

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra kvality a bezpečnosti potravin



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vývoj zdravotně prospěšných výrobků na bázi čerstvých
sýrů adaptovaných pro trh ve Vietnamu a v České
republice**

Diplomová práce

Autor práce: Alžběta Kosařová

Kvalita potravin a zpracování zemědělských produktů

Vedoucí práce: Ing. Veronika Legarová, Ph.D.

Konzultant práce: Ing. Soňa Formánková Herman

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci Vývoj zdravotně prospěšných výrobků na bázi čerstvých sýrů adaptovaných pro trh ve Vietnamu a České republice jsem vypracoval(a) samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor(ka) uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 22.4.2024

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Veronice Legarové, Ph.D., vedoucí mojí práce za její trpělivost, ochotu, cenné rady a přátelský přístup při vedení práce. Za její nadšení pro mlékařství. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Soně Formánkové Herman za velmi příjemnou spolupráci v laboratoři, ochotu a cenné konzultace. V neposlední řadě bych ráda poděkovala prof. Ing. Lence Kouřimské, Ph.D. a doc. Dr. Ing. Zdeňce Panovské za velmi přínosné konzultace. Mé poděkování také patří Ing. Kláře Trunečkové, Bc. Danielovi Bertovi a Bc. Zuzaně Beránkové, za příjemnou spolupráci v laboratoři. A nakonec mojí rodině, za velkou podporu v průběhu celého studia.

Vývoj zdravotně prospěšných výrobků na bázi čerstvých sýrů adaptovaných pro trh ve Vietnamu a v České republice

Souhrn

Spotřeba mléka a mléčných výrobků na českém trhu v posledních letech stále roste. Byla zaznamenána nejen větší obliba sýrů u spotřebitelů, ale také zájem o inovativní potraviny s přidanou hodnotou. Přestože vietnamský trh s mléčnými produkty, zejména se sýry není zdaleka tak velký jako v České republice, zájem o mléčné výrobky stále narůstá, především u mladé generace.

Teoretická část práce se zabývala chemickým složením kravského mléka, problematikou laktóзовé intolerance a využitím rostlinných olejů vhodných pro fortifikaci čerstvých sýrů. Dále byla popsána situace čerstvých sýrů na českém a vietnamském trhu. A v neposlední řadě byla popsána technologie výroby čerstvých sýrů v malovýrobě. Protože výstupem této práce bylo kromě sensorické analýzy také potvrzení, že ve vzorcích obsahujících rostlinný olej je vyšší obsah polynenasycených mastných kyselin, byla poslední kapitola teoretické části práce věnována plynové chromatografii, která byla použita pro stanovení mastných kyselin ve vzorcích.

Cílem praktické části diplomové práce byl vývoj receptury nového inovativního produktu na bázi čerstvého sýra, který bude mít vyšší obsah polynenasycených mastných kyselin (PUFA). Receptura byla vyvíjena tak, aby výsledný produkt byl vhodný pro český i vietnamský trh. Protože literatura uvádí, že ve Vietnamu je vysoký počet lidí s laktózovou intolerancí, tak byl v prvním kroce navržen postup výroby bezlaktózového čerstvého sýra. Dále byly vybrány 3 oleje (sacha inchi, sezamový, arašídový) s vyšším obsahem PUFA a byla provedena celá řada výrob různých druhů čerstvých sýrů, u kterých byl částečně nahrazen mléčný tuk rostlinným olejem v poměru 60:40 a 80:20. Dále pak byly menším panelem hodnotitelů vybrány sensoricky nejlepší sýry, které byly vyrobeny v mlékárně Farma Struhu s.r.o. a nakonec sensoricky analyzovány větším panelem hodnotitelů v laboratoři České zemědělské univerzity.

