



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

Diplomová práce

Vliv přídatku by-pass tuku na užitkovost a reprodukci dojníc
ve vybraném chovu

Autor práce: Bc. Matyáš Malecha

Vedoucí práce: Ing. Luboš Zábranský, Ph.D.

Konzultant práce: Ing. Helena Hrdličková

České Budějovice
2025

Prohlášení

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

V Českých Budějovicích dne

.....
Podpis

Abstrakt

Přídavek chráněného (by-pass) tuku do krmné dávky dojnic, který se tráví až v tenkém střevě, může napomoci pokrytí jejich energetických potřeb a pozitivně ovlivnit mléčnou užitkovost i reprodukci. Tato práce se zabývá hodnocením vlivu přídatku chráněného tuku u dojnic plemene českého strakatého skotu. Sledování probíhalo v období od ledna do prosince 2024. Zvířata byla rozdělena do dvou skupin s ohledem na vyrovnaný průměrný laktační den. Skupina A měla krmnou dávku obohacenou o chráněný tuk v množství 0,42 kg na kus a den, zatímco skupina B byla krmena bez jeho přídatku. Mléčná užitkovost byla zaznamenávána denně u všech dojnic zařazených do sledování. Součástí ročního hodnocení bylo také vyhodnocení vybraných reprodukčních ukazatelů. Výsledky ukázaly pozitivní vliv by-pass tuku na mléčnou užitkovost sledovaných krav. Naproti tomu účinek na reprodukční vlastnosti nebyl úplně naplněn. Závěrem lze konstatovat, že zatímco zařazení by-pass tuku do výživy přispívá ke zvýšení produkce mléka, v oblasti reprodukce je nadále potřeba hledat účinnější opatření ke zlepšení výsledků.

Klíčová slova: dojený skot, chráněný tuk, krmná dávka, mléčná užitkovost, reprodukce

Abstract

The addition of rumen protected (by-pass) fat to the ration of dairy cows, which is digested in the small intestine, can help meet their energy needs and positively affect milk yield and reproduction. The present study evaluates the effect of protected fat supplementation in dairy cows of the Czech Fleckvieh. Animals were divided into two groups with respect to the balanced average lactation day. Group A had a ration enriched with rumen protected fat at 0.42 kg per animal per day, while group B was fed without its addition. Milk yield was recorded daily for all dairy cows included in the monitoring. The annual evaluation also included an evaluation of selected reproductive parameters. The results showed a positive effect of rumen protected fat on the milk yield of the monitored cows. On the other hand, the effect on reproductive performance

was not completely fulfilled. In conclusion, while the inclusion of rumen protected fat in the diet contributes to an increase in milk production, more effective measures are still needed to improve reproductive performance.

Keywords: dairy cows, rumen-protected fat, feed ration, milk yield, reproduction

Poděkování

Rád bych vyjádřil poděkování vedoucímu práce Ing. Luboši Zábranskému, Ph.D. za velmi trpělivé vedení diplomové práce a cenné rady, které mi byly poskytnuty. Také bych rád poděkoval RNDr. Martinu Selingerovi, Ph.D. za statistické vyhodnocení nasbíraných dat. Dále bych chtěl poděkovat zootechničce Ing. Heleně Hrdličkové za možnost zpracování praktické části diplomové práce v podniku a za přínosné informace z praxe. V poslední řadě bych rád poděkoval nejbližší rodině za podporu při studiu.

Obsah

Úvod.....	8
1 Literární přehled.....	9
1.1 Mléčná užitkovost	9
1.2 Výživa dojnic	11
1.3 Reprodukce	12
1.4 Lipidy.....	13
1.4.1 Trávení lipidů v bachoru	14
1.4.2 Postruminální trávení lipidů	16
1.5 Mastné kyseliny.....	17
1.5.1 Kyselina myristová	19
1.5.2 Kyselina palmitová	19
1.5.3 Kyselina stearová.....	20
1.5.4 Kyselina olejová	20
1.5.5 Kyselina linolová.....	21
1.6 By-pass tuk.....	21
1.6.1 Složení by-pass tuku	22
1.6.2 Vliv by-pass tuku na užitkovost	23
1.6.3 Vliv by-pass tuku na reprodukci.....	24
2 Cíl práce.....	25
3 Materiál a metodika.....	26
3.1 Charakteristika podniku.....	26
3.2 Technologie ustájení.....	26
3.3 Krmná dávka	27
3.4 Schaumann Energy	28
3.5 Získávání dat	30

3.6	Statistická analýza – lineární smíšený model	31
4	Výsledky a diskuze	32
4.1	Složení krmné dávky	32
4.2	Statistické vyhodnocení	35
4.3	Vliv na užitkovost dojnic	37
4.4	Vliv na reprodukci dojnic	40
4.5	Ekonomické vyhodnocení	43
5	Doporučení pro praxi	46
	Závěr	47
	Seznam použité literatury	49
	Seznam obrázků	61
	Seznam grafů	62
	Seznam tabulek	63
	Seznam použitých zkratk	64

Úvod

Mléčná užitkovost představuje jeden z hlavních ekonomických ukazatelů chovu dojeného skotu a přímo ovlivňuje rentabilitu produkce mléka. Užitkovost dojnic v posledních letech postupně stoupá, což se projevuje nárůstem průměrné denní dojivosti. Tento trend je ovlivněn několika faktory, mezi které patří například selekce inseminačních býků s vysokými plemennými hodnotami pro mléčnou užitkovost, stejně jako kvalitní odchov jalovic, které následně vstupují do produkčního stáda.

Významnou roli v dosažení optimální mléčné produkce však hraje také výživa, která ovlivňuje nejen samotnou užitkovost, ale i zdravotní stav a reprodukční vlastnosti dojnic. V období laktace, zejména na jejím počátku, je často obtížné pokrýt vysoké energetické nároky dojnic pouze základními živinami z krmné dávky.

Jedním z řešení, jak navýšit energetickou hodnotu krmiva bez negativního vlivu na trávení vlákniny, je použití by-pass (chráněných) tuků ve výživě. Tyto tuky jsou technologicky upraveny tak, aby se netrávily v bacheru a byly využity až v tenkém střevě, kde poskytují vysoce využitelný zdroj energie. Přídavek chráněného tuku může přispět ke zlepšení energetické bilance dojnic, a v některých případech pozitivně ovlivnit jejich užitkovost i reprodukční vlastnosti.

Cílem této práce bylo posouzení vlivu přídatku chráněného tuku na mléčnou užitkovost a vybrané reprodukční ukazatele (% úspěšnost zabřezávání, inseminační interval, inseminační index, servis perioda) dojnic ve vybraném chovu. Sledování probíhalo po dobu jednoho roku od ledna do prosince 2024 a porovnávaly se výsledky dvou skupin dojnic, kdy v každé skupině bylo vždy v průměru 30-32 krav s ohledem na vyrovnaný laktační den. První skupina A dostávala krmnou dávku obohacenou o chráněný tuk v množství 0,42 kg na kus a den a druhá skupina B byla krmena bez tohoto přídatku.

1 Literární přehled

1.1 Mléčná užitkovost

Skot zásadně ovlivnil vývoj moderní společnosti a upevnil si pozici nejvýznamnějšího hospodářského zvířete na světě. Potvrzuje to fakt, že roste zájem o vysoko užitková plemena zaměřená na mléčnou produkci (Britt a kol., 2018, Britt a kol., 2021). V posledních desetiletích došlo v mnoha zemích k výraznému nárůstu mléčné užitkovosti u dojnic (Miglior a kol., 2005).

Průměrná denní dojivost a užitkovost dojnic v České republice má za poslední roky rostoucí tendenci viz tabulka 1.1

Tabulka 1.1 Výroba mléka a průměrná dojivost krav v ČR 2020-2024

Ukazatel / Období	2020	2021	2022	2023	2024
Výroba mléka (kg)	3 181 822	3 222 890	3 251 373	3 383 919	3 460 442
Průměrná denní doji- vost (kg)	24,30	24,43	24,89	25,62	26,16
Průměrná užitkovost (kg)	8 893	8 916	9 084	9 352	9 574
Počet doje- ných krav (tis. ks)	357	362	357	358	360

Zdroj: ČSÚ (2025)

Zvyšování mléčné užitkovosti dojnic na počátku 21. století vyústilo k intenzivnějšímu managementu stáda, často v uzavřených prostorech, kde bylo možno zabezpečit veškeré nutriční požadavky (Pryce a Veerkamp, 2001; Charlton a kol., 2011). Spolu s genetikou, chovatelskými cíli a složením krmiva je klíčovým faktorem pro produkci dbát na mléčnou užitkovost. V současné době je vyšší užitkovost spojena s intenzivnější produkcí, ale také s vyššími náklady na vstupy koncentrovaných krmiv (Redman, 2015).

Nové chovatelské strategie a šlechtitelské postupy hají zásadní roli při zlepšování zdraví, odolnosti a životních podmínek zvířat v kontextu udržitelné mléčné produkce. V této souvislosti byly do selekčních programů u dojnic začleněny nejen produkční,

ale i funkční znaky. Ačkoliv mezi některými plemeny skotu došlo k posílení významu funkčních vlastností v rámci šlechtitelských programů, stále existuje prostor pro další zlepšení, zejména s ohledem na welfare zvířat (Brito a kol., 2021). Z těchto hledisek představují infekční a neinfekční onemocnění klíčové faktory ovlivňující ziskovost a udržitelnost chovů dojníc (Seegers a kol., 2003; Hogeveen a kol., 2011). Tyto nemoci negativně působí na produkční a reprodukční vlastnosti, welfare a dlouhověkost zvířat, přičemž generují přímé náklady na léčbu a nepřímé náklady spojené s vyšší produkcí odpadu (např. kontaminovaného mléka), zvýšenými požadavky na pracovní sílu, veterinárními poplatky a náklady na léčiva (Cha a kol., 2011; Doebling a Sundrum, 2019).

Každá mince má ale dvě strany. Jak uvádí ve své práci Jorritsma a kol. (2003), nárůst produkce mléka většinou není úměrně doprovázen dostatečným příjmem energie, a to způsobuje negativní energetickou bilanci (NEB).

Organismus si v tomto případě musí energii mobilizovat z vlastních tělesných zásob. V důsledku mobilizace dochází ke změně poměru lipogenních a glukogenních sloučenin ve prospěch lipogenních sloučenin, což vede ke zvýšení koncentrace plazmatických metabolitů (van Knegsel a kol., 2005; Klein a kol., 2010; Sun a kol., 2014). Jedná se tedy o komplexní fyziologicko-metabolický proces, který zahrnuje rozsáhlé změny v metabolických drahách a zdrojích energie. Tento stav ovlivňuje koncentrace neesterifikovaných mastných kyselin (NEFA), beta-hydroxybutyrátu (BHB) a hormonu IGF-1 v krvi (Xu a kol., 2020; Zachut a kol., 2020; Pires a kol., 2022). V diagnostice NEB v chovech se proto veterinární lékaři tradičně spoléhají na přímé měření hladin těchto biomarkerů (Macrae a kol., 2019). NEB lze diagnostikovat ze zastoupení MK (mastných kyselin) v mléce. Pokud bude vysoký obsah kyseliny stearové a olejové oproti nízké koncentraci *de novo* syntetizovaných kyselin, mohl by tento stav pomoci v diagnostice na vztah mezi koncentrací mastných kyselin v mléce a NEFA v krvi. Dalším ukazatelem pro diagnostiku NEB může být koncentrace NEFA v krvi, kdy hodnota $NEFA \geq 0,6$ mmol/l v období rozdoje je považována jako hraniční. Tento stav poukazuje na vyšší riziko metabolických poruch (Adewuyi a kol., 2005; Ospina a kol., 2010).

Energetická bilance (EB) u dojníc představuje rozdíl mezi energií přijatou v krmivu a energií vydanou na udržovací a produkční procesy, jako je tvorba mléka, růst a reprodukce (Baumgard a kol., 2006). V počáteční fázi laktace, kdy příjem energie nestačí na pokrytí potřeb pro produkci mléka, bývá u většiny dojníc NEB (Churakov

a kol., 2021). To ve své studii ze Spojeného království potvrzuje i Macrae a kol. (2019), kdy během první 20 dní laktace bylo přes 75 % dojnic v NEB. Další výzkumy ukazují, že rozsah a délka trvání NEB po porodu jsou klíčovými faktory, které ovlivňují reprodukci a zdraví dojnic (Collard a kol., 2000). Pokud dojnice setrvá v tomto stavu delší dobu, zvyšuje se riziko metabolických onemocnění, jako je ketóza (Zachut a kol., 2020), může dojít ke zkrácení produkčního života a zhoršení pohody zvířat. (Seifi a kol., 2011; Probo a kol., 2018). Navíc NEB je spojena se sníženou mírou početí, vyšší časnou úmrtností embryí a častějšími poruchami říje u dojnic (Zachut a kol., 2020). Z těchto důvodů je důležité pochopení problematiky úrovně EB na počátku laktace pro efektivní řízení jejich zdraví a welfare.

1.2 Výživa dojnic

V rámci současných intenzivních systémů chovu dojnic je na organismus každé krávy během produkčního cyklu vyvíjen vysoký tlak, který klade značné nároky na její fyziologické a metabolické funkce (Britt a kol., 2018; De Vries a Marcondes, 2020). Mezi základní požadavky na moderní chov dojnic patří vysoká produkce mléka vynikající kvality a pravidelný reprodukční cyklus, tedy narození jednoho telete na krávu ročně. V období vrcholné laktace se od dojnice očekává denní produkce 30–40 kg mléka s obsahem mléčného tuku v rozmezí 3–5 % a obsahem mléčné bílkoviny 3–3,2 % (Leduc a kol., 2021; Doran a kol., 2022).

Rozhodujícím faktorem pro optimalizaci produkčních parametrů je vyvážená výživa přizpůsobená konkrétnímu období produkčního cyklu. V chovu hospodářských zvířat, zejména u mléčného skotu, je prioritou udržení dobrého zdravotního stavu a zajištění správného biologického fungování. Je všeobecně známo, že v peripartálním období se dojnice obvykle nacházejí ve stavu negativní energetické bilance, během níž dochází k mobilizaci tělesných tukových zásob za účelem zabezpečení volných mastných kyselin (Armato a kol., 2016; Monteverde a kol., 2017). Nejkritičtějšími obdobími je tranzitní období. Tři týdny před a tři týdny po otelení (Lopreiato a kol., 2020). V přechodném období dochází k výraznému nárůstu požadavků na živiny nezbytné pro syntézu mléka. Vzhledem k tomu, že produkce mléka v tomto období rychle stoupá z nulové úrovně, je nutné, aby adaptace organismu probíhala velmi dynamicky. Tento rychlý nástup laktace však často vede k nesouladu mezi metabolickými požadavky a

schopností adaptace organismu, což může mít za následek zvýšený výskyt metabolických poruch na začátku laktace (Pascottini a kol., 2020; Caixeta a Omontese, 2021; Mezzetti a kol., 2021).

Total mixed ration (TMR), neboli směsná krmná dávka, představuje způsob krmení především dojného skotu. Jedná se o homogenní směs, při které jsou objemná a jadrná krmiva smíchána s minerálními a vitaminovými doplňky. Tento přístup umožňuje dojnícím přijímat na žlabu všechny potřebné živiny v optimálním poměru. Jednou z důležitých složek TMR je vláknina, která se dělí na hrubou a strukturální. Strukturální vláknina hraje klíčovou roli při stimulaci přežvykování, produkci slin a správné funkci předžaludků, zejména prostřednictvím dráždění receptorů ve stěně předžaludku. Pravidelné přežvykování a dostatečná produkce slin přispívají k udržení optimálního pH v bachoru a podporují fermentační procesy, čímž se zvyšuje využitelnost živin a zajišťuje zdraví bachoru (Rytina, 2003).

Systém krmení metodou TMR vedl k vývoji speciálních míchacích vozů, které umožňují důkladné promíchání jednotlivých komponentů a následné vyložení směsi na krmný stůl před dojnice. Pro dosažení optimální kvality směsi je klíčové nejen správné pořadí nakládání jednotlivých komponentů, ale také doba míchání a typ použitého míchacího vozu, který může být horizontální nebo vertikální. Délka míchání hraje významnou roli při zachování fyzikálních vlastností směsi, především velikosti částic strukturální vlákniny. Nevhodně dlouhá doba míchání, často způsobená nesprávnou obsluhou, může vést k nadměrnému zmenšení částic. Tento jev má za následek snížení obsahu mléčného tuku a může rovněž způsobit zdravotní komplikace u dojnic. Z obecně platných zásad vyplývá, že do míchacího vozu je vhodné nejprve přidávat komponenty s nízkou objemovou hmotností a většími částicemi, následně pak komponenty s vyšší hustotou a menšími částicemi. Krmení metodou TMR umožňuje efektivnější skupinové krmení dojnic a zajišťuje, že během celého krmného období mají zvířata přístup k nutričně vyvážené krmné dávce. Tím se zvyšuje produktivita a zlepšuje zdravotní stav dojnic (Schingoethe, 2017).

1.3 Reprodukce

Dojnice jsou po generaci selektovány na co nejvyšší užitkovost. To s sebou přináší i negativa v podobě snížení reprodukčních schopností (Gilmore a kol., 2011). Dokazuje to i několik studií ze začátku 21. století, kde se ukázal znepokojivý pokles reprodukčních schopností dojnic (Royal a kol., 2000; Friggens a kol., 2010). Reprodukce odkazuje

na několik na sebe napojených kroků a to: správná ovariální cykličnost, vnější projevy říje a udržení březosti. Tyto kroky musí dojnice splnit, aby byla vhodná pro další reprodukční období (Pereira a kol., 2022). Vliv na sníženou reprodukční schopnost je způsoben NEB spojenou s vyšší zátěží na začátku laktace (Walsh a kol., 2011).

