



Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ

Katedra zootechnických věd

Bakalářská práce

Aktuální zásobení hospodářských zvířat jodem

Autorka práce: Kristýna Líkařová

Vedoucí práce: doc. Ing. Roman Konečný, Ph.D.

Konzultant práce: prof. Ing. Jan Trávníček, CSc.

České Budějovice
2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval(a) pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

.....
Podpis

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá hodnocením aktuálního zásobení vybraných druhů a kategorií hospodářských zvířat jodem podle jeho obsahu v mléce. Celkem byl jod stanoven v individuálních vzorcích mléka krav z 5 chovů a v 5 bazénových vzorcích, v 6 individuálních vzorcích mléka koz ze 2 chovů a v 1 vzorku mléka klisny. Vzorky byly odebrány v chovech Jihočeského kraje, kraje Vysočina, Pardubického kraje, Plzeňského kraje a Královéhradeckého kraje v roce 2023. Jod ve vzorcích mléka byl stanoven pomocí spektrofotometrické metody podle Sandell – Kolthoffa. Průměrný obsah jodu v individuálních vzorcích mléka krav byl $73,0 \pm 53,7 \mu\text{g. l}^{-1}$, průměrný obsah jodu bazénových vzorků byl $163,6 \pm 117,5 \mu\text{g. l}^{-1}$ a průměrný obsah jodu v mléce koz byl $251,3 \pm 143,3 \mu\text{g. l}^{-1}$.

Klíčová slova: jod, mléko, skot, kozy, koně, spektrofotometrická metoda

Abstract

The bachelor thesis deals with the evaluation of the current iodine supply of selected species and categories of farm animals based on its content in milk. A total of 5 individual milk samples from cows from 5 farms and 5 pooled samples, 6 individual milk samples from goats from 2 farms and 1 milk sample from a mare were analyzed for iodine. The samples were collected in farms in the South Bohemian Region, Vysočina Region, Pardubice Region, Plzeň Region and Hradec Králové Region in 2023. Iodine in milk samples was determined using the Sandell-Kolthoff spectrophotometric method. The average iodine content in individual milk samples from cows was $73.0 \pm 53.7 \mu\text{g. l}^{-1}$, the average iodine content in pooled samples was $163.6 \pm 117.5 \mu\text{g. l}^{-1}$ and the average iodine content in goat milk was $251.3 \pm 143.3 \mu\text{g. l}^{-1}$.

Keywords: iodine, milk, cattle, goats, mares, spectrophotometric method

Poděkování.

Nejprve bych ráda poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Romanu Konečnému, Ph.D. a konzultantu prof. Ing. Janu Trávníčkovi, CSc. za jejich cenné rady, trpělivost a neustálou podporu během procesu psaní. Jejich odborné znalosti a vedení byly pro mě neocenitelné.

Dále bych ráda poděkovala své mamince, tetě a přátelům za jejich neustálou podporu a povzbuzení. Vaše podpora mi dodala sílu a motivaci v dobách, kdy jsem toho měla dost.

Rovněž bych chtěla poděkovat pracovníkům laboratoře Katedry zootechnických věd FZT JU v Českých Budějovicích, a také chovatelům zvířat, kteří mi poskytli vzorky mléka a informace o zvířatech.

Děkuji vám všem

Obsah

1	Úvod.....	7
2	LITERÁRNÍ PŘEHLED.....	8
2.1	Základní informace o jodu	8
2.2	Výskyt a koloběh jodu v přírodě.....	8
2.2.1	Jod ve vzduchu.....	8
2.2.2	Jod ve vodě.....	10
2.2.3	Jod v půdě	10
2.2.4	Jod v rostlinách	11
2.3	Jod a jeho zdroje ve výživě zvířat	11
2.3.1	Obsah jodu v krmivu.....	11
2.4	Faktory ovlivňující obsah jodu v mléce.....	12
2.5	Jod a organismus zvířat.....	14
2.5.1	Metabolismus jodu.....	14
2.6	Potřeba jodu pro hospodářská zvířata	16
2.7	Nedostatek a nadbytek jodu	16
2.7.1	Nedostatek jodu.....	16
2.7.2	Nadbytek jodu	17
3	Cíl práce	19
4	METODIKA	20
4.1	Charakteristika chovů.....	20
4.2	Použité jodové suplementy a jejich charakteristika	22
4.2.1	Solsel extra.....	22
4.2.2	Mikrop M80	23
4.2.3	Nutrimix pro kozy	24
4.2.4	Mipro M500	25
4.2.5	LI – R Goldmin (Apros).....	25

4.3	Odběr vzorků.....	25
4.4	Stanovení obsahuj jodu v mléce.....	26
5	Výsledky	27
5.1	Obsah jodu v mléce jednotlivých chovů	27
5.2	Porovnání obsahu jodu v individuálních a bazénových vzorcích mléka krav	32
6	Diskuse.....	34
7	Závěr	37
	Seznam použité literatury.....	38
	Seznam obrázků	46
	Seznam tabulek	47
	Seznam grafů.....	48
	Seznam použitých zkratk	49

1 Úvod

Jód je důležitým prvkem pro fungování štítné žlázy a zdraví všech živých tvorů, včetně hospodářských zvířat. Jeho nedostatek může způsobit vážné zdravotní problémy, jako je například vznik strumy, problémy s reprodukcí nebo snížení produkce mléka u dojnic. Naopak, dostatečný přísun jodu je klíčový pro udržení hormonální rovnováhy a optimálního metabolismu.

Jód se obvykle získává z potravy a vody, přičemž jeho množství v přírodních zdrojích je ovlivněno geografickými faktory. V oblastech s nedostatkem jodu se často používá jeho přídavek do potravin nebo přímá aplikace do krmiv pro zvířata. V dnešní době je velký důraz kladen na kvalitu a bezpečnost potravin, což zvyšuje zájem o správné zásobení jodem u hospodářských zvířat. To vyžaduje komplexní přístup, který zahrnuje správnou dietu, monitorování zdravotního stavu zvířat a případnou suplementaci jodem v případě nedostatku.

Rovněž je důležité sledovat aktuální vědecké poznatky a doporučení v oblasti výživy zvířat a zohlednit je při formulaci krmiva a správě hospodářských zvířat. Takový přístup může zajistit optimální zdraví zvířat a maximální produkční výkony, což přímo ovlivňuje efektivitu a udržitelnost chovu.

Cílem této práce bylo posoudit aktuální obsah jodu ve vzorcích mléka.

2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 Základní informace o jodu

Jod je chemický prvek patřící mezi halogeny, který hraje důležitou roli v biologii, lékařství a průmyslu. Má atomové číslo 53 a symbol I (Veliký, 1964). Při běžných podmínkách je jod pevná látka s charakteristickou tmavě fialovou barvou v krystalické formě. Jod je dobře rozpustný v organických rozpouštědlech, jako je ethanol, ale obtížně rozpustný ve vodě (Greenwood et al., 1993).

2.2 Výskyt a koloběh jodu v přírodě

Koloběh jodu v přírodě je komplexní proces zahrnující různé fáze a prostředí. Jod se uvolňuje z hornin a půdy do oceánů zvětráváním. V oceánech se vyskytuje ve formě jodidů a jodátů. Řasy a plankton jej absorbují a začleňují do své biomasy. Živočichové, kteří se živí řasami a planktonem, akumulují jod ve svých tkáních.

Z oceánů se jod uvolňuje do atmosféry ve formě plynného jodu a jodidů. Dešťové srážky ho vrací na zemský povrch. V půdě se přeměňuje na organické látky a jílové minerály. Rostliny ho absorbují kořeny a hospodářská zvířata ho následně konzumují v potravě (Smith et al., 2021).

2.2.1 Jod ve vzduchu

Podle Mercola (2022) je jód ve vzduchu důležitým faktorem pro zdraví lidí a zvířat, ale můžeme zde nalézt jak organické (např. metyljodid), tak anorganické (HIO a I₂) sloučeniny jodu, které se podílejí na destrukci ozonové vrstvy.

Koncentrace jódu ve vzduchu se značně liší v závislosti na lokalitě a vlivu různých zdrojů (Zimmermann et Pfeiffer, 2020). V oblastech v blízkosti moře je koncentrace jódu ve vzduchu obvykle vyšší než ve vnitrozemských oblastech (Evans et al., 2014). Například v přímořských oblastech se koncentrace jódu ve vzduchu pohybuje v rozmezí 0,5 - 2,0 µg/m³, zatímco ve vnitrozemských oblastech je to 0,05 - 0,5 µg/m³ (Yakai et al., 2012).

Hlavními zdroji jódu ve vzduchu jsou mořské aerosoly, sopečná činnost, znečištění ovzduší a používání jodových dezinfekčních prostředků:

Mořské aerosoly

Mořské aerosoly hrají důležitou roli v globálním klimatu a biogeochemických cyklech a jsou mikroskopické kapky mořské vody unášené větrem z oceánu do atmosféry (Carslaw et Boucher, 2010). Tyto kapky obsahují širokou škálu látek, včetně solí, minerálů, organických sloučenin, mikroorganismů a jodu. Jod je v mořských aerosolech přítomen ve formě jodidů a má řadu účinků, jako je například tvorba mraků (Fuzzi et al., 2015).

Sopečná činnost

Sopečná činnost hraje důležitou roli v uvolňování jódu do atmosféry. Během sopečné erupce dochází k výronu velkého množství magmatu, plynů a prachu. To potvrzuje i studie (Šeda et al., 2012). Mezi uvolňované plyny patří i jodidy, které se v atmosféře mění na jod (Mather et al., 2019).

Znečištění ovzduší

Znečištění ovzduší představuje významný zdroj jódu ve vzduchu, a to především v oblastech s vysokou koncentrací průmyslových aktivit a hustou dopravou (Wang et Zhang, 2019). K uvolňování jodu do atmosféry dochází v důsledku spalování fosilních paliv, průmyslových procesů (výroba cementu, skla, papíru a hnojiv) a spalování benzínu (Saiz-Lopez et Plane, 2004).

Používání jodových dezinfekčních prostředků

V chovech zvířat se běžně používají dezinfekční prostředky na bázi jodu. Jod se v nich nachází ve formě jodidů, jodátů nebo organických sloučenin jódu. Při aplikaci dezinfekčních prostředků se jód uvolňuje do ovzduší ve formě plynů a par. Množství uvolněného jódu závisí na typu použitého dezinfekčního prostředku, způsobu aplikace a dalších faktorech. Tuto skutečnost potvrzuje i studie Blake et al. (2013). Studie ukázaly, že používání jodových dezinfekčních prostředků v chovech zvířat může vést k nárůstu koncentrace jodu v ovzduší v okolí chovů (Blake et al., 2013). Další faktor, který vede ke zvýšení obsahu jodu v ovzduší je dle Novotné a Svobody (2023) rozmetání hnoje a močůvky, které obsahují jod z dezinfekčních prostředků a krmiva.

Na polích se jód uvolňuje do ovzduší ve formě plynů a par. Množství uvolněného jódu závisí na typu hnoje, způsobu rozmetání a dalších faktorech.

2.2.2 Jod ve vodě

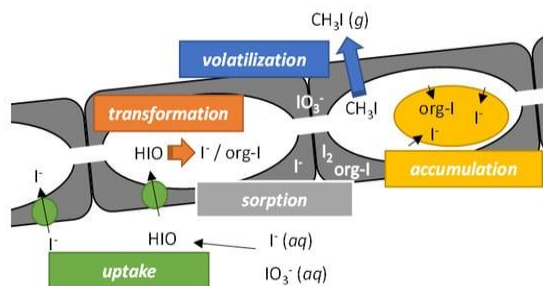
Ve vodě se jod nejčastěji vyskytuje jako jodid a jodičnan. V říčních a jezerních sedimentech je však velká část jódu vázána na organickou hmotu. Mořská voda je považována za hlavní zásobárnu jódu. Výpočtem bylo zjištěno, že $4,5 \times 10^5$ tuny jódu se ročně vypaří z oceánské vody s $2,4 \times 10^5$ tun odpařených ve formě methyljodidu. Zpětný transport jódu sladkovodními toky se odhaduje na $1,1 \times 10^5$ tun za rok (Muramatsu et al., 1998). Podle Carpentera et al. (2013) biologické a fotochemické reakce způsobují, že anorganicky i organicky vázaný jód se z mořské vody vypařuje; těkavé organické sloučeniny zahrnují methyljodid, diiodmethan, chlorjodmethan, jodethan a jodpropan.