Hlavní zjištění bylo, že v sensorické analýze vybraného deskriptoru – celkové hodnocení sýra, byl nejlépe hodnocen bezlaktózový čerstvý sýr. Sýry, u kterých bylo nahrazeno 20 % mléčného tuku rostlinným olejem tak, aby celkový obsah tuku byl 4 %, nebyly hodnotiteli

vnímány stejně nebo lépe než klasické čerstvé sýry. Pro zamaskování chuti oleje v sýru byla použita čokoládová příchuť, která však nespĺnila očekávání a pachutě dle některých hodnotitelů nazamaskovala. Zároveň měly čokoládové sýry nižší hodnocení celkového vzhledu i barvy. Bylo ale potvrzeno, že fortifikované sýry měly zvýšený obsah nenasycených mastných kyselin oproti klasickým sýrům.

Nová receptura se ukázala jako efektivní pro zvýšení obsahu nenasycených mastných kyselin ve výsledném produktu. Je zapotřebí pokračovat ve vývoji, aby výsledný čerstvý sýr s olejem byl konzumenty hodnocen stejně nebo lépe než klasické sýry. Data této diplomové práce se mohou použít pro další studie.

Klíčová slova: intolerance; kravské mléko; laktóza; Vietnam; výživa; sýr

Development of healthy products based on fresh cheeses adapted for the market in Vietnam and the Czech Republic

Summary

The consumption of milk and dairy products on the Czech market has been growing in recent years. There has been not only a higher interest and popularity of cheese among consumers, but also an interest in innovative, value-added foods. Although the Vietnamese market for dairy products, especially cheese, is not nearly as large as in the Czech Republic, interest in dairy products is growing, especially among the younger generation.

The theoretical part of the thesis dealt with the chemical composition of cow's milk, the problem of lactose intolerance and the use of vegetable oils suitable for the fortification of fresh cheese. Furthermore, the situation of fresh cheese on the Czech and Vietnamese markets was described. The output of this work, besides sensory analysis, was also the confirmation whether samples containing vegetable oil had a higher content of polyunsaturated fatty acids. Therefore, the last chapter of the theoretical part of the work was devoted to gas chromatography, which was used to determine fatty acids in the samples.

The aim of the practical part of the thesis was the development of a new innovative product recipe based on fresh cheese, which will have a higher content of polyunsaturated fatty acids. The recipe was developed so that the resulting product would be suitable for the Czech and Vietnamese markets. As the literature indicates that there is a high number of lactose intolerant people in Vietnam, a process for producing lactose-free fresh cheese was proposed in the first step. Furthermore, 3 oils (sacha inchi, sesame, peanut) with higher PUFA content were selected and a number of different types of fresh cheeses were produced, in which milk fat was partially replaced by vegetable oil in a ratio of 60:40 and 80:20. In addition, the best cheeses were selected by a smaller panel of evaluators and then produced in the Farma Struhy s.r.o. dairy and finally sensory analysed by a larger panel of evaluators in the laboratory of the Czech University of Life Science.

The main result was that in the sensory analysis of the selected descriptor – the overall cheese score, the lactose-free fresh cheese was the best rated. Cheeses where 20 % of the milk fat was replaced by vegetable oil to give a total fat content of 4 % were not rated as good as or better than conventional fresh cheeses. A chocolate flavour was used to mask the taste of the

oil in the cheese, but it did not meet expectations and masked the aftertaste. At the same time, the chocolate cheeses had lower ratings for overall appearance and colour. However, it was confirmed that fortified cheeses had an increased PUFA content compared to conventional cheeses.

The new recipe has proven to be effective in increasing the PUFA content of the final product. However, further development is needed to make sure that the resulting fresh cheese with oil is rated by consumers as good as or better than conventional cheese. The data from this thesis can be used for further studies.