U většiny dojnic dochází v období po otelení k určité míře NEB (Larsen a kol., 2014). Tento stav, spolu s imunosupresí (Pascottini a LeBlanc, 2020), zvyšuje riziko onemocnění dělohy (Velazquez a kol., 2019). To je částečně způsobeno zhoršenou funkcí endometria, jelikož snížený příjem energie může ovlivnit zánětlivou reakci a tím zvýšit pravděpodobnost onemocnění dělohy (Shledon a Owens, 2017). Mechanismy adaptace na NEB, jako je mobilizace mastných kyselin z tukové tkáně, mohou rovněž oslabit vrozenou imunitní odpověď, což zvyšuje riziko reprodukčních onemocnění (Shledon a Owens, 2017).

NEB byla stanovena jako základní příčina špatné reprodukční výkonnosti u vysokoprodukčních dojnic (Jorritsma a kol., 2003) a byla spojena se zpožděním nástupu luteální aktivity (Jolly a kol., 1995), prodlouženým intervalem do prvního zabřeznutí (Butler a kol., 1981) a sníženým počtem zabřeznutí (Domecq a kol., 1997). Konkrétně NEB zhoršuje funkci vaječníků prostřednictvím snížení maximálního průměru dominantních ovariálních folikulů (Lucy a kol., 1991; Mackey a kol. 1999). Menší dominantní folikuly produkují méně estradiolu, což potlačuje pulzní sekreci luteinizačního hormonu (LH) a snižuje reaktivitu vaječníků na LH (Butler, 2001). Tyto události dohromady zvyšují podíl folikulů, které neovulují (Mackey a kol., 1999).

V současné době se většina chovatelů potýká s problémem abnormální ovariální aktivitou. Pouze 70 % dojnic má pravidelné cykly v délce 18-25 dnů (Petersson a kol., 2006). Počátek aktivity žlutého tělíska nepříznivě geneticky koreluje s produkcí mléka (Royal a kol., 2002; Petersson a kol., 2007). Nelze s jistotou říct, že by genetický předpoklad pro produkci mléka měl negativní vliv na správnou cykličnost (Windig a kol., 2008).

1.4 Lipidy

Tuky neboli lipidy, můžeme obecně definovat jako organické sloučeniny, které jsou nerozpustné ve vodě, ale rozpustné v organických rozpouštědlech (Pond a kol., 2005). Obecně je můžeme rozdělit do dvou skupin – jednoduché a složité lipidy.

Jednoduché lipidy zahrnují tuky a vosky. Tuky jsou estery složené z glycerolu a MK, přičemž podle počtu připojených mastných kyselinových řetězců se dále dělí na

monoacylglyceroly, diacylglyceroly nebo triacylglyceroly. Vosky se naopak skládají z esterů monohydrických alkoholů s dlouhým řetězcem a MK (Blanco a Blanco, 2017). Jednoduché lipidy, zejména TAG (triacylglyceroly), slouží jako hlavní zásobní forma energie v organismech díky své vysoké kalorické hodnotě. Jsou uchovány v tukových tkáních a v případě potřeby mohou být mobilizovány k uvolnění energie (Siregar, 2020). Také přispívají ke strukturální integritě buněčných membrán. Podílejí se na tvorbě lipidových dvojvrstev, které jsou klíčové pro udržení buněčné struktury a správnou funkci membrán (Blanco a Blanco, 2017).

Komplexní lipidy se dělí do několika tříd na základě jejich chemické struktury a biologických funkcí. Mezi hlavní skupiny patří fosfolipidy, sfingolipidy, steroly a glykolipidy. V rámci těchto tříd existuje značná rozmanitost, přičemž jednotlivé molekulární druhy se liší délkou acylového řetězce, stupněm nasycení a typem vazby (Raghu, 2020). Jsou nezbytnou součástí buněčných membrán, kde zajišťují jejich strukturální integritu. Podílejí se na tvorbě membránových dvojvrstev a hrají zásadní roli v buněčných signálních drahách. Fosfolipidy a sfingolipidy jsou klíčové pro buněčné membrány i signální procesy regulující různé fyziologické funkce. Lipidy, jako je cholesterol, přispívají ke stabilitě membrán a zároveň se podílejí na ukládání energie a buněčné signalizaci (Berry a kol., 2011).

1.4.1 Trávení lipidů v bachoru

Součástí lipidů je celá řada tuků a látek tukového charakteru (Reece, 2011). Představují koncentrovaný zdroj energie, a navíc jsou zdrojem pro tělesné tukové zásoby a mléčný tuk. Tuhy jsou nezbytné pro využití vitaminů rozpustných v tucích – především vitaminy A, D, E a K. Podíl mastných kyselin v krmivu má vliv na složení a vlastnosti tuku tělního i mléčného. V objemných krmivech, jako je seno, siláže, sláma, je obecně nízký obsah tuku. Naopak v olejnatých semenech a produktech z nich, je obsah tuku vysoký. Z obilnin je nejbohatší na tuk oves (Hofírek a kol., 2009).

Přežvýkavci, na rozdíl od monogastrů, obvykle přijímají ve svém krmivu malé množství lipidů. U dojnic je běžné, že krmná dávka neobsahuje více než 5-6 % lipidů (Palmquist a Jenkins, 2017). Objemná a jadrná krmiva obsahují 2-3 % lipidů, převážně ve formě glykolipidů a fosfolipidů. Nejčastěji se v krmivech vyskytují nasycené mastné kyseliny, kyselina linolová ($C_{18:2}$) z 60-70 % a kyselina α -linolenová ($C_{18:3}$) z necelých 20 %. Naopak triglyceridy představují dominantní formu lipidů při zkrmování jadrných krmiv dojnícím (Lourenço a kol., 2010). Po uvolnění přežvykováním a

působením bachorové mikroflóry lipidy procházejí dvěma hlavními procesy: lipolýzou a biohydrogencí (Jarvis a Moore, 2010).

Lipolýza je biochemický proces zodpovědný za katabolismus lipidových složek krmiva s pomocí mikroorganismů (Valente a kol., 2016). Hydrolýzou TAG dochází k uvolnění neesterifikovaných MK, které následně slouží jako energetické substráty, prekurzory pro syntézu lipidů a buněčných membrán nebo jako mediátory v signálních procesech (Less a kol., 2011). Lipolýzu esterifikovaných (MK) v bachoru provádí lipázy uvolňované bachorovými bakteriemi (Jarvis a Moore, 2010; Lourenço a kol., 2010). Tyto lipázy zůstávají aktivní v bachoru až 5 hodin (Lourenço a kol., 2010). TAG se pomocí enzymů rozkládají na MK a glycerol (Lass a kol., 2011; Reece, 2011).

MK uvolněné během lipolýzy jsou rychle a téměř úplně hydrogenovány působením bakteriálních izomeráz, následovaným aktivitou reduktáz (Jenkins, 1993). Navázání MK na částice krmiva v bachoru podporuje **biohydrogenci**, zatímco bakterie přilnuté k těmto částicím mají tendenci kumulovat vyšší množství nenasycených MK a chránit je před biohydrogencí (Hartfoot a Hazelwood, 1997). Jak je uvedeno v přehledových studiích od (Jenkins a kol., 2008; Jarvis a Moore, 2010) v bachoru existuje několik typů bakterií schopných indukovat biohydrogenci nenasycených MK. Tento proces vyžaduje přítomnost volné karboxylové skupiny. V průběhu biohydrogenace se z bachoru primárně uvolňují izomery konjugované kyseliny linolové ve formě *cis-9*, *trans-11*, a u kyseliny olejové (C_{18:1}) je nejhojněji zastoupen izomer *trans-11*. Kromě těchto izomerů odchází z bachoru i řada dalších izomerů konjugované kyseliny linolové, které se následně objevují v mléce dojníc (Jarvis a Moore, 2010). Nedávná studie navíc prokázala, že polynenasycené MK (PUFA) esterifikované na složitější lipidy, jako jsou fosfolipidy a estery cholesterolu, které jsou v krmivech zastoupeny ve významném množství, vykazují nižší náchylnost k biohydrogenci ve srovnání s PUFA esterifikovanými na TAG, jež jsou hojně obsaženy v semenech a jejich olejových derivátech. Tato zjištění mohou mít zásadní význam pro optimalizaci výživy dojníc s cílem zvýšit obsah PUFA v mléce (Lashkari a kol., 2019).

U přežvýkavců přítomnost bachoru způsobuje vysokou mikrobiální činnost a značně tím mění mastné kyseliny, zejména ty nenasycené. A proto je potřeba dojnícím dodávat chráněné tuky, které jsou v bachoru nedegradovatelné (Palmquist a Jenkins, 2017). Pro dojnice jsou MK nezbytnou součástí krmné dávky, protože mají zásadní

význam pro jejich výkonnost a zdraví. MK jsou bioaktivní a mohou ovlivňovat transkriptom, což má vliv na mléčnou užitkovost, složení mléka a zdraví krav (Bionaz a kol., 2020; Moallem 2018).

Přežvýkavci se v trávení MK odlišují od monogastrů, protože profil MK přijatých krmivem se mění během průchodu trávicím traktem. Bachorové mikroorganismy hydrogenací dvojitých vazeb v uhlíkových řetězcích snižují toxické účinky polynenasycených MK (PUFA) na bachorovou mikroflóru (Oldick a Firkins, 2000), což zároveň omezuje množství polynenasycených MK, které se dostává do tenkého střeva.

Ve tkáni a mléčném tuku se můžeme setkat s neobvyklým zastoupením kyseliny stearové (C18:0) a olejové (C18:1). Nejdříve dochází k hydrolýze lipidů, poté k syntéze mikrobiálních lipidů. Rostlinná krmiva obsahují nejvíce kyselinu palmitovou (C16:0) a jadrná krmiva kyselinu olejovou, které ovlivňují složení mléčného tuku a loje. Z hydrolýzy lipidů v bachoru dochází k uvolňování MK. Většina nenasycených MK je redukována na nasycené. Problémem je nadměrné množství volného tuku v krmné dávce, které zhoršuje bakteriální fermentaci (tvoří tukový film kolem bakterií) nebo volný tuk může obalit částičky krmiva a zamezí tím přístup bakteriálním enzymům. Výsledkem je snížená intenzita přežvykování, horší stravitelnost vlákniny a produkce kyseliny octové (Hofírek a kol., 2009). Využitelnost krmiva hraje podstatnou roli v produkci mléka, protože má zásadní vliv na ziskovost (VandeHaar a kol., 2006).

1.4.2 Postruminální trávení lipidů

Lipidy přecházejí do střeva kontinuálně ve formě neesterifikovaných mastných kyselin, které jsou nerozpustné a vážou se na částičky krmiva. Pouze malé množství nehydrolyzovaných lipidů přechází přímo z krmiva do střeva. Působením žlučových solí a fosfolipidů se však převádějí do rozpustné formy, což umožňuje jejich plnou absorpci, včetně kyseliny stearové. U vysokoprodukčních dojnic je z energetického hlediska klíčové, aby se co největší množství tuků, podobně jako u proteinů, vstřebávalo až v tenkém střevě. (Hofírek a kol., 2009)

Typ mastných kyselin podávaných postruminálně může výrazně ovlivnit stravitelnost živin i produkci mléka. Nasycené mastné kyseliny jsou obecně lépe tráveny a vstřebávány než nenasycené mastné kyseliny, které při podávání ve velkém množství mohou snižovat příjem sušiny i dojivost (Bremmer a kol., 1998; Litherland a kol., 2005). Klíčovou roli v postruminálním trávení hraje poměr nasycených a nenasyce-

ných mastných kyselin. Zvýšený podíl nenasycených mastných kyselin, například kyseliny olejové, podporuje trávení kyseliny stearové v tenkém střevě, zejména při vysokém příjmu mastných kyselin (Plascencia a kol., 2021)

1.5 Mastné kyseliny

Mastné kyseliny lze rozdělit podle délky uhlíkového řetězce na tři skupiny: s krátkým řetězcem, středně dlouhým řetězcem a s dlouhým řetězcem. MK s krátkým řetězcem (Short Chain Fatty Acid, SCFA) s počtem do 10 atomů uhlíku, MK se středně dlouhým řetězcem (Medium Chain Fatty Acids, MCFA) s počtem od 11 do 16 uhlíků a MK s dlouhým řetězcem (Long Chain Fatty Acids, LCFA) s více než 18 uhlíky. Dalším kritériem dělení je stupeň nasycení, tedy přítomnost a počet dvojných vazeb. Nasycené MK neobsahují žádné dvojně vazby, mononenasycené MK (Mono-Unsaturated Fatty Acids, MUFA) mají jednu dvojnou vazbu a polynenasycené (Poly-Unsaturated Fatty Acids, PUFA) obsahují dvě a více dvojných vazeb (MacGibbon a Taylor, 2006; Månsson, 2008). PUFA mohou být klasifikovány jako omega-3 nebo omega-6 mastné kyseliny (Ambrose a Kastelic, 2003; Otto et al., 2014). Živočichové dokážou syntetizovat většinu mastných kyselin, s výjimkou PUFA. Proto je musí mít obsažené v krmivu a jsou považovány za esenciální mastné kyseliny (Ambrose a Kastelic, 2003).

Tabulka 1.2 ukazuje přehled, jaké mastné kyseliny se objevují v mléce.

Tabulka 1.2 Mastné kyseliny v mléce

Typy mastných kyselin	Zastoupení v mléce (%)	Hlavní zástupci	Chemické označení
Nasycené MK	~70	k. palmitová, k. stearová, k. myristová	C16:0, C18:0, C14:0
Mononenasycené MK	~25	k. olejová	C18:1; cis-9
Polynenasycené MK	2,3	k. linolová, k. α-linolenová	C18:2; cis-9,12; C18:3; cis9,12,15
Trans-mastné kyseliny	2,7	různé trans izomery	jedna/více dvojných vazeb v trans pozici
Kyseliny s krátkým a středně dlouhým řetězcem	~11	k. máselná, k. kapronová	C4:0, C6:0

Zdroj: MacGibbon a Taylor (2006) a Månsson (2008)

Mastné kyseliny v mléce mohou vznikat čtyřmi způsoby (Stoop a kol., 2009). Prvním způsobem je syntéza v *de novo* v mléčné žláze, kdy vzniká asi 50 % mastných kyselin. Druhým způsobem je původ z krmiva, asi 40-45 %. Dále je méně jak 10 % mastných kyselin uvolněno lipolýzou tukové tkáně a poslední způsob vzniku mastných kyselin je bachorovou biohydrogencí nebo bakteriální degradací. Důležité je zmínit, že nasycené mastné kyseliny s dlouhým řetězcem se u přežvýkavců absorbují převážně ze střev (Chilliard a kol., 2000).

Mastné kyseliny souvisí i s NEB. Hlavní funkcí tukové tkáně je uchovávání energie ve formě triacylglycerolů, které slouží jako zásoba pro období energetického deficitu. K tomu dochází nejčastěji po porodu a v rané fázi laktace, kdy energetické nároky převyšují příjem, což vede k NEB. V takové situaci jsou krávy nuceny mobilizovat své tukové zásoby (lipomobilizace), přičemž do krevního oběhu uvolňují neesterifikované mastné kyseliny (Grummer, 2008).

Neesterifikované mastné kyseliny mohou být využity mléčnou žlázou k syntéze mléčného tuku nebo sloužit jako zdroj energie pro periferní tkáně. Další možností je jejich transport do jater, kde podléhají metabolickým procesům. V játrech mohou být oxidovány za vzniku ATP (adenosintrifosfát) jako zdroje energie. Pokud však organismus trpí nedostatkem energie, což je typické pro NEB, probíhá jejich neúplná oxidace, při níž vznikají ketolátky – alternativní zdroj energie. Při nadměrné koncentraci ketolátek může dojít k rozvoji patologického stavu zvaného ketóza. Pokud játra překročí svou schopnost oxidace nesterifikovaných mastných kyselin, dochází k jejich reesterifikaci na triacylglyceroly, které jsou následně transportovány do mimojaterních tkání ve formě lipoproteinů o velmi nízké hustotě (VLDL). Jestliže však koncentrace nesterifikovaných mastných kyselin nadále stoupají, může být překročena i exportní kapacita jater. V důsledku toho se triacylglyceroly nemohou začlenit do VLDL a začínají se v játrech hromadit, což vede k jaterní steatóze (Drackley a kol., 2001; Gross a kol., 2013; Sun a kol., 2016).

Dnes již víme, že problematika mastných kyselin je mnohem komplexnější než jen udržování cílového procenta jejich celkového obsahu a sledování množství nenasycených mastných kyselin v bachoru pro zachování „bezpečné zóny“ mléčného tuku. Zatímco některé mastné kyseliny, jako například stearová, slouží primárně jako zdroj energie, jiné mají signální funkci a ovlivňují řadu klíčových procesů v organismu krav. Palmitová (C16:0) a olejová (C18:1) kyselina patří mezi hlavní složky většiny tukových doplňků. Palmitová kyselina je ceněna zejména pro svou schopnost usměrňovat

tok mastných kyselin do mléčné žlázy, zatímco olejová kyselina hraje stejně důležitou roli tím, že díky lepší stravitelnosti mastných kyselin zvyšuje celkovou dostupnou energii pro krávu (Smith, 2024).

1.5.1 Kyselina myristová

Tato kyselina má chemické označení C14:0. Jako doplněk v krmné dávce může významně snížit emise metanu vznikající při fermentačních procesech v batoru. Jedna studie uvádí až 36% snížení produkce metanu při podávání diety obsahující 5 % kyseliny myristové ve srovnání s kontrolní skupinou (Odongo a kol., 2007). Další výzkum ukázal, že kombinace různých krmných doplňků, včetně kyseliny myristové, vedla k redukci emisí metanu přibližně o 10 %. Tyto výsledky naznačují potenciál kyseliny myristové jako aditiva s příznivým vlivem na snižování environmentální zátěže živočišné výroby (Zijderfeld a kol., 2011). Suplementace krmiva kyselinou myristovou může zároveň vyvolat změny v profilu těkavých mastných kyselin. Bylo zaznamenáno zvýšení koncentrace kyseliny propionové a současné snížení podílů kyseliny octové a máselné, což naznačuje posun ve vzorcích batorové fermentace směrem k efektivnějšímu využití energie (Chuzaimi a Qur'any 2022).

