



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

Obsah jodu v mléce z konvenčních a ekologických chovů

Autorka práce: Michaela Holíková

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

Konzultant práce: Ing. Michaela Horčíčková, Ph.D.

České Budějovice
2022

Prohlášení

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

V Českých Budějovicích dne

.....
Podpis

Abstrakt

Práce se věnuje stanovení a vyhodnocení obsahu jodu v mléčných výrobcích z biomléka a biomléce odebraného z obchodní komerční sítě v České republice, farmářských trhů a přímo v ekologických chovech. Šetření probíhalo od června do prosince roku 2021. Zjištěné údaje byly porovnány s naměřenými hodnotami obsahu jodu v mléce pocházejícího z konvenčních chovů. Tyto vzorky byly získávány ve spolupráci s Centrální laboratoří společnosti Madeta a.s. v letech 2020 a 2021. Stanovení obsahu jodu probíhalo spektrofotometricky metodou dle Sandell-Kolthofa (alkalická spalovací metoda). Celkem bylo získáno 21 vzorků biomléka s průměrnou naměřenou hodnotou obsahu jodu $149,6 \pm 112,9 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ a 11 vzorků bioproduktů s průměrnou naměřenou hodnotou obsahu jodu $204,6 \pm 129,5 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Byly získány také individuální vzorky biomléka z chovu Bemagro s průměrným obsahem jodu $129,1 \pm 27,9 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Oproti mléku, které bylo odebráno z konvenčních chovů za rok 2020 ($\bar{x} = 202,5 \pm 89,3$) a 2021 ($\bar{x} = 222,5 \pm 187,5$), se biomléko vyznačovalo nižší koncentrací jodu, nicméně rozdíly nebyly statisticky významné (t-test $p = 0,160$).

Klíčová slova: jod, biomléko, mléčné výrobky, ekologické chovy, konvenční chovy

Abstract

The thesis is devoted to the determination and evaluation of iodine content in dairy products from biomilk and biomilk taken from the commercial trade network in the Czech Republic, farmers' markets and directly in organic farms. The investigations were carried out from June to December 2021. The observed data were compared with measured values of iodine content in milk from conventional farms. These samples were obtained in cooperation with the Central Laboratory of Madeta a.s. in 2020 and 2021. The iodine content was determined spectrophotometrically using the Sandell-Kolthof method (alkaline combustion method). A total of 21 samples of bio-milk with an average measured iodine content of $149.6 \pm 112.9 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ and 11 samples of bio-products with an average measured iodine content of $204.6 \pm 129.5 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ were obtained. Individual samples of Bemagro bio-milk with an average iodine content of $129.1 \pm 27.9 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ were also obtained. Compared to the milk collected from conventional farms for the years 2020 ($\bar{x} = 202.5 \pm 89.3$) and 2021 ($\bar{x} = 222.5 \pm 187.5$), the biomilk was characterized by lower iodine concentrations, but the differences were not statistically significant (t-test $p = 0.160$).

Keywords: iodine, bio-milk, dairy products, organic farming, conventional farming

Poděkování

Děkuji panu prof. Ing. Janu Trávníčkovi, CSc. za odborné vedení, rady, trpělivost a ochotu při zpracovávání mé bakalářské práce. Dále děkuji pracovníkům laboratoře katedry zootechnických věd za pomoc při analýze vzorků a Ing. Martinu Všechovskému za ochotu a poskytnutí informací o biostatku Bemagro.

Obsah

Úvod.....	8
1 Jod a jeho význam.....	9
1.1 Charakteristika jodu a jeho obsah v prostředí	9
1.2 Obsah jodu v podmínkách České republiky	10
1.3 Význam jodu pro funkci štítné žlázy	12
1.4 Projevy nedostatku jodu u zvířat a lidí	13
1.5 Potřeba jodu pro dojnice.....	14
1.6 Potřeba jodu pro lidi	14
1.7 Obsah jodu v krmivech pro dojnice	15
2 Ekologické zemědělství	17
2.1 Podmínky chovu dojnic.....	17
2.2 Výživa dojnic užívaná v ekologických formách chovu	18
3 Jod v mléce a mléčných výrobcích	20
3.1 Faktory ovlivňující obsah jodu v mléce	20
Zpracování.....	21
3.2 Obsah jodu v mléce – ekologické (alternativní) a konvenční chovy.....	22
4 Biostatek Bemagro	25
5 Cíl práce	29
6 Materiál a metodika.....	30
6.1 Odběr vzorků z ekologického zemědělství.....	30
6.1.1 Vzorky pocházející přímo z ekofarem a farmářských trhů.....	30
6.1.2 Vzorky pocházející z obchodní komerční sítě v České republice.....	30
6.1.3 Individuálně odebrané vzorky z chovu Bemagro.....	30
6.2 Odběr vzorků z konvenčního zemědělství	31
6.3 Stanovení obsahu jodu.....	31
6.4 Statistické vyhodnocení.....	32

7	Výsledky	33
7.1	Obsah jodu v biomléce a mléčných výrobcích z biomléka	33
7.1.1	Obsah jodu v biomléce.....	33
7.1.2	Obsah jodu v jogurtech a kefirech z biomléka.....	36
7.1.3	Obsah jodu v tvarohu z biomléka.....	37
7.2	Obsah jodu v mléce z konvenčních chovů	38
7.2.1	Obsah jodu v mléce z konvenčních chovů svozného obvodu Tábor za rok 2020 a 2021.....	38
7.2.2	Obsah jodu v mléce z konvenčních chovu svozného obvodu České Budějovice a rok 2020 a 2021	40
7.3	Porovnání obsahu jodu v mléce z konvenčních chovů s mlékem z ekologických chovů.....	42
7.4	Obsah jodu v mléce individuálně odebraného od dojníc z Bemagra	43
8	Diskuse.....	45
	Závěr	49
	Seznam použité literatury	51
	Seznam obrázků	56
	Seznam tabulek	57
	Seznam použitých zkratk.....	59

Úvod

Jod se řadí mezi esenciální stopové prvky, tedy prvky nezbytné pro činnost živočišného organismu. Velmi důležitý je především pro činnost štítné žlázy, kde tvoří významnou část thyreoidálních hormonů (T_3 , T_4). Tyto hormony ovlivňují vývoj celého organismu již od nitroděložního vývoje (Zamrazil a Čeřovská, 2014). Projevy nedostatku jodu jsou různé (únava, snížená nervosvalová dráždivost, ovariální cysty atd.), avšak k významným projevům nedostatku jodu patří růstová, mentální retardace až kretenismus dětí (Skřivánek et al., 2013) či endemická struma (Kotrbová a Kastnerová, 2007).

Mléko a mléčné výrobky se řadí mezi významné zdroje jodu v lidské výživě. Jako optimální hodnota jodu v kravském mléce je považováno $100\text{--}200\ \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ jodu (Trávníček et al., 2011). Doporučená denní dávka pro dospělého člověka je $150\ \mu\text{g}$ jodu na den, pro těhotné a kojící ženy $250\ \mu\text{g}$ jodu na den (Mikláš et al., 2021). Zdrojem jodu pro dojnice jsou kompletní krmné dávky, pro které stanovuje Nařízení komise (ES) 1459/2005 maximální množství jodu $5\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ při vlhkosti krmiva 12 % (Trávníček et al., 2013).

V podmínkách České republiky je nedostatek jodu, a to především v jižních a jihozápadních Čechách, jihozápadní Moravě a Jeseníkách (Herzig et al., 2003). Od roku 1995 na území České republiky funguje Mezirezortní komise pro řešení jódového deficitu (MKJD), jejímž úkolem je dohlížet na zásobování populace jodem a sledovat vývoj situace (Kotrbová a Kastnerová, 2007). Z důvodu nedostatečného obsahu jodu v rostlinách jsou krmné dávky pro dojnice obohacovány minerálními doplňky.

Ekologické zemědělství se na rozdíl od konvenčního zemědělství vyhýbá užívání chemických látek a podporuje procesy a látky přirozeně se vyskytující v přírodě (Qin et al., 2021). Dojnice jsou krmeny ekologickými krmivy vyprodukovanými především vlastním podnikem a pastvou. Z tohoto důvodu se u zvířat může objevovat nedostatek některých minerálních prvků, především zinku, jodu, mědi, selenu a molybdenu (Rosati a Aumaitre, 2004).

Porovnání mléka z ekologického a konvenčního chovu ukazuje na nižší obsah a vyšší variabilitu jodu v mléce z ekologického zemědělství.

1 Jod a jeho význam

1.1 Charakteristika jodu a jeho obsah v prostředí

Jod je chemický prvek, patřící do skupiny halogenů, který se vyznačuje černou barvou s mírným kovovým leskem. Jedná se o pevnou látku s atomovou hmotností 126,9 Da (Zamrazil a Čerovská, 2014). Může se vyskytovat jako jodistan (IO_4^-), jodičnan (IO_3^-), jodnan (IO^-), jodid (I^-) či elementární jod (I_2) (Člupek et al., 2014). V přírodě je jod zastoupen především jako jodid či jodičnan v půdě a horninách. Jod se nachází také v oceánech a mořích, kam se dostává právě z hornin a půd vyplavováním (Zamrazil a Čerovská, 2014).

Ve vodě je jeho rozpustnost špatná, ale lze ji podpořit sodíkem nebo jodidem draselným (Kaiho, 2014). Snadno lze jod rozpustit v organických sloučeninách (ethanol, ether atd.). Taje při teplotě 113,6 °C, do varu se dostává při 185,2 °C. Při pokojové teplotě dochází k sublimaci, páry mají leptavý účinek na sliznice, charakteristický zápach a způsobují tzv. jodovou rýmu (zánět oční a nosní sliznice), jsou toxické (Mlynář a Šrámek, 2011).

Jod a jeho sloučeniny mají významnou roli v medicíně, kvůli jeho dezinfekčním vlastnostem a schopnostem podporovat hojení ran (např. jodoform, jodová tinktura) či pro terapie a přípravy tablet (Mlynář a Šrámek, 2011). Dále se využívá v zemědělství jako součást dezinfekčních přípravků na mléčnou žlázu před nebo po dojení (např. Jodonal B, Kenostart, Dezi JODIN) (Trávníček et al., 2011). Jodid stříbrný se také využíval při vyvolávání fotografií (Mlynář a Šrámek, 2011).

Půda

Obsah jodu v půdě závisí na vzdálenosti od moře a vodních srážkách, které způsobují vymývání a transport jodu do řek, odkud se poté dostává do moře (Zamrazil a Čerovská, 2014). Černozemní půdy, intenzivně obdělávané půdy a půdy s dostatkem humusu jsou lépe zásobeny jodem, než půdy písčité a podzolové (Trávníček et al., 2011). McKernan et al. (2020) uvádí, že průměrná hodnota jodu v půdě Severního Irsku byla 4,42 mg·kg⁻¹, kdy se na pastvinách koncentrace jodu pohybovala v rozmezí 0,78–89,43 mg·kg⁻¹.

Voda

Významným zdrojem jodu je mořská voda, která obsahuje přibližně 60 mg·l⁻¹ jodu (Fuge, 2007). Jod se do vod dostává prostřednictvím vodních srážek, které přispívají k vymývání jodu z půdy. Oproti mořské vodě, neznečištěné povrchové vody obsahují

průměrně jen $2,64 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Jod se ve vodním prostředí nachází jako organicky vázaný nebo jodidový či jodičnanový iont (Šeda et al., 2011). V pitné a napájecí vodě se vyskytuje nejčastěji $5\text{--}10 \text{ } \mu\text{m} \cdot \text{l}^{-1}$ jodu (Trávníček et al., 2013).

Do odpadních vod se může jod dostávat také z chemického průmyslu či při výrobě repelentů (Trávníček et al., 2011).

Rostliny

Obsah jodu v rostlinách závisí na obsahu jodu v půdě, vzdálenosti od moře, používáním hnojiv a stářím rostliny (Risher et al., 2004; Trávníček et al., 2004). Rostliny dokážou vychytávat jod z půdy svými kořeny, avšak odsud se jod nedostává do vzdušných částí rostlin. Proto je pro rostliny mnohem důležitější schopnost vychytávat jod z ovzduší přes listy. I přes to rostlinné produkty obsahují menší množství jodu než produkty živočišné (Fuge, 2007).

Trávníček et al. (2004) ve svém výzkumu zjistil, že rostliny, vyskytující se na pastvinách západních a jižních Čech obsahují průměrně $148,9 \pm 105,1 \text{ } \mu\text{g}$ jodu na 1 kg půdy.

Významným zdrojem jodu pro lidi jsou z rostlin mořské řasy a chaluhy, ale i např. švestky, višně, brokolice, mrkev a hrách (Hanuš et al., 2021).

Ovzduší

Do vzduchu se jod dostává spalováním uhlí či topného oleje, jedná se ovšem o zanedbatelné množství. Dále se do vzduchu dostává také radioaktivní jod (^{129}I , ^{131}I), který v malém množství uvolňují jaderné elektrárny, nebo je uvolněn při haváriích v jaderných elektrárnách a explozích jaderných bomb (Risher et al., 2004).