Keywords: intolerance; cow's milk; lactose; Vietnam; nutrition; cheese

Obsah

1 Úvod.....	7
2 Vědecká hypotéza a cíle práce	8
3 Literární rešerše	9
3.1 Kravské mléko.....	9
3.2 Chemické složení mléka.....	9
3.2.1 Mléčný tuk	9
3.2.2 Mléčný cukr	11
3.2.3 Mléčné bílkoviny	11
3.2.4 Minerální látky a vitamíny.....	12
3.3 Laktózová intolerance.....	12
3.3.1 Trh bezlaktózových produktů ve Vietnamu a v České republice	14
3.4 Trend výživy člověka ve Vietnamu.....	15
3.5 Využití rostlinných olejů jako částečná náhrada živočišných tuků.....	16
3.5.1 Nasycené mastné kyseliny v lidské výživě.....	16
3.5.2 Nenasycené mastné kyseliny	17
3.5.3 Oleje vhodné pro fortifikaci.....	17
3.5.4 Základní informace o vybraných olejích	19
3.5.5 Olejem fortifikované čerstvé sýry na Českém a Vietnamském trhu	20
3.6 Čerstvé sýry	21
3.6.1 Trh v České republice	22
3.6.2 Trh ve Vietnamu	23
3.6.3 Nutriční význam	24
3.7 Technologie výroby čerstvých sýrů v malovýrobě.....	25
3.7.1 Výběr mléka.....	25
3.7.2 Tepelné ošetření mléka	25
3.7.3 Standartizace a homogenizace tuku	26
3.7.4 Průmyslové štěpení laktózy	26
3.7.5 Zaočkování mlékařskou kulturou	27
3.7.6 Sýření	27
3.7.7 Krájení sýřeniny.....	28
3.7.8 Odkap syrovátky	28
3.7.9 Solení, přídavek přísad	29
3.8 Plynový chromatograf s hmotnostním spektrometrem	30
4 Metodika	32
4.1 Výroba sýrů	32
4.1.1 Látky použité k výrobě sýrů	33

4.1.2	Přístroje a laboratorní vybavení použité při výrobě sýrů.....	33
4.1.3	Postup výroby bezlaktózového sýra	33
4.1.4	Postup výroby bezlaktózového sýra s přidaným olejem.....	34
4.1.5	Vyrobené sýry pro sensorickou analýzu.....	34
4.2	Analýza vzorků.....	36
4.2.1	Použité chemikálie.....	36
4.2.2	Přístroje a laboratorní vybavení.....	37
4.2.3	Příprava vzorků na analýzu	37
4.2.4	Analýza vzorků na GC/MS.....	37
4.3	Metodiky sensorické analýzy a statistické zpracování dat.....	38
5	Výsledky.....	39
5.1	Test účinnosti enzymu laktázy	39
5.2	Výsledky měření.....	40
5.2.1	Výsledky měření složení mléka.....	40
5.2.2	Výsledky měření sýrů na GC/MS.....	40
5.3	Senzorická analýza čerstvých sýrů	42
5.3.1	Senzorická analýza č. 1.....	42
5.3.2	Senzorická analýza č. 2.....	45
5.3.3	Porovnání průměrného celkového hodnocení všech sýrů	51
6	Diskuze.....	53
7	Závěr	56
8	Literatura.....	57
9	Seznam použitých zkratek a symbolů	63
10	Seznam použitých obrázků a tabulek	64
11	Samostatné přílohy	I

1 Úvod

Sýry, jsou velmi oblíbenou skupinou mléčných produktů a jsou nedílnou součástí zdravé výživy. Jsou bohatým zdrojem bílkovin, tuků, minerálních látek a vitamínů. Přestože se v dnešní době vyrábí až 1500 druhů sýra, na trhu je stále prostor pro vývoj nových produktů. Rostoucí zájem lidí o zdravou a pestrou stravu přináší nové možnosti výroby reformulovaných výrobků na bázi čerstvých sýrů. Přestože jsou sýry zdrojem mnoha nutričně důležitých látek, mají také poměrně vysoký obsah nasycených mastných kyselin. S využitím moderních technologií a nových postupů, mohou být upraveny receptury sýrů například nahrazením části mléčného tuku rostlinným olejem, který má vyšší obsah polynenasycených mastných kyselin než mléčný tuk.