1.5.2 Kyselina palmitová

Bylo prokázáno, že suplementace krmiva pro dojnice kyselinou palmitovou (C16:0) zvyšuje obsah mléčného tuku a zlepšuje efektivitu přeměny krmiva na mléko. Tento efekt je primárně způsoben zvýšenou produkcí 16-ti uhlíkových mastných kyselin v mléce, což vede k vyšší koncentraci mléčného tuku a celkové výtěžnosti, aniž by výrazně ovlivňoval obsah mléčných bílkovin (de Souza a kol., 2019a; Western a kol., 2020; Bales a kol., 2023). Navíc zvýšení podílu C16:0 ve směsích mastných kyselin může podpořit produkční odezvu, zejména u krav ve střední fázi laktace. To se projevuje zvýšením celkové mléčné užitkovosti, stejně jako vyšší produkcí mléka korigovaného na obsah tuku a energie (Western a kol., 2020; Bales a kol., 2023).

Doplnění krmné dávky kyselinou palmitovou může zlepšit stravitelnost sušiny a neutrálně detergentní vlákniny, což vede k vyššímu příjmu energie a produkci mléčné energie. Na druhou stranu však může také prohloubit zápornou energetickou bilanci, zejména v rané fázi laktace, kdy zvýšené energetické nároky na produkci mléka převyšují dostupnou energii (de Souza a kol., 2019a, b). Načasování suplementace hraje

v tomto procesu klíčovou roli. Krávy v počáteční fázi laktace obvykle reagují na doplněk C16:0 zvýšenou produkcí energie v mléce, což však zároveň může prohloubit jejich NEB (de Souza a Lock, 2019; de Souza, 2019a)

1.5.3 Kyselina stearová

Studie od Boermana a kol. (2017) zkoumala suplementaci krmiva kyselinou stearovou (C18:0), která zvyšuje mléčnou užitkovost a zároveň podporuje produkci mléčného tuku, bílkovin a laktózy, především u vysoce produkčních dojnic. Na koncentraci jednotlivých složek mléka však nemá tento přídatek výrazný vliv (Piantoni a kol., 2015). Doplnění krmiva kyselinou stearovou může zvýšit výtěžnost preformovaných mléčných mastných kyselin, jako jsou samotná kyselina stearová a kyselina olejová (cis-9 C18:1). Nemá však významný vliv na výtěžnost *de novo* syntetizovaných mastných kyselin ani na produkci 16-ti uhlíkových mastných kyselin v mléce (Boerman a kol., 2017; de Souza a kol., 2018). Zvyšující se podíl kyseliny stearové v krmné dávce může negativně ovlivnit stravitelnost jak 18-ti uhlíkových, tak i celkových mastných kyselin. Tento pokles stravitelnosti může snižovat efektivitu kyseliny stearové při zvyšování obsahu mléčného tuku. (Boerman a kol., 2017; de Souza a kol., 2018; Western a kol., 2020). Oproti tomu krmné dávky obohacené výhradně o kyselinu palmitovou (C16:0) vykazují lepší výsledky ve zlepšení stravitelnosti živin ve srovnání se směsmi obsahujícími kombinaci kyseliny palmitové a stearové. Tyto poznatky naznačují, že kyselina palmitová je z hlediska metabolismu a využitelnosti u dojnic efektivnější než kyselina stearová (Bales a kol., 2023).

1.5.4 Kyselina olejová

Suplementace krmné dávky kyselinou olejovou (C18:1), a to buď přímou infuzí, nebo prostřednictvím krmiv s vysokým obsahem této mastné kyseliny (například extrudované sójové produkty), má prokazatelný pozitivní vliv na produkci mléka i výtěžnost mléčného tuku. Řada studií ukázala, že zvýšení podílu kyseliny olejové v krmivu vede ke zvýšené dojivosti a vyšší koncentraci mléčného tuku ve srovnání s krmnými dávkami bohatými na kyselinu linolovou (C18:2) či jiné nenasycené mastné kyseliny (Weld a Armentano, 2018; Prom a kol., 2021; Bales a Lock, 2024).

Zařazení kyseliny olejové do krmné dávky rovněž významně ovlivňuje profil mastných kyselin v mléce. Dochází ke zvýšení koncentrace kyseliny olejové v mléčném tuku a současně k poklesu obsahu nasycených mastných kyselin, zejména kysel-

liny palmitové (C16:0). Tento posun ve složení mléčného tuku směrem k vyššímu zastoupení nenasycených mastných kyselin je považován za příznivý z hlediska výživové kvality mléka a jeho zdravotní hodnoty pro konzumenty (Weld a Armentano, 2018).

Přítomnost kyseliny olejové v krmné dávce může rovněž přispět k efektivnějšímu vstřebávání a využití živin, což se pozitivně odráží ve zvýšení produkce mléka korigované na obsah energie (ECM) a ve zlepšení celkové účinnosti přeměny krmiva na mléko (Prom a Lock, 2021; Hu a kol., 2024).

1.5.5 Kyselina linolová

Suplementace konjugovanou kyselinou linolovou (CLA) nebo krmné dávky s vysokým obsahem kyseliny linolové (C18:2) mohou vést k tzv. depresi mléčného tuku, tedy ke snížení výtěžnosti mléčného tuku. Tento jev byl pozorován jak při přímé suplementaci CLA, tak i při použití krmných dávek s vyšším obsahem škrobu a rostlinných olejů. Přestože dochází ke snížení produkce mléčného tuku, tyto diety mohou mít pozitivní vliv na energetickou bilanci dojnic. Zlepšené využití energie se často projevuje zvýšenou produkcí laktózy v mléce, což svědčí o efektivnější přeměně přijaté energie ve prospěch mléčné užitkovosti. (Hötger a kol., 2013; Bayat a kol., 2022).

Doplnění kyseliny linolové do krmné dávky bylo ve studiích spojeno s pozitivním vlivem na reprodukční výkonnost dojnic. Optimální dávky CLA mohou zvýšit pravděpodobnost zabřeznutí a zkrátit interval do početí, což naznačuje její potenciální přínos pro zlepšení plodnosti ve stádech dojeného skotu (Veth a kol., 2009).

1.6 By-pass tuk

Použití lipidových doplňků (by-pass tuků) ve výživě dojnic sahá až do konce 19. a začátku 20. století (Cranfield a Taylor, 1915; McCandlish, 1921). Původně byly tyto doplňky využívány ke zvýšení energetické hustoty krmiva, což mělo pozitivní vliv na užitkovost, plodnost a energetickou rovnováhu laktujících krav (Palmquist a Jenkins, 1980). V posledních letech se značná pozornost výzkumu zaměřila na kyselinu palmitovou (C16:0), a to především díky jejímu potenciálu zvyšovat koncentraci mléčného tuku, celkovou mléčnou užitkovost a efektivitu přeměny krmiva na mléko. Ve srovnání s kontrolními dietami i s doplňkovými zdroji jiných mastných kyselin vykazuje kyselina palmitová příznivý vliv na parametry mléčné produkce (Lock a kol., 2013; de Souza a kol., 2018). Palmquist a Jenkins (2017) poskytli přehled historického vývoje využívání tuků ve výživě dojnic – od přirozeně se vyskytujících tuků v krmivech až

po vývoj komerčně dostupných tukových doplňků, které byly navrženy tak, aby minimalizovaly negativní vliv na bachorovou fermentaci. Tento vývoj odráží snahu o optimalizaci energetického příjmu dojnic bez narušení funkce bachorové mikroflóry, což je zvláště důležité u vysoce produkčních zvířat.

Přidání doplňků tuku do výživy dojnic v podobě by-pass tuku je důležitou součástí nutriční strategie pro zvýšení energetické hodnoty krmiva, především v tranzitním období (Chouinard a kol., 2001; Lock a kol., 2013) a snížení následků NEB (Bionaz a kol., 2020), abychom dosáhli vyšší produkce mléka nebo požadované BCS (body condition score, tělesná kondice soktu) (Palmquist a Jenkins, 2017). Z několika literárních přehledů je patrné, že správné BCS (má pozitivní vliv na následnou reprodukci (Chagas a kol., 2007; Bedere a kol., 2018). Esenciální mastné kyseliny (EMK) mohou v případě správné suplementace zlepšit imunitní systém, ale i reprodukci dojnic (Mollem, 2018).

1.6.1 Složení by-pass tuku

Užitečný způsob, jak klasifikovat tukové doplňky používané ve výživě dojnic, spočívá v jejich vlivu na bachorovou fermentaci a trávení. Jednu z významných skupin tvoří tuky, které byly speciálně navrženy tak, aby minimalizovaly negativní účinky na trávení v bachoru, zejména na stravitelnost vlákniny. Mezi tyto tuky patří především vápenaté soli mastných kyselin a hydrogenované tuky. Tyto doplňky jsou komerčně dostupné, mají výhodu pevného skupenství (suché formy), což usnadňuje jejich manipulaci, přepravu a míchání s ostatními složkami krmné dávky. Tato skupina se obvykle označuje jako "v bachoru inertní tuky" (angl. *rumen-inert fats*), případně jako by-pass tuky, čímž se zdůrazňuje jejich minimální nebo žádný negativní vliv na činnost bachorové mikroflóry, a tedy i na celkovou stravitelnost vlákniny (Staples a kol., 1998).

Vápenatá mýdla mastných kyselin neovlivňují stravitelnost vlákniny v bachoru a umožňují zachování normální bachorové fermentace, což je zásadní pro udržení efektivního trávení objemných krmiv. Vápenatá mýdla mohou snížit rozsah bachorové bihydrogenace nenasycených mastných kyselin, které jsou pak ve větší množství absorbovány ve střevech (Enjalbert a kol., 1997).

Kombinace rostlinných olejů s bachorově inertními tuky může vykazovat aditivní účinky na fermentační procesy v bachoru, nicméně nevede vždy ke zlepšení účinnosti produkce mléka. Pro optimalizaci trávení a produkční odezvy je zásadní udržení vhodné rovnováhy mezi různými typy tuků v krmné dávce, s ohledem na jejich fyziologické účinky a interakce v trávicím traktu (Jenkins a Jenny, 1992).

1.6.2 Vliv by-pass tuku na užitkovost

Santos a kol. (2010) ve své práci potvrzuje, že by-pass tuk má pozitivní vliv na užitkovost v případě, že obsahuje nenasycené mastné kyseliny, ale také musí obsahovat nasycené mastné kyseliny, jako kyselinu palmitovou (C 16:0) a kyselinu stearovou (C 18:0) (Loften a kol., 2014). Kyselina stearová představuje hlavní konečný produkt bihydrogenace nenasycených mastných kyselin v bachoru, zatímco kyselina palmitová (C16:0) je nejhojněji zastoupenou nasycenou mastnou kyselinou v tukové tkáni i mléčném tuku dojníc (Tzompa-Sosa a kol., 2014).

Řada studií prokázala, že zařazení dodatečného tuku do krmné dávky vede ke zvýšení produkce mléka přibližně o 3,3 % u prvotetek a až o 8,2 % u krav na druhé a vyšší laktaci. Tento efekt je připisován především zvýšení energetické hustoty krmiva, zlepšení energetické bilance a vyšší dostupnosti mastných kyselin pro syntézu mléčného tuku. Přídavek bachorově inertních tuků, zejména vápenatých solí palmových mastných kyselin, často vede ke zvýšení procenta mléčného tuku a celkové výtěžnosti mléka. Tento efekt je spojen nejen s vyšší dostupností energeticky bohatých mastných kyselin, ale také se zlepšením profilu mastných kyselin v mléce, a to ve prospěch nasycených i mononenasycených frakcí, které pozitivně ovlivňují technologické i nutriční vlastnosti mléka (Scott a kol., 1995; Hifzulrahman a kol., 2019).

Odezva na inertní tuky může být variabilní a závisí na řadě faktorů. Některé studie nezaznamenaly významné zlepšení mléčné užitkovosti u multiparních krav, s výjimkou specifických stádií laktace, kde byla pozorována produkční odezva ve formě zvýšení dojivosti až o 6,4 % (Scott a kol., 1995). Kromě produkční fáze hraje důležitou roli také typ použitého tuku a stupeň jeho nasycení. Zatímco některé tukové doplňky mohou snižovat příjem sušiny, současně mohou zvyšovat procento mléčného tuku, což poukazuje na komplexní vztah mezi energetickým metabolismem, chutností krmiva a mléčnou syntézou (Relling a Reynolds, 2007).

Reakce dojníc na suplementaci bachorově inertními tuky může být ovlivněna jejich genetickým potenciálem a tělesnou kondicí při otelení. Bylo prokázáno, že krávy s nižší tělesnou kondicí (BCS) mají tendenci lépe reagovat na dodatečný přísun tuků ve stravě, což se projevuje vyšší mléčnou užitkovostí ve srovnání s kravami ve vyšší kondici. Tento rozdíl může být způsoben rozdílným metabolickým nastavením a využitím dostupné energie, kdy štíhlejší krávy efektivněji směřují přijatou energii do produkce mléka (Scott a kol., 1995).

Různé typy bachorově inertních tuků – zejména podle stupně nasycení (nasycené, mononenasycené a polynenasycené mastné kyseliny) – mohou mít odlišný vliv na produkci mléka a jeho složení. Zatímco nasycené tuky, jako je kyselina palmitová (C16:0), jsou často spojovány se zvýšením výtěžnosti mléčného tuku, mononenasycené a polynenasycené tuky mohou ovlivňovat produkční parametry prostřednictvím hormonálně aktivních signálních molekul (Relling a Reynolds, 2007). Studie od Bauman a Griinariho (2003) prokázala, že právě mononenasycené a polynenasycené mastné kyseliny zvyšují plazmatické koncentrace střevních peptidů, jako je např. GLP-1 (glucagon-like peptide-1) nebo cholecystokinin, které mohou modulovat příjem krmiva, metabolismus energie a v konečném důsledku i mléčnou užitkovost.

1.6.3 Vliv by-pass tuku na reprodukci

Suplementace chráněnými tuky (by-pass tuky) prokazatelně zlepšuje řadu reprodukčních ukazatelů dojnic. Přispívá ke zkrácení doby potřebné k involuci dělohy a obnovení pohlavního cyklu, zkracuje servis periodu a snižuje inseminační index. Dále bylo prokázáno nižší počet poporodních komplikací, jako jsou metritida a retence plodových obalů, což celkově přispívá ke zlepšení reprodukčních výkonnosti stáda (Tyagi a kol., 2016).

Studie od Rodneyho a kol. (2015) ukazují, že zařazení tukových doplňků do krmné dávky může vést ke zvýšení počtu březích krav až o 27 % a současně ke zkrácení intervalu mezi otelením a opětovným zabřeznutím. Tyto výsledky svědčí o pozitivním vlivu tukové suplementace na plodnost a reprodukční výkonnost dojnic.

Chráněné tuky mohou zvyšovat hladiny klíčových reprodukčních hormonů, jako jsou estrogen a progesteron, které hrají zásadní roli při regulaci pohlavního cyklu a dosažení březosti. Kromě toho ovlivňují i hladiny metabolických hormonů, zejména leptinu a růstového faktoru IGF-1, které se podílejí na regulaci energetické bilance a reprodukčních funkcí. Tyto hormonální změny mohou přispívat k lepšímu návratu do reprodukční aktivity po otelení a celkovému zlepšení plodnosti dojnic (Deka a kol., 2024).

2 Cíl práce

Cílem diplomové práce bylo ověření, zdali přídavek by-pass tuk do krmné dávky má příznivý vliv na užitkovost a reprodukci dojnic. Ve vybraném podniku byla sledována denní dojivost dojnic a základní reprodukční ukazatele.

3 Materiál a metodika

3.1 Charakteristika podniku

Praktické zpracování diplomové práce mi bylo umožněno provést na farmě AGROM Zborov s.r.o. u Ledenic, která od druhé poloviny roku 2022 spadá pod uskupení firem Zemědělských služeb Dynín, a.s.

Podnik hospodaří na 500 ha, 395 ha je orná půda a 105 ha jsou trvalé travní porosty. Průměrný počet dojnic se během roku pohyboval na čísle 120, z toho vždy 15–20 krav bylo zaprahnutých. Celého pokusu se vždy účastnilo přibližně 50 % stáda.

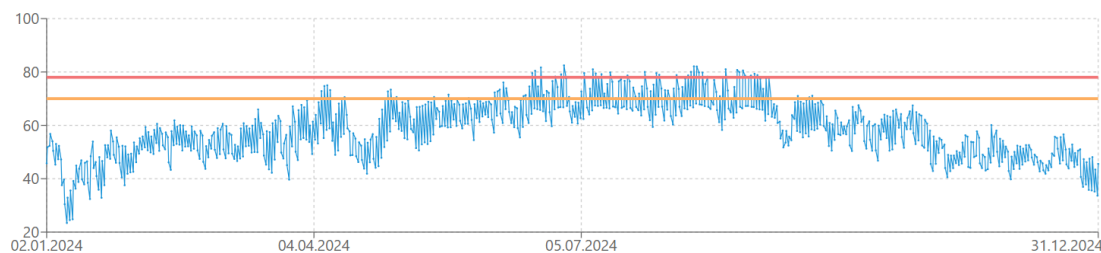
Stádo dojnic je tvořeno z 85 % plemenem český strakatý skot a z 15 % holštýnským plemenem. Cílem managementu je vytvoření stáda pouze z českého strakatého skotu. Užitkovost dojnic před pokusem, tedy na konci roku 2023, dosahovala 7399 kg mléka. Prvotelky dosahovaly užitkovosti 7005 kg mléka, krávy na druhé laktaci měly průměrnou užitkovost 7824 kg mléka a krávy na třetí a vyšší laktaci měly užitkovost 7368 kg mléka.

