5	6	40
	0,5 - 1,0	9	50
Děti	1 - 3	13	70
	4 - 6	20	90
	7 - 10	28	120
Muži	11 a více	45 - 70	150
Ženy	11 a více	46-55	150
v těhotenství			+25
v laktaci			+50

Tab. 14 Průměrná spotřeba mléka a mléčných výrobků na obyvatele/rok v období 1998-2005 (Český statistický úřad)

	Měrná jednotka	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	<b>2005</b>	Index 2005/2004
Mléko a mléčné výrobky	kg	197,1	207,3	214,1	215,1	220,6	223,4	230,0	<b>238,3</b>	103,6
v hodnotě mléka (bez másla)	litry	191,4	201,3	207,9	208,8	214,2	216,9	223,3	<b>231,4</b>	103,6
kravské mléko	kg	197,0	207,2	214,0	215,0	220,5	223,3	229,9	<b>238,2</b>	103,6
	litry	191,3	201,2	207,8	208,7	214,1	216,8	223,2	<b>231,3</b>	103,6
kozí mléko	kg	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	<b>0,1</b>	100,0
	litry	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	<b>0,1</b>	100,0
Mléko konzumní celkem	kg	59,9	60,3	59,6	60,7	62,0	58,5	61,6	<b>55,4</b>	89,9
	litry	58,2	58,5	57,9	58,9	60,2	56,8	59,8	<b>53,8</b>	90,0
kravské mléko	kg	59,8	60,2	59,5	60,6	61,9	58,4	61,5	<b>55,3</b>	89,9
	litry	58,1	58,4	57,8	58,8	60,1	56,7	59,7	<b>53,7</b>	89,9
kozí mléko	kg	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	<b>0,1</b>	100,0
	litry	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	<b>0,1</b>	100,0
Sýry celkem	kg	8,8	9,3	10,5	10,2	10,6	11,3	12,0	<b>12,5</b>	104,2
tavené sýry	kg	2,5	2,5	2,9	2,9	2,6	2,6	2,6	<b>2,4</b>	92,3
přírodní sýry	kg	6,1	6,6	7,4	7,2	7,9	8,7	9,4	<b>10,1</b>	107,4
tvrdé	kg	3,9	4,2	4,7	4,5	5,0	5,4	5,7	<b>6,0</b>	105,3
měkké	kg	1,4	1,4	1,6	1,5	1,7	2,0	2,1	<b>2,4</b>	114,3
plísňové	kg	0,8	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,6	<b>1,6</b>	100,0
ostatní sýry	kg	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	<b>0,0</b>	100,0
Mléčné konzervy	kg	2,5	2,2	2,3	2,3	2,2	1,9	2,2	<b>2,5</b>	113,6
Tvaroh	kg	3,2	3,7	3,4	3,6	3,6	3,4	3,6	<b>3,2</b>	88,9
Ostatní mléčné výrobky	kg	21,6	24,8	25,0	26,2	28,6	29,4	29,8	<b>30,0</b>	100,7
	litry	21,0	24,1	24,3	25,4	27,8	28,5	28,9	<b>29,1</b>	100,7