1.2 Obsah jodu v podmínkách České republiky

Česká republika se řadí mezi země s nedostatkem jodu hlavně pro její velikou vzdálenost od moře, které je na jod velmi bohaté. Ovšem i zde se nachází přírodní zdroje jodu, vyskytující se v podzemních jezerech jodové solanky v hloubce až 800 m . Proto jsou tyto zdroje velmi těžko přístupné (Hanuš et al., 2021).

Dalším důvodem, který může za deficit jodu v ČR je geologické složení, které je tvořeno převážně žulou, rulou, granodiority, vulkanickými horninami a panonskými jíly, které nezajišťují dostatek jodu (Trávníček et al., 2013). Trávníček et al. (2013) odebíral v roce 2011 vzorky v lokalitách CHKO Šumava a Jeseníky s cílem stanovit průměrný obsah jodu ve vodě, půdě a lučním porostu.

Tabulka 1: Výsledky stanovení obsahu jodu ve vodě, půdě a lučním porostu CHKO Šumava a Jeseníky (Trávníček et al., 2013)

	Voda ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	Půda ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Luční porost ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)
CHKO Šumava	1,34 ± 0,76	5,11 ± 0,65	319,9 ± 160,5
CHKO Jeseníky	2,08 ± 1,20	0,97 ± 0,10	160,0 ± 70,0

Výsledky ukazují na nízký obsah jodu v prostředí CHKO Šumavy a Jeseníků. Ovšem půdy a luční porosty, které byly sečeny 3x, vykazovaly vyšší množství jodu než půdy a porosty sečeny jednou.

Konečný et al. (2019) také sledoval množství jodu v půdě v oblasti CHKO Šumava ve třech oblastech (dvakrát ročně posečená louka, jednou ročně posečená louka, louka sečená jednou za 5 let) v letech 2011–2012 a 2018. Tabulka 2 ukazuje vyšší koncentraci jodu ve vzorcích z intenzivně využívaných lokalit. Při porovnání výsledků z let 2011–2012 s rokem 2018 se zjistil mírný nárůst koncentrace jodu.

Tabulka 2: Průměrná koncentrace jodu v půdě CHKO Šumava a Jeseníky v $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Konečný et al., 2019)

Oblast	2011–2012	2018
Dvakrát ročně sečená louka	5,14	5,26
Jednou ročně sečená louka	4,70	4,87
Louka sečená jednou za 5 let	4,08	4,41

Mezi oblasti, které jsou v České republice nejchudší na obsah jodu v životním prostředí patří jižní a jihozápadní Čechy, jihozápadní Moravu a Jeseníky (Herzig et al., 2003).

Od roku 1995 na území České republiky funguje Mezirezortní komise pro řešení jodového deficitu (MKJD), která dohlíží na zásobování populace jodem a sleduje vývoj situace (Kotrbová a Kastnerová, 2007).

1.3 Význam jodu pro funkci štítné žlázy

Pro lidi a zvířata patří jod mezi esenciální stopové prvky (Flachowsky et al. 2014), tedy mezi prvky, které jsou pro činnost živočišného organismu nezbytné. Jejich obsah v tkáních je velmi nízký a je závislý na příjmu potravou (Kotrbová a Kastnerová, 2007). Zamrazil a Čeřovská (2014) uvádí, že celkový obsah jodu v krvi je 40–80 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Koncentrace jodu ve svalovině se liší s druhem zvířete, například v letech 2004–2005 bylo ve svalovině jatečných prasat $25,6 \pm 15,5 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, ve svalovině jatečnického skotu $56,7 \pm 16,7 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a u brojlerových kuřat $18,9 \pm 6,7 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Kursa et al., 2007). Jod je významný především pro štítnou žlázu, která je charakteristická závislostí na příjmu jodu z potravy. Je totiž velmi důležitou částí jejích hormonů – thyreoidální hormony (T_3 – trijodthyronin, T_4 – thyroxin) (Kotrbová a Kastnerová, 2007). Obsah jodu ve štítné žláze se pohybuje v rozmezí 8–15 mg (Zamrazil a Čeřovská, 2014). Nedostatek jodu pro syntetickou činnost štítné žlázy se projevuje různým stupněm hypofunkce, klinicky zvětšením – strumou (Kotrbová a Kastnerová, 2007).

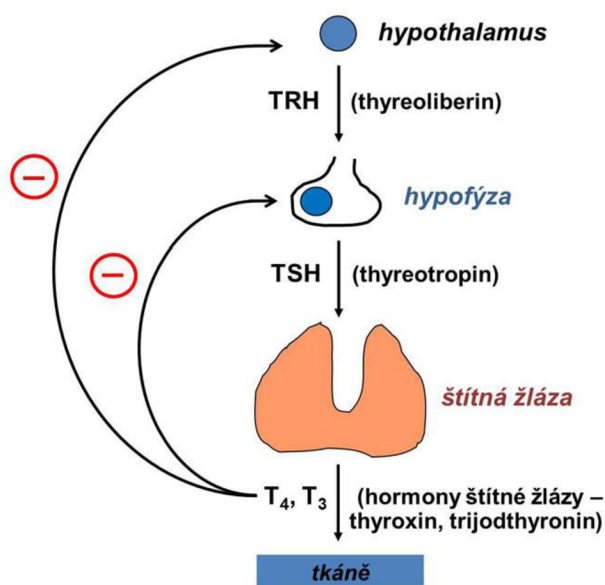
Thyreoidální hormony ovlivňují metabolické pochody v těle a celkový vývoj jedince. Významně ovlivňují správný vývoj a diferenciaci centrální nervové soustavy, proto je důležité věnovat pozornost příjmu jodu v potravě obzvláště v období těhotenství a kojení, kdy je plod závislý na jodu od matky. Štítná žláza plodu začíná fungovat od 11.–12. týdne gravidity a v případě deficitu tohoto prvku se může projevit velmi těžké postižení dítěte (Zamrazil a Čeřovská, 2014).

Hormony štítné žlázy vznikají vazbou jedné či dvou molekul jodu na molekulu tyrozinu za vzniku monojodtyrozinu (MIT) a diiodtyrozinu (DIT). Aby mohlo dojít ke vzniku biologicky aktivních hormonů, musí proběhnout kondenzace MIT a DIT. Vzniklé biologicky aktivní hormony T_3 a T_4 putují do krevního řečiště, kde se nachází volné nebo vázané na specifické proteiny. Uvolňování z těchto vazeb je ovlivněno hladinou volných aktivních hormonů v krvi (Skřivánek et al., 2013).

T_3 a T_4 představují hlavní metabolické hormony, ovšem trijodthyronin je několikrát účinnější než thyroxin. Zvyšují spotřebu kyslíku, zesilují kontraktilitu srdce, stimulují peristaltiku střev, zesilují a ovlivňují účinek jiných hormonů atd. Biosyntéza aktivního T_3 je dokončena ve tkáních dle potřeby organismu přeměnou thyroxinu, v případě nadbytku tohoto hormonu se thyroxin přemění na neaktivní reverzní trijodthyronin (rT_3) (Fblt, 2013). Reverzní forma tohoto hormonu se v krvi zvyšuje v případě, že dochází k delšímu hladovění, při sepsi, závažnějších zraněních či srdečních selháních.

Poté, co hormony splní svou funkci, dochází k jejich dejodaci, při které se jod z hormonů uvolní do tělních zásob a částečně se vylučuje močí, trusem a mlékem (Trávníček et al., 2011).

Sekreci thyreotroidálních hormonů stejně, jako růst a vývoj štítné žlázy, ovlivňuje tyreotropní hormon (TSH), který je uvolňován z hypofýzy. Tento proces je regulován hypothalamem, který produkuje tyreotropin regulační hormon (TRH) (Skřivánek et al., 2013).



Obrázek 1: Regulace tvorby a sekrece hormonů štítné žlázy (Racek, 2019)

1.4 Projevy nedostatku jodu u zvířat a lidí

Nedostatek jodu neboli jodopenie, vzniká především při sníženém příjmu jodu potravou. Ovlivňuje převážně funkce a strukturu štítné žlázy, ale je zodpovědný také za sníženou nervosvalovou dráždivost, únavu, sníženou produkci a reprodukci, sníženou životnost mláďat a jejich vysoké úhyny, anestrus a ovariální cysty u samic (Zamrazil a Čeřovská, 2014; Skřivánek et al., 2013).

Jod je významnou součástí hormonů štítné žlázy, které jsou nezbytné pro celý organismus. Tyto hormony regulují anatomický a funkční vývoj centrálního nervového systému, a proto jsou důležité především v nitroděložním a časně postnatálním období (Trávníček et al., 2013).

Snížená funkce štítné žlázy se nazývá hypotyreóza, která bývá nejčastěji vyvolána nedostatkem jodu. Tento nedostatek vede ke snížené syntéze hormonů T₃ a T₄, což navozuje snížený metabolismus, nízkou produkci tepla, studenou a suchou kůži, zácpu, nechutenství atd. U dospělých se jedná o reverzibilní příznaky, ovšem u plodu dochází k těžkému ireverzibilnímu poškození – růstová, mentální retardace až kretenismus (Skřivánek et al., 2013). Dalším příznakem nedostatku jodu je endemická struma (zvětšení štítné žlázy) (Kotrbová a Kastnerová, 2007).

U dospělých se také může hypotyreóza projevit jako Graves-Basedowova choroba, charakteristická hubnutím, termofobií, lámavostí vlasů, poruchou spánku, depresí atd. (Vlček, 2010).

1.5 Potřeba jodu pro dojnice

Požadavky na zásobení organismu jodem se zvedají v období růstu, pohlavního dospívání, laktace a březosti. Nároky na vyšší zásobování jodem mají ovšem také dojnice s vysokou užitkovostí či dojnice s vyšší technologickou a klimatickou zátěží. Využití jodu z krmiv ovlivňuje přítomnost strumigenních faktorů, jako jsou např. dusičnany, glukosinoláty, perchloráty či huminové kyseliny, které působí inhibičně (Trávníček et al., 2011).

Dle aktuální normy potřeby živin v České republice platí dávka 0,8 mg jodu v 1 kg sušiny, eventuálně 0,6 mg jodu na 1 kg vyprodukovaného mléka (Trávníček et al., 2011).

Dle výzkumu Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského (Šíma, 2009) se v průměru zastoupení jodu v kompletních krmných dávkách v České republice pohybuje kolem 2,17 mg·kg⁻¹.

1.6 Potřeba jodu pro lidi

Minimální množství jodu, které zabrání vzniku nežádoucích příznaků deficitu tohoto prvku, je odhadnuto na 50–75 µg (Velíšek a Hajšlová, 2009). Dle FAO/WHO se pohybuje doporučená dávka jodu 100–140 µg na osobu za den (Trávníček et al., 2011).

Tabulka 3: Doporučené dávky jodu v dietě člověka dle WHO (World Health Organization) (Mikláš et al., 2021)

Věk	Dávka
0–5 let	90 µg/den
6–12 let	120 µg/den
Nad 12 let	150 µg/den
Dospělí	150 µg/den
Těhotné a kojící ženy	250 µg/den

Významným zdrojem jodu pro lidi je kravské mléko, které dle výzkumu Jakešové (2017) obsahuje průměrně $0,18 \pm 0,06 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Další potraviny, které se značně podílí na příjmu tohoto prvku, jsou mořské produkty (ryby, chaluhy a řasy, mlži...), konzumní vejce či jodizovaná sůl (Hanuš et al., 2021).

Při nedostatku jodu u lidí nastává hypotyreóza, tedy snížená sekrece hormonů štítné žlázy, charakteristická endemickou strumou (zvětšením štítné žlázy). Opakem nedostatku hormonů štítné žlázy je nadbytek neboli hypertyreóza, která způsobuje rozvoj autoimunitních tyreopatií (Kotrbová a Kastnerová, 2007).

Rizikovou skupinou lidí, u které se může projevat nedostatek jodu, jsou těhotné a kojící ženy, děti školního a předškolního věku, starší osoby a konzumenti organických produktů (Flachowsky et al., 2014).

1.7 Obsah jodu v krmivech pro dojnice

Obsah jodu v krmivech je závislý na obsahu jodu v rostlinách, který ovlivňuje obsah jodu v půdě, vzdálenost od moře, používání hnojiv a stáří rostlin (Risher et al., 2004; Trávníček et al., 2004). Rostliny na území České republiky nejsou dostatečně zásobovány jodem, tudíž jsou zde krmné dávky pro dojnice obohacovány minerálními doplňky. Mezi tyto doplňky patří například jodidy, jodičnany draselný a sodný a jodičnan vápenatý, etylendiamindihydrojodid, jodované tuky či jodované nenasycené mastné kyseliny (Trávníček et al., 2011).

Zachování vyššího množství jodu v rostlinách významně ovlivňuje kontakt rostliny se zemí během sklizně, proto siláže obsahují více jodu než seno (Anke, 2004). Dlouhé vegetační období, skladování, sušení a klimatické změny negativně ovlivňuje množství jodu v krmivu (Kroupová et al, 2000).

Koncentraci jodu v kompletní krmné dávce stanovuje Nařízení komise (ES) 1459/2005, a to na maximálně 5 mg·kg⁻¹ při vlhkosti krmiva 12 % (Trávníček et al., 2013).