3.2 Technologie ustájení

Na farmě je uzavřený obrat stáda. Stelivový provoz, s vyhrnováním chlévské mrvy dvakrát denně, zajišťuje ideální welfarové podmínky pro dojnice. Lehací boxy jsou pravidelně přistýlány a dezinfikovány vápnem. Pravidelné udržování čistého lehacího prostoru a hygieny dojení zajišťuje zdravé stádo, které má okolo 70 % dojnic hodnoty somatických buněk do 150 tisíc. Dodávky do mlékárny se pohybují denně okolo 2900 litrů mléka v jakostní třídě Q, s hodnotou tuku 3,94 % a bílkoviny 3,35 %. Dojení probíhá s 12hodinovým rozestupem dvakrát denně na autotandemové dojírně firmy Afimilk, se stáním 2 x 4. Na dojírně se používá predip, jednorázové utěrky a postdip.

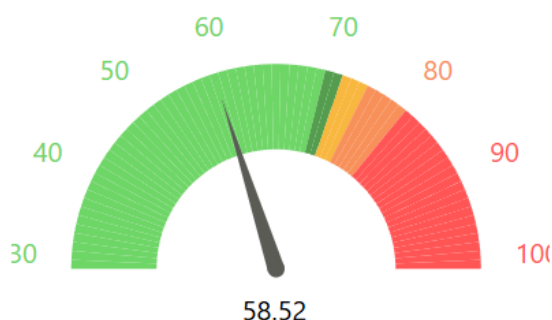
Dvakrát v týdnu dojnice procházejí průchozí koupací vanou s roztokem modré skalice, který napomáhá udržovat zdravé končetiny. I to se odráží v dobré užitkovost dojnic. Jednou za 5 měsíců jsou všem kravám pravidelně strouhány paznehty a akutní případy se řeší jen zřídka kdy (1 případ za měsíc).

Stájové klima je v horkých letních měsících regulováno ventilátory, které jsou umístěné v řadě za sebou uvnitř stáje tak, aby probíhala neustálá výměna vzduchu. Teplotu a relativní vlhkost ovzduší ve stáji sleduje po celý rok systém Hardwario. Na základě těchto dvou veličin je systém schopen vypočítat THI (Temperature Humidity-Index). Výsledné hodnoty jsou zaznamenány do křivky tak, jak zobrazuje obrázek 3.1. Průměrná hodnota THI za rok 2024 byla 58,52 (viz obrázek 3.2).



Obrázek 3.2 THI za rok 2024

Zdroj: Hardwario (2025)



Obrázek 3.1 Průměrný THI za rok 2024

Zdroj: Hardwario (2025)

3.3 Krmná dávka

Důležitou součástí celého pokusu je krmná dávka optimalizovaná na maximální užítkovost při zachování dobrého zdravotního stavu. O výživu se na farmě již třetím rokem stará firma Schaumann. I z tohoto hlediska bylo pro farmu přínosné potvrdit či vyvrátit pozitivní vliv by-pass tuku na užítkovost a reprodukci dojnic.

K sestavení krmné dávky je potřeba znát živinové složení objemných krmiv a k tomu vhodně doplnit směs jaderného krmiva. Tomu napomáhá program Taurinut, který ze základních parametrů, jako jsou informace o stádě (kategorie, užítkový typ, technologie chovu, pořadí laktace), hmotnosti (živá hmotnost, BCS v době porodu, denní změna hmotnosti, porodní hmotnost telete a servis perioda), laktaci (normovaná laktace, laktační den, předpokládaná produkce, mléčný tuk a mléčná bílkovina) a podmínkách (průměrná denní teplota a relativní vlhkost) dokáže přesně určit potřebné množství jednotlivých živin pro dojnice. Pro výpočet používá normu CNCPS (Cornellský systém výživy přežvýkavců). Hlavním přínosem CNCPS je schopnost přesně sestavit krmnou dávku a jak ve své práci uvádí Koukal (2017), tato norma vnímá krmnou dávku jako dynamický proces, kdy se s využitím přesné analýzy krmiv snaží přiblížit chování krmné dávky v bachoru.

Základní parametry

Norma

CNCPS

Počet kusů

100 ks

Počet dní

30 dnů

Stádo

Kategorie

Laktující dojnice

Užitkový typ

Kombinovaný

Technologie chovu

Volné

Pořadí laktace

3

Hmotnost

Živá hmotnost

650 kg

BCS v době porodu

3,50

Změna hmotnosti

0,21 kg/den

Porodní hmotnost telete

35 kg

Servisperioda

120 dnů

Laktace

Normovaná laktace

9 300 kg/305 dnů

Prům. norm. produkce

30,5 kg/den

Max. norm. produkce

42,3 kg/den

Norm. produkce

20,4 kg/den

Laktační den

160 den

Produkce na160. lakt. den

31,8 kg/den

Položky krmné dávky

Název

Hmotnost (kg)

Cena (Kč/100 kg)

Kukuřičná siláž 2023 - 21973-12-2023

23

90

Travní senáž 1. seč 2024 - 11540-7-2024

25

70

PIV MLÁTO PLZEŇ - BEUKER

5

190

2024-07 do vozu

9

859,37

Přidat další krmivo ...

Celkem

62

201,68

Bilance krmné dávky (bílkoviny/energie)

NEL

PDI

Rozdíl

Prod. mléčný potenciál OK

15,51

8,59

6,92

Celkový prod. mléc. potenciál

33,09

34,56

-1,47

Předpokládaná produkce

32,00

Bilance

1,09

2,56

-1,47

Ekonomická efektivnost a náklady

Vyhodnocení krmné dávky

Potřeba (množství)

Skutečnost (množství)

Rozdíl

Potřeba (konc. v suš.)

Skutečnost (konc. v suš.)

Sušina

23,92 kg

23,52 kg

-0,4 kg

0 kg

379

NEL

154,3 MJ

159 MJ

4,6 MJ

6,4 MJ

6,8

PDIN

2118 g

2250 g

132 g

89 g

100 g

PDIE

bypass NL

912 g

1258 g

346 g

25 %

33 %

NL

3649 g

3845 g

195 g

153 g

163

Rozpustné NL

35 %

37 %

2 %

53 g

60

strav. LYZ (%PDIE)

7,3

6,71

-0,59

2,92

3,55

strav. MET (%PDIE)

2,5

1,89

-0,61

NDV

8344 g

8380 g

37 g

349 g

356

ADV

5481 g

4789 g

-691 g

229 g

204

Tuk

1196 g

850 g

-346 g

50 g

36

Škrob

5645 g

6130 g

484 g

236 g

261

Cukry

1592 g

765 g

-827 g

67 g

33

NVS

9047 g

8784 g

-263 g

378 g

373

Obrázek 3.3 Ukázka výpočtu krmné dávky v programu Taurinut

Zdroj: Taurinut (2025)

Na obrázku 3.3 můžeme vidět, jak se s programem na sestavení krmné dávky pracuje. Ve sloupci „základní parametry“ je třeba vyplnit potřebné informace o stádě. Následuje krok „položky krmné dávky“, kde se přidávají objemná krmiva a jadrná. Jednotlivé komponenty se do programu nahrají s přesným rozbořem živin z akreditované laboratoře. Třetí sloupec „Vyhodnocení krmné dávky“ zobrazuje, jaké zastoupení živin má celá TMR. Cílem je správně nastavit TMR tak, aby v tomto sloupci nebyla zvýrazněna žádná políčka. Nicméně praxe je vždy odlišná od teorie a je důležité umět pracovat s tím, co nám podmínky nabízejí.

3.4 Schaumann Energy

Na tento pokus byl zakoupen by-pass tuk v sypké formě od firmy Schaumann s obchodním názvem Energy. Energy se již řadu let využívá jako energetický doplněk ke zlepšení energetického zásobení dojníc a ke snížení zátěže bachoru. Jeho účinnost je dána působením jednotlivých mastných kyselin v metabolismu krávy. Mastné kyseliny představují základní stavební jednotky tuků. Pro účinnost tuku chráněného před rozkladem v bachoru jsou zásadní především dvě mastné kyseliny (obrázek 3.6). Kyselina palmitová (C16:0) se může přímo zapojit do syntézy mléčného tuku, čímž podporuje jak množství produkovaného mléka, tak i jeho tučnost. Naproti tomu kyselina olejová (C18:1) je využívána zejména pro tvorbu tělesných rezerv, čímž napomáhá prevenci ketózy a zajišťuje stabilitu reprodukčních funkcí u krav, které se nacházejí v negativní energetické bilanci (Schaumann, 2025).

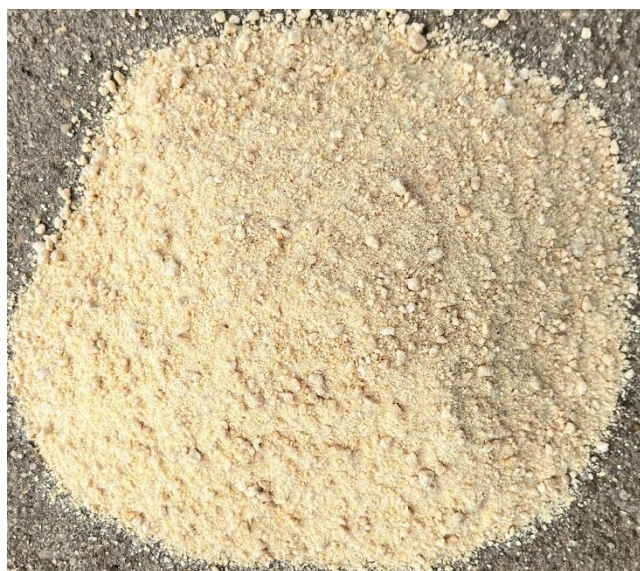
Obrázek 3.4 zobrazuje složení a doporučené dávkování produktu. Je doporučeno podávat maximálně 500 g by-pass tuku na krávu a den a zároveň by celkové množství tuku nemělo překročit 6 % příjmu sušiny. Sušina produktu je 950 g/kg, hodnota NEL (netto energie laktace) je 18,5 MJ a obsah tuku je 850 g v kg sušiny.



Obrázek 3.4 Etiketa produktu

Zdroj: Malecha (2025)

Na následujícím obrázku 3.5 můžeme vidět, jak takový produkt vypadá ve skutečnosti. Je to pevná látka, světlé žluté barvy.



Obrázek 3.5 By-pass tuk

Zdroj: Malecha (2025)

C16:0	C18:1
kyselina palmitová	kyselina olejová
podpora množství mléka a obsahu mléčného tuku	stabilizace tělesné kondice a plodnosti

Obrázek 3.6 Dvě nejdůležitější mastné kyseliny chráněné v bachoru

Zdroj: Schaumann.cz (2025)

3.5 Získávání dat

V první fázi byly dojnice rozděleny do dvou produkčních skupin, skupina A (pokusná) a skupina B (kontrolní) v průměrném počtu 30-32 krav tak, aby byl zajištěn co nejpodobnější průměrný laktační den v jednotlivých skupinách. Vzhledem k managementu stáda, kdy se každý měsíc pravidelně otelilo přibližně 10 % krav (tj. 10–12 krav), bylo nutné zvířata do skupin A a B postupně a rovnoměrně zařazovat. Stejným způsobem byly dojnice ze skupin vyřazovány s ohledem na blížící se zaprahování. Přibližně 40–50 dní před plánovaným zaprahnutím byly přerazeny do skupiny „konec laktace“ a do pokusu se znovu zapojily až v následující laktaci.

Další fází bylo zařazení správného dávkování by-pass tuku do TMR pro pokusnou skupinu A. By-pass tuk byl přidáván bezprostředně před vykládkou krmné dávky na žlab, určený pro tuto skupinu, v množství 420 g na kus a den. To znamená, že základní TMR byla pro obě skupiny (A i B) zcela totožná, rozdíl spočíval pouze v dodatečném doplnění by-pass tuku. Krmič nejprve vyložil krmnou dávku pro skupinu B, poté do zbylé TMR přidal požadované množství by-pass tuku, směs důkladně promíchal a následně vyložil krmivo na žlab pro skupinu A.

Třetí fází byla samotná fáze sběru dat, která probíhala po dobu jednoho roku. U každé krávy zařazené do pokusu byl denně zaznamenáván nádoj. Tato data byla automaticky evidována pomocí dojírenského systému Afimilk a následně exportována do programu Mooml, ze kterého bylo možné čerpat podklady pro statistickou analýzu.

Pro zohlednění opakovaných měření na jednotlivých kravách byl použit lineární smíšený model (Mixed Effects Model). Tento nástroj se používá tehdy, když měříme data opakovaně na stejných objektech – například když sledujeme denní dojivost krav po celý rok. Taková data nejsou nezávislá, protože hodnoty od jedné krávy spolu souvisejí. Smíšený model nám umožňuje tyto závislosti zohlednit.

3.6 Statistická analýza – lineární smíšený model

Model obsahuje 2 části:

- Fixní efekty – například rozdíl mezi skupinami krav (pokusná vs. kontrolní)
- Náhodné efekty – například individuální rozdíly mezi kravami, které nelze vysvětlit skupinou

V této analýze byl použit následující model: $dojivost \sim skupina + (1 | kráva)$ kdy denní dojivost závisí na skupině (pokusná vs. kontrolní), přičemž bereme v úvahu, že každá kráva má své vlastní průměrné hodnoty dojivosti (náhodný efekt).

Postup byl proveden v následujících krocích:

- Načtení úprava dat – z databáze byla načtena data o denní dojivosti krav. Každý záznam obsahoval ušní číslo krávy, příslušnost ke skupině, datum měření a hodnotu dojivosti.
- Výběr modelu - Vzhledem k tomu, že máme denní data po celý rok pro každou krávu, použili jsme lineární smíšený model, který zohledňuje opakovaná měření a individuální rozdíly mezi kravami.
- Formulace modelu - $Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_j + u_j + \varepsilon_{ij}$ kde: Y_{ij} = dojivost i-tého dne u j-té krávy, β_0 = intercept (průměrná dojivost ve skupině A), β_1 = rozdíl mezi skupinami, X_j = příznak skupiny (0 nebo 1), u_j = náhodný efekt pro j-tou krávu (odchylka od průměru), ε_{ij} = náhodná chyba měření

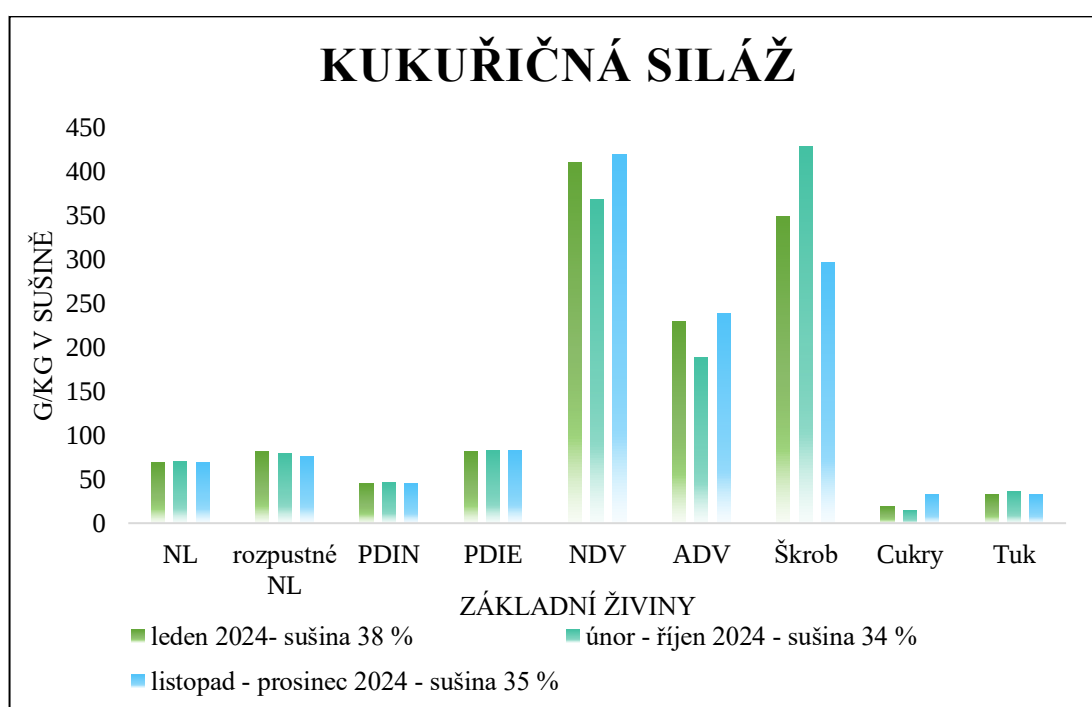
Pokus byl zahájen 1.1.2024 a ukončen 31.12.2024.

4 Výsledky a diskuze

4.1 Složení krmné dávky

Složení krmné dávky se v průběhu roku několikrát měnilo v závislosti na zkrmování jednotlivých objemných krmiv. Pokaždé krávy z obou skupin dostaly na žlab totožnou TMR, pouze pro skupinu A doplněnou o by-pass tuk. Živinové zastoupení kukuřičné siláže a silážovaných píce nám zobrazuje graf 4.1 a graf 4.2.