2.2.3 Jod v půdě

V půdě se jod vyskytuje v nízkých koncentracích, obvykle v rozmezí 0,2-5 mg/kg (McLaughlin et al., 2017). Jeho obsah závisí na řadě faktorů, jako je typ půdy, matečná hornina, eroze a hnojení (Smith et al., 2023).

Nejvyšší úrovně jodu byly zjištěny v půdě bohaté na organickou hmotu (Whitehead, 1984), v písčité a rašelinové půdě, a také v oblastech s mořským podnebím (Rengel, 2012). Množství jódu v půdě může být ovlivněno srážkami. V oblastech s hojnými srážkami se jod z atmosféry snáší do půdy a zvyšuje tak její obsah jódu. Naopak v oblastech s nízkými srážkami je jod z atmosféry splavován méně, a proto je obsah jódu v půdě obvykle nižší (Kabala et al., 2018).

Biochemický cyklus jodu (Obr. 1) je řízen půdními charakteristikami, jako např. pH, koncentrace organické hmoty, oxidů kovu (Hou et al., 2009). Ke vstupu jódu do půdy dochází převážně přenosem z atmosféry a do určité míry z odumřelých částí rostlin a živočichů (Whitehead, 1984).



Obrázek 1: Různé mechanismy uvolňování jodu z půdního prostředí (DUBORSKÁ et al., 2021)

2.2.4 Jod v rostlinách

Obsah jodu v rostlinách se značně liší. Obecně platí, že rostliny pěstované v oblastech s nízkým obsahem jodu v půdě, jako je například ve vnitrozemí, obsahují méně jodu než rostliny pěstované v blízkosti moří, které mají obsah jodu vyšší. Rostliny absorbují jod z půdy kořeny (Dissanayake et Chandrajith, 2019). Jeho příjem závisí na druhu rostliny, obsahu jodu v půdě a dostupnosti dalších živin (Lea et al., 2021). Některé rostliny, jako jsou brukvovité plodiny a mořské řasy, jsou schopny akumulovat jod v relativně vysokých koncentracích (He et Zhang, 2008).

2.3 Jod a jeho zdroje ve výživě zvířat

Jod je stopový prvek, který zajišťuje normální funkci štítné žlázy a je nepostradatelný pro syntézu hormonů štítné žlázy trijodtyroninu (T3) a tyroxinu (T4), které jsou zodpovědné za správnou funkci metabolismu, růstu a vývoje. Dále jod vykazuje silné dezinfekční a baktericidní vlastnosti a je silným antioxidantem. V krmné dávce může být přítomen jako anorganické a organické sloučeniny (Żarczyńska et al., 2023).

Aby byla zajištěna správná funkce štítné žlázy u hospodářských zvířat, je důležité zajistit dostatečný příjem jodu v jejich výživě. To může být dosaženo vhodným krmením a případně doplňováním jodu v podobě minerálních přísad či jodizovaných krmiv (Trávníček et al., 2011).

2.3.1 Obsah jodu v krmivu

Obsah jodu v krmivu závisí především na jeho obsahu v rostlinách, druhu rostlin, způsobu zpracování a konzervace krmiva. Pakliže existují oblasti s deficitem tohoto prvku v půdách, tak jak je výše uvedeno, je i nízký obsah jodu v rostlinách (pokud není jod do půdy, respektive na rostliny aplikován v podobě hnojiva). Z dostupných

evropských i českých studií vyplývá, že krmiva rostlinného původu, jako obiloviny, sójový a řepkový šrot a píce, obsahují jen nízké množství jódu (Sommer et al. 1994).

Trávníček et al. (2004) zkoumali obsah jodu v objemných krmivech v České republice. Analyzovali 34 vzorků z let 1997-2001. Nejvíce jodu obsahovaly travní siláže (průměrně 213,3 µg/kg sušiny), nejméně kukuřičná siláž a seno (oba vzorky obsahovali okolo 110 µg/kg sušiny) (viz tabulka 1). Průměrný obsah jodu v pastvě byl 148,9 µg/kg sušiny. Obsah jodu v krmivech se liší podle regionu. Krmiva z horských oblastí západních Čech, s geologickým podložím tvořeným krystalickými břidlicemi a starými žulami, obsahovala v průměru více jodu než krmiva z jižních Čech, kde převažují krystalické břidlice. Výrazné rozdíly v obsahu jodu byly zaznamenány při porovnávání sena. Seno z horských oblastí západních Čech má nejvyšší obsah jodu. Nejvyšší naměřená hodnota byla 168,0 µg .kg⁻¹ sušiny, zatímco v jižních Čechách to bylo pouze 78,0 µg .kg⁻¹ sušiny (p < 0,01)

Tabulka 1: Obsah jodu v plodinách pro hospodářská zvířata ([1] Švecová a Čepková, 2009; [2] Bartoš a Trávníček, 2008; [3] Tlustoš a Balík, 2012)

Plodina	Obsah jodu (µg/kg sušiny)	Zdroj
Travnaté siláže	213,3 ± 169,3	[1]
Jetelotravní seno	90–400	[2]
Pastviny	300–1500	[2]
Kukuřičná siláž	110,0 ± 97,2	[1]
Seno	112,1 ± 93,9	[1]
Řepka ozimá	150–250	[3]
Slunečnice	100–200	[3]
Oves	50–100	[3]
Ječmen	50–100	[3]
Pšenice	50–100	[3]

2.4 Faktory ovlivňující obsah jodu v mléce

Obsah jodu v krmivu pro dobytek má zásadní vliv na obsah jodu v mléce. Krmivo s nízkým obsahem jodu (< 40 µg/kg sušiny) vede k nízkému obsahu jodu v mléce. To se může týkat krmiv pěstovaných na půdě s nízkým obsahem jodu, krmiv s nízkým obsahem mořských řas a krmiv, která nejsou doplňována jodem. Naopak krmivo s optimálním obsahem jodu (40-80 µg/kg sušiny) vede k vyhovujícímu obsahu jodu

v mléce. Toho lze dosáhnout používáním krmiv pěstovaných na půdě s dostatečným obsahem jodu, krmiv s obsahem mořských řas a krmiv doplňovaných jodem. Krmivo s vysokým obsahem jodu ($> 80 \mu\text{g/kg}$ sušiny) může vést k nadměrnému obsahu jodu v mléce. To může být způsobeno nadměrným používáním jodizované soli v krmivu, kontaminací krmiva jodem z průmyslových zdrojů nebo konzumací rostlin s vysokým obsahem jodu (Nationl Research Council, 2016).

Množství jódu v mléce souvisí zejména s jeho nutričním příjmem. Vzhledem k nedostatečnému obsahu jódu v rostlinných krmivech je jeho obsah v mléce ovlivněn zejména suplementací do krmných dávek formou minerálních krmných přísad nebo minerálních lizů. Při příjmu jodu pouze z objemných krmiv a krmných směsí bez doplňku jodu nepřesahuje jeho obsah v mléce $50 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ (Trávníček et al., 2020). Mezi faktory, které ovlivňují negativně obsah jodu v mléce lze zařadit i strumigenní látky, zejména glukosinoláty, thyokianáty a dusičnany, které zvyšují vylučování jodu ledvinami na úkor mléčné žlázy (Mikláš et al., 2021). Zanedbatelný není ani vliv jodu v dezinfekčních prostředcích a preparátech užívaných k ošetření mléčné žlázy dojníc. Zvýšení obsahu jodu v mléce přibližně o 10 % v souvislosti s používáním dezinfekčních přípravků obsahující jod na ošetření mléčné žlázy po dojení uvádí Trávníček et al., 2020).

Za optimální obsah jodu v mléce lze považovat 100-200 $\mu\text{g/litr}$, hodnoty pod 80 $\mu\text{g/litr}$ bývají při jeho nízkém příjmu a hodnoty nad 250 $\mu\text{g/litr}$ při jeho luxusním příjmu (Trávníček et al., 2011). Obsah jodu v mléce je v České republice dlouhodobě sledován v zájmu řešení nedostatku jodu ve výživě lidí i zvířat. Jod v mléce je významným přirozeným nutričním zdrojem jodu.

V souvislosti s řešením jodového deficitu před rokem 2000 byly krmné dávky dojníc výrazně dotovány minerálními doplňky obsahující jod. Po roce 2000 došlo k prudkému vzestupu průměrné koncentrace jodu v mléce, která v roce 2003 dosáhla $310 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ a v roce 2009 úrovně $500 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Průměrný obsah jodu v mléce zjištěný v letech 2014 - 2020 ($169,2 - 243,7 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) je výsledkem soustavné kontroly obsahu jodu v mléce a úpravy příjmu jodu minerálními doplňky (Trávníček et al., 2020). Konečný et al. (2019) uvádí výrazný pokles průměrného obsahu jodu v mléce ve třech krajích České republiky (Středočeský, Jihočeský a Vysočina). V roce 2010 byl průměrný obsah jodu v mléce $479,5 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, v roce 2018 se průměrný obsah jodu snížil na $231,2 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$.

2.5 Jod a organismus zvířat

V organismu je jód přítomen v hormonální a nehormonální formě a je nezbytnou součástí tyroidálních hormonů (TH). Obsah jodu v organismu se liší v tělních tekutinách i v jednotlivých orgánech. Rozdíly obsahu jodu v jednotlivých orgánech však existují i mezi jednotlivými druhy hospodářských zvířat. Celkový obsah jodu v krvi se uvádí v rozmezí $40\text{--}80\ \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ (Číhalová et al., 2015). Hladiny jodu ve svalovině zvířat se liší podle druhu. Například v období let 2004 - 2005 byly naměřeny hodnoty $25,6 \pm 15,5\ \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ve svalovině prasat, $56,7 \pm 16,7\ \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ve svalovině skotu a $18,9 \pm 6,7\ \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ u brojlerových kuřat. (Kursa et al., 2007).

2.5.1 Metabolismus jodu

Metabolismus jodu je komplexní proces, který zahrnuje jeho vstřebávání, transport, organifikaci ve štítné žláze, působení hormonů štítné žlázy a vylučování z organismu. (Spears et al., 2014). Jod se u skotu primárně vstřebává v bachoru, knize, v malém množství ve slezu (Miller et al., 1975). Z gastrointestinálního traktu se vstřebává především jako jodid a jeho elementární forma a většina organických forem (jód vázaný na bílkoviny, jodované aminokyseliny, tyroxin) se před vstřebáním redukuje na jodidy (Flachowsky et al., 2014). Absorpce organických forem jodu je možná, ale jejich biologická dostupnost je mnohem nižší (40-70 %). U skotu, na rozdíl od jiných živočišných druhů dochází k retenci jodu, ta spočívá v endogenní sekreci jodu zpět do trávicího traktu, zejména do slezu, což následně přispívá k jeho vstřebávání v dalších částech trávicího traktu (Goff, 2018).

U skotu je možná i absorpce jodu z kůže. Ta je zvláště důležitá kvůli používání přípravků k dezinfekci struků před dojením a po dojení, přičemž studie prokázaly mnohem vyšší koncentraci jodu v mléce při použití roztoku ve formě spreje na kůži struku než použití balzámu (Flachowsky et al., 2007).

Po vstřebání je jod transportován z krve do štítné žlázy a dalších orgánů (Schöne et al., 2017). Štítná žláza se skládá ze dvou laloků spojených úzkým můstkem umístěným v dolní části krku. Pojivová tkáň rozděljuje každý lalok na lalůčky, jejichž funkčními jednotkami je folikul. Každý folikul se skládá z vrstvy epitelu obklopující dutinu, která obsahuje tyreoglobulin (Ferenčík et al., 2000).