Tabulka 4: Průměrný obsah jodu v krmivech pro skot

Krmivo	Průměrný obsah jodu (μg·kg⁻¹ sušiny)	Autor
Kukuřičná siláž	125 ± 22	Castro et al. (2011)
Travní siláž	321 ± 278	Schone et al. (2017)
Seno	112 ± 94	Trávníček et al. (2004)
Obiloviny	55 ± 7	Castro et al. (2011)
Sójové produkty	101 ± 21	Castro et al. (2011)
Pastevní porost	149 ± 105	Trávníček et al. (2004)
Čerstvý jetel luční	58	Anke (2004)

Tabulka 5: Obsah jodu v minerálních krmných přísadách (Trávníček et al., 2011)

Výrobce	Minerální krmné přísady	Typ minerální krmné přísady	Množství jodu (mg·kg⁻¹)
Biofaktory Praha s.r.o.	Nutri Mix pro dojnice a mladý skot	vitamino-minerální	105
Mikrop Čebín, a.s.	M2	minerální krmivo	200
Sano	Camisan, Profisan, Topsan	minerální krmivo	400
Schaumann ČR s.r.o.	Rindamin J 2006	do základních KD	60-80
Schaumann ČR s.r.o.	Rindamin LE-2006, GIM-2006 Plus	do TMR KD k vyrovnání DCAB bilance	100–250
Mikrop Čebín, a.s.	ML0, ML3	minerální liz	70–85

2 Ekologické zemědělství

Ekologické zemědělství, též nazývané jako organické, alternativní, biologické či biodynamické (Kastnerová a Kotrbová, 2007), se vyhýbá používání chemických látek a podporuje užívání procesů a látek, které se v přírodě přirozeně vyskytují (Qin et al. 2021). Odlišuje se šetrnými způsoby při zpracování a výrobě potravin, které se kontrolují a po certifikaci dostávají označení biopotraviny.

Ekologické zemědělství se začalo se rozbíhat již v 1. polovině 20. století, první zákon, který toto zemědělství upravoval byl vydán v roce 1985 v Rakousku. V roce 1991 vydala Evropská unie nařízení Rady č. 2092/1991, které se týkalo označování bioproduktů, biopotravin a jejich uvádění do oběhu. Toto původní nařízení nahradilo nařízení Rady č. 834/2007 a nařízením Komise č. 889/2008. V České republice platí také zákon č. 242/2000 Sb. o ekologickém zemědělství (Dvorský a Urban, 2014).

Ekologickou produkci a označování bioproduktů upravuje Ministerstvo zemědělství, dovoz bioproduktů ze třetích zemí dále monitoruje celní úřad. Registrace osob, které chtějí podnikat v ekologickém zemědělství, probíhá přihlášením příslušnému kontrolnímu orgánu (KEZ o.p.s.; ABCERT AG; Biokont CZ, s.r.o.; Bureau Veritas Czech Republic, spol.s.r.o.) ke kontrole a certifikaci. Tento orgán vykoná vstupní kontrolu, jejíž výsledky se následně zasílají na Ministerstvo zemědělství, které poté osobu registruje v Registru ekologických podnikatelů (Ekozemědělství, 2000).

V České republice byla v roce 2000 využívána pro ekologické zemědělství plocha o výměře 165 699 ha. V roce 2010 se takto obhospodařované plochy zvýšily na 448 202 ha a v roce 2018 již k ekologickému zemědělství patřilo 538 894 ha. K roku 2020 bylo během statistického šetření Ústavu zemědělské ekonomiky a informací na území České republiky zjištěno 4 665 ekofarem na celkové výměře 543 252 ha. Na těchto plochách převažují trvalé travní porosty, následuje orná půda, ostatní plochy a nejméně jsou zastoupené trvalé kultury (Šejnohová et al., 2019; Šejnohová et al., 2021).

2.1 Podmínky chovu dojníc

Dojnice, chované v ekologickém zemědělství, musí být krmeny pouze ekologickými krmivými, je zakázáno odrohování, izolace či vazné ustájení zvířat. Zvířatům musí být poskytnut dostatečný prostor pro odpočinek, pohyb a přístup na pastviny (Wagner et al., 2021). V ekologickém chovu se preferuje přirozená plemenitba, ovšem

umělá inseminace je také povolena. Užívání hormonů nebo podobných látek pro vyvolání říje u plemenic je zakázáno, stejně tak i jiné způsoby reprodukce, jako je např. přenos embryí či klonování. Ve výjimečných případech uděluje Ministerstvo zemědělství povolení odrokovat, či provádět jiný zásah, pokud se jedná o zlepšení zdravotního stavu zvířete nebo bezpečnost (Dvorský a Urban, 2014).

Chemicko-syntetickou alopatickou léčbu může podávat pouze veterinář a užívá se pouze v nejnútnejším případě, aby zvíře zbytečně netrpělo či aby byl zachován jeho život. Pokud dojde k použití takových preparátů, musí se dodržet dvojnásobná ochranná lhůta (min. 48 hodin), než se z mléka tohoto zvířete vyrobí ekologický produkt. V ekologickém zemědělství je preferovaná přírodní léčba (např. fototerapie, homeopatie) (Pro-bio, 2018).

Oproti konvenčnímu chovu, ve kterém jde většinou o zvyšování zisku, se ekologický chov soustředí na větší životní pohodu zvířat, hospodaří v souladu s přírodou a snaží se vytvořit takové podmínky, které jsou pro zvířata přirozené (Chládek et al., 2015).

Wagner et al. (2021) pomocí protokolů porovnával chov dojnic z ekologických a konvenčních chovů celkem ze 115 farem v Německu. Došel k závěru, že v ekologickém chovu bylo lépe hodnoceno krmivo, které dojnice dostávaly, přístup lidí ke zvířatům a pohodlí při odpočinku, i když v ekologickém chovu byly krávy špinavější. Také bylo zjištěno, že se v ekologickém chovu nachází méně krav s kašlem, výtokem z vulvy a kulháním.

2.2 Výživa dojnic užívaná v ekologických formách chovu

Dojnice v ekologickém chovu smí být krmeny jen ekologicky získanými krmivy, kdy alespoň 60 % těchto krmiv by měla pocházet z vlastního podniku. Pokud podnik není schopen produkovat vlastní krmiva, je mu umožněna spolupráce při výrobě krmiv s jiným ekologickým podnikem z téhož regionu. Dojnicím má být také umožněn neustálý přístup na pastvu (letní krmnou dávku tvoří převážně zelená píce). Krmné suroviny rostlinného, živočišného a minerálního původu, které nepochází z ekologické produkce, mohou být využity pro krmné účely pouze tehdy, když jsou uvedeny v příloze č. V Nařízení komise (ES) č. 889/2008 a splňují omezení, která jsou v příloze uvedena. V příloze č. VI Nařízení komise (ES) č. 889/2008 jsou dále uvedeny doplňkové látky a činidla, na která se opět vztahují omezení, uvedena v příloze (Dvorský a Urban, 2014).

Při výrobě krmiv nesmí docházet k užívání ionizujícího záření či geneticky modifikovaných organismů a jejich derivátů (Dvorský a Urban, 2014). Vzhledem k těmto omezením může u zvířat docházet k nedostatku proteinů a minerálních prvků, především zinku, jodu, mědi, selenu a molybdenu (Rosati a Aumaitre, 2004).

3 Jod v mléce a mléčných výrobcích

3.1 Faktory ovlivňující obsah jodu v mléce

Obsah jodu v mléce ovlivňuje především výše jeho příjmu, tedy koncentrace a suplementace jodu v krmivech. Mezi faktory, které ovlivňují množství jodu, dále patří vysoký obsah glukosinolátů v krmivech, používání dezinfekčních prostředků na struky, obsahující jod, či způsob zpracovávání mléka (Flachowsky et al., 2014).

Krmivo

Krmivo je hlavním zdrojem jodu pro dojnice, tudíž významně ovlivňuje koncentraci jodu v mléce. Vliv krmiva na koncentraci jodu v mléce je blíže popsán v kapitole "1.7 Obsah jodu v krmivech pro dojnice".

Dezinfekční prostředky

Dezinfekční prostředky s jodem se řadí mezi přídatné zdroje jodu, které se využívají k pravidelné dezinfekci struků mléčné žlázy (Trávníček et al., 2011). Při experimentu s osmi holštýnskými dojnicemi Rezaei Ahvanooei et al. (2021) zjistil, že při používání dezinfekčního přípravku na struky, který obsahuje 3 % jodu, po dojení zvyšuje koncentraci jodu v mléce, krevním séru i moči. Naopak dezinfekce struků před dojením neprokázala žádný významný nárůst jodu v mléce.

Tabulka 6: Koncentrace jodu v mléce, krevním séru a moči dojnic při použití dezinfekčního přípravku s 3 % jodu (Rezaei Ahvanooei et al., 2021)

	Mléko ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	Krevní sérum ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	Moč ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)
Dezinfekce struků neproběhla	104,4 ± 12,4	71,4 ± 12,5	235,1 ± 12,1
Dezinfekce struků proběhla před dojením	121,1 ± 18,1	70,2 ± 14,1	248,2 ± 24,2
Dezinfekce struků proběhla po dojení	334,2 ± 72,2	69,0 ± 12,2	380,1 ± 53,1

Zpracování mléka

Není přesně známo, jakým způsobem ovlivňuje zpracování mléka (např. pasterizace, sterilizace, odstředění či sušení ve spreji) obsah jodu v mléce. Předpokládá se, že během tepelné úpravy mléka dochází k sublimaci anorganických forem jodu, což způsobuje snížené množství tohoto prvku v mléce (van der Reijden et al., 2019). E van de Kamp et al. (2019) zkoumající mléko z Nizozemí došla k závěru, že mezi mlékem pasterizovaným a mlékem ošetřeným metodou UHT nejsou rozdíly v koncentraci jodu.

Strumigenní látky

Strumigenní látky, též označovány jako goitrogeny, mohou ovlivňovat hormonální činnost štítné žlázy a způsobit tak vznik strumy. Zasahují také do dalších procesů, jako je vychytávání jodu do štítné žlázy (např. dusičnany, chloristany, jodičnany) nebo oxidace jodidu na elementární jod a jeho přenos do tyreoglobulinu (Flachowsky et al., 2014). Dále mezi účinky strumigenů patří blokování tvorby a uvolňování tyroxinu (např. sulfonamidy) a vytěšňování tyroxinu s potlačením produkce TSH (např. diiodotyrosin, analogy tyroninu s bromem, chlorem, fluorem, které nahrazují ve sloučenině jod) (Kotrbová a Kastnerová, 2007).

Mezi nejzávažnější strumigenní látky patří glukosinoláty, které podléhají hydrolyze enzymem myrosinázou (obsažena v semeni řepky), čímž vznikají strumigenní a toxické sloučeniny (Suchý et al., 2007). Významný zdroj glukosinolátů představují rostliny čeledi brukvovité (*Brassicaceae*), které zabraňují štítné žláze vychytávat jod z krve. Působí také na mléčnou žlázu a snižují tak obsah jodu v mléce (Flachowsky et al., 2014). Franke et al. (2009) ve svém výzkumu zjistil, že při zahrnutí řepkového šrotu, obsahujícího glukosinoláty, do krmné dávky dojníc dojde ke snížení koncentrace jodu v mléce, ale naopak vzroste koncentrace jodu v krevním séru, moči a výkalech krav. Zvyšující se dávky jodu v krmné dávce tedy nepřekonají inhibiční působení glukosinolátů na štítnou a mléčnou žlázu.

Mezi látky, vykazující strumigenní aktivitu lze zařadit také pesticidy, insekticidy a polychlorované bifenoly.

Roční období

Příčina kolísání obsahu jodu v mléce během různých období je pravděpodobně nižší obsah jodu a antinutričních látek v letních krmných dávkách a vyšší obsah jodu a méně antinutričních látek v zimních krmných dávkách (Trávníček et al., 2011; Flachowsky et al., 2014). Výzkum Hejtmánkové et al. (2006), zkoumající kravské mléko ze sedmi

farem z České republiky odhalil, že průměrná koncentrace jodu se v letních vzorcích mléka (duben–září) pohybovala v rozmezí $212 \pm 104 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, kdežto v zimních vzorcích mléka (říjen–březen) byl obsah jodu v rozmezí $251 \pm 110 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Selen

Selen omezuje využití jodu v organismu, jelikož je důležitý pro hormony štítné žlázy. Ovlivňuje jak tvorbu těchto hormonů, tak jejich odbourávání – je součástí enzymů dejodáz, katalyzujících dejodaci T_4 na T_3 (Zamrazil a Čeřovská, 2014). Česká republika je území chudé na selen, což bylo potvrzeno nízkým obsahem selenu v půdě, srsti skotu a krevním séru a moči obyvatel z jižních Čech (Trávníček et al., 2011).

Management zemědělského podniku

Způsob hospodaření také velmi významně ovlivňuje množství jodu v mléce. Vliv managementu zemědělského podniku je blíže popsán v kapitole "3.2 Obsah jodu v mléce – ekologické (alternativní) a konvenční chovy".