Graf 4.1 Živinové složení kukuřičné siláže



Zdroj: Malecha (2025)

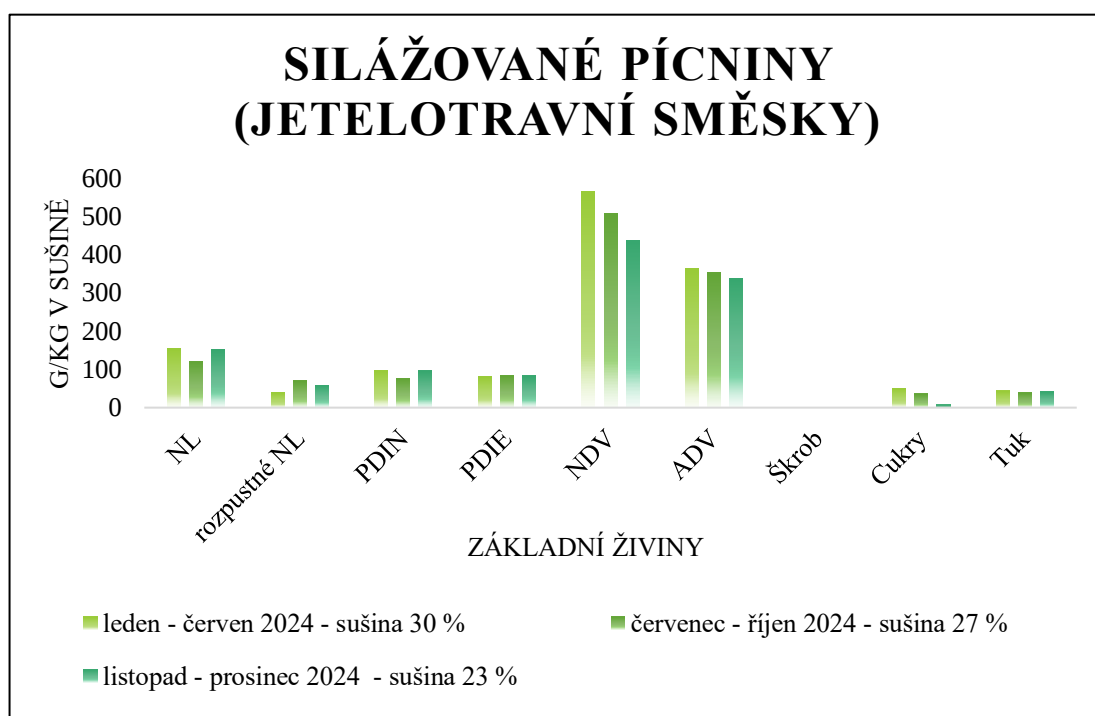
Pro sestavení správné krmné dávky je nezbytné znát živinové složení jak objemných, tak jadrných krmiv. V případě objemných krmiv hraje zásadní roli termín sklizně, který představuje základní předpoklad pro dosažení vysoké produkční účinnosti siláže. Neméně důležitá je také kvalita fermentačních procesů probíhajících během silážování. Živinová kvalita siláží je obvykle posuzována na základě parametrů, jako jsou netto energie laktace (NEL), obsah neutrálně detergentní vlákniny (NDV), dusíkaté látky (NL), vodorozpustné cukry a škrob. Podrobnější rozbor krmiv pak zahrnuje také stravitelnost NDV a degradovatelnost NL v bachoru (Mitrík, 2018).

Sušina objemných krmiv hraje důležitou roli v obsahu živin, typu fermentace i v množství příjmu krmiva. Množství vody v rostlině z velké části ovlivňuje koncentraci cukrů, a to nám kvalitu siláží může zhoršit. Dle Mitríka (2013) by optimální sušina kukuřičné siláže měl být v rozmezí 28–35 %. Důležitý je obsah NDV, který by

neměl být vyšší než 380 g/kg sušiny a také škrob, který tvoří až 50 % energetické hodnoty krmiva. Ideální zastoupení by mělo být vyšší než 275 g/kg sušiny.

Pokud bychom tedy porovnali jednotlivé rozborů kukuřičných siláží z grafu 4.1, tak živinově nejlepší siláž byla krmena od února do října, protože měla ideální obsah sušiny 34 %, vyhovující obsah NDV <368 g/kg v sušině a zvýšenou hodnotu škrobu, která dosahovala 428 g/kg v sušině.

Graf 4.2 Živinové složení silážovaných pícein



Zdroj: Malecha (2025)

U silážovaných pícein by se podíl sušiny měl vždy pohybovat na nižších hodnotách, než u kukuřičných siláží v našem případě se sušina pohybuje na nižší úrovni než u kukuřičné siláže. Z živin nás nejvíce zajímá opět zastoupení NDV a také dusíkaté látky (NL). Nejlepší siláže obsahují do 500 g/kg NDV a obsah NL vyšší než 225 g/kg sušiny (Mitrík, 2013). Pokud bychom porovnali hodnoty s doporučením od Mitríka (2013) tak zjistíme, že hodnoty NDV jsou v ideálním zastoupení, nicméně u NL je z rozboru vidět, že v tomto směru byly siláže chudší. Na základě tohoto poznatku bylo v průběhu roku doplněno do krmné dávky také pivovarské mláto, které má 280 g/kg NL.

TMR obsahovala vedle objemných krmiv také pšeničnou slámu, travní seno, vodu, mláto a jadrou směs. Její složení se v průběhu roku měnilo, přičemž tabulka 4.1 uvádí konkrétní množství jednotlivých komponentů i živinové složení krmné

dávky. Krmná dávka byla nastavena pro předpokládanou užitkovost 8 500 kg mléka za laktaci, což odpovídá denní produkci přibližně 28 kg mléka na dojnici.

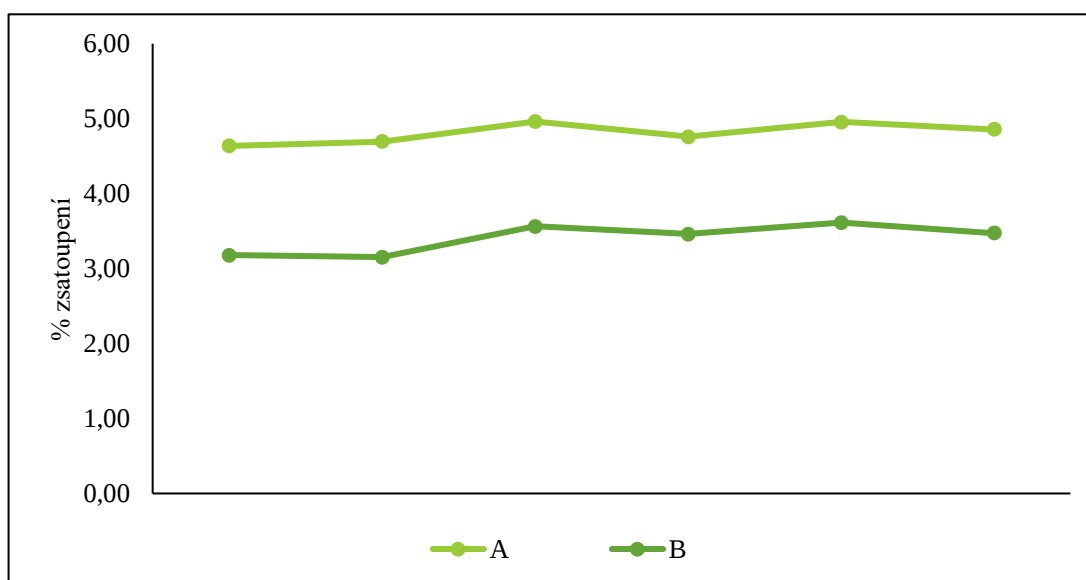
Tabulka 4.1 Krmné dávky a živinové složení

	leden–červen 2024		červenec–říjen 2024		listopad–prosi- nec 2024	
Skupina	A	B	A	B	A	B
Kuku- říčná siláž (kg)	27	27	28	28	32	32
Jetelot- ravní siláž (kg)	8	8	18	18	8	8
Seno travní (kg)	1,5	1,5	0	0	0	0
Sláma pšeničná (kg)	0	0	0	0	1	1
Voda (kg)	2	2	0	0	0	0
Pivovar- ské mláto (kg)	5	5	5	5	5	5
Jadrná směs (kg)	9	9	10	10	9	9
Energy (kg)	0,42	0	0,42	0	0,42	0
Celková sušina (kg)	22,02	21,62	24,34	23,9	23,18	22,78
Živiny v TMR						
NEL (MJ)	157,5	151,0	170,6	164,2	167,8	161,4
NL (g)	3425	3425	3838	3838	3521	3521
NDV (g)	7513	7513	8237	8237	7860	7860
ADV (g)	4052	4052	4583	4583	4188	4188
Tuk (g)	1050	715	1182	847	1126	791
Škrob (g)	6721	6721	6799	6799	7389	7389
Cukry (g)	724	724	781	781	654	654

Zdroj: Taurinut (2025)

Za zmínku stojí rozdílné hodnoty NEL a obsahu tuku, které byl ovlivněny přidavkem by-pass tuku do krmné dávky. Tento přídatek zvyšuje nejen energetickou hodnotu krmiva, ale zároveň i jeho obsah tuku. S množstvím tuku je však nutné nakládat obezřetně. Jak je uvedeno v doporučeném dávkování na obalu produktu (viz obrázek 3.4), by obsah tuku neměl přesáhnout 6 % z celkové sušiny. Toto doporučení je zohledněno i ve sledovaném pokusu. Jak ukazuje graf 4.3, množství tuku ve skupině A se pohybovalo na hranici 5 %, což je v souladu s doporučením výrobce. Ve skupině B byl obsah tuku nižší, a to přibližně 3,3 %.

Graf 4.3 % zastoupení tuku v krmné dávce



Zdroj: Malecha (2025)

4.2 Statistické vyhodnocení

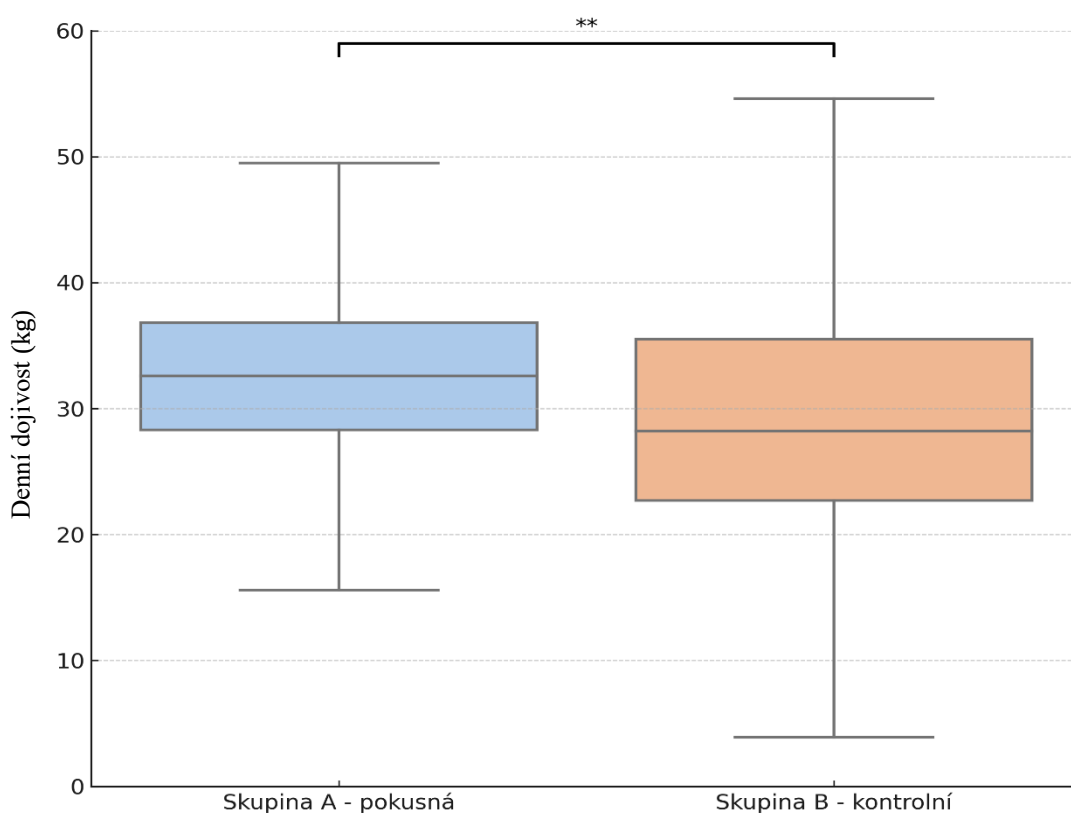
Cílem této analýzy bylo posoudit, zda má přídatek by-pass tuku do krmiva statisticky významný vliv na denní dojivost krav. Byla použita data obsahující denní dojivost jednotlivých krav po dobu jednoho roku, přičemž krávy byly rozděleny do dvou skupin: skupina A (pokusná s by-pass tukem) a skupina B (kontrolní).

Výpočet a interpretace – Model ukázal, že krávy v pokusné skupině dojily o 4,02 kg více než krávy v kontrolní skupině. Tento rozdíl je statisticky významný ($p = 0,001$). Použití tohoto smíšeného modelu je vhodné v případech, kdy se data opakovaně měří na stejných objektech, protože běžné testy by v takovém případě mohly vést k chybným závěrům.

Výsledky modelu ukazují, že krávy ve skupině s přidavkem by-pass tuku měly statisticky významně vyšší denní dojivost oproti kontrolní skupině. Konkrétní výsledky jsou následující:

- Průměrná denní dojivost ve skupině A: 31,42 kg
- Odhadovaný rozdíl oproti skupině B: -4,02 kg
- p-hodnota: 0,001
- 95% interval spolehlivosti [-6.73, -1.86]

Tyto výsledky ukazují, že přidavek by-pass tuku má pozitivní efekt na dojivost a že rozdíl mezi skupinami je statisticky významný ($p < 0,05$). Níže je uvedeno grafické znázornění průměrné denní dojivosti (v kilogramech) na krávu podle skupiny.



Obrázek 4.1 Grafické znázornění průměrné denní dojivosti na krávu podle skupiny

Zdroj: Malecha (2025)

Tato data zobrazuje obrázek, na kterém jsou vidět rozdílné průměrné nádoje obou skupin. Modrý obdélník zobrazuje dojnice ze skupiny A – pokusné. Lze říct, že skupina udržovala více podobný nádoj s menšími odchylkami než druhá skupina. Na druhé straně oranžový obdélník nám zobrazuje průměrné nádoje krav ze skupiny B – kontrolní, kde jsou vidět větší odchylky mezi nádoji.

Ve skupině A se rozdíl nádojů pohyboval od minimálního nádoje 16 kg/den do maximálního nádoje 49 kg/den.

U skupiny B byl minimální nádoj 5 kg/den a maximální nádoj 55 kg/den. Ohledně minimálních nádojů, kde čísla mohou být zavádějící je potřeba říct, že pokusu se účastnili dojnice od 5. dne po otelení. A jak uvádí ve své práci Godde a kol. (2019), pokud dojde v období rozdoje k metabolickým poruchám, stává se, že dojnice mají nižší užitkovost. Dalším faktorem, který mohl ovlivnit minimální nádoj, je zastoupení prvotetek ve sledovaném souboru. Vzhledem k situaci, kdy jsou po otelení poprvé seznámeny s novým prostředím, dojírnou, není překvapením, že jim adaptace na nové podmínky trvá déle. Tato skutečnost se může projevit nižší dojivostí zejména v počáteční fázi laktace.

4.3 Vliv na užitkovost dojnic

Z analýzy je patrné, že vliv na užitkovost je s přidavkem by-pass tuku je velmi významný. Podobný výzkum provedl ve své studii i Pranomo a kol. (2017). Zjištěné výsledky potvrdily, že přídatek chráněného tuku měl také statisticky významný vliv na zvýšení mléčné užitkovosti dojnic ($p < 0,01$). Pozorovaný nárůst produkce mléka lze přisuzovat především zvýšené energetické koncentraci krmné dávky, která byla dosažena díky přítomnosti chráněného rybího oleje ze sardinek.

Tento typ doplňku je charakteristický vysokým obsahem dlouho řetězcových nenasyčených mastných kyselin, které zvyšují využitelnou energii bez negativního dopadu na bachorovou fermentaci. Výsledky této studie tak podporují závěry předchozích výzkumů, podle nichž zajištění adekvátního energetického příjmu prostřednictvím chráněných tukových složek může pozitivně ovlivnit mléčnou užitkovost u vysocí produkčních krav, a to zejména v období zvýšené metabolické zátěže na počátku laktace.

Ve studii od Manriqueze a kol. (2019) posuzovali vliv přídatku by-pass tuku v množství 0,45 kg/den na zdraví, metabolický stav a produkční a reprodukční užitkovost. Významný vliv byl zjištěn u denní dojivosti, kdy krávy s přidavkem by-pass tuku měly vyšší dojivost než kontrolní skupina o 1,6 kg/den. V mé práci, kdy přídatek by-pass tuku byl 0,42 kg/den, byla dojivost o 2,42 kg/den vyšší než ve studii předchozí.

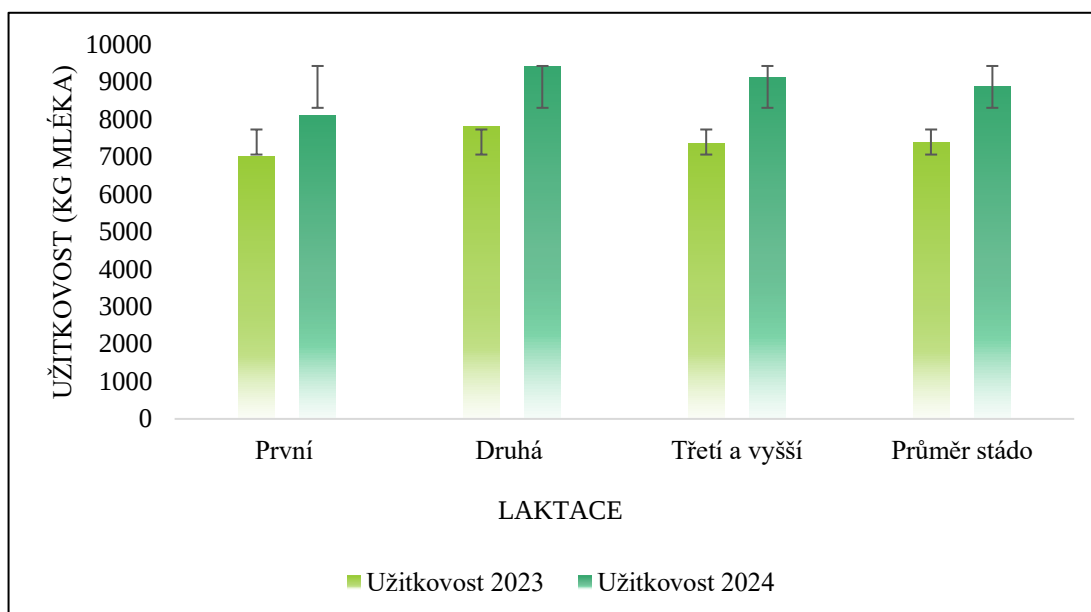
Oproti tomu existují i studie, které ukazují rozporuplné výsledky týkající se dojivosti při přidavku krmného tuku. McNamara a kol. (2003) testovali rozdíly v mléčné užitkovosti po suplementaci dvou komerčně dostupných chráněných tuků po dobu 134

dní. Použitá denní dávka (0,45 kg/d) byla srovnatelná s touto studií. Suplementace přípravkem Megalac Plus vedla ke zvýšení dojivosti o 1,5 kg mléka/den až do 12. týdne laktace ve srovnání s kontrolní skupinou. U druhého testovaného přípravku, Megapro Gold, nebyly zjištěny žádné významné rozdíly ve výši mléčné užitkovosti. V další studii Hammon a kol. (2008) zjistili, že krávy krmené chráněným tukem spolu s kukuřičným škrobem produkovaly o 1,8 kg/den mléka více než kontrolní skupina. Jak uvádí ve své studii Rabiee a kol. (2012) začleňování tukových doplňků do krmných dávek představuje běžnou a ověřenou strategii vedoucí ke zvýšení energetické hodnoty krmné dávky. Tento přístup může pozitivně ovlivnit efektivitu využití krmiva a přispět ke zlepšení produkce mléka i jeho složek. V praxi se tukové doplňky využívají zejména u vysoce produkčních dojnic, kde je požadavek na vysoký příjem energie obzvláště významný.