Jód je aktivně vychytáván z krevní plazmy do folikulárních buněk štítné žlázy transmembránovým glykoproteinem, jodidovou pumpou (natrium jodidový symportér – NIS), který se nachází v bazolaterální membráně folikulární buňky (Nicola et al., 2012). Poté následuje syntéza a sekrece tyreoglobulinu a oxidace jódu a organifikace jódu, při níž dochází k jodování tyrosinových zbytků přítomných v molekule tyreoglobulinu. K jodaci dochází nejprve na pozici 3' za vzniku monojodtyrosinu (MIT) a poté na pozici 5' za vzniku diiodtyrosinu (DIT). Po jodaci tyrosinu následuje spojovací reakce, při níž se dvě molekuly DIT spojí za vzniku hormonu tyroxinu (T4) a jedna molekula MIT se spojí s jednou molekulou DIT za vzniku hormonu triiodtyroninu (T3) (Pal, 2007). Reakce je katalyzována tyreoidální peroxidázou (TPO) (Patrick, 2008). Hormony štítné žlázy jsou uloženy uvnitř folikulů štítné žlázy jako koloid po dobu několika měsíců. Uložené hormony mohou pokrýt požadavky organismu až na 3 měsíce (Pal, 2007). Ze štítné žlázy se hormony uvolňují do oběhu procesem proteolýzy a dostávají se do svých cílových tkání prostřednictvím specifických nosných proteinů. Syntéza a uvolňování tyroxinu (T4) jsou stimulovány hormonem stimulujícím štítnou žlázu (TSH), který se uvolňuje z hypofýzy. Sekrece TSH je řízena negativní zpětnou vazbou hormonů štítné žlázy, hlavně tyroxinem (T4), který působí na hypofýzu (Ayling et al., 2009).

Hormony štítné žlázy mají hlavně metabolický účinek, což znamená, že zvyšují bazální metabolismus, energetický metabolismus, při kterém urychlují vstřebávání glukózy a rozklad tuků, zvyšují srdeční tep, podporují tvorbu krve, mléka a mají dilatační účinek na drobné cévy a kapiláry. Navíc ovlivňují centrální nervový systém, barvu kůže a produkci somatostatinu (Jelínek et al., 2003).

Z výše uvedeného je patrné, že štítná žláza je tedy hlavní zásobárnou jódu v těle (asi 70–80 % z celkového obsahu jódu), dalším orgánem obsahujícím větší množství jódu jsou ledviny, u laktujících samic pak mléčná žláza a placenta (Dror et al., 2018). Menší množství jódu pak obsahují tělní tekutiny, oči, žaludeční sliznice, játra, slinné žlázy, pokožka a kostra (Rakoczy et al., 2016).

Mezidruhové rozdíly v metabolismu jódu, stavbě štítné žlázy a syntéze hormonů jsou do jisté míry nepatrné. Oproti přežvýkavců je u monogastrů jód vstřebáván zejména v tenkém střevě (Cavalieri, 1997). Další rozdíl je ve tvaru a uložení štítné žlázy. U krav je štítná žláza umístěna na ventrolaterální straně v místě spojení hrtanu a průdušnice. Laloky jsou na každé straně spojeny ventrálně isthmem (můstkem), který prochází po ventrální části průdušnice na úrovni druhého prstence (Ghosh, 2015).

Štítná žláza se u koně nachází mezi třetím a šestým tracheálním prstencem. Skládá se ze dvou laloků bezprostředně uložených kaudálně za hrtanem, obvykle spojených úzkým vazivovým můstkem (Budras et al., 2008). I u koz je tento orgán tvořen dvěma laloky hruškovitého (vřetenovitého, oválného) tvaru spojenými tenkým, špatně vyvinutým vazivovým můstkem.(Pankowski et al., 2020).

2.6 Potřeba jodu pro hospodářská zvířata

Potřeba jódu se liší podle druhu, kategorie a užitkovosti zvířete. Vzhledem k deficitu jodu v prostředí v České republice, a tedy i v krmivu, jod se přidává do krmných směsí pro hospodářská zvířata povinně. Nedostatek jódu může vést k poruchám štítné žlázy, strumě, snížení produkce a reprodukčním problémům (Vrba et al., 2014) .

Většina zvířat potřebuje 0,3 mg I. Kg⁻¹ sušiny krmné dávky. Mláďata a březí a laktující zvířata ale potřebují jodu více. Doporučené denní dávky jódu pro jednotlivé druhy jsou uvedeny v tabulce 2:

Tabulka 2: Doporučené dávkování jódu (Novák a Nováková, 2023)

Druh	Dospělí	Laktující	Mláďata
Skot	0,5 - 0,8 mg/kg	0,6 - 0,8 mg/kg	0,4 - 0,6 mg/kg
Ovce a kozy	0,3 - 0,5 mg/kg	0,5 - 0,7 mg/kg	0,4 - 0,6 mg/kg
Prasata	0,2 - 0,4 mg/kg	0,4 - 0,6 mg/kg	0,4 - 0,6 mg/kg
Drůbež	0,3 - 0,5 mg/kg	-	-
Nosnice	0,3 - 0,5 mg/kg	-	-
Brojleři	0,2 - 0,4 mg/kg	-	-
Koně	0,2 - 0,4 mg/kg	-	0,4 - 0,6 mg/kg

2.7 Nedostatek a nadbytek jodu

2.7.1 Nedostatek jodu

Nedostatek jodu u hospodářských zvířat může mít různé příčiny jako jsou nízkým obsah jodu v pastvě, krmivu nebo absencí suplementace (Combs, 2015;). Další významný faktor, který vede k deficitu jódu u zvířat jsou strumigenní látky, které snižují využití jódu v organismu (Delange, 2019).

U zvířat se deficit jodu projevuje širokou škálou symptomů, které se liší v závislosti na druhu zvířete, jeho věku a stupni deficitu (Salem et al., 2010). Mezi nejčastější symptomy patří zvětšená štítná žláza (struma), snížená produkce, náchylnost k infekcím, reprodukční problémy, poruchy růstu a vývoje, zhoršení kvality produktů a další symptomy specifické pro daný druh zvířete (Zoidis et al., 2019).

Struma je nejviditelnější symptom a vyskytuje se u všech druhů zvířat. Může zasahovat do dýchání a polykání. Snížená produkce se týká mléka u dojníc, vlny a mléka u ovcí a koz, růstu a porážkové váhy u prasat a snůšky vajec u drůbeže (Smith, 2011). Oslabený imunitní systém zvyšuje náchylnost k infekcím (Crotty et al., 2016). Reprodukční problémy zahrnují prodloužení říje, nízkou plodnost, potraty, zrození slabých mláďat a zadržení placenty u skotu, opakované říje, nízkou plodnost a vrozené vady u mláďat u ovcí a koz a nízkou plodnost, opakované říje, potraty a porod slabých selat u prasnic (Smith, 2011). K poruchám růstu a vývoje jsou náchylná mláďata hospodářských zvířat, jako jsou telata, hříbata a mláďata ovcí a koz (Novák a Dvořák, 2023). Zhoršení kvality produktů se týká mléka u skotu, masa u prasat a skořápek vajec u drůbeže (Smith a Doe, 2023). U koní se můžeme setkat se zhoršením kvality srsti, letargií a slabostí (Nováková, 2018).

V případě, že se u zvířat objeví příznaky deficitu jodu, je nutné zahájit léčbu (Delange, 2019). Ne všechna zvířata s nedostatkem jodu však vykazují viditelné symptomy. I když zvíře na první pohled vypadá zdravě, stále může trpět negativními důsledky deficitu jodu. Léčba spočívá v podávání jodových doplňků (Zimmermann et Andersson, 2012).

2.7.2 Nadbytek jodu

I když je jod pro zvířata nezbytný prvek, jeho nadměrný příjem může vést k různým zdravotním komplikacím. Nejčastějším symptomem nadbytku jodu je zvětšení štítné žlázy, to může být viditelné pouhým okem nebo hmatatelné. Dále také může způsobit ztrátu srsti, srst bývá hrubá, lámavá a vypadává. Průjem, nervozita a abnormální srdeční rytmus jsou dalšími symptomy nadměrného jodu u zvířat. V závažnějších případech se mohou objevit i symptomy jako je zvýšená žízeň a močení, hubnutí, svalová slabost, otok očí, apatie a reprodukční problémy (Suttle, 2010).

Tyto komplikace se liší v závislosti na závažnosti a druhu zvířete. Některé druhy hospodářských zvířat, jako jsou dojnice, ovce a drůbež, jsou na nadbytek jodu obzvláště citlivé. U dojnic může vést ke snížení produkce mléka, zhoršení kvality mléka, poruchám reprodukce, zvětšení štítné žlázy (struma), průjmu, nervozitě a ztrátě srsti. Ovce jsou obzvláště citlivé na nadbytek jodu, a to i v mírných formách. Mohou se u nich objevit ztráta srsti, průjem, nervozita, poruchy reprodukce, zvětšení štítné žlázy (struma), snížení produkce vlny, abnormální srdeční rytmus, svalová slabost a apatie. U drůbeže může vést ke snížení produkce vajec, zhoršení kvality skořápek, poruchám opeření, zvětšení štítné žlázy (struma), snížení živé hmotnosti a zvýšené úmrtnosti (Suttle, 2010).

Nadbytek jodu se u hospodářských zvířat v České republice vyskytuje zřídka, a to zpravidla z důvodu chyb ve výživě zvířat (kombinace různých krmných přísad, lízů) a nadměrného užívání jodových dezinfekčních preparátů na bázi jodu (Novák, 2023).

Včasná diagnóza a léčba nadbytku jodu je důležitá pro prevenci komplikací a zlepšení prognózy (Smith et al., 2023).

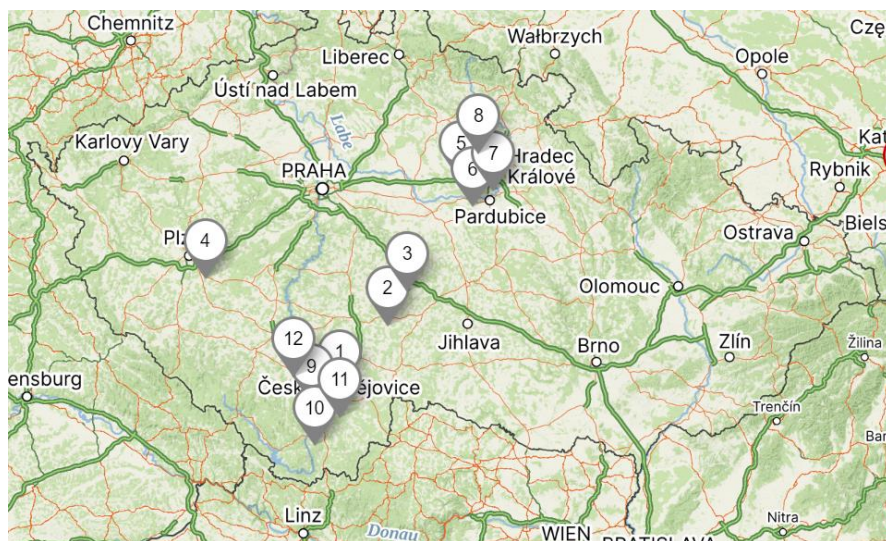
3 Cíl práce

Cílem bakalářské práce s názvem „Aktuální zásobení hospodářských zvířat jodem“ bylo analyzovat a zhodnotit zásobení vybraných druhů hospodářských zvířat jodem. U vybraných zvířat jsme odebírali individuální a bazénové vzorky mléka. Vzorky byly odebírány v Jihočeském kraji, kraji Vysočina, Pardubickém kraji a Plzeňském kraji.

4 METODIKA

4.1 Charakteristika chovů

Do sledování obsahu jodu byly zařazeny chovy ze čtyř regionů, respektive krajů České republiky (Obrázek 3). Jednalo se o pět chovů z Jihočeského kraje (chov č. 1, 9, 10, 11, 12), tři chovy z Pardubického kraje (č. 5, 6, 7), jeden chov z Královéhradeckého kraje (č. 8), dva chovy z kraje Vysočina (č. 2, 3) a jeden chov z Plzeňského kraje (č. 4).