3.2 Obsah jodu v mléce – ekologické (alternativní) a konvenční chovy

Při porovnání mléka z ekologického a konvenčního chovu je jod méně zastoupený v mléce z ekologického zemědělství. Tento rozdíl v obsahu jodu lze odůvodnit rozdílnými krmnými postupy, nižším využíváním minerálních směsí s jodem či nižším využíváním dezinfekčních přípravků na struky v ekologickém zemědělství (Flachowsky et al., 2014). Také Hanuš et al. (2021) došel k závěru, že se mléko z ekologických chovů vyznačovalo nižší koncentrací jodu a jeho vyšší variabilitou, což mohlo být způsobeno proměnlivými podmínkami technologie chovu.

Vorlová et al. (2014) ovšem zjistila, že mezi kravským mlékem z malých ekologických a konvenčních chovů na území České republiky není žádný významný rozdíl v koncentraci jodu. Obsah jodu v mléce z konvenčních chovů se pohyboval v rozmezí $136,55 \pm 42,91 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ a v mléce z ekologických chovů $119,29 \pm 40,37 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$.

Za optimální hodnotu jodu v kravském mléce se považuje $100\text{--}200 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ (Trávníček et al., 2011). Od 90. let 20. století je monitorován obsah jodu v mléce krav na území České republiky. Nejmenší koncentrace jodu $31 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ byla zjištěna v letech 1988–1996 (Kursa et al., 2005). V letech 1997–1999 vzrostl obsah jodu v kravském mléce na hodnotu $128 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ a od roku 2000 průměrná koncentrace jodu vzrostla až na $310 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Vrcholu dosáhla v roce 2009, kdy kravské mléko na území ČR dosahovalo $500 \mu\text{g}$ jodu na litr (Trávníček et al., 2011). V roce 2018 bylo zjištěno, že krav-

ské mléko obsahuje průměrně $231,2 \pm 63,5 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ (Konečný et al., 2019). Bílek a Jí-
chová (2020), zkoumající koncentraci jodu v mléce ze supermarketů ke konci roku
2019 zjistili, že mléko obsahuje průměrně $234 \pm 56 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ jodu.

Tabulka 7: Obsah jodu v mléce z konvenčních chovů

Obsah jodu v mléce ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	Mléko	Autor
310,4 ± 347,0	Syrové kravské mléko, ba- zénové vzorky (n = 266)	Kursa et al. (2005)
442,5 ± 185,6	Syrové kravské mléko, ba- zénové vzorky (n = 169)	Trávníček et al. (2006)
136,55 ± 42,91	Syrové kravské mléko, ba- zénové vzorky	Vorlová et al. (2014)
251 ± 57,249	Tepelně ošetřené čerstvé mléko (n = 17)	Bílek a Jíchová (2020)
201 ± 41,202	Tepelně ošetřené trvanlivé mléko (n = 9)	Bílek a Jíchová (2020)
462,8 ± 103,9	Syrové kravské mléko, ba- zénové vzorky (n = 36)	Hanuš et al. (2021)

Tabulka 8: Obsah jodu v mléce z ekologických chovů

Obsah jodu v mléce ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	Mléko	Autor
144,5	Syrové i tepelně ošetřené mléko (Velká Británie; n = 92)	Bath et al. (2011)
119,29 \pm 40,37	Syrové kravské mléko, bazénové vzorky	Vorlová et al. (2014)
71 \pm 25	Tepelně ošetřené kravské mléko (UHT), bazénové vzorky (Švýcarsko; n = 55)	Walther et al. (2018)
115,3 \pm 66,8	Syrové kravské mléko, bazénové vzorky (n = 37)	Klimešová et al. (2020)
174,3 \pm 116,3	Syrové kravské mléko, bazénové vzorky (n = 16)	Hanuš et al. (2021)

4 Biostatek Bemagro

Společnost Bemagro, nacházející se v okrese Český Krumlov, vznikla z bývalých státních statků Šumava v roce 1994. Obhospodařuje kolem 2000 ha s převahou pastvin a luk, což je nejvhodnější možnost pro tamější podmínky (600–700 m.n.m., 700 ml srážek/rok). Zhruba 500 ha ovšem tvoří také orná půda, na které se pěstuje převážně hrášek, jetel pro výrobu senáží, obilí (triticale, žito, oves, jarní ječmen, pohanka, popř. jarní pluchaté pšenice) a seno, jež se využívá pro výživu vlastního skotu (Bemagro, 2013).



Obrázek 2: Vnitřní prostor (vlastní fotografie)

Výroba krmiv

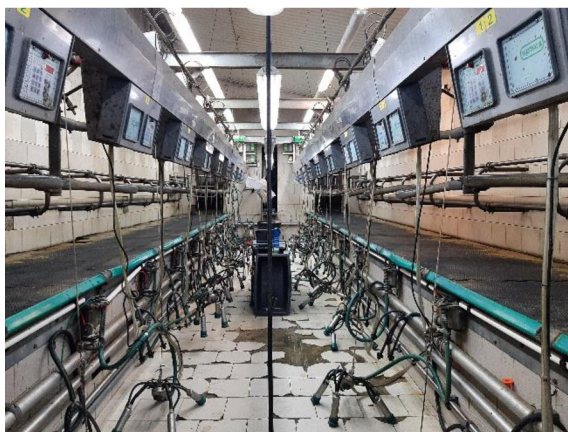
Kvalitní krmení pro skot se zde pěstuje v souladu se zákonem č. 242/2000 Sb. o ekologickém zemědělství. Využívá se především hnojení hnojem či kejdou od chovaného skotu a kompostem, seskládaného z hnoje, odpadní trávy a senáže. Dále se využívá správných agrotechnických opatření a osevních postupů (osmihonný/devítihonný OP). K regulaci škůdců, chorob a plevelů se využívá mechanická regulace či vhodné střídání plodin. Problémem jsou především plevele, jako je šťovík, pýr nebo heřmánkovec (Bemagro, 2013).

Chov zvířat

Biostatek Bemagro se zabývá chovem mléčného i masného skotu. Masný skot je chován v Malontech, kde se v současnosti nachází zhruba 110 kusů skotu. Mléčný skot je chován nedaleko, v obci Meziříčí, a v současnosti je tvořen zhruba 400 kusy skotu. Od roku 2006 jsou zde zastoupeni především kříženci holštýnského a českého strakatého skotu, jelikož systém chovu dojníc v ekologickém režimu nezajistí dostatečnou

výživu vysokoprodukčních zvířat. Přibližně 300–310 kusů dojnic se denně dojí s průměrným nádojem 21 l/den (zima 19 l/den) na kus, což je zhruba 6 500 l mléka/den. Mléko je sváženo do mlékárny v Klatovech, část se ovšem využívá také ve faremní mlékárně a část je využita ke krmení telat (Všechnovský, 2021).

Dojení probíhá 2x denně ve stacionární rybinové dojárně. Provádí se pre-dip dezinfekčním přípravkem od společnosti Eurofarm – Calgonit ER soft, který se aplikuje napěňovacím aplikátorem. Cílem pre-dipu je odstranění veškerých nečistot, které by se mohly při dojení dostávat do mléka a zvyšovat tak celkový počet mikroorganismů či pronikat do struků a vyvolávat mastitidy. Pěna je setřena látkovým hadříkem, vždy čistým u každého kusu. Po dojení je prováděn post-dip, taktéž přípravkem od společnosti Eurofarm – Calgodip Kamille, který rovněž ošetřuje struky vemene, dezinfikuje, zvláčňuje a vytváří ochrannou bariéru strukového kanálku. Oba používané dipy neobsahují jod a nemohou tak ovlivnit koncentraci jodu v mléce.



Obrázek 4: Stacionární rybinová dojírna (vlastní fotografie)



Obrázek 3: Ošetření mléčné žlázy pre-dipem (vlastní fotografie)



**Obrázek 5: Pre-dip (vlevo) a post-dip (vpravo)
(vlastní fotografie)**

Probíhá zde otevřený obrat stáda, tudíž jsou březí zvířata nakupována na farmě Otročin. Jsou umístěna do vnitřních prostor, rozdělených na 4 sekce, dělených dle fáze laktace krav po 70–80 kusech. Je zde zavedeno volné boxové ustájení. Hnojná chodba je tvořena rošty a v každé sekci se nachází drbadlo pro vyšší komfort krav.

Krmí se směsnou krmnou dávkou, která je tvořena plodinami ekologického zemědělství, s doplňováním minerálních látek formou minerálních lizů Solsen extra se zvýšeným obsahem selenu, které jsou schválené pro použití v ekologickém zemědělství (složení na 1 kg: Na 37 %; Mg 0,6 %; Ca 1,1 %; Zn 8250 mg; Mn 6600 mg; Fe 700 mg; Se 25 mg; Cu 1650 mg; I 100 mg; Co 25 g). Dle potřeby krav se také přikrmuje obilným šrotem, tvořeným pšenicí, tritikálem, solí, vápencem a minerálním doplňkem firmy Sano – Calprosan. Pro doplnění proteinu se do krmné dávky přidávají jednotlivé komponenty či kombinace sóji, bobu, lupiny, kvasnic a hrachu. Od dubna do října (listopadu) je skot vyhnán na pastvu. K dispozici jsou dobytku temperované napáječky.

Krávy jsou vybaveny SCR obojky, které slouží k monitorování zvířat, shromažďují informace o aktivitě jednotlivých kusů, výživě i zdravotním stavu. Tyto informace jsou zpracovány a na jejich základě se vyhodnotí např. ideální čas pro inseminaci či aktuální zdravotní stav zvířat a reakce na veterinární léčiva (Bemagro, 2013; Všechovský, 2021).

Součástí biostatku je také vlastní mlékárna. Náklady na 1 l mléka se pohybují v letních měsících kolem 12 Kč, v zimních měsících pak kolem 15 Kč. Rozdílná cena je zapříčiněna vyšší užitkovostí krav v letních měsících, kdy se do směsné krmné dávky přidává jetel (Všechovský, 2021).

5 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce bylo stanovit a vyhodnotit obsah jodu ve vzorcích mléka z chovů s ekologickou formou hospodaření a chovů s konvenční formou hospodaření. Dále cílem bylo porovnání zjištěných hodnot mezi sebou.

6 Materiál a metodika

6.1 Odběr vzorků z ekologického zemědělství

Vzorky byly získávány z obchodní komerční sítě v České republice, farmářských trhů a přímo v chovech s ekologickým způsobem hospodaření včetně technologie a výživy dojených krav za období od června do prosince 2021. Celkem bylo nasbíráno 43 vzorků.

6.1.1 Vzorky pocházející přímo z ekofarem a farmářských trhů

Z ekofarem a farmářských trhů bylo získáno celkem 12 vzorků biomléka. Vzorky odebrané z Farmy Zelený (Drouhavec okres Klatovy), Farmy Litkovice (Litkovice okres Pelhřimov) a Rodinné farmy Zedníček (Kamenice nad Lipou okres Pelhřimov) byly odebírány do vzorkovnice o objemu 25 ml přímo z chladících tanků (bazénové vzorky mléka).

Vzorky pocházející z Farmy Růžová (Růžová okres Děčín), Sýrárna Tonka (Pošná okres Pelhřimov), Farmy Košík (Košík okres Nymburk), Ekofarmy Kosařův mlýn (Nový Knín okres Příbram), biostatku Bemagro (Malonty okres Český Krumlov), Farmy Otročin (Otročin okres Karlovy Vary) a z chovu pana Lévy byly ošetřené šetrnou pasterací (záhřev mléka na teplotu 72–75 °C po dobu 15–20 sekund).

Dále byly získány dva vzorky jogurtu, dva vzorky kefiru (tabulka 14) a vzorek tvarohu (tabulka 16).

6.1.2 Vzorky pocházející z obchodní komerční sítě v České republice

Z obchodní komerční sítě bylo získáno celkem devět vzorků biomléka, šest vzorků jogurtu a jeden vzorek kefiru. Z těchto vzorků pocházely tři vzorky jogurtů (BIO Organic sour cream, BIO Organic natural yogurt, BIO yoghurt) a tři vzorky biomléka z Německa (tabulka 13). Dva vzorky biomléka pocházely ze Slovenské republiky (Tatranské BIO mlieko, Čerstvé plnotučné mléko).

Takto získané biomléko bylo ošetřeno UHT-záhřevem (vysokotepelné ošetření mléka při 135–142 °C několik sekund) či vysokou pasterací (záhřev mléka na 85 °C i víc po dobu několika sekund).

6.1.3 Individuálně odebrané vzorky z chovu Bemagro

V chovu Bemagro (okres Český Krumlov) s ekologickou formou hospodaření byly 5. 12. 2021 odebrány vzorky biomléka u deseti krav. Krávy byly do dvaceti dní po porodu s průměrnou mléčnou užitkovostí 19 l/den (léto 21 l/den). Obsah jodu naměřený v individuálních vzorcích je uveden v tabulce 25.

6.2 Odběr vzorků z konvenčního zemědělství

Ve spolupráci s Centrální laboratoří společnosti Madeta a.s. byly v roce 2020 a 2021 odebírány bazénové vzorky mléka z konvenčních chovů. Celkem bylo odebráno 70 vzorků mléka z různých okresů. Z toho bylo vybráno 16 vzorků svozného obvodu Tábor (tabulka 17) a 13 vzorků svozného obvodu České Budějovice (tabulka 20).