Palmquist a Jenkins (1980) uvádí, že krmné dávky určené pro vysokoprodukční dojnice by měly obsahovat přídavek tuku, a to za účelem zvýšení energetické koncentrace krmiva při současném zachování dostatečného příjmu strukturní vlákniny nezbytné pro syntézu mléčného tuku. Za zvláště vhodné jsou považovány nasycené mastné kyseliny, které se ve vyšších koncentracích vyskytují například v loji, případně formy tuků chráněné před bachorovou fermentací. Tyto zdroje tuku mají minimální negativní dopad na mikrobiální aktivitu v bachoru, a tudíž neovlivňují negativně fermentační procesy a trávení vlákniny.

Pokud bychom chtěli podpořit a navýšit užitkovost dojnic by-pass tukem, měli bychom dle poznatků ze studie od Loftena a kol. (2014) hledat komerční doplňky které obsahují kyselinu palmitovou a kyselinu stearovou. V rámci mé práce byl však použit tuk s odlišným složením, konkrétně s převahou kyseliny palmitové a kyseliny olejové. Výsledky nedávných studií (Weld a Armentano, 2018; Prom a kol. 2021, a Bales a Lock, 2024) však ukazují, že suplementace kyselinou olejovou může rovněž pozitivně ovlivnit mléčnou užitkovost, a to včetně zvýšení obsahu mléčného tuku, zejména při aplikaci vyšších dávek této mastné kyseliny v krmné dávce.

Graf 4.4 Porovnání mléčné užitkovosti dojníc



Zdroj: Malecha (2025)

Při zohlednění celkové mléčné užitkovosti stáda a porovnání výsledků z roku 2023 a 2024 (graf 4.4) lze konstatovat, že došlo k nárůstu produkce mléka. Tento pozitivní trend poukazuje na zlepšení užitkovosti stáda, které může být do určité míry ovlivněno aplikací chráněného tukového doplňku v krmných dávkách, stejně jako dalšími faktory souvisejícími s výživou a řízením chovu. Pokud porovnáme užitkovost stáda za sledované roky, zjistíme, že celková užitkovost stáda vzrostla o 1472 kg mléka.

Při porovnání mléčné užitkovosti stáda v jednotlivých sledovaných letech bylo zjištěno, že u krav na první laktaci došlo k meziročnímu nárůstu o 1094 kg mléka, přičemž průměrná užitkovost dosáhla hodnoty 8099 kg mléka. U krav na druhé laktaci se užitkovost zvýšila ze 7824 kg na 9405 kg, což představuje nárůst o 1581 kg mléka. Nejvýraznější nárůst byl zaznamenán u krav na třetí a vyšší laktaci, kde užitkovost vzrostla o 1 743 kg a dosáhla tak hodnoty 9 111 kg mléka. Průměrná užitkovost stáda za rok 2024 byla 8871 kg mléka.

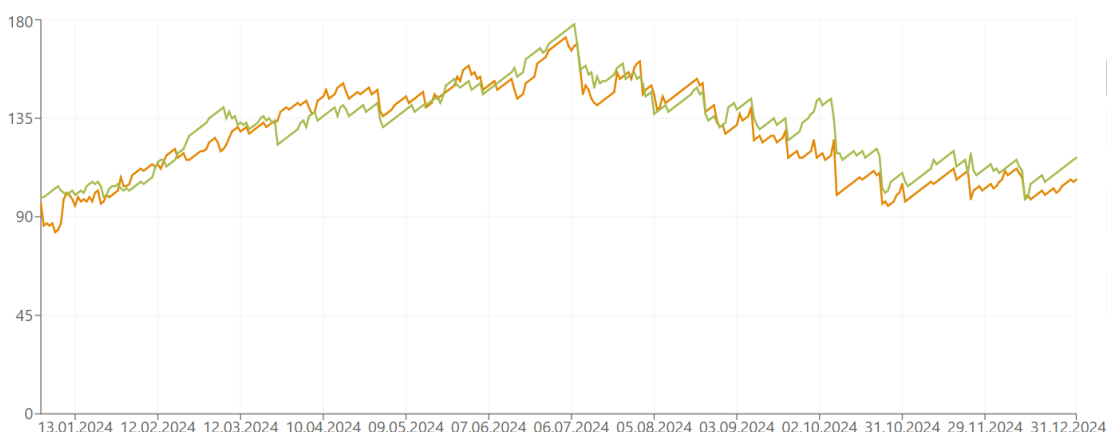
Je potřeba zmínit, že výše uvedená čísla zahrnují průměrné užitkovosti jak od krav českého strakatého skotu, tak od holštýnského plemene. Data byla sledována za celé stádo jako celek.

Tabulka 4.2 Porovnání mléčné užitkovosti stáda s průměrem populace (kg mléka za normovanou laktaci)

Laktace	Stádo	Populace
První	7841	7668
Druhá	8536	8908
Třetí a vyšší	8806	9082
Průměr stádo	8463	8594

Zdroj: Malecha (2025)

V tabulce 4.2 lze pozorovat průměrné hodnoty užitkovosti stáda a populace v České republice pro český strakatý skot. Lze říct, že hodnoty stáda se shodují s celorepublikovým průměrem.



Obrázek 4.2 Průměrné laktační dny obou skupin (ve dnech)

Zdroj: Mooml (2025)

Na obrázku 4.2 můžeme pozorovat dvě křivky, zelená zobrazuje pokusnou skupinu A a oranžová kontrolní skupinu B. Průměrný laktační den se pohyboval na čísle 128.

4.4 Vliv na reprodukci dojnic

Výsledky s vlivem na reprodukci nebyly tak pozitivní jako na užitkovost. Byly sledovány základní reprodukční ukazatele, jako je inseminační index, servis perioda a úspěšnost zabřezávání po všech inseminacích. Podrobný přehled těchto ukazatelů lze pozorovat v následujících tabulkách (4.3 a 4.4) a grafech (4.5, 4.6 a 4.7).

Rodney a kol. (2015) ve své studii zjistili, že přidavek chráněného tuku do krmiva může zlepšit počet březích krav až o 27 % a současně ke zkrácení servis periody.

Výsledky tohoto sledování se bohužel neshodují s předchozími studiemi, včetně studie Tyagiho a kol. (2016), a to při porovnání s hodnotami uvedenými v tabulce 4.1. Ve sledovaném období dosáhla kontrolní skupina B v průměru o 9 % vyšší úspěšnosti zabřezávání oproti skupině A. Skupina B dále vykazovala kratší servis periodu o 18 dní a nižší inseminační index o 0,1.

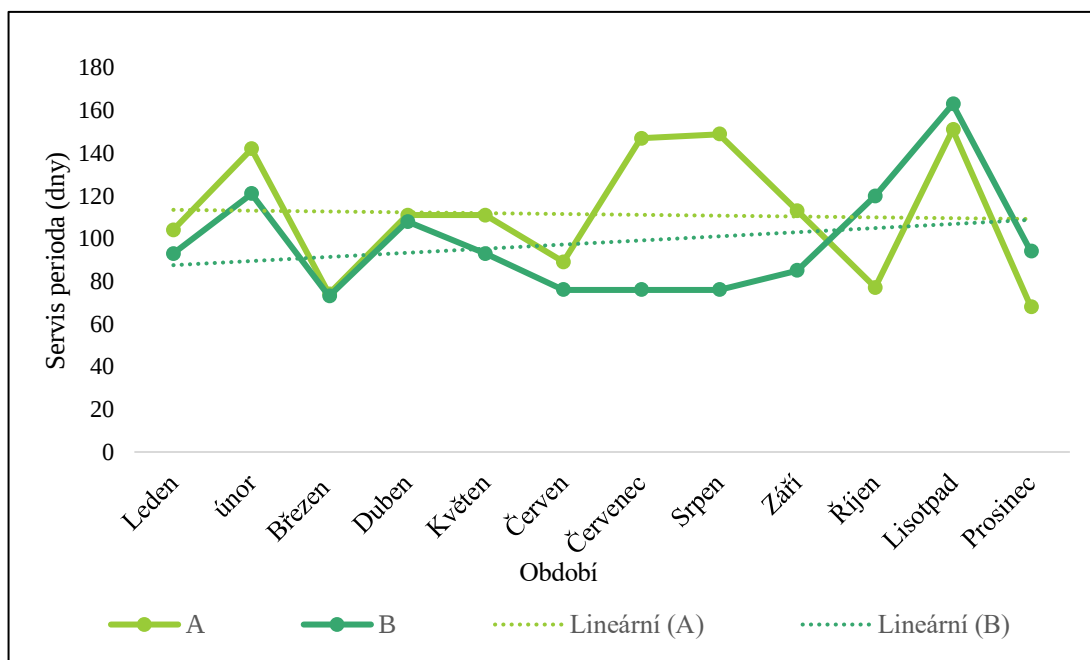
Tabulka 4.3 Rozdíly reprodukčních ukazatelů testovaných skupin

	Počet inseminovaných krav	Procento březích	Servis perioda (dny)	Inseminační index
Skupina A	131	35	111	2,0
Skupina B	90	44	93	1,9

Zdroj: Malecha (2025)

Následující grafy 4.5, 4.6 a 4.7 znázorňují rozdíly mezi oběma skupinami A i B v následujících ukazatelích.

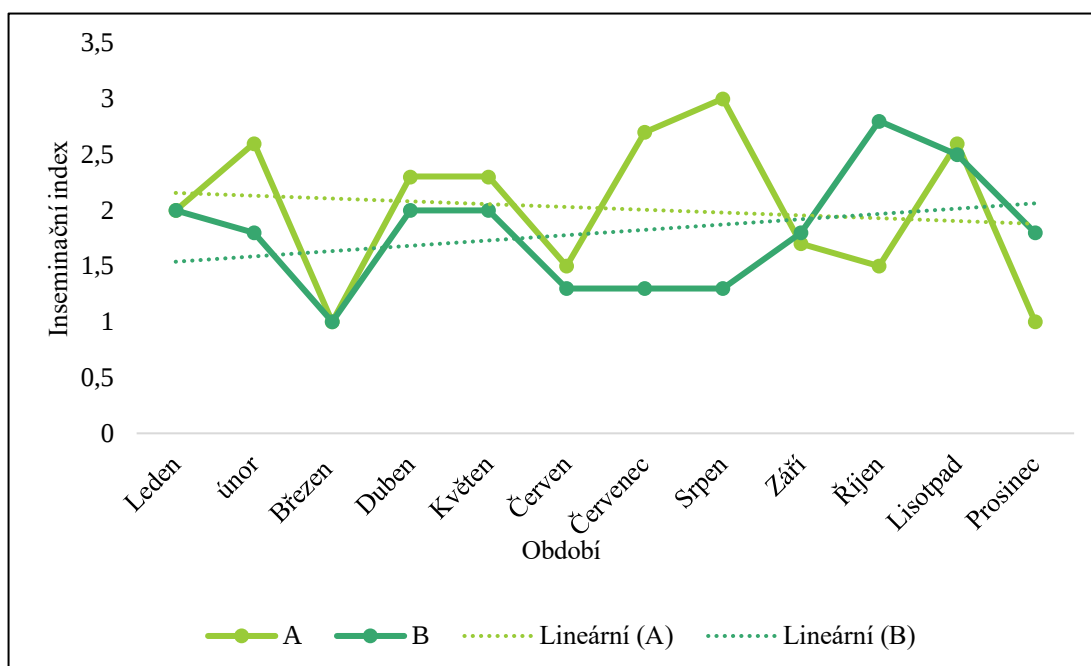
Graf 4.5 Servis perioda



Zdroj: Malecha (2025)

Na grafu 4.5 lze vidět rozdíl v tom, že servis perioda u skupiny A má pozvolnou klesající tendenci, zatímco u skupiny B je mírně rostoucí.

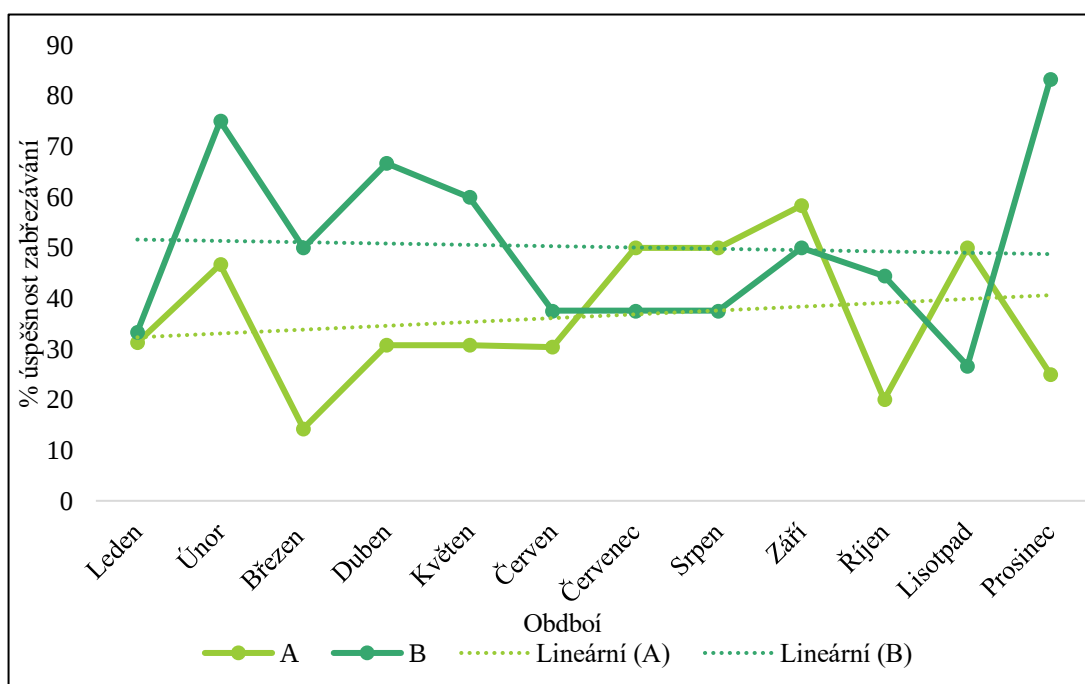
Graf 4.6 Inseminační index



Zdroj: Malecha (2025)

U inseminačního indexu je to podobné. Průměrné hodnoty skupiny B jsou sice nižší než hodnoty skupiny A, nicméně skupina A má opět dlouhodobou klesající tendenci a skupina B rostoucí, viz graf 4.6.

Graf 4.7 Úspěšnost zabřezávání v %



Zdroj: Malecha (2025)

V grafu 4.7 lze pozorovat úspěšnost zabřezávání, kdy skupina B má během roku lepší výsledky. Pokud se pozastavíme nad hodnotami z letních měsíců, kdy se dojnice nacházejí v tepelném stresu, je zajímavé, že skupina A má nejvyšší úspěšnost zabřezávání za celé sledované období a také lepší než skupina B.

Tabulka 4.4 Porovnání reprodukčních ukazatelů

Ukazatel	Burých a kol. (2021)	Agrom Zborov	Populace v ČR
Servis perioda (dny)	80	114	102,9
Mezidobí (dny)	365	405	386
Inseminační interval (dny)	61-75	72,6	69,1
Inseminační index	<1,8	1,9	1,9
Zabřezávání po všech inseminacích (%)	>50	39,5	46,3

Zdroj: Burých a kol. (2021); Malecha (2025)

Při porovnání průměrných dat základních reprodukčních ukazatelů s analýzou stáda farmy Zborov za rok 2024 s optimálními hodnotami ze studie od Burých a kol. (2021) a s průměrem populace (viz tabulka 4.4), lze posuzovat, že pouze inseminační interval a inseminační index jsou podobné jako hodnoty ze studie. Zhoršené hodnoty stáda vykazují servis perioda, mezidobí a úspěšnost zabřezávání po všech inseminacích. Hodnoty populace se v těchto ukazatelích neshodují s tím, co publikoval ve své studii Burých a kol (2021).

4.5 Ekonomické vyhodnocení

Ekonomika chovu dojníc patří mezi ukazatele úspěšného stáda. Balasundram a kol. (2023) uvádějí, že využívání moderních technologií a postupů v chovu dojníc přispívá ke zvyšování mléčné užitkovosti, zefektivnění výrobních procesů a ke snižování nákladů na pracovní sílu. Produkce mléka zároveň představuje pro zemědělce relativně rychlý a stabilní zdroj peněžních příjmů a významně se podílí na zajištění jejich ekonomické soběstačnosti.