Obrázek 2: Místa odběrů vzorků

1-Velechvín; 2-Křeč; 3-Chyšná; 4-Žákava; 5-Chýstř; 6-Živanice; 7-Černá u Bohdanče; 8-Hradec Králové; 9-Křenovice; 10-Zahořánky; 11-Nové Hodějovice; 12-Hluboká nad Vltavou

- 1) Chov 1 je Statek u Návarů, který se nachází v obci Velechvín v Jihočeském kraji (mapa č. 1). Jedná se o ekologický malochof o šesti kusech dojníc plemene jersey a český strakatý skot o průměrné produkci za rok 5 475 kg mléka. Dojnice mají celoročně k dispozici minerální liz Solsel extra. K dezinfekci mléčné žlázy zde nepoužívají žádný jodový preparát.
- 2) Chov 2 je součástí Zemědělského družstva Černovice u Tábora a nachází se v obci Křeč (mapa č.2). Farma hospodáří na 500 ha půdy, z nichž 350 ha tvoří orná půda a 150 ha louky a pastviny. Chovají zde konvenčně 192 dojných krav plemene český strakatý skot, jejichž průměrná produkce za rok

je přibližně 11 023 kg mléka/dojnic. Zvířatům se do krmiva přidává minerální doplněk Mipro M500. Tato farma používá dezinfekční jodový preparáty na struky před dojením i po dojení. Před dojením používají Prefoam+ a po dojení HM VIR FILM+.

- 3) Chov 3 se nachází v obci Chyšná v kraji Vysočina (mapa č. 3). Je součástí akciové společnosti, která chová konvenčním způsobem 2 530 kusů krav plemene holštýn. Z 2 530 kusů krav je 1 030 kusů dojníc, jejichž průměrná užitkovost za rok na jednu dojnici je 11 553 kg mléka. Zvířatům je poskytován jodový přípravek s obsahem 6 mg I.kg⁻¹
- 4) Chov 4 je moderní zemědělský podnik Žákava, který se zaměřuje na rostlinou i živočišnou výrobu. Nachází se v Plzeňském kraji (obrázek č. 4). Družstvo se zabývá chovem holštýnského skotu, který je chován konvenčním způsobem. Celkový počet krav je 580 kusů z nichž je zhruba 470 kusů dojných. Průměrná užitkovost mléka za rok na jednu dojnici se pohybuje okolo 13 505 kg.
- 5) Chov 5 je zemědělský podnik Chýšť v Pardubickém kraji (mapa č. 5), který konvenčně chová 1900 kusů skotu. Nejvíce jsou zaměřeny na chov plemene červenostrakatý skot. Průměrná užitkovost dojníc za rok je 8 300 kg mléka na jednu dojnici.
- 6) Chov 6 se nachází v obci Živanice v Pardubickém kraji (mapa č. 6) a zaměřuje se na konvenční chov plemene český strakatý skot. Stádo tvoří 310 kusů dojníc. Průměrná užitkovost dojníc za rok se pohybuje okolo 8 650 kg/dojnici. Kravám je podáván jod jako jodičnan vápenatý bezvodý s obsahem 12 mg I.kg⁻¹ a minerální liz Solsel extra s obsahem 100 mg I.kg⁻¹. K dezinfekci struků nepoužívají žádný jodový preparát.
- 7) Chov 7 se nachází v Černé u Bohdanče v Pardubickém kraji (mapa č.7) zaměřuje se na konvenční chov plemene holštýn. Stádo tvoří 110 dojníc. Průměrná užitkovost dojníc za rok se pohybuje okolo 11 400 kg/dojnici. V tomto chovu dávají dojnícím doplňkové minerální krmivo LI – R Goldmin

(Apros) s obsahem 150 mg I·kg⁻¹. Nepoužívají žádný jodový preparát na dezinfekci struků dojníc.

- 8) Chov 8 je farma Kejklíček, která se nachází v Hradci Králové (Mapa č. 8) a zabývá se chovem 50 dojníc plemene holštýn. Chov skotu probíhá ekologickou formou. Průměrná užitkovost za rok na jednu dojnici je okolo 8 000 kg mléka. Dojnice dostávají minerální krmnou směs od firmy DMS.
- 9) Chov 9 představuje rodinnou farmu v Křenovicích v Jihočeském kraji (mapa č. 9). Chovají zde ekologickým způsobem skot plemene masný simentál. Zvířata zde dostávají minerální krmnou směs Mikrop M80. U masného skotu nepoužívají žádný jodový preparát na struky.
- 10) Chov č. 10 je domácí kozí farma, která se nachází v obci Záhořánky v okrese Český Krumlov (mapa č. 10). Zde je ekologickým způsobem chováno 10 koz plemene česká hnědá krátkosrstá. Kozy jsou krmena kompletní krmnou směsí, která je doplňována kvasnicemi a minerální krmnou směsí Nutrimix. K dezinfekci mléčné žlázy používají jodový preparát Betadine.
- 11) Chov 11 je domácí farma koz, která se nachází v Nových Hodějovicích v okrese České Budějovice (mapa č. 11). Tato farma se zaměřuje na ekologický chov koz. Kozám je poskytován minerální liz Solsel extra a nepoužívají žádný jodový preparát k dezinfekci struků.
- 12) Chov 12 Jezdecká tělovýchovná jednota se nachází v Hluboké nad Vltavou (mapa č. 12). Chová se zde více jak 23 koní. Koně zde krmí kvalitním senem a ovsem, doplněným minerálním lizem Solsel extra. Při odběru mléka nepoužili žádný dezinfekční jodový preparát.

4.2 Použité jodové suplementy a jejich charakteristika

4.2.1 Solsel extra

Minerální liz Solsel Extra je lisovaný blok bílé barvy s barevnými skvrnami dle obsahu minerálů. Váží 10 kg a vyznačuje se vysokou odolností vůči povětrnostním vlivům.

Liz zajišťuje rovnoměrný příjem minerálů zvířaty a je certifikován dle standardu GMP+.

Hlavní složkou lizu je chlorid sodný (NaCl), tedy kamenná sůl. Liz dále obsahuje oxid hořečnatý (MgO) jako zdroj hořčíku a stopové prvky jako železo (Fe), selen (Se), měď (Cu), jód (I), zinek (Zn), mangan (Mn) a kobalt (Co). Obsah jodu v tomto produktu je 100 mg I.kg⁻¹.

Solsel Extra doplňuje důležité minerály a podporuje zdraví a vitalitu zvířat. Pokrývá 1/3 denní potřeby důležitých stopových prvků a zajišťuje optimální příjem minerálů pro zdravý vývoj a odolnost zvířat. Liz je vhodný pro hospodářská zvířata (skot, koně, ovce, kozy) a lesní zvěř (jeleni, srnci). Doporučené dávkování je uvedeno v tabulce 3.

Tabulka 3: Doporučené dávkování minerálního lizu Solsel extra.

Druh zvířete	Dávkování
Skot	20–50 g/zvíře/den
Koně	10–30 g/zvíře/den
Ovce a kozy	5–10 g/zvíře/den
Lesní zvěř	5–10 g/zvíře/den

4.2.2 Mikrop M80

Mikrop M80 je minerální krmná směs určená pro všechny kategorie dobytka, která doplňuje základní krmivo o potřebné minerální látky i stopové prvky. Podporuje zdraví, užitkovost a reprodukci zvířat.

Směs obsahuje makroprvky jako vápník, fosfor, hořčík, draslík a sodík, dále mikroprvky včetně železa, mědi, manganu, zinku, jódu, selenu, kobaltu a vitamíny A, D3 a E. Díky vysoké koncentraci i optimálnímu poměru minerálních látek a stopových prvků Mikrop M80 podporuje zdraví a odolnost zvířat, zlepšuje jejich užitkovost, včetně mléčné produkce a reprodukce, chrání je před poruchami metabolismu a kosterními problémy. Tato směs obsahuje 110 mg I.kg⁻¹. Dávkování se liší podle kategorie a užitkovosti zvířete (Tabulka 4).

Tabulka 4: Mikrop M80 – doporučené dávkování

Kategorie dobytka	Hmotnost zvířete (kg)	Denní dávka (g)
Telata do 6 měsíců	50–100	20–30
Telata 6–12 měsíců	100–200	40–50
Jalovice	200–400	60–70
Dojnice	400–600	80–90
Býci	400–600	80–90

4.2.3 Nutrimix pro kozy

Nutrimix pro kozy je minerální krmná směs určená k doplnění minerálních látek a vitamínů v krmných dávkách koz chovaných v drobnochovech. Směs zajišťuje optimální příjem všech důležitých minerálů a vitamínů, které kozy potřebují pro zdravý vývoj a produkci. Podporuje zdravý růst a vývoj mladých koz. Zajišťuje jejich optimální kondici. Pomáhá udržovat kozy v dobré kondici a posiluje jejich imunitní systém. U dojných koz může vést ke zvýšení produkce mléka.

Nutrimix obsahuje vyvážený poměr makroprvků (vápník, fosfor, hořčík, draslík) a mikroprvků (měď, zinek, železo, mangan, jód) a vitamínů (A, D3, E, B1, B2, B3, B5, B6, B12, C). Je obohacen o měď, která je důležitá pro zdraví srsti a kopyt, a niacinamid a biotin, které podporují zdravou kůži a odolnost proti infekcím.

Směs je vhodná pro všechny kategorie koz, včetně kůzlat, dojných koz a koz v chovu. Snadno se míchá s krmivem a je ideální pro každodenní doplňování krmných dávek. Doporučené dávkování je uvedeno v tabulce 5. Nutrimix obsahuje 60 mg l.kg⁻¹ směsi.

Tabulka 5: Nutrimix pro kozy-doporučené dávkování

Kategorie kozy	Hmotnost kozy	Dávkování Nutrimixu
Kozy	Do 20 kg	20 g/den
Kozy	Nad 20 kg	30 g/den
Kůzlata	-	10 g/den

4.2.4 Mipro M500

Mipro M500 je minerální krmná směs určená pro dojnice. Podporuje optimální funkce bachoru a celkové zdraví krav. Stimuluje chuť k jídlu a zvyšuje příjem krmiva, čímž podporuje produkci mléka. Pomáhá regulovat hormonální rovnováhu a zlepšuje reprodukční cyklus. Podporuje zdraví a vitalitu krav pro delší dobu produktivity. Zvyšuje produkci mléka a zlepšuje jeho kvalitu. Zlepšuje trávení a vstřebávání živin z krmiva. Podporuje zdraví vemene a snižuje riziko mastitidy.

Mipro M500 obsahuje minerální látky (vápník, fosfor, sodík, hořčík, draslík, zinek, mangan, měď, železo, jód a selen), vitamíny (vitamin A, D3, E, B1, B2, B6, B12, kyselina nikotinová, kyselina pantothenová, biotin a cholin) a další látky (droždí, cukr). Doporučené dávkování je 500 g/den na dojnici. Ve směsi je obsah jodu 90 mg. I/kg.

4.2.5 LI – R Goldmin (Apros)

Minerální krmná směs LI – R Goldmin od firmy Apros je skvělý pomocník pro chovatele dojníc a jalovic. Jedná se o doplňkové krmivo bohaté na minerální látky a stopové prvky, které komplexně podporuje zdraví a užitkovost vašich zvířat. Krmivo podporuje zdravé kosti a zuby, zlepšuje reprodukci, zvyšuje užitkovost, posiluje imunitu a předchází deficitu minerálů. Minerální krmná směs se podává perorálně s krmivem v dávce 50 - 100 g na kus a den.

4.3 Odběr vzorků

Mléko bylo odebíráno z různých farem a oblastí od koz, koní a krav. Vzorky se odebíraly přímo ze struku rovnou do vzorkovnic o objemu 30 a 50 ml. Zároveň mi byly poskytnuty i bazénové vzorky.

Po odběru se vzorkovnice s mlékem daly zamrazit a následně se předaly laborantce k analýze obsahu jodu v mléce. Analýza obsahu jodu se prováděla v laboratoři katedry zootechnických věd na Fakultě zemědělské a technologické Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.