6.3 Stanovení obsahu jodu

Odebrané vzorky mléka byly dopraveny do laboratoře katedry zootechnických věd pro stanovení obsahu jodu, kde se uchovávaly zmražené při $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ až do vlastní analýzy. Jod byl stanoven metodou podle Sandell-Kolthoffa, též nazývanou jako spektrofotometrická metoda po alkalickém spalování, modifikovanou Bednářem et al. (1964).

Principem metody je redukce Ce^{4+} na Ce^{3+} v prostředí kyseliny sírové s přítomností As^{3+} . Katalyzátorem, urychlujícím reakci, je jodid. Vzorek se dále spaluje v alkalickém prostředí při $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ (mineralizace) (Trávníček et al., 2011).

Pracovní postup:

Do speciální zkumavky z těžkotavitelného skla se odměří 1 ml mléka. Přidá se 1 ml 10% síranu zinečnatého, 1 ml 4 M hydroxidu sodného a několik krystalků chloridu draselného. Zároveň se připravují kalibrační roztoky jodidu draselného ze základního standardního roztoku s koncentracemi jodu 150; 100; 50; 12,5 a $0,0\text{ }\mu\text{g l}^{-1}$. Připravené vzorky i kalibrační roztoky jsou následně vloženy na 24 hodin do horkovzdušné sušárny při teplotě $115\text{ }^{\circ}\text{C}$. Po vysušení se obsah spaluje v muflové peci dle určitého harmonogramu. Teplota v peci se postupně zvyšuje od $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ na $500\text{ }^{\circ}\text{C}$, na kterých se pec 30 minut udržuje a následně opět teplotu zvyšuje na $600\text{ }^{\circ}\text{C}$. Při této teplotě probíhá spalování 1 hodinu, během které se po 5, 20 a 40 minutách pec na 15 vteřin otevře a ventiluje. Po spalování a vychladnutí zkumavek se přidá 6 ml deionizované vody a obsah se promíchá. Následuje centrifugace po dobu 10 minut při 3000 otáčkách za minutu. Získaný supernatant se odpipetuje v množství dvakrát 2 ml do tenkostěnných zkumavek a přidají se 2 ml kyselé směsi. Protřepaný obsah se 10 minut inkubuje v ledové lázni při teplotě $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Po vyjmutí z lázně se přidají 2 ml síranu ceričito-amonného a probíhá inkubace po dobu 20 minut při $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a následně inkubace v ledové lázni po dobu 10 minut. Po ukončení inkubace se obsah zkumavek převrství 0,5 ml octanu brucinu, promíchá a inkubuje při teplotě $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ po dobu 15 minut v horkovzdušné sušárně. Zkumavky se po vyjmutí ze sušárny nechají stát 30 minut

při laboratorní teplotě. Následně probíhá měření absorbance při 430 nm proti deionizované vodě. Z absorbance kalibračních roztoků se sestrojí kalibrační křivka, odečte se absorbance vzorků a vypočítá se výsledná hodnota obsahu jodu v $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$.

6.4 Statistické vyhodnocení

Získané výsledky byly statisticky zpracovány pomocí programu Microsoft Excel. Pro interpretaci výsledků byly zjištěny průměrné obsahy jodu v mléce a mléčných výrobcích (\bar{x}), směrodatná odchylka (s_x), variační koeficient (V%), maximální a minimální naměřená hodnota (Max. a Min.) a medián (středová hodnota souboru). Dále byl proveden Studentův t-test pro statistické zjištění významu rozdílů průměrů vzorků.

7 Výsledky

7.1 Obsah jodu v biomléce a mléčných výrobcích z biomléka

V tabulkách 9–13 jsou uvedeny údaje o obsahu jodu v mléce získaného na farmářských trzích, přímo v chovech uplatňující ekologické formy hospodaření včetně technologie a výživy dojených krav a v biomléce zpracovaného mlékárensky. Dále v tabulkách 14–16 jsou uvedeny údaje o obsahu jodu v mléčných výrobcích z biomléka.

7.1.1 Obsah jodu v biomléce

Průměrný obsah jodu v mlékárensky zpracovaných vzorcích biomléka i vzorcích z ekofarem byl $149,6 \pm 112,9 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Z tabulky 10 je zřejmá značná variabilita hodnot, maximum dosáhlo úrovně $399,0 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ a minimum bylo $33,6 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, variační koeficient $V\% = 75,5$. Obě uvedené mezní hodnoty pocházejí ze vzorků biomléka odebraného přímo z chovů (ekofarem). Rozptyl hodnot obsahu jodu ve vzorcích z ekofarem je blíže uveden v tabulce 11 s maximální hodnotou $399,0 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, minimální $33,6 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ a variačním koeficientem $V\% = 92,8$. V souboru vzorků odebraných přímo na farmách bylo 58,3 % (7 vzorků) s obsahem jodu pod $80 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, který odpovídá jeho nízkému příjmu krmnou dávkou.

Tabulka 12 přibližuje hodnoty obsahu jodu v mlékárensky zpracovaných vzorcích biomléka, kdy nejvyšší hodnota byla $264,4 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, nejnižší $53,8 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ a $V\% = 43,2$. Oproti biomléku, které bylo odebráno přímo v chovech (ekofarmách), se mléko zpracované mlékárensky vyznačovalo nižší variabilitou v obsahu jodu.

Tabulka 13 ukazuje porovnání průměrné hodnoty obsahu jodu v mlékárensky zpracovaném biomléce z České republiky ($\bar{x} = 144,7$) a Německa ($\bar{x} = 151,2$), získaného z obchodní sítě v České republice, kdy biomléko pocházející z Německa obsahuje víc jodu než biomléko pocházející z ČR.

Tabulka 9: Obsah jodu ve vzorcích biomléka (mléko z ekofarem a mlékárensky zpracované biomléko)

Pořadí vzorku	Typ mléka	Místo odběru (původ)	Obsah jodu v $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$
1.	BIO H-Milch (K-BIO)	Německo	200,3
2.	Tatranské BIO mlieko (TAMI)	Kežmarok (SK)	258,8
3.	BIO Organic mléko čerstvé plnotučné 4 % (PILOS)	Zábřeh	53,8
4.	Naše čerstvé BIO mléko (OLMA)	Zábřeh	131,6
5.	Čerstvé plnotučné mléko (Tatranská mlie-kareň a.s.)	Kežmarok (SK)	132,8
6.	Čerstvé plnotučné mléko 5 % (Farma Růžová)	Růžová	33,6
7.	Čerstvé BIO mléko (Sýrárna Tonka)	Pošná	131,6
8.	Kravské mléko z farmy Košík	Košík	61,6
9.	Čerstvé BIO mléko (Ekofarma Kosařův mlýn)	Nový Knín	189,2
10.	BIO mléko (BEMAGRO)	Malonty	79,6
11.	Čerstvé mléko (Farma Litkovice)	Litkovice	33,6
12.	Čerstvé mléko (Rodinná farma Zedníček)	Kamenice nad Lipou	43,6
13.	Mléko BIO plnotučné 1,5 % tuku (KUNÍN)	Kunín	129,0
14.	Čerstvé mléko (Farma Zelený)	Drouhavec	38,2
15.	Čerstvé mléko (p. Lévy)	Česká republika	399,0
16.	Čerstvé mléko (p. Lévy)	Česká republika	395,7
17.	Schrozberger milch Bayern	Německo	170,3
18.	Piding (Berchtesgadener Land Molkerei)	Německo	83,1
19.	Čerstvé mléko Otročin	Otročin	45,4
20.	BIO Vavřinec	Nový Knín	266,8
21.	BIO OLMA	Zábřeh	264,4
Průměr			149,6

Tabulka 10: Průměrný obsah jodu v biomléce ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)

Počet vzorků	Průměr \bar{x}	Směrodatná odchylka S_x	Variační koeficient V%	Max.	Min.	Medián
21	149,6	112,9	75,5	399,0	33,6	131,6

Tabulka 11: Průměrný obsah jodu ve vzorcích biomléka získaného z ekofarem a farmářských trhů ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)

Počet vzorků	Průměr \bar{x}	Směrodatná odchylka S_x	Variační koeficient V%	Max.	Min.	Medián
12	143,2	132,9	92,8	399,0	33,6	70,6

Tabulka 12: Průměrný obsah jodu ve vzorcích biomléka zpracovaného mlékárensky ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)

Počet vzorků	Průměr \bar{x}	Směrodatná odchylka S_x	Variační koeficient V%	Max.	Min.	Medián
9	158,2	68,4	43,2	264,4	53,8	132,8

Tabulka 13: Porovnání průměrného obsahu jodu mlékárensky zpracovaných vzorků pocházejících z obchodní sítě z České republiky a Německa

Pořadí vzorku	Česká republika	Obsah jodu v $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$
1.	BIO Organic mléko čerstvé plnotučné 4 % (PILOS)	53,8
2.	Naše čerstvé BIO mléko (OLMA)	131,6
3.	Mléko BIO plnotučné 1,5 % tuku (KUNÍN)	129,0
4.	BIO OLMA	264,4
Průměr		144,7
Německo		
1.	BIO H-Milch (K-BIO)	200,3
2.	Schrozberger milch Bayern	170,3
3.	Piding (Berchtesgadener Land Molkerei)	83,1
Průměr		151,2

7.1.2 Obsah jodu v jogurtech a kefirech z biomléka

V tabulce 14 jsou uvedeny údaje o obsahu jodu v jogurtech a kefirech vyrobených z biomléka. Nejvyšší naměřená hodnota $544,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ byla v jogurtu a nejnižší $61,6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ v domácím kefiru. Průměrně obsahovaly jogurty i kefiry $204,6 \pm 129,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ jodu, jak vyplývá z tabulky 15. Také zde je zřejmá značná variabilita obsahu jodu ($s_x = 129,5 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$; $V\% = 63,3$).

V porovnání s biomlékem, které obsahovalo průměrně $149,6 \pm 112,9 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ jodu, se mléčné výrobky vyznačovaly vyšší koncentrací jodu s průměrným obsahem $204,6 \pm 129,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Při porovnání variačních koeficientů obsahu jodu v biomléce $V\% = 75,5$ a obsahu jodu v jogurtech a kefirech $V\% = 63,3$ se mléčné výrobky ukázaly také jako méně variabilní.

Tabulka 14: Obsah jodu v jogurtech a kefirech z biomléka

Pořadí vzorku	Typ jogurtu	Místo odběru (původ)	Obsah jodu v mg·kg ⁻¹
1.	Farmář jogurt bílý (HOLLANDIA)	Karlovy Vary	72,1
2.	BIO Organic sour cream (PILOS)	Německo	96,5
3.	BIO řecký jogurt bílý (PILOS)	Poděbrady	544,5
4.	BIO Organic natural yogurt (MILBONA)	Německo	192,9
5.	Vlkovský BIO jogurt bílý (Farma Vlkov)	Vlkov	267,6
6.	Jogurt bílý Čítek (farma Čítek)	Dražice	182,0
7.	BIO Bílý jogurt (OLMA)	Olomouc	222,4
8.	BIO yoghurt (K-BIO)	Německo	255,2
Typ kefiru			
1.	Vlkovský BIO kefir přírodní (Farma Vlkov)	Vlkov	249,6
2.	Kefír z kravského mléka (Farma Zahradka)	Petrovice u Sedlčan	61,6
3.	Naše české BIO kefir selský bílý, 4 % tuku (OLMA)	Olomouc	106,6
Průměr			204,6

Tabulka 15: Průměrný obsah jodu v jogurtech a kefirech z biomléka (mg·kg⁻¹)

Počet vzorků	Průměr \bar{x}	Směrodatná odchylka s_x	Variační koeficient V%	Max.	Min.	Medián
11	204,6	129,5	63,3	544,5	61,6	192,9

7.1.3 Obsah jodu v tvarohu z biomléka

Vzorek domácího tvarohu získaného z Farmy Vlkov obsahoval 69,2 mg·kg⁻¹ jodu. Poměrně nízký obsah jodu je zapříčiněn tím, že tvaroh vzniká srážením mléčné bílkoviny (kasein) a odtékáním mléčné syrovátky, která obsahuje větší množství jodu.

Tabulka 16: Obsah jodu v tvarohu z biomléka

Pořadí vzorku	Typ tvarohu	Místo odběru (původ)	Obsah jodu v mg·kg ⁻¹
1.	Čerstvý BIO tvaroh (Farma Vlkov)	Vlkov	69,2

7.2 Obsah jodu v mléce z konvenčních chovů

V tabulkách 17–19 jsou uvedeny údaje o obsahu jodu v mléce získaného v chovech s konvenčním způsobem hospodaření včetně technologie a výživy dojených krav svozného obvodu Tábor z let 2020–2021. Dále tabulky 20–22 obsahují údaje o obsahu jodu v mléce získaného v chovech s konvenčním způsobem hospodaření včetně technologie a výživy dojených krav svozného obvodu České Budějovice z let 2020–2021.