Tabulka 4.5 Celkové náklady by-pass tuku

	cena za 1 kg	spotřeba v kg
Leden	30,60 Kč	450
Únor	27,30 Kč	325
Březen	27,30 Kč	425
Duben	30,60 Kč	425
Květen	30,60 Kč	500
Červen	30,60 Kč	375
Červenec	30,60 Kč	400
Srpen	30,60 Kč	375
Září	34,20 Kč	400
Říjen	36,90 Kč	400
Listopad	36,90 Kč	400
Prosinec	28,50 Kč	450
Celková spotřeba		4925
Průměrná cena za 1 kg		31,22 Kč
Náklad na 1 krávu za krmný den při spotřebě 0,42 kg		13,11 Kč
Náklad celkem v Kč		153 783,13 Kč

Zdroj: Malecha (2025)

Vzhledem k pozitivním výsledkům pokusu lze konstatovat, že tato investice do doplňku tuku do výživy byla velice přínosná. Tabulka 4.5 ukazuje přehled, jaké množství Schamann Energy bylo za celý rok spotřebováno, za jakou průměrnou cenu nakoupeno a jaký byl celkový náklad za rok 2024.

Tabulka 4.6 Množství mléka získaného navíc od pokusné skupiny

	Období	Kg mléka
Od jedné krávy	za den	4,02
	za měsíc	122,61
	za rok	1471,32
Od všech krav v pokusu n=32	za den	128,64
	za měsíc	3923,52
	za rok	47082,24

Zdroj: Malecha (2025)

Následující Tabulka 4.6 zohledňuje data, kdy předpokládáme, že dojnice v pokusné skupině dojily průměrně každý den od 4,02 kg mléka navíc a průměrný počet dojnic se pohyboval na čísle 32.

Tabulka 4.7 Celkový zisk

Průměrná realizační cena mléka	12,00 Kč
Množství nadojeného mléka navíc za celý rok (l)	47082,24
Výnos	564 986,88 Kč
Průměrná cena za kg by-pass tuku	31,22 Kč
Spotřeba by-pas tuku za rok (kg)	4925
Náklad	153 758,50 Kč
Zisk	411 228,38 Kč

Zdroj: Malecha (2025)

To, co by zajímalo každého chovatele dojeného skotu, je čistý zisk. Není samozřejmostí, že každá investice v takto variabilním (dynamickém) odvětví je vždy výhodná, protože na úspěšný chov dojnic má vliv mnoho proměnných, nicméně v tomto případě měla investice veliký význam. O tom se lze přesvědčit v tabulce 4.7, kde je vidět celkový zisk po investici.

5 Doporučení pro praxi

Z dosažených výsledků lze konstatovat, že přídavek by-pass tuku měl pozitivní vliv na užitkovost dojnic. Z tohoto pohledu by bylo vhodné uvažovat o jeho zařazení také do krmné dávky skupiny B, která tento doplněk neobsahovala. Jednoduchým výpočtem lze dojít k závěru, že takový krok by mohl přinést ekonomický přínos pro celé fungování firmy.

Na farmě je stanoven cíl, dosáhnout užitkovosti dojnic českého strakatého skotu 9000 kg mléka za normovanou laktaci. Vzhledem k situaci, že dochází k překřížení pouze na chov tohoto plemene, by bylo vhodné pomocí umělé selekce vyřadit ze stáda krávy holštýnského plemene (vyřazení, prodej na jiné hospodářství). Samozřejmostí je připouštět dojnice a jalovice inseminacími dávkami českého strakatého skotu.

Dále by bylo vhodné věnovat zvýšenou pozornost systému odchovu jalovic, zejména s důrazem na jejich včasné zapouštění. Vzhledem k průměrnému věku prvního otelení ve sledovaném chovu, který činí 32 měsíců, je zřejmé, že existuje prostor pro zlepšení. Obecně platí, že s rostoucím věkem při prvním otelení klesá užitkovost krav v první laktaci. Ačkoli se v tomto konkrétním případě užitkovost pohybuje nad průměrem populace, lze předpokládat, že dřívějším zapojením jalovic do reprodukčního cyklu by bylo možné dosáhnout ještě lepších výsledků. Optimalizace věku při prvním otelení by tak mohla pozitivně ovlivnit nejen užitkovost, ale i celkovou efektivitu chovu.

Nedostatky lze konstatovat v reprodukci dojnic, která není v ideálních hodnotách. Úspěšnost zabřezávání pod 40 % a servis perioda kolem 114 dní jsou nevyhovující. Zřejmě za to může fakt, že většina inseminací je prováděna s pomocí synchronizačních protokolů, protože současné pedometry (zařízení, které sleduje aktivitu dojnic v říji), jsou zastaralé a nevyhovující. Proto by bylo vhodné zainvestovat do nových pedometrů. V současné době existují i taková zařízení, která zároveň sledují přežvykování dojnic a případně na metabolické poruchy dojnic ihned upozorní chovatele na problém. Cílem je tedy zlepšit úspěšnost zabřezávání na nejméně 48 % a servis periodu na 85 dní.

Závěr

Cílem diplomové práce bylo ověření, zda má přidavek by-pass tuku do krmné dávky příznivý vliv na užitkovost a reprodukční vlastnosti dojníc ve vybraném chovu. V rámci sledování byla porovnána denní dojivost a základní reprodukční parametry mezi skupinou A (s přidavkem by-pass tuku) a skupinou B (bez přidavku by-pass tuku).

Výsledky prokázaly, že přidavek by-pass tuku měl statisticky významný vliv na zvýšení mléčné užitkovosti. Dojnice ve skupině A dosahovaly průměrné denní dojivosti 31,42 kg mléka, což představovalo nárůst o 4,02 kg oproti kontrolní skupině ($p=0,001$). Tyto výsledky potvrzují, že rozdíl mezi skupinami je statisticky významný ($p < 0,05$) a že přidavek by-pass tuku má pozitivní efekt na mléčnou užitkovost.

Z dlouhodobějšího pohledu se pozitivní vliv by-pass tuku projevil také při porovnání mléčné užitkovosti z roku 2023 a 2024. Celková roční užitkovost stáda vzrostla o 1472 kg mléka. U krav na první laktaci byl zaznamenán meziroční nůrůst o 1094 kg (při průměrné užitkovosti 8099 kg), u krav na druhé laktaci o 1581 kg (průměrná užitkovost 9405 kg) a u krav na třetí laktaci a vyšší laktaci o 1743 kg (průměrná 9111 kg). Průměrná užitkovost celého stáda na konci roku 2024 byla 8871 kg mléka.

Naopak reprodukční ukazatele nevykazovaly pozitivní odezvu na podávání by-pass tuku. Ve sledovaném období dosáhla skupina B v průměru o 9 % vyšší úspěšnosti zabřezávání, kratší servis periodu o 18 dní a mírně nižší inseminační index (o 0,1) oproti skupině A. Tyto výsledky ohledně reprodukce jsou v rozporu s uvedenými studiemi.

To, co by však mohlo zajímat většinu chovatelů dojeného skotu, je především ekonomický efekt. Není samozřejmostí, že každá investice v takto variabilním a dynamickém odvětví bude přínosná, neboť na úspěšný chov má vliv řada proměnných. V tomto případě však měla investice do by-pass tuku zásadní význam. O tom svědčí údaje s pozitivním ekonomickým ziskem.

Z výše uvedeného vyplývá, že zařazení by-pass tuku do krmné dávky představuje efektivní nástroj ke zvýšení mléčné užitkovosti, a to zejména u vysoce produkčních krav. Pro zlepšení reprodukčních výsledků je však zřejmé, že samotný přidavek by-pass tuku nestačí a je nutné uplatnit komplexní přístup zahrnující zlepšení řízení reprodukce.

V budoucnu by bylo vhodné rozšířit výzkum o dlouhodobé sledování vlivu by-pass tuku na obsah mléčných složek (tuk, bílkovina, laktóza) případně pozorovat zastoupení jednotlivých mastných kyselin v mléce. Další možností by bylo výzkum rozšířit o jiné formy by-pass tuků, jejich kombinací s dalšími výživovými faktory a posoudit i ekonomickou návratnost v různých typech chovů.

Seznam použité literatury

Citace knihy

1. Burdych, V. a kol. (2021). *Reprodukce skotu*. Družstvo pro kontrolu užitočnosti v ČR, Hradištko. ISBN 978-80-11-01407-0.
2. Hofírek, B. a kol. (2009). *Nemoci skotu*. Noviko, Brno. ISBN 978-80-86542-19-5.
3. MacGibbon, A. K. H., Taylor, M. W. 2006. Composition and structure of bovine milk lipids. Pages 1–42 in *Advanced Dairy Chemistry*. Vol. 2: Lipids. 3rd ed. P. F. Fox and P. L. H. McSweeney, ed. Springer, New York, NY.
4. Mitřík, T. (2018). *Silážovanie*. Třetí vydání. FEED LAB, s.r.o., Kežmarok. ISBN 978-80-9696-58-2-3.
5. Pond, W. G. A kol. (2005). *Basic Animal Nutrition and Feeding*. 5. vydání. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken (New Jersey). ISBN 978-0-471-21539-4.
6. Redman, G. (2015). *John Nix Farm Management Pocketbook:2015*. 45. vydání. Agro Business Consultants LTD, United Kingdom. ISBN 9780957693913.
7. Reece, W. O. (2011). *Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat*. Druhé rozšířené vydání. Grada Publishing, Praha. ISBN 978-80-247-3282-4.

Citace kapitoly v knize

8. Jarvis, G. N. a Moore, E. R. B. (2010). *Lipid Metabolism and the Rumen Microbial Ecosystem*. In: *Handbook of Hydrocarbon and Lipid Microbiology*. Edited by Timmis KN. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2245–2257.
9. Blanco, A. a Blanco, G. (2017). *Medical Biochemistry*. Chapter 5 – Lipids. Academic Press. ISBN 9780128035504. Strany 99-119.

Citace vědeckých publikací

10. Adewuyi, A. A. a kol. (2006). Relationship of plasma nonesterified fatty acids and walking activity in postpartum dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 89: 2977–2979.
11. Ambrose J, a Kastelic P. (2003). Dietary fatty acids and dairy cow fertility. *Advances in Dairy Technology*, 15: 35-47.

-
12. Armato, L. a kol. (2016). Rumen volatile fatty acids× dietary supplementation with live yeast and yeast cell wall in feedlot beef cattle. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A—Animal Science*, 66(2): 119-124.
 13. Balasundram, S. K. a kol. (2023). The role of digital agriculture in mitigating climate change and ensuring food security: an overview. *Sustainability*, 2023, 15(6): 5325.
 14. Bales, A. a kol. (2023). Increasing palmitic acid and reducing stearic acid content of supplemental fatty acid blends improves production performance of mid-lactation dairy cows. *Journal of dairy science*, 107(1):278-287.
 15. Bales, A. a Lock, A. (2024). Effects of increasing dietary inclusion of high oleic acid soybeans on milk production of high-producing dairy cows. *Journal of dairy science*, 107(10): 7867–7878.
 16. Bauman, D. E. a Griinari, J. M. (2003). Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annual Review of Nutrition*, 23: 203-227.
 17. Baumgard, L. H. a kol. (2006). Does negative energy balance (NEBAL) limit milk synthesis in early lactation. *Proceedings of the Southwest Nutrition and Management Conference*, 181-187.
 18. Bayat, A. a kol. (2022). The effect of dietary rumen-protected trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid or a milk fat-depressing diet on energy metabolism, inflammation, and oxidative stress of dairy cows in early lactation. *Journal of dairy science*, 105(4): 032–3048.
 19. Bedere, N. a kol. 2018. Meta-analysis of the relationships between reproduction, milk yield and body condition score in dairy cows. *Livestock science*, 210: 73-84.
 20. Bionaz, M. a kol. (2020). Advances in fatty acids nutrition in dairy cows: from gut to cells and effects on performance. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 11: 1-36.
 21. Boerman, J. a kol. (2017). Milk production and nutrient digestibility responses to increasing levels of stearic acid supplementation of dairy cows. *Journal of dairy science*, 100(4): 2729-2738.
 22. Bremmer, D. a kol. (1998). Effects of chain length and unsaturation of fatty acid mixtures infused into the abomasum of lactating dairy cows.. *Journal of dairy science*, 81(1), 176-88.

-
23. Brito a kol. (2021). Genetic selection of high-yielding dairy cattle toward sustainable farming systems in a rapidly changing world. *Animal*, 15: 100292.
 24. Britt, J. H. a kol. (2018). Invited review: Learning from the future—A vision for dairy farms and cows in 2067. *Journal of dairy science*, 101(5): 3722-3741.
 25. Britt, J. H. a kol. (2021). Perspective on high-performing dairy cows and herds. *Animal*, 15(1): 100298.
 26. Butler, W. R. (2001). Nutritional effects on resumption of ovarian cyclicity and conception rate in postpartum dairy cows. *BSAP Occasional Publication*, 26(1): 133-145.
 27. Butler, W. R. a kol. (1981). The relationships between energy balance, milk production and ovulation in postpartum Holstein cows. *Journal of animal science*, 53(3): 742-748.
 28. Caixeta, L. S. a Omontese, B. O. (2021). Monitoring and improving the metabolic health of dairy cows during the transition period. *Animals*, 11(2): 352.
 29. Collard, B. L. a kol. (2000). Relationships between energy balance and health traits of dairy cattle in early lactation. *Journal of dairy science*, 83(11): 2683-2690.
 30. Cranfield, H. T. a Taylor, M. G. D. (1915). The effect of feeding on the composition of milk and butter: Linseed cake and hempseed cake. *Analyst*, 40(475): 433-439.
 31. de Souza, J. a kol. (2018). Altering the ratio of dietary palmitic, stearic, and oleic acids in diets with or without whole cottonseed affects nutrient digestibility, energy partitioning, and production responses of dairy cows. *Journal of dairy science*, 101(1): 172-185.
 32. de Souza, J. a kol. (2019a). Effects of timing of palmitic acid supplementation during early lactation on nutrient digestibility, energy balance, and metabolism of dairy cows. *Journal of dairy science*, 102(1): 274-287.
 33. de Souza, J. a kol. (2019b). Altering the ratio of dietary C16:0 and cis-9 C18:1 interacts with production level in dairy cows: Effects on production responses and energy partitioning. *Journal of dairy science*, 102(11): 9842-9856.
 34. De Vries, A. a Marcondes, M. I. (2020). Overview of factors affecting productive lifespan of dairy cows. *Animal*, 14(1): 155-164.

-
35. Deka, N. a kol. (2024). Effect of Bypass Fat on Genital Status and Blood Biochemical Profiles in Pubertal Swamp Buffalo Heifers and Puerperal Swamp Buffalo Cows. *Indian Journal of Animal Research*, 1-7.
 36. Doebling, C. a Sundrum, A. (2019). The informative value of an overview on antibiotic consumption, treatment efficacy and cost of clinical mastitis at farm level. *Preventive Veterinary Medicine*, 165: 63-70.
 37. Domecq, J. J. a kol. (1997). Relationship between body condition scores and conception at first artificial insemination in a large dairy herd of high yielding Holstein cows. *Journal of dairy science*, 80(1): 113-120.
 38. Doran, M. J. a kol. (2022). Effects of concentrate supplementation and genotype on milk production and nitrogen utilisation efficiency in late-lactation, spring-calving grazing dairy cows. *Livestock Science*, 261: 104962.
 39. Drackley, J. K. a kol. (2001). Adaptations of glucose and long-chain fatty acids metabolism in liver of dairy cows during the periparturient period. *Journal of Dairy Science*. 84: 100–112.
 40. Enjalbert, F. a kol. (1997). Effects of dietary calcium soaps of unsaturated fatty acids on digestion, milk composition and physical properties of butter. *Journal of Dairy Research*, 64: 181-195.
 41. Friggens, N. C. a kol. (2010). Nutritional sub-fertility in the dairy cow: towards improved reproductive management through a better biological understanding. *Animal*, 4(7): 1197-1213.
 42. Gilmore, H. S. a kol. (2011). An evaluation of the effect of altering nutrition and nutritional strategies in early lactation on reproductive performance and estrous behavior of high-yielding Holstein-Friesian dairy cows. *Journal of dairy science*, 94(7): 3510-3526.
 43. Godde, C. a kol. (2019). Climate change and variability impacts on grazing herds: Insights from a system dynamics approach for semi-arid Australian rangelands. *Global Change Biology*, 25(9): 3091–3109.
 44. Gross, J. J. a kol. (2013). Liver fat content and lipid metabolism in dairy cows during early lactation and during a mid-lactation feed restriction. *Journal of Dairy Science*. 96: 5008–5017.
 45. Grummer, R. R. (2008). Nutritional and management strategies for the prevention of fatty liver in dairy cattle. *Veterinary journal*, 176(1): 10–20.

-
46. Hammon, H. a kol. (2008). Metabolic changes and net portal flux in dairy cows fed a ration containing rumen-protected fat as compared to a control diet. *Journal of dairy science*, 91(1): 208-217.
 47. Hifzulrahman, M a kol. (2019). Comparison of oil and fat supplementation on lactation performance of Nili Ravi buffaloes, *Journal of Dairy Science*, 102(4): 3000-3009, ISSN 0022-0302.
 48. Hogeveen, H. a kol. (2011). Economic aspects of mastitis: new developments. *New Zealand veterinary journal*, 59(1): 16-23.
 49. Hötger, K. a kol. (2013). Supplementation of conjugated linoleic acid in dairy cows reduces endogenous glucose production during early lactation. *Journal of dairy science*, 96(4): 2258-2270.
 50. Hu, L. a kol. (2024). Effects of dietary palmitic acid and oleic acid ratio on milk production, nutrient digestibility, blood metabolites and milk fatty acids profile of lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 107(7): 4370–4380.
 51. Cha, E. a kol. (2011). The cost and management of different types of clinical mastitis in dairy cows estimated by dynamic programming. *Journal of dairy science*, 94(9): 4476-4487.
 52. Chagas, L. M. a kol. (2007). Invited review: New perspectives on the roles of nutrition and metabolic priorities in the subfertility of high-producing dairy cows. *Journal of dairy science*, 90(9): 4022-4032.
 53. Charlton, G. L. a kol. (2011). Effects of providing total mixed rations indoors and on pasture on the behavior of lactating dairy cattle and their preference to be indoors or on pasture. *Journal of Dairy Science*, 94(8): 3875-3884.
 54. Chilliard, Y. a kol. (2000). Ruminant milk fat plasticity: nutritional control of saturated, polysaturated, trans and conjugated fatty acids. *Annales de zootechnie*, 47, 181–205.
 55. Chouinard, P. Y. a kol. (2001). Effect of dietary lipid source on conjugated linoleic acid concentrations in milk fat. *Journal of dairy science*, 84.3: 680-690.
 56. Churakov, M. a kol. (2021). Milk fatty acids as indicators of negative energy balance of dairy cows in early lactation. *Animal*, 15(7): 100253.
 57. Chuzaemi, S. a Qur'any, I. (2022). Ruminal profile of completed feed as influenced by myristic and tannins addition. *E3S Web of Conferences*, 335:00028.