Celkem bylo odebráno 58 vzorků mléka. V chovu 1 a 3 byly odebrány vzorky v měsíčních intervalech po dobu 3(4) měsíců, pro sledování a porovnání dynamiky obsahu jodu. V chovu č. 1 a 3 byly odebrány i individuální vzorky mléka rovněž po dobu 4 měsíců. V chovech 2, 4, 5, 6, 7, 8 se jednalo o jednorázové odběry bazénových vzorků ve stejném období.

4.4 Stanovení obsahuj jodu v mléce

Obsah jodu ve vzorcích mléka byl stanoven pomocí spektrofotometrické metody dle Sandell – Kolthoffa. Tato metoda stanovuje celkový obsah jodu (jod anorganický i jod vázaný na bílkoviny) a je založena na redukci Ce^{4+} na Ce^{3+} v prostředí kyseliny sírové za účasti As^{3+} a katalytického účinku jodu (I-) (Haap et al, 2017). Analýzy obsahu jodu v mléce byly provedeny v laboratoři pro stanovení jodu katedry zootechnických věd Fakulty zemědělské a technologické Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.

5 Výsledky

5.1 Obsah jodu v mléce jednotlivých chovů

V tabulkách 6. - 17. jsou uvedeny obsahy jodu v individuálních vzorcích a v chovech dojnic i vzorky bazénové získané z chladících „tanků“. Odběr bazénového vzorku byl proveden pracovníkem mlékárny při odvozu mléka ke zpracování.

Tabulka 6: Množství jodu v mléce u koz plemene česká hnědá krátkosrstá v místě odběru Zahořánky ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)

Datum odběru	Obsah jodu v mléce
8. 5. 2023	114,5
8. 5. 2023	228,3
8. 5. 2023	470,8
8. 5. 2023	458,8
8. 5. 2023	237,0
8. 5. 2023	255,2
Průměr	294,1
S_x	141,2
Min.	114,5
Max.	470,8

Tabulka 7: Množství jodu v mléce koz plemene česká hnědá krátkosrstá z místa Nové Hodějovice ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)

Datum odběru	Obsah jodu v mléce
8. 8. 2023	118,2
8. 8. 2023	127,5
Průměr	122,9
S_x	4,7

V tabulce č. 6 a 7 jsou uvedeny obsahy jodu ve vzorcích mléka od koz plemene česká hnědá krátkosrstá. Odběr vzorků z tabulky č. 6 probíhal v místě Zahořánky a z tabulky č. 7 probíhal v Nových Hodějovicích. Vzorky byly odebírány v době, kdy probíhala u koz druhé fáze laktace. Všechny vzorky byly odebírány majiteli zvířat.

Tabulka 8: Množství jodu ve vzorcích mléka u krav plemene jersey a český strakatý skot v místě Velechvín ($\mu\text{g. l}^{-1}$)

Datum odběru	Obsah jodu ve vzorcích
31. 5. 2023	50,0
31. 5. 2023	46,8
31. 5. 2023	32,7
31. 5. 2023	31,2
31. 5. 2023	24,2
31. 5. 2023	25,8
Bazénový vzorek	41,6
Průměr	35,1
S_x (směrodatná odchylka)	10,8
Max.	50,0
Min	24,2
5. 9. 2023	64,9
5. 9. 2023	29,5
5. 9. 2023	33,4
5. 9. 2023	50,8
5. 9. 2023	41,8
Bazénový vzorek	36,4
Průměr	44,1
S_x (směrodatná odchylka)	14,2
Max.	64,9
Min	29,5
9. 10. 2023	32,6
9. 10. 2023	53,2
9. 10. 2023	42,8
9. 10. 2023	27,3
9. 10. 2023	62,5
Bazénový vzorek	27,3
Průměr	43,7
S_x (směrodatná odchylka)	14,5
Max.	62,5
Min.	27,3
20. 11. 2023	161,0
20. 11. 2023	185,6
20. 11. 2023	180,0
20. 11. 2023	170,0
Bazénový vzorek	144,0
Průměr	174,2
S_x (směrodatná odchylka)	10,9
Max.	185,6
Min.	161,0

V tabulce č. 8 jsou uvedeny hodnoty obsahu jodu v mléce od krav plemene jersey a český strakatý skot z místa odběru Velechvín v období květen - listopad. V květnu

byly krávy ve druhé fázi laktace a od září do listopadu u nich probíhalo období stání na sucho. Vzorky odebíral majitel krav.

Tabulka 9: Množství jodu v mléce krav plemene masný simentál z rodinné farmy Křenovice u Dubného ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)

Datum odběru	Obsah jodu ve vzorcích
9.10.2023	32,3
9.10.2023	45,2
9.10.2023	35,2
9.10.2023	61,3
9.10.2023	50,2
9.10.2023	26,3
Průměr	41,8
S_x (směrodatná odchylka)	12,9
Max.	61,3
Min.	26,3

V tabulce č. 9 jsou uvedeny hodnoty obsahu jodu v mléce od krav plemene masný simentál z místa Křenovice. V době odběru vzorků byly krávy ve druhé fázi laktace. Vzorky byly odebírány majitelem zvířat. Tabulka také ukazuje průměrný obsah jodu, který je $41,8 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$. Dále ukazuje maximální hodnotu $61,3 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ a minimální hodnotu $26,3 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$.

Tabulka 10: Množství jodu v mléce od krav plemene holštýn z místa zemědělské družstvo Žákava ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)

Datum odběru	Obsah jodu v mléce
12. 6. 2023	92,9
22. 6. 2023	102,9
Průměr	97,9
S_x	5

V tabulce č. 10 jsou uvedeny hodnoty obsahu jodu v mléce od dojníc plemene holštýn z místa Žákava v Plzeňském kraji. V době odběru vzorků byly dojnice ve druhé fázi laktace. Vzorky mléka byly odebírány pracovníky zemědělského družstva. Průměrný obsah jodu v mléce je $97,9 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$.

Tabulka 11: Množství jodu od krav plemene holštýn z farmy Kejkliček v místě Hradec Králové ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)

Datum odběru	Obsah jodu v mléce
9.6. 2023	200,0
9.6. 2023	197,0
Průměr	198,5
S_x	1,5

V tabulce č. 11 jsou uvedeny hodnoty jodu v mléce holštýnského skotu z farmy Kejkliček z Královéhradeckého kraje. V době odběru byly dojnice v druhé fázi laktace. Vzorky byly odebrány majiteli zvířat. Tabulka ukazuje, že v těle dojnic je optimální množství jodu. Průměrné množství jodu v mléce je 198,5.

Tabulka 12: Množství jodu v mléce z pastéru od dojnic plemene holštýn z místa Černá u Bohdanče ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)

Datum odběru	Obsah jodu v mléce
12.6.2023	201,0

V tabulce č. 12 je uvedena hodnota obsahu jodu bazénového vzorku od 110 dojnic plemene holštýn z chovu Ing. Štěpanovského z Černé u Bohdanče. Bazénový vzorek z pastéru odebíral pan Ing. Štěpanovský. V době odběru vzorku byly krávy ve druhé fázi laktace.

Tabulka 13: Množství jodu v bazénovém vzorku mléka z místa zemědělské družstvo Chyšná ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)

Datum odběru	Obsah jodu v mléce
13.6.2023	312,0

V tabulce č. 13 je uvedena hodnota obsahu jodu v bazénovém vzorku mléka od dojnic plemene český strakatý skot z místa zemědělské družstvo Chyšná v kraji Vysočina. V době odběru vzorku byly krávy ve druhé fázi laktace. Vzorek odebral pracovník družstva.

Tabulka 14: Množství jodu v bazénovém vzorku mléka od dojníc plemene holštýn z místa Chýšť ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)

Datum odběru	Obsah jodu v mléce
10.6.2023	273,2

V tabulce č. 14 je uvedena hodnota obsahu jodu v mléce z pastéru od 1 030 dojníc plemene holštýn z místa zemědělské družstvo Chýšť z Pardubického kraje. V době odběru vzorků byly některé dojnice ve druhé fázi laktace a u některých probíhalo období stání na sucho. Vzorek odebral pracovník zemědělského družstva.

Tabulka 15: Množství jodu v mléce krav plemene český strakatý skot z místa Křeč ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)

Datum odběru	Obsah jodu v mléce
3. 10. 2023	119,0
3. 10. 2023	97,3
3. 10. 2023	106,1
3. 10. 2023	122,5
3. 10. 2023	115,9
3. 10. 2023	59,5
3. 10. 2023	113,0
3. 10. 2023	121,6
3. 10. 2023	118,5
3. 10. 2023	130,9
Bazénový vzorek	121,1
Průměr	110,4
S_x	20,1
Max.	130,9
Min.	59,5

V tabulce č. 15 jsou uvedeny hodnoty obsahu jodu v mléce dojných krav plemene český strakatý skot z místa Křeč. Vzorky byly odebírány pracovníky statku. Pracovníci mi také poskytli bazénový vzorek. Obsah jodu v bazénovém vzorku je $121,1 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$. Průměrný obsah jodu je $110,4 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$, minimální zjištěná hodnota jodu u krav je $59,5 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ a maximální $130,9 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$.

Tabulka 16: Množství jodu v bazénovém vzorku mléka od dojníc plemene český strakatý skot ze zemědělského družstva Živanice ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)

Datum odběru	Obsah jodu v mléce
12.6.2023	316,0

V tabulce č. 16 je uvedeno množství jodu v mléce z pastéru od 310 dojných krav plemene český strakatý ze zemědělského družstva Živanice z Pardubického kraje. V době odběru vzorků probíhala u většiny dojníc druhá fáze laktace. Vzorek odebral majitel zemědělského družstva.

Tabulka 15: Množství jodu v mléce koně plemene německý teplokrevník ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)

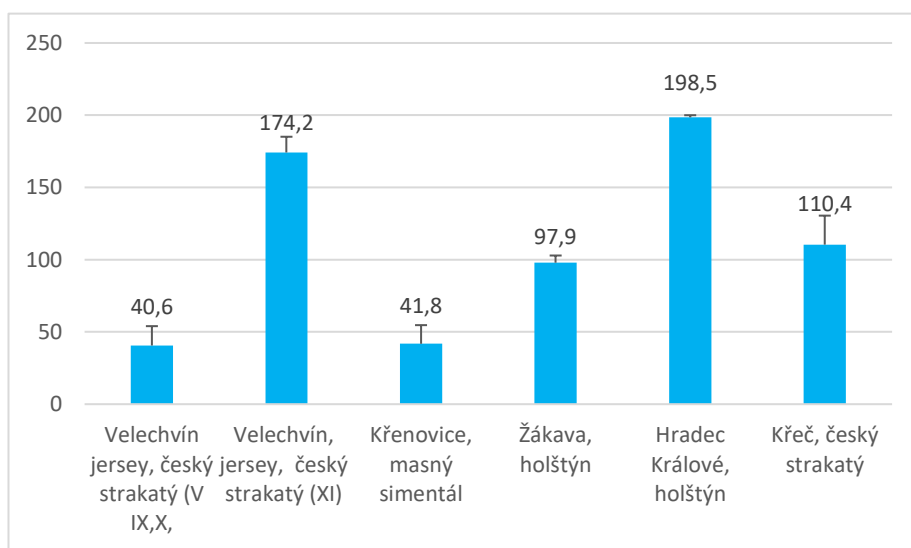
Datum odběru	Obsah jodu v mléce
31. 5. 2023	120,0

V tabulce č. 17 je uveden obsah jodu v mléce od koně plemene německý teplokrevník z místa Vondrov v Hluboké nad Vltavou. Klisna byla v době odběru ve druhé fázi laktace, vzorek byl odebrán majitelem jezdecké tělovýchovné jednoty Vondrov. Klisna má optimální množství jodu v těle.