7.2.1 Obsah jodu v mléce z konvenčních chovů svozného obvodu Tábor za rok 2020 a 2021

Z tabulky 18 vyplývá, že vzorky mléka z konvenčních chovů, získané v roce 2020 obsahovaly průměrně $213,6 \pm 105,2 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ jodu, s maximální naměřenou hodnotou $560,0 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ a minimální hodnotou $106,0 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, variační koeficient $V\% = 49,3$. Vzorky mléka nasbírané v roce 2021 s průměrnou hodnotou obsahu jodu $250,6 \pm 233,9 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ se oproti vzorkům mléka z roku 2020 vyznačují mnohem větší variabilitou obsahu jodu s variačním koeficientem $V\% = 93,3$ a $s_x = 233,9 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, jak udává tabulka 19. Rozdíly mezi průměry z let 2020 a 2021, i vzhledem k vysoké variabilitě, nebyly statisticky významné (t-test $p = 0,666$).

Vzorky mléka byly odebírány ve stejných chovech, což umožňuje porovnat výsledky mezi sebou. Mírný nárůst obsahu jodu byl zaznamenán v osmi chovech (Kozmice, Klučenice, Domamyšl, Smilovy Hory, Nemyšl, Dolní Hrachovice, Horu-sice, Veselí nad Lužnicí) a výrazný nárůst obsahu jodu byl v chovu pocházejícího z Šebířova, kde vzrostla koncentrace jodu ze $124,0 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ na $1112,0 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Naopak mírný pokles obsahu jodu byl zaznamenán ve čtyřech chovech (Pořín, Kloužovice, Budislav, Rodná) a výraznější pokles obsahu jodu byl v chovech pocházejících z Hlasiva, Měšic a Dmýštic.

Tabulka 17: Obsah jodu v mléce z konvenčních chovů svozného obvodu Tábor za rok 2020 a 2021

Číslo vzorku	Místo odběru (původ)	Obsah jodu v $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ za rok 2020	Obsah jodu v $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ za rok 2021
1.	Šebířov	124,0	1112,0
2.	Pořín	200,0	168,4
3.	Kloužovice	266,0	163,0
4.	Budislav	242,0	188,4
5.	Kozmice (okres Benešov)	210,0	270,2
6.	Klučenice (okres Příbram)	110,0	187,4
7.	Hlasivo	212,0	86,6
8.	Rodná	220,0	188,8
9.	Domamyšl	294,0	377,6
10.	Smilovy Hory	128,0	180,8
11.	Měšice	560,0	167,4
12.	Nemyšl	220,0	259,8
13.	Dolní Hrachovice	130,0	176,0
14.	Dmýštica (okres Písek)	226,0	41,6
15.	Horusice	170,0	240,4
16.	Veselí nad Lužnicí	106,0	200,8
Průměr		213,6	250,6

Tabulka 18: Průměrný obsah jodu v mléce z konvenčních chovů svozného obvodu Tábor za rok 2020 ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)

Počet vzorků	Průměr \bar{x}	Směrodatná odchylka s_x	Variační koeficient $V\%$	Max.	Min.	Medián
16	213,6	105,2	49,3	560,0	106,0	211,0

Tabulka 19: Průměrný obsah jodu v mléce z konvenčních chovů svozného obvodu Tábor za rok 2021 ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)

Počet vzorků	Průměr \bar{x}	Směrodatná odchylka s_x	Variační koeficient V%	Max.	Min.	Medián
16	250,6	233,9	93,3	1112,0	41,6	187,9

7.2.2 Obsah jodu v mléce z konvenčních chovu svozného obvodu České Budějovice a rok 2020 a 2021

Tabulka 20 zaznamenává údaje o hodnotách jodu, naměřených v letech 2020 a 2021 v chovech svozného obvodu České Budějovice. Z tabulky 21 je zřejmá menší variabilita obsahu jodu ($s_x = 61,8 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$; $V\% = 32,7$) ve vzorcích mléka z roku 2020, než ve vzorcích mléka z roku 2020 pocházejících ze svozného obvodu Tábor ($s_x = 105,2 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$; $V\% = 49,3$). Maximální naměřená hodnota za rok 2020 byla $294,0 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, minimální $46,0 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Průměrně vzorky mléka obsahovaly $188,8 \pm 61,8 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ jodu.

V roce 2021 byl průměrný obsah jodu $187,9 \pm 94,7 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ s naměřeným maximem $404,4 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, minimem $62,0 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ a variačním koeficientem $V\% = 50,4$. Při porovnání tabulek 22 (Průměrný obsah jodu v mléce z konvenčních chovů svozného obvodu České Budějovice za rok 2021) a 19 (Průměrný obsah jodu v mléce z konvenčních chovů svozného obvodu Tábor za rok 2021) jsou i zde patrné rozdíly, především ve variabilitě obsahu jodu. Rozdíl průměrných hodnot mezi léty 2020 a 2021 nebyl, obdobně jako v chovech z okresu Tábor, statisticky významný (t-test $p = 0,987$).

Z tabulky 20 je viditelný nárůst obsahu jodu v pěti chovech (Horní Stropnice, Brloh, Mojné, Josef Šedivý, Šítal) a mírný pokles obsahu jodu v osmi chovech (Černý Dub, Čížkrajice, Krasetín, Mříč, Zubčice, Žáček, Dolní Třebonín, Chodeč).

Tabulka 20: Obsah jodu v mléce z konvenčních chovů svozného obvodu České Budějovice za rok 2020 a 2021

Číslo vzorku	Místo odběru (původ)	Obsah jodu v $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ za rok 2020	Obsah jodu v $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ za rok 2021
1.	Horní Stropnice	200,0	404,0
2.	Černý Dub	218,0	96,2
3.	Čížkrajice	242,0	148,2
4.	Brloh	46,0	106,2
5.	Krasetín (okres Český Krumlov)	192,0	116,0
6.	Mříč (okres Český Krumlov)	128,0	62,0
7.	Zubčice	180,0	179,8
8.	Mojné	190,0	222,8
9.	Josef Šedivý	126,0	269,6
10.	Žáček	294,0	267,6
11.	Šítal	164,0	299,2
12.	Dolní Třebonín	210,0	137,6
13.	Chodeč (okres Český Krumlov)	264,0	134,2
	Průměr	188,8	187,9

Tabulka 21: Průměrný obsah jodu v mléce z konvenčních chovů svozného obvodu České Budějovice za rok 2020 ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)

Počet vzorků	Průměr \bar{x}	Směro- datná odchylka s_x	Variační koeficient V %	Max.	Min.	Medián
13	188,8	61,8	32,7	294,0	46,0	192

Tabulka 22: Průměrný obsah jodu v mléce z konvenčních chovů svozného obvodu České Budějovice za rok 2021 ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)

Počet vzorků	Průměr \bar{x}	Směrodatná odchylka S_x	Variační koeficient $V\%$	Max.	Min.	Medián
11	187,9	94,7	50,4	404,0	62,0	148,2

7.3 Porovnání obsahu jodu v mléce z konvenčních chovů s mlékem z ekologických chovů

Ve vzorcích biomléka, odebraných v roce 2021 z chovů s ekologickou formou hospodaření, byla zjištěna nejvyšší hodnota obsahu jodu $399,0 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, minimální hodnota obsahu jodu byla $33,6 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, $V\% = 75,5$. V porovnání s mlékem, které bylo odebráno z konvenčních chovů v roce 2020, biomléko vykazovalo vyšší variabilitu a průměrně nižší obsah jodu ($\bar{x} = 149,6 \pm 112,9 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$).

Biomléko se ovšem ukázalo jako méně variabilní v porovnání s mlékem odebíraným z konvenčních chovů za rok 2021, kde variační koeficient významně ovlivnil nárůst obsahu jodu v chovu z Šebířova. Rozdíl mezi průměrným obsahem jodu v mléce z konvenčních i ekologických chovů v roce 2021 však nedosahoval statistické významnosti (t-test $p = 0,160$).

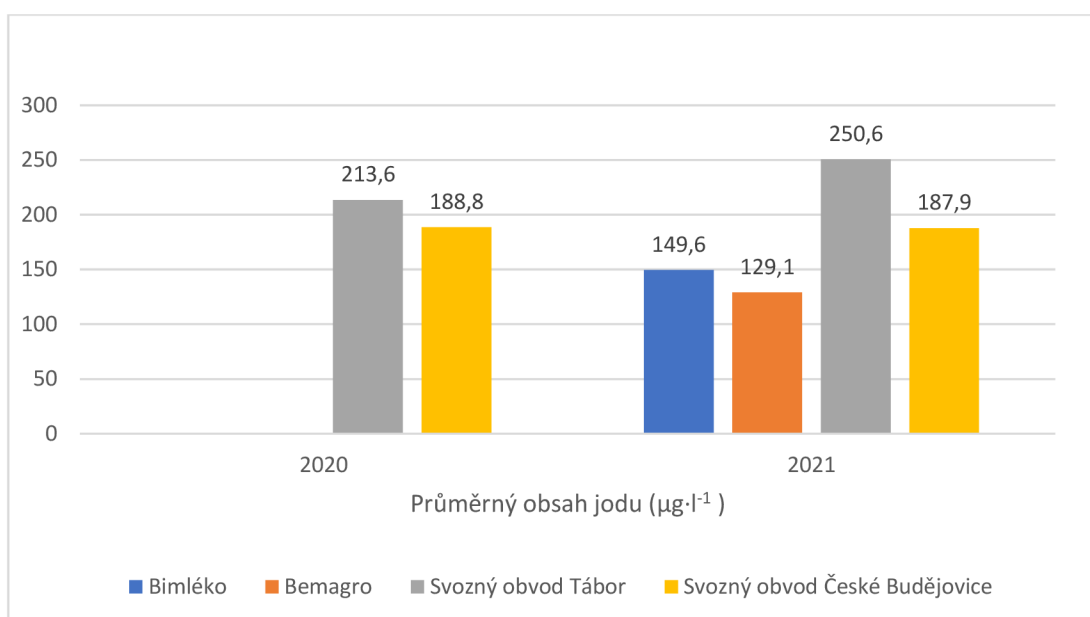
Tabulka 23: Průměrný obsah jodu v mléce z konvenčních chovů svozných obvodů Tábor i České Budějovice za rok 2020 ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)

Počet vzorků	Průměr \bar{x}	Směrodatná odchylka S_x	Variační koeficient $V\%$	Max.	Min.	Medián
27	202,5	89,3	44,1	560,0	46,0	200,0

Tabulka 24: Průměrný obsah jodu v mléce z konvenčních chovů svozných obvodů Tábor i České Budějovice za rok 2021 ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)

Počet vzorků	Průměr \bar{x}	Směrodatná odchylka S_x	Variační koeficient $V\%$	Max.	Min.	Medián
27	222,5	187,5	84,3	1112,0	41,6	180,8

Graf 1: Porovnání průměrného obsahu jodu v biomléce a mléce z konvenčních chovů svozného obvodu Tábor a České Budějovice za rok 2020 a 2021



Graf 1 znázorňuje průměrné naměřené hodnoty obsahu jodu v konvenčních chovech z let 2020–2021 a průměrné naměřené hodnoty jodu v biomléce. Z grafu je patrná průměrně nižší koncentrace jodu v biomléce.

7.4 Obsah jodu v mléce individuálně odebraného od dojníc z Bemagra

Individuálně odebrané vzorky obsahovaly průměrně $129,1 \pm 27,9 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ s naměřeným maximem $168,0 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, minimem $69,2 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ a $V\% = 21,6$. Biomléko odebrané od jednotlivých dojníc se ukázalo velice málo variabilní v obsahu jodu.

Tabulka 25: Obsah jodu v individuálně odebraných vzorcích od dojnic z Bemagra

Číslo vzorku	Číslo dojnice	Obsah jodu v $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$
1.	37	144,4
2.	73	168,0
3.	47	122,0
4.	68	109,2
5.	80	123,0
6.	348	141,6
7.	60	152,0
8.	41	156,0
9.	217	69,2
10.	969	106,0
Průměr		129,1

Tabulka 26: Průměrný obsah jodu v individuálně odebraných vzorcích od dojnic z Bemagra

Počet vzorků	Průměr \bar{x}	Směrodatná odchylka S_x	Variační koeficient $V\%$	Max.	Min.	Medián
10	129,1	27,9	21,6	168,0	69,2	132,3

8 Diskuse

Mléko a mléčné výrobky jsou významnou složkou lidské výživy. Spotřeba mléka a mléčných výrobků v roce 2020 dosáhla 262,5 kg, z čehož spotřeba samotného konzumního mléka činila 59,3 kg (Eagri, 2021). Spotřeba mléka souvisí nejen s aktuální cenou, ale i s kvalitou, trvanlivostí, úpravou a podmínkami, za jakých je produkováno. V této souvislosti získává na významu biomléko, které je produkováno v souladu s platnou legislativou pro ekologické zemědělství. Z hlediska lidské výživy je mléko zdrojem především bílkovin a tuku, ale i esenciálního stopového prvku jodu (Flachowsky et al., 2014). Jod je nezbytným prvkem pro syntézu hormonů štítné žlázy, které regulují klíčové procesy metabolismu, vývoje mozku a růstu (Kotrbová a Kasternerová, 2007). Výsledky této bakalářské práce jsou zaměřeny na zhodnocení obsahu jodu v biomléce ve srovnání s mlékem získaným z konvenčních chovů dojnic.