-
58. Jenkins, T. a Jenny, B. (1992). Nutrient digestion and lactation performance of dairy cows fed combinations of prilled fat and canola oil.. *Journal of dairy science*, 75(3), 796-803.
59. Jenkins, T. C. (1993). Lipid metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science*; 76(12): 3851–63.
60. Jenkins, T. C. a kol. (2008). Board-invited review: Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. *Journal of animal science*, 86(2): 397-412.
61. Jolly, P. D. a kol. (1995). Physiological effects of undernutrition on postpartum. *Journal of Keproduction and Fertility Supplement*, 49: 477-492.
62. Jorritsma, a kol. (2003). Metabolic changes in early lactation and impaired reproductive performance in dairy cows. *Veterinary research*, 34(1): 11-26.
63. Koukal, P. (2017). Naši výživáři již 15 let využívají přednosti Cornellského systému výživy přežvýkavců – CNCPS. *Informační servis hospodářských zvířat a producenty krmných směsí*, 20-22.
64. Larsen, M. a kol. (2014). Abomasal protein infusion in postpartum transition dairy cows: Effect on performance and mammary metabolism. *Journal of Dairy Science*, 97(9): 5608-5622.
65. Lashkari, S. a kol. (2019). Rumen biohydrogenation of linoleic and linolenic acids is reduced when esterified to phospholipids or steroids. *Foo Food Science & Nutrition*, 8(1): 79-87.
66. Lass, A. a kol. (2011). Lipolysis – A highly regulated multi-enzyme complex mediates the catabolism of cellular fat stores. *Progress in Lipid Research*, 50: 14–27.
67. Leblanc, S. J. (2020). Relationships between metabolism and neutrophil function in dairy cows in the peripartum period. *Animal*, 14(1): 44-54.
68. Leduc, A. a kol. (2021). Effect of feed restriction on dairy cow milk production: a review. *Journal of Animal Science*, 99(7): 130.
69. Litherland, N. a kol. (2005). Dry matter intake is decreased more by abomasal infusion of unsaturated free fatty acids than by unsaturated triglycerides.. *Journal of dairy science*, 88(2):632-43.
70. Lock, A. L. a kol. (2013). Feeding a C16: 0-enriched fat supplement increased the yield of milk fat and improved conversion of feed to milk. *Journal of dairy science*, 96(10): 6650-6659.
-

-
71. Loften, J. R. a kol. (2014). Invited review: Palmitic and stearic acid metabolism in lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 97(8): 4661-4674.
 72. Lopreiato, V. a kol. (2020). Role of nutraceuticals during the transition period of dairy cows: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 11: 1-18.
 73. Lourenço, M. a kol. (2010). The role of microbes in rumen lipolysis and biohydrogenation and their manipulation. *Animal*, 4(7): 1008-1023.
 74. Lucy, M. C. a kol. (1991). Energy balance and size and number of ovarian follicles detected by ultrasonography in early postpartum dairy cows. *Journal of dairy science*, 74(2): 473-482.
 75. Mackey, D. R. a kol. (1999). Effect of acute nutritional restriction on incidence of anovulation and periovulatory estradiol and gonadotropin concentrations in beef heifers. *Biology of reproduction*, 61(6): 1601-1607.
 76. Macrae, A. I. A kol. (2019). Prevalence of excessive negative energy balance in commercial United Kingdom dairy herds. *The Veterinary Journal*, 248: 51-57.
 77. Manriquez, D. a kol. (2019). The effect of an organic rumen-protected fat supplement on performance, metabolic status, and health of dairy cows. *BMC Veterinary Research*, 15: 450.
 78. Månsson, H. L. (2008). Fatty acids in bovine milk fat. *Food & nutrition research*, 52.
 79. McCandlish, A. C. (1921). The use of cottonseed meal to increase the percentage of fat in milk. *Journal of Dairy Science*, 4(4): 310-333.
 80. McNamara, S. a kol. (2003). Effects of different transition diets on dry matter intake, milk production, and milk composition in dairy cows. *Journal of dairy science*, 86(7): 2397-2408.
 81. Mezzetti, M. a kol. (2021). The transition period updated: a review of the new insights into the adaptation of dairy cows to the new lactation. *Dairy*, 2(4): 617-636.
 82. Miglior, F. a kol. (2005). Selection indices in Holstein cattle of various countries. *Journal of dairy science*, 88(3): 1255-1263.
 83. Moallem, U. (2018). Invited review: Roles of dietary n-3 fatty acids in performance, milk fat composition, and reproductive and immune systems in dairy cattle. *Journal of dairy science*, 101(10): 8641-8661.

-
84. Monteverde, V. a kol. (2017). Serum lipid profile modification related to polyunsaturated fatty acid supplementation in thoroughbred horses. *Journal of Applied Animal Research*, 45(1): 615-618.
 85. Nicolas, B. a kol. (2018). Meta-analysis of the relationships between reproduction, milk yield and body condition score in dairy cows, *Livestock Science*, 210: 73-84, ISSN 1871-1413.
 86. Odongo, N. (2007). Effect of supplementing myristic acid in dairy cow rations on ruminal methanogenesis and fatty acid profile in milk. *Journal of dairy science*, 90(4) 1851-8.
 87. Oldick, B. S. a Firkins, J. L. (2000). Effects of degree of fat saturation on fiber digestion and microbial protein synthesis when diets are fed twelve times daily. *Journal of animal science*, 78(9): 2412-2420.
 88. Ospina, P. A. a kol. (2010). Associations of elevated nonesterified fatty acids and beta-hydroxybutyrate concentrations with early lactation reproductive performance and milk production in transition dairy cattle in the northeastern United States. *Journal of Dairy Science*. 93: 1596–1603.
 89. Otto, J. R. a kol. (2014). Reproduction and fertility parameters of dairy cows supplemented with omega-3 fatty acid-rich canola oil. *Annual Research & Review in Biology*, 4: 1611-1636.
 90. Palmquist, D. L. a Jenkins, T. C. (1980). Fat in lactation rations. *Journal of dairy science*, 63(1): 1-14.
 91. Palmquist, D. L. a Jenkins, T. C. (1980). Fat in lactation rations. *Journal of dairy science*, 63(1): 1-14.
 92. Palmquist, D. L. a Jenkins, T. C. (2017). A 100 – Year Review: Fat feeding of dairy cows. *Journal of dairy science*, 100(12): 10061-10077.
 93. Pascottini, O. B. a kol. (2020). Metabolic stress in the transition period of dairy cows: Focusing on the prepartum period. *Animals*, 10(8): 1419.
 94. Pascottini, O. B. a LeBlanc, S. J. (2020). Modulation of immune function in the bovine uterus peripartum. *Theriogenology*, 150: 193-200.
 95. Pereira, G. a kol. (2022). Effects of feeding rumen-protected linseed fat to postpartum dairy cows on plasma n-3 polyunsaturated fatty acid concentrations and metabolic and reproductive parameters. *Journal of Dairy Science*, Volume 105(1): 361–374.

-
96. Petersson, K. J. a kol. (2006). Atypical Progesterone Profiles and Fertility in Swedish Dairy Cows, *Journal of Dairy Science*, 89(7): 2529-2538. ISSN 0022-0302.
 97. Petersson, K. J. a kol. (2007). Genetic Analysis of Postpartum Measures of Luteal Activity in Dairy Cows, *Journal of Dairy Science*, 90(1): 427-434, ISSN 0022-0302.
 98. Piantoni, P. a kol. (2015). Milk production responses to dietary stearic acid vary by production level in dairy cattle. *Journal of dairy science*, 98(3): 1938-1949.
 99. Pires, J. A. A. a kol. (2022). Milk metabolites and fatty acids as noninvasive biomarkers of metabolic status and energy balance in early-lactation cows. *Journal of dairy science*, 105(1): 201-220.
 100. Plascencia, A. a kol. (2021). Influence of unsaturated to saturated ratio of fatty acids reaching the duodenum on postruminal digestion of stearic acid in Holstein steers fed a high-fat finishing diet. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 8:465-470.
 101. Pranomo, A. a kol., 2017. Dietary Protected Feed Supplement to Increase Milk Production and Quality of Dairy Cows. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 193(1):012-034.
 102. Prom, C. a kol. (2021). Abomasal infusion of oleic acid increases fatty acid digestibility and plasma insulin of lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 104(12): 12616–12627.
 103. Prom, C. a Lock, A. (2021). Replacing stearic acid with oleic acid in supplemental fat blends improves fatty acid digestibility of lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 104(9): 9956–9966.
 104. Pryce, J. E. a Veerkamp, R. F. (2001). The incorporation of fertility indices in genetic improvement programmes. *BSAP Occasional Publication*, 26(1): 237-249.
 105. Rabiee, A. R. a kol. (2012). Effect of fat additions to diets of dairy cattle on milk production and components: A meta-analysis and meta-regression. *Journal of dairy science*, 95(6): 3225-3247.
 106. Relling, A. a Reynolds, C. (2007). Feeding rumen-inert fats differing in their degree of saturation decreases intake and increases plasma concentrations

-
- of gut peptides in lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 90(3): 1506-15.
107. Rodney, R. a kol. (2015). Effects of dietary fat on fertility of dairy cattle: A meta-analysis and meta-regression. *Journal of dairy science*, 98(8): 5601-20.
108. Royal, M. a kol. (2000). Strategies for reversing the trend towards sub-fertility in dairy cattle. *The Veterinary Journal*, 160(1): 53-60.
109. Royal, M. D. a kol. (2002). The genetic relationship between commencement of luteal activity and calving interval, body condition score, production, and linear type traits in Holstein-Friesian dairy cattle. *Journal of dairy science*, 85(11): 3071-3080.
110. Santos, J. E. a kol. (2010). Applying nutrition and physiology to improve reproduction in dairy cattle. *Society of Reproduction and fertility supplement Journal*, 67:387-403.
111. Scott, T. a kol. (1995). Effects of rumen-inert fat on lactation, reproduction, and health of high producing Holstein herds.. *Journal of dairy science*, 78(11): 2435-51.
112. Seegers, H. a kol. (2003). Production effects related to mastitis and mastitis economics in dairy cattle herds. *Veterinary research*, 34(5): 475-491.
113. Sheldon, I. M. a Owens, S. E. (2018). Postpartum uterine infection and endometritis in dairy cattle. *Animal Reproduction*, 14(3): 622-629.
114. Schingoethe, D. J. (2017). A 100 - Year Review: Toal mixed ration feeding of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(12): 10143-10150
115. Siregar, F. A. (2020). Metabolisme lipid dalam tubuh. *Jurnal Inovasi Kesehatan Masyarakat*, 1: 60-66.
116. Souza, J. a Lock, A. (2019). Effects of timing of palmitic acid supplementation on production responses of early-lactation dairy cows. *Journal of dairy science*, 102(1): 260-273.
117. Staples, C. R. a kol. (1998). Influence of supplemental fats on reproductive tissues and performance of lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 1998(81): 856-87.
118. Sun, F. a kol. (2016). Regulation of nutritional metabolism in transition dairy cows: energy homeostasis and health in response to post-ruminal choline and methionine. *PLOS ONE*. 11(8): 0160659.
-

-
119. Tyagi, N. a kol. (2010). Effect of bypass fat supplementation on productive and reproductive performance in crossbred cows. *Tropical Animal Health and Production*, 42: 1749-1755.
120. Tzompa-Sosa, D. A. (2014). Influence of C16: 0 and long-chain saturated fatty acids on normal variation of bovine milk fat triacylglycerol structure. *Journal of Dairy Science*, 97(7): 4542-4551.
121. Valente, T. N. P. a kol. (2016). Ruminal microorganism consideration and protein used in the metabolism of the ruminants: A review. *African Journal of Microbiology Research*, 10(14): 456-464.
122. Vandehaar, M. J. a St-Pierre, N. (2006). Major advances in nutrition: Relevance to the sustainability of the dairy industry. *Journal of dairy science*, 89(4): 1280-1291.
123. Velázquez, M. M. del Luján a kol. (2019). Immune status during postpartum, peri-implantation and early pregnancy in cattle: An updated view. *Animal reproduction science*, 206: 1-10.
124. Veth, M. a kol. (2009). Efficacy of conjugated linoleic acid for improving reproduction: a multi-study analysis in early-lactation dairy cows. *Journal of dairy science*, 92(6): 2662-9.
125. Walsh, S. W. a kol. (2011). A review of the causes of poor fertility in high milk producing dairy cows. *Animal reproduction science*, 123(3-4): 127-138.
126. Weld, K. a Armentano, L. (2018). Feeding high oleic acid soybeans in place of conventional soybeans increases milk fat concentration. *Journal of dairy science*, 101(11): 9768-9776.
127. Western, M. a kol. (2020). Effects of commercially available palmitic and stearic acid supplements on nutrient digestibility and production responses of lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 103(6): 5131-5142.
128. Windig, J. a kol. (2008). Relationship between milk progesterone profiles and genetic merit for milk production, milking frequency, and feeding regimen in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 91(7): 2874-2884.
129. Xu, W. a kol. (2020). Relationship between energy balance and metabolic profiles in plasma and milk of dairy cows in early lactation. *Journal of Dairy Science*, 103(5): 4795-4805.
-

-
130. Zachut, M. a kol. (2020). Biomarkers of fitness and welfare in dairy cattle: healthy productivity. *Journal of Dairy Research*, 87(1): 4-13.
131. Zijderveld a kol. (2011). Effects of a combination of feed additives on methane production, diet digestibility, and animal performance in lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 94(3): 1445-54.

Citace webových zdrojů

132. Rytina, L. (2003) Jak hodnotit TMR? [online] Náš Chov [cit. 18.3.2025] Dostupné z: <https://naschov.cz/jak-hodnotit-tmr/>
133. Schaumann.cz (2025). *Schaumann*. [online] [cit. 24.3.2025]. Dostupné z: www.schaumann.cz/skot-172/c/schaumann-energy-pro-krmny-tuk-pro-vyssi-uzitkovost-a-plodnost-2519
134. Smith, R (2024) Beyond energy: What signals are your fatty acids sending? [online] Progressive Dairy [14.3.2025] Dostupné z: <https://www.ag-proud.com/articles/59963-beyond-energy-what-signals-are-your-fatty-acids-sending>

Seznam obrázků

Obrázek 3.1 Průměrný THI za rok 2024.....	27
Obrázek 3.2 THI za rok 2024.....	27
Obrázek 3.3 Ukázka výpočtu krmné dávky v programu Taruinut	28
Obrázek 3.4 Etiketa produktu.....	29
Obrázek 3.5 By-pass tuk	29
Obrázek 3.6 Dvě nejdůležitější mastné kyseliny chráněné v bachoru.....	30
Obrázek 4.1 Grafické znázornění průměrné denní dojivosti na krávu podle skupiny	36
Obrázek 4.2 Průměrné laktační dny obou skupin (ve dnech)	40

Seznam grafů

Graf 4.1 Živinové složení kukuřičné siláže.....	32
Graf 4.2 Živinové složení silážovaných pícnin	33
Graf 4.3 % zastoupení tuku v krmné dávce	35
Graf 4.4 Porovnání mléčné užitkovosti dojnic	39
Graf 4.5 Servis perioda	41
Graf 4.6 Inseminační index	42
Graf 4.7 Úspěšnost zabřezávání v %	42

Seznam tabulek

Tabulka 1.1 Výroba mléka a průměrná dojivost krav v ČR 2020-2024.....	9
Tabulka 1.2 Mastné kyseliny v mléce.....	17
Tabulka 4.1 Krmné dávky a živinové složení	34
Tabulka 4.2 Porovnání mléčné užitkovosti stáda s průměrem populace (kg	40
Tabulka 4.3 Rozdíly reprodukčních ukazatelů testovaných skupin	41
Tabulka 4.4 Porovnání reprodukčních ukazatelů	43
Tabulka 4.5 Celkové náklady by-pass tuku	44
Tabulka 4.6 Množství mléka získaného navíc od pokusné skupiny.....	44
Tabulka 4.7 Celkový zisk.....	45

Seznam použitých zkratek

ADV – acido-detergentní vláknina

BCS – body condition score (tělesní kondice skotu)

BHB – betahydroxybutyrát

CLA – konjugovaná kyselina linolová

EB – energetická bilance

ECM – produkce mléka korigovaného na obsah energie

EMK – esenciální mastné kyseliny

GLP-1 – glucagon-like peptide-1 (glukagonu podobný peptid)

IGF-1 – Inzulin Like Growth Factor1 (růstový hormon)

LCFA – Long Chain Fatty Acids (mastné kyseliny s dlouhým řetězcem)

LH – luteinizační hormon

MCFA – Medium Chain Fatty Acids (mastné kyseliny se středně dlouhým řetězcem)

MK – mastné kyseliny

MUFA – Mono-Unsaturated Fatty Acids (mononenasycené mastné kyseliny)

NDV – neutrálně detergentní vláknina

NEB – negativní energetická bilance

NEFA – non-esterified fatty acids (neesterifikované mastné kyseliny)

NEL – netto energie laktace

NL – dusíkaté látky

PUFA – poly-unsaturated fatty acids (polynenasycené mastné kyseliny)

SCFA – Short Chain Fatty Acids (mastné kyseliny s krátkým řetězcem)

TCG – triacylglycerol

TMR – total mixed ration (směsná krmná dávka)

VLDL – very low density lipoprotein (cholesterol)