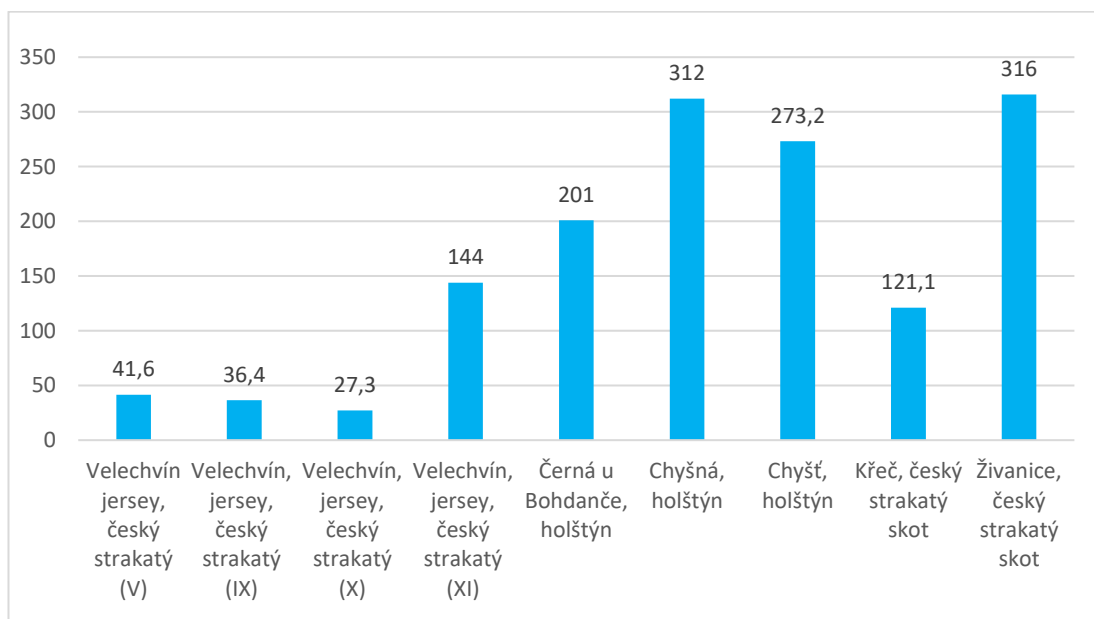
5.2 Porovnání obsahu jodu v individuálních a bazénových vzorcích mléka krav

Následující grafy umožňují porovnání obsahu jodu v individuálních (graf 1) a bazénových vzorcích (graf 2) mléka krav. Nejvyšší obsah jodu v individuálních vzorcích mléka byl v chovu plemene holštýn Hradec Králové $198,5 \pm 1,5 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$, nejnižší v chovu Velechvín v měsících květen, září a říjen ($40,6 \pm 13,4 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$). Nízká koncentrace nepřevyšující $50 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ byla také v chovu Křenovice (plemeno masný simentá). Obsah jodu v bazénových vzorcích odpovídá obsahu jodu v individuálních vzorcích (Chovy Křeč a Velechvín jsou chovy, ve kterých byl jod stanoven v individuálních i bazénových vzorcích). Nejvyšší obsah jodu v bazénových vzorcích byl v chovu Živanice s obsahem jodu $316,0 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ a nejnižší v chovu Velechvín s hodnotou $27,3 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$.

Graf 1: Obsah jodu v individuálních vzorcích mléka krav (µg·l)



Graf 2: Obsah jodu v bazénových vzorcích (µg·l-1)



6 Diskuse

Mléko je přirozeným zdrojem jodu nejen pro mláďata živící se mlékem, ale svou významnou pozici sehrává mléko a mléčné výrobky i v lidské výživě. Jako přirozený zdroj jodu je mléko v České republice mimořádně významné vzhledem k jejich spotřebě i výživovým zvyklostem populace (Trávníček et al., 2020). Kromě kravského mléka se nejen lokálně konzumuje mléko kozí a například sýry z kozího mléka. Znalosti o obsahu jodu v kozím mléce jsou proto stejně potřebné. V tabulkách 6. a 7. je uveden obsah jodu v mléce koz ze dvou chovů, přičemž rozdíl průměrných hodnot dosahuje téměř 140 % ($294,1 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ chov Zahořánky, $122,9 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ chov Nové Hodějovice). Ve srovnání s údaji Trávníčka a Kursy (2011), kteří vyšetřením vzorků mléka ze 17 chovů koz, u nichž byl deklarován příjem různého množství jodu v krmné soli, zjistili průměrný obsah $142,1 \pm 102,6 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, který je i v chovu Zahořánky výrazně vyšší. Průměrné hodnoty obsahu jodu v mléce obou chovů se však nacházejí v rozmezí hodnot ($51,8 - 393,6 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$), které uvádějí předchozí autoři. Výrazně vyšší obsah jodu v mléce koz uvádí například Rozenská et al. (2013), která ve třech produkčních chovech koz zjistila průměrný obsah jodu od $397,6$ do $584,9 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Význam suplementace jodu formou minerálních doplňků na zvýšení obsahu jodu v mléce prokázal Nuda et. al. (2009) a také Rozenská et al. (2013). V našem případě doplňkový příjem jodu byl v chovu Zahořánky zajištěn formou minerální krmné směsi Nutrimix a v chovu Nové Hodějovice minerálním lizem Solsel extra.

Vliv velikosti chovu a způsobu chovu koz (konvenční a ekologický chov) sledovala Klimešová et al. (2021). Z jejich výsledků vyplývá statisticky významné rozdíly v obsahu jodu v závislosti na velikosti chovu koz, malé chovy (do 50 kusů) $195,5 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, velké chovy (nad 150 kusů) $279,2 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Obsah jodu v mléce z chovů s konvenčním a ekologickým (organickým chovem) byl podle autorů relativně malý a statisticky nevýznamný. Chovy koz zařazené do našeho sledování byly ve srovnání s uvedenými chovy malé a nelze tedy s literárními údaji srovnávat. Vyšší obsah jodu v mléce koz z chovu Zahořánky by mohl být ovlivněn i jodem používaným v dezinfekčním prostředku používaný v chovu na ošetření struků mléčné žlázy po dojení. V chovu Nové Hodějovice zaměřený na ekologické hospodaření se dezinfekce mléčné žlázy jodovými preparáty neprováděla. Vyšší obsah jodu

v mléce v souvislosti s používáním dezinfekčních prostředků na mléčnou žlázu uvádí například Mikláš et al. (2019).

Obsah jodu v individuálních vzorcích mléka od krav byl sledován u 9 chovů v České republice (tab. 8 - 11). Průměrný obsah jodu v kravském mléce se ve sledovaných chovech lišil. Ve Velechvíně byl $67,3 \pm 54,8 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$; v Křenovicích $41,8 \pm 12,9 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$; v Žákavě $97,9 \pm 5 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$; na farmě Kejklíček $198,5 \pm 1,5 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$; v Černovicích u Tábora $110,4 \pm 20,1 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$; v zemědělském družstvu Chýst' $273,2 \pm 0 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$; v zemědělském družstvu Chyšná $312,0 \pm 0 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$; v chovu Ing. Štěpanovského Černá u Bohdanče $201,0 \pm 0 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ a v zemědělském družstvu Živanice $316,0 \pm 0 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. V porovnání s výsledky studie Soriguera et al. (2011), kteří uvádí průměrný obsah jódu v mléce ze španělských chovů $260,0 \pm 60,0 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, jsme v našem sledování naměřili u 5 chovů o 24 % až 84 % nižší koncentrace jódu a u 4 chovů o 5 % až 21 % vyšší koncentrace jódu.

Naše měření obsahu jódu v mléce krav ukázalo průměrnou hodnotu všech 40 individuálních vzorků $82,3 \pm 54,1 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, což je výrazně méně ve srovnání s výsledky jiných studií. Například Trávníček a kol. (2006b) naměřili průměrně $380,0 \pm 310,0 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, Křížová et al. (2016) $330,0 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ a Kursá et al. (2005) $310,0 \pm 350,0 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. V porovnání s těmito pracemi je tedy obsah jódu v mléce z našeho výzkumu nižší o celých 73 až 78 %.

Do bakalářské práce byl zařazen i jeden chov s koňmi (tab. 17). Vzorek mléka byl odebrán pouze jeden z místa Vondrov. Podle Leibolda et al. (2004) se množství jodu v mléce klisen pohybuje v rozmezí $40 - 80 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, ale může se změnit v závislosti na plemeni, fázi laktace a krmivu. Průměrný obsah jodu v mléce z našeho vzorku z místa Vondrov byl $120,0 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, což je o 50 až 200 % více než je uvedené rozmezí.

Bazénové vzorky mléka (tabulky 8, 12-16), odebrané v Jihočeském kraji, kraji Vysočina a Pardubickém kraji, vykazovaly průměrné hodnoty jodu $163,6 \pm 117,5 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Tyto výsledky lze porovnat s výzkumem provedeným Konečným et al. (2019), který analyzoval vzorky mléka z Jihočeského kraje, Středočeského kraje a kraje Vysočina v období let 2008–2018. Tento výzkum ukázal průměrně vyšší koncentrace jódu, než byly naše naměřené hodnoty. Naopak Vorlová et al. (2014) zjistila v jiných regionech ČR průměrnou hodnotu jodu $136,55 \pm 42,91 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ v letech 2012–2013, což je nižší koncentrace, než byly naše výsledky. Tato odlišnost v koncentraci jódu může být způsobena různým počtem vzorků z velkých a malých farem, jak uvádí Vorlová et al. (2014).

Různá množství obsahu jodu v mléce pravděpodobně souvisí s různými způsoby hospodaření a chovu zvířat. Například zvířata chovaná na pastvě obvykle přijímají více jodu než zvířata chovaná ve stájích. To zahrnuje jak přirozené procesy a látky, jak naznačuje studie Qin et al. (2021), tak i menší frekvenci používání jodové dezinfekce při dojení, jak uvádí Hanuš et al. (2021). Omezení využití doplňkových látek a krmiv, jak popsali Dvorský a Urban (2014), může také hrát roli, stejně jako rozdíly v počtu vzorků a prostředí, ve kterých se chovy nacházejí.

Mezi další faktory ovlivňující obsah jodu v mléce patří plemeno a druh zvířete, laktace a zdravotní stav. Různá plemena a druhy hospodářských zvířat mají různé nároky na jod a vylučují ho do mléka v různé míře. Například krávy vylučují do mléka více jodu než ovce. Během laktace se zvyšuje vylučování jodu do mléka, a proto je u dojnic potřeba vyššího příjmu jodu. Některá onemocnění štítné žlázy u zvířat mohou ovlivňovat obsah jodu v mléce (Rabiee et al., 2021).

V chovu Velechvín, vzhledem k tomu, že nedošlo ke změně minerální přísady a objemné složky KD (řepka nebo jiné strumigeny), lze rozdíly v obsahu jodu mezi měsíci květen až listopad vysvětlit pouze neúměrnému podávání minerálního doplňku do krmné dávky, jelikož dojnice měli v mléce méně jak $50 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, což je již projevem výrazné jodopenie u krav (viz. Tabulka 8) (Trávníček et al., 2011).

U bazénových vzorků v chovu Chyšná, Chýšť a Živanice (viz. Tabulka 13, 14 a 16) vzhledem ke koncentracím převyšujících $250 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ docházelo naopak pravděpodobně k nadměrnému podávání minerálních doplňků do krmné dávky (Trávníček et al., 2011). Zvířata měla v mléce více jak $250 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, což vede k nadbytku jodu v těle dojnic.

V chovech s vysokým obsahem jodu v mléce byla suplementace jodu zajištěna jodičnanem vápenatým bezvodým, naopak v chovech s nízkým obsahem byl doplňkový jod do krmné dávky zajištěn minerálním lizem Solsel extra.