Většina prací, zabývajících se obsahem jodu v mléce z ekologických (alternativních) chovů dojnic, uvádí nižší obsah jodu v biomléce ve srovnání s mlékem z konvenčních chovů. Například Bath et al. (2011), zkoumající celkem devadesát dva vzorků biomléka pocházejícího z obchodní sítě Velké Británie, došla k závěru, že obsah jodu byl významně nižší v mléce z ekologických chovů než v mléce z konvenčních chovů. Také Walther et al. (2018) odebírající vzorky konvenčního a organického mléka v letech 2013–2014 ve Švýcarsku potvrzuje nižší koncentraci jodu v mléce z organických chovů, a to až o 36 %. Tyto studie potvrzují výsledky naší bakalářské práce, ze které rovněž vyplývá průměrně nižší koncentrace jodu v mléce z ekologických chovů (tabulka 10, 23, 24, 26).

Při porovnání výsledků s Hanušem et al. (2021) je možné opět dojít k závěru, že mléko z ekologických chovů obsahuje menší koncentraci jodu než mléko z chovů konvenčních. Hanuš et al. (2021) dále uvádí, že se biomléko vyznačovalo vyšší variabilitou v obsahu jodu ($V = 66,7 \%$) než mléko konvenční ($V = 22,5 \%$). Toto tvrzení odpovídá našim výsledkům, kdy biomléko vykazovalo vyšší variabilitu v obsahu jodu ($V \% = 75,5 \%$), než konvenční mléko odebrané v roce 2020 (tabulka 23). Zjištěné hodnoty se ovšem rozcházejí v porovnání s konvenčním mlékem odebraným za rok 2021, kdy se konvenční mléko vyznačovalo vyšší variabilitou obsahu jodu než biomléko (tabulka 24). Toto zjištění lze odůvodnit významným nárůstem obsahu jodu v chovu Šebířov, kde se naměřená hodnota jodu zvýšila o 988,0 μg na litr. Také indi-

viduálně odebrané vzorky mléka z ekologického chovu Bemagro vykazovaly průměrně nižší koncentraci jodu oproti mléku konvenčnímu (tabulka 26), ovšem s výrazně nižší variabilitou ($V = 21,6 \%$). Nízká variabilita v obsahu jodu může být způsobena skutečností, že vzorky pocházely od deseti dojnic chovaných ve stejných podmínkách.

Zřejmou příčinou rozdílných hodnot obsahu jodu v mléce z ekologického a konvenčního zemědělství jsou rozdílné postupy v hospodaření i chovu skotu, jako je například užívání pouze přirozeně se vyskytujících procesů a látek (Qin et al., 2021), menší frekvence využívání jodové dezinfekce při dojení (Hanus et al., 2021), omezení v používání doplňkových látek a krmných surovin (Dvorský a Urban, 2014) či množství vzorků a prostředí, ve kterém se ekofarmy nachází.

U bazénových vzorků konvenčního mléka, odebraných převážně v Jihočeském kraji, se zjistily průměrné naměřené hodnoty jodu $202,5 \pm 89,3 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ za rok 2020 a $222,5 \pm 187,5 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ za rok 2021. Tyto hodnoty lze srovnat s výsledky Konečného et al. (2019), který ve své studii zkoumal bazénové vzorky mléka z Jihočeského kraje, Středočeského kraje a kraje Vysočina za rok 2008–2018. Studie ukazuje průměrně vyšší koncentrace jodu, než naše naměřené hodnoty v letech 2008–2013, což je zřejmě důsledek vyšší suplementace jodu v krmivech pro dojnice z důvodu nízké koncentrace jodu v mléce v předchozích letech. Od roku 2014–2018 nezjišťujeme žádnou výraznou odlišnost od výsledků této bakalářské práce. Bílek a Jíchová (2020), sledující koncentraci jodu z tržních zdrojů v oblasti Prahy, došli k obdobným výsledkům. Vorlová et al. (2014) ovšem naměřila průměrnou hodnotu jodu $136,55 \pm 42,91 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ v letech 2012–2013, což je nižší koncentrace, než zjišťují naše výsledky. Tato koncentrace obsahu jodu se odlišuje také od výsledků Konečného et al. (2019). Odchylna může být způsobena rozdílným počtem vzorků z velkých a malých farem, jak popisuje Vorlová et al. (2014). Vorlová et al. (2014) potvrzuje také naše zjištění, že v biomléce získaného ze soukromých ekofarem a farmářských trhů je obsaženo průměrně méně jodu (s větší variabilitou), než v biomléce pocházejících z velkých mlékárenských podniků (tabulka 11 a 12), ovšem rozdíl není výrazný.

Ačkoli se konvenční mléko ukázalo jako méně variabilní v obsahu jodu než mléko ekologické, i zde je koncentrace jodu velmi proměnlivá. Mezi faktory, které koncentraci jodu v mléce ovlivňují, patří například příjem jodu krmivem, technologie chovu zvířat, užívání jodových dezinfekčních přípravků na mléčnou žlázu či zpracování mléka (Mikláš et al., 2021).

Trávníček et al. (2011) uvádí, že optimální hodnota jodu v kravském mléce se pohybuje v rozmezí 100–200 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Lze tedy konstatovat, že mléko pocházející z konvenčních chovů České republiky toto rozmezí hodnot převážně splňuje a obsahuje tedy optimální množství jodu. Trávníček et al. (2011) ve své práci dále uvádí, že obsah jodu v kravském mléce pohybující se v rozmezí 50–80 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ značí nízkou úroveň příjmu jodu dojnici. To je zřetelné především u biomléka, kdy se u devíti vzorků (42,9 %) z celkového počtu 21 odebraných vzorků naměřená hodnota jodu pohybovala pod optimální hranicí (33,6–83,1 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$). Optimální množství jodu se prokázalo pouze u sedmi vzorků biomléka (33,3 %), a naopak pět odebraných vzorků (23,8 %) vykazovalo nadbytečný příjem jodu dojnici (258,8–399,0 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$).

Mimo vzorků mléka bylo také získáno celkem 12 vzorků mléčných bioproduktů. Nejvíce byly zastoupeny jogurty (7), dále kefiry (3), zakysaná smetana (1) a tvaroh (1). Průměrný obsah jodu se pohyboval v rozmezí $204,6 \pm 129,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Studie z Nového Zélandu (Cressey, 2003) odhalila výrazně nižší hodnoty obsahu jodu pohybující se kolem 0,07–0,09 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ v mléčných výrobcích (smetana, zakysaná smetana, jogurt). Norský výzkum (Dahl et al., 2003) taktéž zjišťuje zřetelně nižší obsah jodu v mléčných výrobcích (jogurt, zakysaná smetana) odebraných v roce 2000 v porovnání s našimi výsledky. Rozdílné hodnoty mají svou příčinu pravděpodobně v odlišném počtu získaných vzorků, roku odběru či rozdílném prostředí, ve kterém byly vzorky získávány.

Dahl et al. (2003) získala také vzorky organického mléka ze stejných farem za zimní a letní období. Zjistila, že průměrný obsah jodu v biomléce odebraného v letním období je výrazně menší, než průměrný obsah jodu v biomléce odebraného za zimní období (t-test $p = 0,02$).

Za poměrně nízký obsah jodu ve tvarohu je zodpovědný proces separace mléčné syrovátky, při kterém může dojít až ke ztrátám 75–84 % jodu, jak ve svém výzkumu zjistila van der Reijden (2019). Křížová et al. (2016) uvádí, že s nárůstem obsahu jodu v mléce se souběžně zvyšuje i obsah jodu v mléčné syrovátce, což potvrzuje i korelační koeficient $r = 0,979$. Průměrný obsah jodu v mléčné syrovátce je podle uvedených autorů 67,17 % z jeho obsahu v mléce.

Z naší práce vyplývá, že obsah jodu v kravském mléce ekologicky zaměřených chovů České republiky je obdobný v porovnání s výsledky jiných studií s průměrně

nižšími hodnotami obsahu jodu oproti konvenčnímu mléku. Obsah jodu v mléce z konvenčních chovů odpovídá průměrným hodnotám posledních pěti let a pohybuje se na úrovni požadovaného obsah jodu v konzumním mléce.

Závěr

Sledování obsahu jodu v mléce z ekologického zemědělství prokazuje průměrně nižší hodnoty obsahu jodu v mléce získaného z ekologických chovů. V roce 2021 se průměrná naměřená hodnota obsahu jodu v biomléce, získaného z farmářských trhů, ekofarem a obchodní komerční sítě v České republice, pohybovala v rozmezí $149,6 \pm 112,9 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, což je méně, než průměrné hodnoty obsahu jodu v mléce získaného z konvenčních chovů v letech 2020 ($202,5 \pm 89,3 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) až 2021 ($222,5 \pm 187,5 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$). Toto zjištění potvrzují i další studie. Rozdíly ovšem nejsou statisticky významné (t-test $p = 0,160$). Průměrně nižší obsah jodu byl zjištěn také v ekologickém chovu Bemagro, kde bylo od dojnic individuálně odebráno 10 vzorků mléka ($129,1 \pm 27,9 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$). Rozdíly mezi průměrnými hodnotami obsahu jodu v konvenčním mléce z let 2020–2021 nebyl statisticky významný jak u svozného obvodu Tábor (t-test $p = 0,666$), tak u svozného obvodu České Budějovice (t-test $p = 0,987$).

Biomléko se také vyznačovalo vyšší variabilitou obsahu jodu ($V = 75,5 \%$) než mléko konvenční (tabulka 23), což ovšem neplatí pro vzorky konvenčního mléka získaného z roku 2021 (tabulka 24), kdy průměrně vyšší variabilitu obsahu jodu v mléce zapříčinil výrazný nárůst obsahu jodu v mléce z chovu Šebířov, a pro mléko z chovu Bemagro ($V = 21,6 \%$), které se ukázalo jako nejméně variabilní, což může být způsobeno skutečností, že vzorky pochází od deseti dojnic chovaných ve stejných podmínkách.

Rozdíly v koncentraci jodu mohou být způsobeny především rozdílnými postupy v hospodaření i chovu skotu v ekologickém zemědělství, které hospodaří v souladu s přírodou a snaží se vyhýbat chemickým látkám. Dále počtem odebraných vzorků či prostředím, ve kterém byly vzorky získány.

Průměrný obsah jodu v jogurtech a kefirech z biomléka se pohyboval v rozmezí $204,6 \pm 129,5 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, taktéž se značnou variabilitou ($V = 63,3 \%$).

Mléko a mléčné produkty tvoří významnou část lidské výživy, a tím i významný zdroj jodu. Optimální hodnota jodu v kravském mléce by se měla pohybovat v rozmezí $100\text{--}200 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Při porovnání ekologického a konvenčního mléka lze dojít k závěru, že optimální hodnota jodu se vyskytuje převážně v konvenčním mléce, kdežto ekologické mléko vykazuje především nízké koncentrace jodu.

Do budoucna je důležité nadále průběžně sledovat obsah jodu v mléce a mléčných výrobcích, aby zde nedocházelo k nízké či vysoké koncentraci jodu, a snažit se o optimální obsah jodu v kravském mléce například užíváním vhodných doplňkových krmných látek nebo dezinfekčních prostředků na struky.