7 Závěr

Zásobení hospodářských zvířat jodem je klíčovým faktorem pro zajištění jejich zdraví a optimální produkce. Z této bakalářské práce vyplývá, že správné dávkování jodu ve stravě zvířat je nezbytné pro prevenci jodových deficitních stavů, souvisejících problémů s produkčními výsledky a zdravím zvířat. Při hodnocení aktuální situace zásobení jodem bylo zjištěno, že existuje řada faktorů ovlivňujících jodový status zvířat, včetně geografického umístění, složení půdy a kvality krmiv. Je zřejmé, že je třeba neustále monitorovat jodový status hospodářských zvířat a přijímat opatření k jeho optimalizaci, aby se předešlo nežádoucím účinkům na produkci a zdraví zvířat. Důkladné porozumění potřebám jodu u jednotlivých druhů zvířat a přizpůsobení stravy tak, aby tyto potřeby byly uspokojeny, je klíčové pro úspěšné řízení zásobení jodem v hospodářských zvířatech. Dále je nezbytné provádět další výzkum a sledování v oblasti zásobení jodem, aby bylo možné lépe porozumět jeho dopadům na produkci a zdraví zvířat a přijímat efektivní opatření na jeho optimalizaci. V neposlední řadě je nezbytné, aby chovatelé a veterináři spolupracovali na monitorování a zlepšování zásobení jodem ve svých chovech, aby bylo dosaženo optimálních výsledků pro zvířata i produkci.

Abychom zajistili zdraví zvířat, je nutné pravidelně s větším důrazem kontrolovat obsah jódu v mléce vzhledem ke skutečnosti opětovného výskytu nízkých koncentrací jodu v mléce. Na základě těchto kontrol můžeme optimalizovat příjem jódu u hospodářských zvířat pomocí minerálních doplňků. Dostatek jódu je nezbytný pro fungování štítné žlázy a celkové zdraví zvířat. Suplementace jodem by se měla provádět na základě odborného doporučení a po zjištění skutečného stavu zásobení jodem v chovu.

Seznam použité literatury

1. Ayling, M. R., Jeffrey, J. (2009). Thyroid hormone secretion. In: Preedy, V. R., Burrow, G. N., Watson, R. *Comprehensive handbook of Iodine: Nutritional, biochemical, pathological and therapeutic aspects*. 1. vydání. Elsevier/Academic Press, Amsterdam, 40-41. ISBN 978-0-12-374135-6.
2. Bartoš, S., Trávníček, J. (2008). Obsah jodu v půdách a rostlinách České republiky. In: *Kvalita půdy a produkce potravin*. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha, 159-164.
3. Blake, D. R., Marsh, A. R. W., Nickless, C. E., Monks, P. J. (2013). Emissions of iodine from agricultural sources: A review. *Atmospheric Environment*. 77(1): 774-782.
4. Budras, K. D., Sack, W. O., Rock, S. (2008). Head. In: Budras, K. D., Sack, W. O., Rock, S. (Eds). *Anatomy of the Horse*. 5. vydání. Schlütersche, Germany, 38-50.
5. Carpenter, L.J., MacDonald, S. M., Shaw, M. D., Kumar, R., Saunders, R. W., Parthipan, R., Wilson, J., Plane, J. M. C.(2013). Atmospheric iodine levels influenced by sea surface emissions of inorganic iodine. *Nature Geoscience*, 6(2): 108-111.
6. Carslaw, K. S., & Boucher, O. (2010). Atmospheric aerosol: Composition, sources, and processes. *Reviews of Geophysics*, 48(3): 48RG1-48RG24.
7. Cavalieri, R. R. (1997). Iodine metabolism and thyroid physiology: current concepts. *Thyroid*, 7(2):177-181.
8. Combs, G. F., Jr. (2015). *The vitamins: Fundamental aspects in nutrition and health*. 4. vydání .Elsevier, Amsterdam. ISBN 978-0-12-802965-7.
9. Crotty, S., Kaech, D., Lattin, J. P., Naher, M. C., Wirth, D. K. (2016). The effect of aging on the immune systém. *Nature Immunology*, 17(11): 1124-1132.
10. Číhalová, J., Šustrová, L., & Zelenka, J. (2015). Jód v organismu hospodářských zvířat. *Veterinární medicína*, 60(12): 671-680
11. Delange, F. (2019). *Iodine deficiency disorders in animals*. 1. vydání. CABI, Wallingford. ISBN: 978-1-78639-366-4.
12. Delange, F. (2019). The role of iodine in thyroid function and disorders. *Nature reviews. Endocrinology*, 15(12): 744-758.

-
13. Dissanayake, C. B., & Chandrajith, R. (2019). Iodine content of food crops and soils in Sri Lanka: A review. *Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka*, 47(2): 187-196.
 14. Dror, D. K., Allen, L. H. (2018). Iodine in Human Milk: A Systematic Review, *Advances in Nutrition*, 9: 347-357.
 15. Duborská, L., Matúš, P., Šeda, M. (2021). Různé mechanismy uvolňování jodu z půdního prostředí. *Půdní věda a ochrana půdy*, 20(1): 10-15.
 16. Dvorský, J. a Urban, J. (2014). *Základy ekologického zemědělství: Podle nařízení Rady (ES) č.834/2007 a nařízení Komise (ES) č.889/2008 s příklady*. 2. aktualizované vydání. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ), Brno. ISBN 978-80-7401-098-9.
 17. Evans, R. D., Hallows, D. H. P. (2014). Iodine in the Environment: Sources, Distribution and Human Exposure. *Science of the Total Environment*, 472(15): 1-11.
 18. Ferencík, M., Škára, B., Novák, M., Turecký, L. (2000). *Biochémia*. 1. vyd. Slovak Academic Press, Bratislava. ISBN 80-88908-58-2.
 19. Flachowsky, G. (2007). Iodine in animal nutrition and iodine transfer from feed into food of animal origin. *Lohmann Information*, 42(2): 47-59.
 20. Flachowsky, G., Franke, K., Meyer, U., Leiterer, M., Schöne, F. (2014). Influencing factors on iodine content of cow milk. *European Journal of Nutrition*, 53(2): 351-365.
 21. Fuzzi, S., Brant, J., Denter, F., Dunnemann, L., Facchini, M. C., Decesari, S., Rinaudo, T., Ruprecht, A., Stainer, C., van Dingenen, R., Zoback, M. C., Wiedensohler, A. (2015). Marine aerosol in the atmosphere: Sources, properties and impacts. *Reports on Progress in Physics*, 78(12): 1-50.
 22. Ghosh, R. K. (2015). *Primary Veterinary anatomy*. 6. vydání. Current Books International Company Lenin Sarane, Kolkata. ISBN 978-93-8527-445-9.
 23. Goff, J.P. (2018). Invited review: Mineral absorption mechanisms, mineral interactions that affect acid-base and antioxidant status, and diet considerations to improve mineral status. *Journal Dairy Science*, 101(4): 2763-2813.
 24. Greenwood, N., Earnshaw, A. (1993). *Chemie prvků, svazek II*. 1.vydání. Informatorium, Praha. ISBN 80-85427-38-9.
 25. Haap, M., Bartuška, M., Čech, J., Dvořák, P. (2017). Stanovení celkového obsahu jodu v potravinách. *Vědecký časopis pro potraviny a výživu*, 12(4): 35-40.

-
26. Hanuš, O. et al. (2021). Jod v mléce a jeho variabilita. *Mlékařské listy*, 32(4): 1- 5.
27. He, Y., Zhang, M. (2008). Bioavailability and accumulation of iodine in edible plants. *Journal of Food Science*, 73(1): 12-17.
28. Hou, X., Hansen, V., Aldahan, A., Possnert, G., Lind, O. C., Lujanienė, G. (2009). A review on speciation of iodine- 129 in the environmental and biological samples. *Analytica Chimica Acta*, 632(2): 181-196.
29. Jelínek, P., Koudela, K., Doskočil, J., Illek, J., Kotrbáček, V., Kovářů, F., Kroupová, V., Kučera, M., Kudláč, E., Trávníček, J., Valenta, M. (2003). *Fyziologie hospodářských zvířat*. 1. vyd. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno. ISBN 80-7157-644-1.
30. Kabala, C., Černá, J., Tlustoš, P., Šimůnková, L., Macek, M., Balík, J. (2018). Vliv srážek na obsah jódu v půdě a jeho dostupnost pro rostliny. *Rostlinná výroba*, 64(2): 81-86.
31. Klimešová, J., Nováková, P., Svobodová, L. (2021). Vliv velikosti chovu a způsobu chovu koz (konvenční a ekologický chov) na produkční parametry a welfare koz. *Živočišná výroba*, 66(4): 235-242.
32. Konečný, R., Křížová, Z., Hladký, J., Kautská, J., Hasoňová, L., Samková, E., Líbalová, K.Š., Trávníček, J. (2019). Iodine content development in raw cow's milk in three regions of the Czech Republic between the years 2008 and 2018. *Acta Veterinaria Brno*, 88 (3): 265-270.
33. Křížová, L., Straková, L., & Hajšlová, J. (2016). Obsah jodu v mléce a mléčných výrobcích v České republice. *Veterinární medicína*, 61(12): 683-688.
34. Kursá J., Herzig I., Trávníček J. et al. (2007): Obsah jódu v potravinách živočišného původu. In: *Sborník z VIII. konference „Jódový deficit a jeho prevence v ČR“*. SZÚ Praha. České Budějovice. 7-10.
35. Kursá, J., & Šmíd, J. (2005). Obsah jodu v kravském mléce v závislosti na způsobu chovu a krmiva. *Veterinární medicína*, 50(10): 421-426.
36. Lea, J. D., White, P. J.(2021). Iodine uptake and utilization by plants. *Plant and Soil*, 468(1-2): 1-18
37. Leibold, S., Geyer, H., & Wenzel, C. (2004). Iodine content of mares' milk and colostrum. *Journal of Dairy Science*, 87(11): 3608-3612.
38. Mather, T. J., Nielsen, C. J., Oman, L. D., Hort, M. J., Pyle, J. A. (2019). Volcanic activity and the global iodine cycle. *Nature Geoscience*, 12(4): 287-292.
-

-
39. McLaughlin, M. J., & Singh, B. R. (2017). Iodine in soils and plants. In: Sparks, D. L., Stewart, C. N. (Eds.). *Advances in agronomy*. 44. vydání. Academic Press, Amsterdam. ISBN 978-0-12-812244-8.
40. Mercola, J. (2022). The Importance of Iodine for Human Health. *Journal of Orthomolecular Medicine*, 37(1): 1-14.
41. Mikláš, Š., Tancin, V., Toman, R., Trávníček, J. (2021). : Iodine concentration in milk and human nutrition: A review. *Czech Journal of Animal Science*, 66 (6), 189-199.
42. Mikláš, Š., Mačuhová, L. (2019). Vliv dezinfekčních prostředků na mléčnou žlázu a kvalitu mléka. *Acta Veterinaria Brno*, 88(4): 327-334.
43. Miller, J. K., Swanson, E. W., Spalding, G. E. (1975). Iodine absorption, excretion, recycling and tissue distribution in the dairy cow. *Journal Dairy Science*, 58 (10):1578-1593.
44. Muramatsu, Y., Wedepohl, K.H. (1998). The distribution of iodine in the earth's crust. *Chemical Geology*, 147(3-4): 201–216.
45. National Research Council. (2016). *Nutrient requirements of dairy cattle*. 8. vydání. The National Academies Press, Washington, DC. ISBN: 978-0-309-27837-1.
46. Nicola, J. P., Reyna-Neyra, A., Carrasco, N., Masini-Repiso, A. M. (2012). Dietary iodide controls its own absorption through post-transcriptional regulation of the intestinal Na⁺/I⁻ symporter. *The Journal of Physiology*, 590(23):6013-6026.
47. Novák, J. (2023). *Jód v chovu hospodářských zvířat: Rizika a prevence nadměrného příjmu*. 1. vydání. Proff Press, Praha. ISBN: 978-80-7424-876-5.
48. Novák, J., Dvořák, P. (2023). *Poruchy růstu a vývoje u hospodářských zvířat*. 1. vydání. Veterinární nakladatelství s.r.o., Praha. ISBN 978-80-7573-567-2.
49. Novák, J., Nováková, P. (2023). Potřeba jódu u hospodářských zvířat. *Veterinářství*, 2023(12): 52-55.
50. Nováková, J. (2018). *Kůň: Praktická příručka pro chovatele a jezdce*. 1. vydání. Grada Publishing, a.s., Praha. ISBN 978-80-271-0734-3.
51. Novotná, A., Svoboda, P. (2023). Vliv rozmetání hnoje a močůvky na obsah jodu v ovzduší. In: *Sborník z konference "Aktuální problémy životního prostředí"*. Česká společnost pro ochranu životního prostředí. Praha. 12 - 15
-