Seznam použité literatury

1. Anke, M. et al. (2004). Iodine. In: Merian, E., Anke, M., Ihnat, M. a Stoepler, M. (Eds.), *Elements and Their Compounds in the Environment*. Second edition. Wiley-VCH, Weinheim, pp. 1703-1773. ISBN 9783527304592.
2. Bath, S. et al. (2011). Iodine concentration of organic and conventional milk: implications for iodine intake. *British Journal of Nutrition*, 107(7):935–940.
3. Bemagro.cz (2013). *Bemagro Biostatek*. [online] [cit. 31. 12, 2021]. Dostupné z: <http://www.bemagro.cz/bemagro.html>
4. Bílek, R. a Jichová J. (2020). Obsah jódu v mléce z tržních zdrojů v oblasti Prahy. *Hygiena*, 65(2):48-51.
5. Castro, B. et al. (2011) Feed iodine concentrations on farms with contrasting levels of iodine in milk. *Journal of Dairy Science*, 94(9):4684-9.
6. Cressey, P.J., (2003). Iodine content of New Zealand dairy product. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16(1):25-36.
7. Člupek, M. et al. (2014). Dlouhodobý monitoring migračních procesů. Stanovení obsahu jodidů ve vzorcích podzemní vody. [online] Vscht.cz [cit. 2. 9. 2021]. Dostupné z: http://old.vscht.cz/anl/josef/SKRIPTA_v.1.pdf
8. Dahl, L. et al. (2003). Iodine concentration in Norwegian milk and dairy products. *British Journal of Nutrition*, 90(3):679-685.
9. 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 (ÚK-ZÚZ), Brno. ISBN 978-80-7401-098-9.
10. Eagri.cz (2021). *Mléko – září 2021*. [online] [cit. 2. 3. 2022]. Dostupné z: https://eagri.cz/public/web/file/691567/Komoditni_karta_Mleko_zari_2021.pdf
11. Ekozemědělství.cz, (2000). *Úplné znění zákona č. 242/2000 Sb., o ekologickém zemědělství a o změně zákona č. 368/1992 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů, s komentářem*. [online] [cit. 23. 3. 2022]. Dostupné z: https://www.ekozemedelstvi.cz/files/soubory/242_2000.pdf
12. E van de Kamp, M. et al. (2019). Iodine content of semi-skimmed milk available in the Netherlands depending on farming (organic versus conventional)

-
- and heat treatment (pasteurized versus UHT) and implications for the consumer. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 56:178-183.
13. Fblt.cz (2013). *Funkce buněk a lidského těla*. [online] [cit. 24. 9. 2021]. Dostupné z: <http://fblt.cz/skripta/>
 14. Flachowsky, G. Et al. (2014). Influencing factors on iodine content of cow milk. *European Journal of Nutrition*, 53(2):351-65.
 15. Franke, K. et al. (2009). Effect of various iodine supplementations, rapeseed meal application and two different iodine species on the iodine status and iodine excretion of dairy cows. *Livestock Science*, 125(2–3):223–231.
 16. Fuge, R. (2007). Iodine deficiency: An ancient problem in a Modern World. *AMBIO A Journal of the Human Environment*, 36:70-72.
 17. Hanuš, O. et al. (2021). Jod v mléce a jeho variabilita. *Mlékařské listy*, 32(4):1-5.
 18. Hejtmánková, A. et al. (2006). Iodine concentrations in cow's milk in Central and Northern Bohemia. *Czech Journal of Animal Science*, 51:189-195.
 19. Herzig, I. et al. (2003). Milk iodine concentration in cows treated orally or intramuscularly with a single dose of iodinated fatty acid esters. *Veterinární Medicina*, 48(6):155-162.
 20. Chládek, G. et al. (2015). Alternativní chovy zvířat: Ekologický chov dojeného skotu. [online] Web2.mendelu.cz [cit. 13. 12. 2021]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=2082&typ=html
 21. Jakešová, J. (2017). *Obsah zinku, mědi a jódu v mléce krav*. Diplomová práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta.
 22. Kaiho, T. (2014). Overview. In: Kaiho T. (Eds.) *Iodine Chemistry and Applications*. First edition. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey. ISBN 978-1-118-46629-2.
 23. Kastnerová, M. a Kotrbová, K. (2007). Kvalita biopotravin. *Biomedicina*, 2:407-415.
 24. Klimešová et al. (2020). Obsah jódu v kravském mléce z ekologických a konvenčních chovů. *Mlékařské listy*, 32(1):3-7.
 25. Konečný, R. et al. (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):265-70.
-

-
26. Kotrbová, K. a Kastnerová, M. (2007). Současný stav zásobení jódem u české populace. *Biomedicína*, 1:172-178.
 27. Kroupová, V. et al. (2000). Nezbytnost suplementace jódu ve výživě krav v horské oblasti Šumavy. *Silva Gabreta*, 5:179-186.
 28. Křížová, Z. (2016) Obsah jódu v mléce a syrovátce. *Mlékařské listy*, 27(2):1-3.
 29. Kursá, J. et al. (2005). Milk as a food source of iodine for human consumption in the Czech Republic. *Acta Veterinaria Brno*, 74:255-264.
 30. Kursá, J. et al. (2007). Obsah jódu v potravinách živočišného původu. In: *Sborník z VIII. konference u příležitosti Dne jódu*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice, pp. 7-10.
 31. McKernan, C. et al. (2020). Feed-derived iodine overrides environmental contribution to cow milk. *Journal of Dairy Science*, 103(8):6930-6939.
 32. Mikláš, Š. et al. (2021). Iodine concentration in milk and human nutrition: A review. *Czech Journal of Animal Science*, 66:189–199.
 33. Mlynář, P. a Šrámek, D. (2011). Jód a jeho sloučeniny v magistraliter přípravě. *Edukafarm farmi news*, 3:15-17.
 34. Pro-bio.cz (2018). *Nadstandardní směrnice svazu PRO-BIO: Směrnice PRO-BIO Svazu ekologických zemědělců*. [online] [cit. 26. 9. 2021]. Dostupné z: <https://pro-bio.cz/wp-content/uploads/2018/04/Směrnice-2018.pdf>
 35. Qin, N. et al. (2021). Macromineral and Trace Element Concentrations and Their Seasonal Variation in Milk from Organic and Conventional Dairy Herds. *Food Chemistry*, 359:129865.
 36. Racek, J. (2019). Klinická biochemie: Hormony štítné žlázy. [online] Vovcr.cz [cit. 24. 9. 2021]. Dostupné z: <https://www.vovcr.cz/odz/zdrav/189/page101.html>
 37. Rezaei Ahvanooei, M.R. et al. (2021). Effect of potassium iodide supplementation and teat-dipping on iodine status in dairy cows and milk iodine levels. *Domestic Animal Endocrinology*, 74:106504.
 38. Risher, J. et al. (2004). Toxicological profile for iodine. [online] Atsdr.cdc.gov [cit. 9. 10. 2021] Dostupné z: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp158.pdf>
 39. Rosati, A. a Aumaitre, A. (2004). Organic dairy farming in Europe. *Livestock Production Science*, 90:41-51.

-
40. Schone, F. et al. (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.
 41. Skřivánek, A. et al. (2013). Poruchy funkce štítné žlázy v těhotenství. *Česká gynekologie*, 78(1):99-106.
 42. Suchý, P. et al. (2007). Nutriční a dietetická hodnota tuzemských proteinových krmiv jako alternativa sóji a sójových produktů, Část II – řepka a řepkové produkty [online] Vuzv.cz [cit. 30. 9. 2021]. Dostupné z: <https://vuzv.cz/wp-content/uploads/2018/04/Repka-2007.pdf>
 43. Šeda, M. et al. (2011). Optimalizace stanovení stopových koncentrací jódu v povrchových vodách metodou ICP-MS. *Chemické listy*, 105:538-541.
 44. Šejnohová, H. et al. (2019). Statistická šetření ekologického zemědělství: Základní statistické údaje (2018). [online] Eagri.cz [cit. 12. 10. 2021]. Dostupné z: https://eagri.cz/public/web/file/648595/Statistika_ekologickeho_zemedelstvi_2018.pdf
 45. Šejnohová, H. et al. (2021). Statistická šetření ekologického zemědělství: Základní statistické údaje (2020). [online] Eagri.cz [cit. 20. 3. 2021]. Dostupné z: https://eagri.cz/public/web/file/693635/Statistika_ekologickeho_zemedelstvi_2020.pdf
 46. Šíma, P. (2009). Výsledky kontroly sledování obsahu jódu v kompletní prodojnice. [online] Docplayer.cz [cit. 28. 10. 2021]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/16176024-Vysledky-kontroly-sledovani-obsahu-jodu-v-kompletni-krmne-davce-pro-dojnice.html>
 47. Trávníček, J. et al. (2004). Iodine content in bulk feeds in western and southern Bohemia. *Czech Journal of Animal Science*, 49(11):483-8.
 48. Trávníček, J. et al. (2006). Iodine content in raw milk. *Veterinary Medicine journal – Czech*, 51(9):448-53.
 49. Trávníček, J. et al. (2011). Optimalizace obsahu jódu v kravském mléce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice. ISBN 978-80-7394-328-8.
 50. Trávníček, J. et al. (2013). Výsledky sledování obsahu jódu v objemných krmivech, vodě a půdě. In: *Sborník z X. konference u příležitosti Dne jódu*. Zemědělská fakulta a Zdravotně sociální fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, České Budějovice, pp. 34-37.
-

-
51. van der Reijden, O. L. et al. (2019). Effects of feed iodine concentrations and milk processing on iodine concentrations of cows' milk and dairy products, and potential impact on iodine intake in swiss adults. *The British Journal of Nutrition*, 122(2):172-185.
 52. Velíšek, J. a Hajšlová, J. (2009). *Chemie potravin I*. Třetí vydání. Osis, Tábor. ISBN 978-80-86659-17-6.
 53. Vlček, P. (2010). Moderní endokrinologická diagnostika poruch štítné žlázy. *Klinická biochemie a metabolismus*, 18(39):132-135.
 54. Vorlová, L. et al. (2014). Iodine content in bulk milk samples in relation to dairy farm size. *Acta Veterinaria Brno*, 83:9-13.
 55. Všeckovský, M. (2021). Osobní sdělení.
 56. Wagner, K. et al. (2021). The effects of farming systems (organic vs. conventional) on dairy cow welfare, based on the Welfare Quality® protocol. *Animal*, 15:100301.
 57. Walther, B. et al. (2018). Iodine in Swiss milk depending on production (conventional versus organic) and on processing (raw versus UHT) and the contribution of milk to the human iodine supply. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 46:138-143.
 58. Zamrazil, V. a Čeřovská, J. (2014). *Jod a štítná žláza: Optimální příjem jodu a poruchy z jeho nedostatku*. Mladá fronta a.s., Praha. ISBN 978-80-204-3302-2.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Regulace tvorby a sekrece hormonů štítné žlázy (Racek, 2019).....	13
Obrázek 2: Vnitřní prostor (vlastní fotografie)	25
Obrázek 3: Ošetření mléčné žlázy pre-dipem (vlastní fotografie).....	26
Obrázek 4: Stacionární rybinová dojírna (vlastní fotografie)	26
Obrázek 5: Pre-dip (vlevo) a post-dip (vpravo) (vlastní fotografie).....	27

Seznam tabulek

Tabulka 1: Výsledky stanovení obsahu jodu ve vodě, půdě a lučním porostu CHKO Šumava a Jeseníky (Trávníček et al., 2013).....	11
Tabulka 2: Průměrná koncentrace jodu v půdě CHKO Šumava a Jeseníky v $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Konečný et al., 2019).....	11
Tabulka 3: Doporučené dávky jodu v dietě člověka dle WHO (World Health Organization) (Mikláš et al., 2021).....	15
Tabulka 4: Průměrný obsah jodu v krmivech pro skot.....	16
Tabulka 5: Obsah jodu v minerálních krmných přísadách (Trávníček et al., 2011)..	16
Tabulka 6: Koncentrace jodu v mléce, krevním séru a moči dojníc při použití dezinfekčního přípravku s 3 % jodu (Rezaei Ahvanooei et al., 2021).....	20
Tabulka 7: Obsah jodu v mléce z konvenčních chovů.....	23
Tabulka 8: Obsah jodu v mléce z ekologických chovů.....	24
Tabulka 9: Obsah jodu ve vzorcích biomléka (mléko z ekofarem a mlékárensky zpracované biomléko).....	34
Tabulka 10: Průměrný obsah jodu v biomléce ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$).....	35
Tabulka 11: Průměrný obsah jodu ve vzorcích biomléka získaného z ekofarem a farmářských trhů ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$).....	35
Tabulka 12: Průměrný obsah jodu ve vzorcích biomléka zpracovaného mlékárensky ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$).....	35
Tabulka 13: Porovnání průměrného obsahu jodu mlékárensky zpracovaných vzorků pocházejících z obchodní sítě z České republiky a Německa.....	36
Tabulka 14: Obsah jodu v jogurtech a kefirech z biomléka.....	37
Tabulka 15: Průměrný obsah jodu v jogurtech a kefirech z biomléka ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$).....	37
Tabulka 16: Obsah jodu v tvarohu z biomléka.....	38
Tabulka 17: Obsah jodu v mléce z konvenčních chovů svozného obvodu Tábor za rok 2020 a 2021.....	39
Tabulka 18: Průměrný obsah jodu v mléce z konvenčních chovů svozného obvodu Tábor za rok 2020 ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$).....	39
Tabulka 19: Průměrný obsah jodu v mléce z konvenčních chovů svozného obvodu Tábor za rok 2021 ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$).....	40
Tabulka 20: Obsah jodu v mléce z konvenčních chovů svozného obvodu České Budějovice za rok 2020 a 2021.....	41

Tabulka 21: Průměrný obsah jodu v mléce z konvenčních chovů svozného obvodu České Budějovice za rok 2020 ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	41
Tabulka 22: Průměrný obsah jodu v mléce z konvenčních chovů svozného obvodu České Budějovice za rok 2021 ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	42
Tabulka 23: Průměrný obsah jodu v mléce z konvenčních chovů svozných obvodů Tábor i České Budějovice za rok 2020 ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$).....	42
Tabulka 24: Průměrný obsah jodu v mléce z konvenčních chovů svozných obvodů Tábor i České Budějovice za rok 2021 ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$).....	43
Tabulka 25: Obsah jodu v individuálně odebraných vzorcích od dojnic z Bemagra.	44
Tabulka 26: Průměrný obsah jodu v individuálně odebraných vzorcích od dojnic z Bemagra	44

Seznam použitých zkratk

DIT	Dijodtyrozin
FAO	Organizace pro výživu a zemědělství (Food and Agriculture Organization of the United Nations)
MIT	Monojodtyrozin
MKJD	Meziresortní komise pro řešení jódového deficitu
T ₃	Trijodtyronin
T ₄	Tyroxin
TRH	Tyreotropin regulační hormon
TSH	Tyreotropní hormon
WHO	Světová zdravotnická organizace (World Health Organization)