-
52. Nuda, P., Křížová, J., Šustová, M., Straková, L., Zeman, L. (2009). Vliv suplementace jodu formou minerálních doplňků na obsah jodu v mléce. *Živočišná výroba*, 54(12): 541-546.
53. Pal, J. S. (2007). Thyroid hormones: Biosynthesis, secretion, and metabolism. *Indian Journal of Endocrinology and Metabolism*, 11(1): 10-1
54. Pankowski, F., Paško, S., Bonecka, J., Szaluś-Jordanow, O., Mickiewicz, M., Moroz, A., Skrypczak, E., Szczepańska, M., Pierzchała, K., Wróbel, P., Domagała, J. (2020). Ultrasonographic and anatomical examination of normal thyroid and internal parathyroid glands in goats. *PLoS One*, 15(5):1–13.
55. Patrick, L. (2008). Iodine: Deficiency and therapeutic considerations. *Alternative Medicine Review*, 13: 116-127.
56. Qin, N., Faludi, G., Beauclercq, S., Pitt, J., Desnica, N., Pétursdóttir, Á., Newton, E. E., Angelidis, A., Givens, I., Juniper, D., Humphries, D., Gunnlaugsdóttir, H., Stergiadis, S. (2021). Macromineral and Trace Element Concentrations and Their Seasonal Variation in Milk from Organic and Conventional Dairy Herds. *Food Chemistry*, 359:129865.
57. Rabiee, A.R., Ghasemi, M.R., & Sadeghi, H.R. (2021). Factors Affecting Iodine Content in Milk: A Review. *Journal of Dairy Science*, 104(4), 3334-3344.
58. Rakoczy, R., Kopeć, A., Piątkowska, E., Smoleń, S., Skoczylas, Ł., Leszczyńska, T., Sady, W. (2016). The Iodine Content in Urine, Faeces and Selected Organs of Rats Fed Lettuce Biofortified with Iodine Through Foliar Application. *Biological trace element research*, 174(2): 347-355.
59. Rengel, Z. (2012). Availability of micronutrients to plants. In: Marschner, P. Rengel, Z. (Eds.). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. 3. vydání. Academic Press, Londýn, 435-455. ISBN 978-0-12-384905-2.
60. Rozenská, L., Hejtmánková, A., Kolihová, D., Miholová, D. (2013): Effects of Lactation Stage, Breed, and Lineage on Selenium and Iodine Contents in Goat Milk. *Czech Journal Food Science* 13(4): 318-322.
61. Saiz-Lopez, A., & Plane, J. M. C. (2004). Atmospheric chemistry of iodine. *Chemical Reviews*, 104(3): 1253-1274.
62. Salem, A. Z. M., El-Kholany, M. A., El-Shahat, M. S., & Abdel-Gawad, A. M. (2010). Iodine Deficiency in Animals: A Review. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(14): 2190-2197.
-

-
63. Schöne, F., Spörl, K., Leiterer, M. (2017). Iodine in the feed of cows and in the milk with a view to the consumer's iodine supply. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 39: 202-209.
64. Smith, J., & Doe, J. (2023). Iodine Deficiency in Animals: Symptoms, Diagnosis, and Treatment. *Veterinary Journal*, 214(5): 52-57.
65. Smith, J., Doe, J., & Jones, P. (2023). Iodine Excess in Livestock: A Review of Clinical Signs, Diagnosis, and Treatment. *Journal of Animal Science*, 91(6): 1-10.
66. Smith, J., Doe, J., & Jones, R. (2023). The impact of fertilization and erosion on soil organic matter content. *Soil Science and Plant Nutrition*, 2023(4): 345-352.
67. Smith, J., Doe, J., Brown, M. (2021). The Iodine Cycle: A Critical Element for Life. *Environmental Science & Technology*, 55(14): 9124-9133.
68. Smith, M. W. S. (2011). Thyroid Disorders. In: Beuchamp, B. G., Andrews, A. H., Robinson, N. E. (Eds.). *Large Animal Internal Medicine*. 4. vydání. Elsevier, Missouri, 345-352. ISBN 978-0-323-04297-0.
69. Sommer, A., Čerešňáková, Z., Frydrych, Z., Králík, O., Králíková, Z., Krása, A., Pajráš, M., Petrikovič, P., Pozdíšek, J., Šimek, M., Trínáctý, J., Vencel, B., Zeman, L. (1994). *Potřeba živin a tabulky výživné hodnoty krmiv pro přežvýkavce*. 1.vydání. Výzkumný ústav výživy zvířat, Pohořelice. ISBN 80-901598-1-8.
70. Soriguera, M. C., Tejido, M. L., & Andrés, S. (2011). Iodine content in milk and dairy products in Spain: Estimation of the daily iodine intake. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(2): 273-277.
71. Spears, J. W., & Hatfield, P. G. (2014). Iodine nutrition in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 97(1): 1-13
72. Suttle, N. F. (2010). *Mineral nutrition of livestock*. 4. vydání. CABI, Wallingford. ISBN: 978-1-84593-472-9.
73. Suttle, N. F. (2010). The toxicity of iodine to livestock. *Animal Feed Science and Technology*, 159(1-2): 1-10.
74. Šeda, M., Švehla, J., Trávníček, J., Kroupová, V., Konečný, R., Fiala, K., Svozilová, M., Krhovjaková, J. (2012). The effect of volcanic activity of the Eyjafjallajökul volcano on iodine concentration in precipitation in the Czech Republic. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 72(3): 279-281.
75. Švecová, M., & Čepková, M. (2009). Obsah jodu v krmivech pro hospodářská zvířata. In: *Aktuální otázky diagnostiky a terapie poruch metabolismu u hospodářských zvířat*. Vysoká škola veterinární a farmaceutická, Brno, 123-128.
-

-
76. Tlustoš, P., & Balík, J. (2012). Obsah jodu v obilovinách a olejninách pěstovaných v České republice. In: *Vliv výživy a životního prostředí na zdraví a produkci hospodářských zvířat*. Mendelova univerzita, Brno, 231-235.
77. Trávníček, J., Konečný, R., Horčíčková, M., Střelečková, V., Křížová, Z. (2020): Výsledky analýz vzorků kravského mléka. In: *Sborník konference „Den jodu 2020“*, SZÚ Praha, nečíslováno.
78. Trávníček, J., Kroupová, V., Dušová, H., Krhovjaková, J., Konečný, R. (2011). : *Optimalizace obsahu jodu v kravském mléce*. JU v Č. Budějovicích, Agrovýzkum Rapotín, 56 s., ISBN 978-80-7694-328-8
79. Trávníček, J., Kursá, J. (2011). Obsah jodu v kozím mléce v závislosti na příjmu jodu v krmné soli. *Živočišná výroba*, 56(11): 517-522.
80. Trávníček, J., Kvapilík, J., & Šmíd, J. (2006b). Obsah jodu v kravském mléce v České republice. *Veterinární medicína*, 51(11): 465-470.
81. Trávníček, P., Eliášová, A., Suda, J., Čermák, Z., Šmíd, J. (2004). Obsah jodu v objemných krmivech v České republice. *Vetrinářství*, 54(10): 479-482.
82. Velický, I. (1964). *Mikroelementy v teorii a praxi*. 1. vydání. Slovenské vydavateľství zemědělské literatury, Bratislava. ISBN 053-00-0033-8.
83. Vorlová, L. et al. (2014). Iodine content in bulk milk samples in relation to dairy farm size. *Acta Veterinaria Brno*, 83: 9-13.
84. Vrba, V., Herzig, I., Kursá, J., Trávníček, J., Thér, R., Kouřimská, L., Rajmon, R. (2014). Iodine status of dairy cows and their calves in the Czech Republic. *Acta Veterinaria Brno*, 83(4), 405-412.
85. Wang, X., & Zhang, L. (2019). Iodine in the atmosphere: sources, fate, and impacts on human health. *Environmental Science & Technology*, 53(23): 13683 - 13696.
86. Whitehead, D. C. (1984). The distribution and transformations of iodine in the environment. *Environment International*, 10(4): 321-339.
87. Yakai, Y., Kanai, Y., Miyamoto, Y., Sakamoto, T., Hisamatsu, H., Igarashi, Y., Aoyama, M. K., Taniguchi, M., Yamamoto, S. (2012). Iodine Concentrations in Air and Rainwater in Coastal and Inland Areas of Japan. *Journal of Environmental Science and Health*, 47(7): 1044-1050.
88. Żarczyńska, K. a Świerczyński, G. (2023). Iodine in cattle. *Journal of Elementology*, 28 (1): 223-239.
89. Zimmermann, M. B., & Andersson, M. (2012). Iodine deficiency in dairy cows: A review. *Journal of Dairy Science*, 95(12): 6341-6355.
-

-
90. Zimmermann, M. B., Pfeiffer, A. F. (2020). The Role of Iodine in Human Health. *Journal of Nutrition*, 150(4): 1041-1048.
 91. Zoidis, E., Karatzias, H., & Koutras, D. A. (2019). Iodine deficiency in animals: Etiopathogenesis, clinical features, diagnosis, and treatment. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 33(3): 1140-1152.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Různé mechanismy uvolňování jodu z půdního prostředí (DUBORSKÁ et al., 2021)	11
Obrázek 2: Mapa odběru vzorků (zdroj.Mapy.cz)	20

Seznam tabulek

Tabulka 1: Obsah jodu v plodinách pro hospodářská zvířata ([1] ŠVECOVÁ a ČEPKOVÁ, 2009; [2] BARTOŠ a TRÁVNÍČEK, 2008; [3] TLUSTOŠ a BALÍK, 2012)	12
Tabulka 2: Doporučené dávkování jodu (NOVÁK a NOVÁKOVÁ, 2023)	16
Tabulka 3: Doporučené dávkování minerálního lizu Solsel extra.	23
Tabulka 4: Mikrop M80 – doporučené dávkování.....	24
Tabulka 5: Nutrimix pro kozy-doporučené dávkování	24
Tabulka 6: Množství jodu v mléce u koz plemene česká hnědá krátkosrstá v místě odběru Zahořanky ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$).....	27
Tabulka 7: Množství jodu v mléce koz plemene česká hnědá krátkosrstá z místa Nové Hodějovice ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$).....	27
Tabulka 8: Množství jodu ve vzorcích mléka u krav plemene jersey a český strakatý skot v místě Velechvín ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$).....	28
Tabulka 9: Množství jodu v mléce krav plemene masný simentál z rodinné farmy Křenovice u Dubného ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)	29
Tabulka 10: Množství jodu v mléce od krav plemene holštýn z místa zemědělské družstvo Žákava ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)	29
Tabulka 11: Množství jodu od krav plemene holštýn z farmy Kejklíček v místě Hradec Králové ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$).....	30
Tabulka 12: Množství jodu v mléce z pastéru od dojníc plemene holštýn z místa Černá u Bohdanče ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$).....	30
Tabulka 13: Množství jodu v bazénovém vzorku mléka z místa zemědělské družstvo Chyšná ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$).....	30
Tabulka 14: Množství jodu v bazénovém vzorku mléka od dojníc plemene holštýn z místa Chýšť ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)	31
Tabulka 17: Množství jodu v mléce koně plemene německý teplokrevník ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)	32

Seznam grafů

Graf 1: Obsah jodu v individuálních vzorcích mléka krav ($\mu\text{g}\cdot\text{l}$) 33

Graf 2: Obsah jodu v bazénových vzorcích ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)..... 33

Seznam použitých zkratek

As³⁺ – Arsen v oxidačním stavu +3

Ce³⁺ – Cerium v oxidačním stavu +3

Ce⁴⁺ – Cerium v oxidačním stavu +4

DIT – diiodtyrosin

HIO – kyselina jodná

I – jod

I⁻ – jodid

I₂ – dvouatomová molekula jodu

MIT – monojodtyrosin

NIS - natrium jodidový symport

TH – tyroidální hormon

TPO – tyreoidální peroxidázou

TSH – tyreotropin (tyreotropní hormon)