Vědecký tým na České zemědělské univerzitě se poslední 3 roky ve spolupráci s mlékárnou Farma Struhy s.r.o. a s vietnamskou univerzitou Hanoi University of Science and Technology (HUST) zabýval vývojem reformulovaných výrobků vhodných pro český a vietnamský trh. Výstupem této spolupráce jsou inovativní reformulované produkty na bázi čerstvých sýrů a syrovátkové nápoje, při jejichž výrobě byla použita syrovátka vzniklá při výrobě sýrů. Kromě částečné náhrady mléčného tuku rostlinnými oleji se projekt dále zabýval zvýšením obsahu bílkovin přidáním rostlinných proteinů a také se zaměřil na bezlaktózové produkty. V dnešní době má okolo 75 % dospělé populace problémy s laktózovou intolerancí a segment bezlaktózových mléčných produktů se stále rozšiřuje. V této diplomové práci byla popsána pouze část z celého projektu a sice vývoj reformulovaných laktózových a bezlaktózových čerstvých sýrů s rostlinným olejem. V práci jsou tyto produkty nazvány pro zjednodušení jako sýry. V případě jejich uvedení na trh by dle české legislativy podle vyhlášky č. 274/2019 Sb. musel být jejich název změněn a nesměly by se prodávat pod názvem sýry.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem práce je vývoj receptury na bázi čerstvého sýra s vyšším obsahem nenasycených mastných kyselin adaptovaných pro český i vietnamský trh. Ve Vietnamu je vysoký počet lidí s laktózovou intolerancí, proto bude receptura navržena tak, aby byla laktóza rozštěpena enzymem laktáza za vzniku monosacharidů glukózy a galaktózy. Dále bude při vývoji kladen důraz na zvýšenou poptávku po mléčných výrobcích, u kterých došlo k částečné náhradě živočišného tuku za rostlinný. Vybrány budou oleje se zvýšeným obsahem esenciálních polyenových mastných kyselin. Výstupem práce bude receptura čerstvého sýra se zvýšeným obsahem PUFA.

Hypotéza práce: Bezlaktózové výrobky na bázi čerstvého sýra se zvýšeným obsahem PUFA jsou konzumenty vnímány stejně, nebo dokonce lépe než klasické čerstvé sýry.

3 Literární rešerše

3.1 Kravské mléko

Kravské mléko je biologická tekutina primárně určená pro výživu telat. Nutriční složení je přesně uzpůsobené podle jejich potřeb a je rozdílné například s mateřským mlékem (El-Agamy, 2007). Kravské mléko je pro člověka cenným zdrojem základních makro a mikro živin a jeho zařazení do jídelníčku je velmi důležité (Kasapidou et al. 2023) V celosvětovém měřítku se nejvíce vyprodukuje kravského (82,4 %) a buvolího (13,6 %) mléka. Zbylé procento je produkce ovčího, koziho, velbloudího, oslího, sobího nebo koňského mléka (Wagner et al., 2020).

3.2 Chemické složení mléka

Z fyzikálně chemického hlediska je kravské mléko komplexní koloidní disperze obsahující kaseinové micely, syrovátkové bílkoviny, tukové kuličky a ve vodném roztoku obsahující laktózu a minerální látky (McCarthy et Singh, 2009). Dále obsahuje celou řadu minoritních prvků jako jsou vitamíny (kobalamín, riboflavin, kyselina pantotenová), aromatické sloučeniny, organické a anorganické soli obsahující vápník, hořčík, selen a další molekuly. Složení mléka může být ovlivněno různými faktory jako jsou druh, plemeno, nutriční stav a zdraví zvířete, fáze laktace a individualita (Adam et al., 2005; Fox et al., 2017). Ve srovnání kravského mléka s mateřským mlékem má kravské vyšší obsah bílkovin, lehce vyšší obsah popelovin a nižší obsah laktózy. Vyšší obsah laktózy kromě mateřského mléka má také například koňské nebo oslí mléko. Vysoký obsah bílkovin mají ovčí, kozí a buvolí mléko (Tabulka 1) (Roy et al., 2020).

Tabulka 1: Obecné složení (g/100 ml) mléka různých druhů savců (Roy et al., 2020, upraveno autorem)

Složení	Lidské	Přežvýkavci				Nepřežvýkavci		
		Kravské	Buvolí	Kozí	Ovčí	Velbloudí	Koňské	Oslí
Sušina	10,7-12,9	11,8-13,0	15,7-17,2	11,9-16,3	18,1-20,0	11,9-15,0	9,3-11,6	8,8-11,7
Bílkoviny	0,9-1,9	3,0-3,9	2,7-4,7	3,0-5,2	4,5-7,0	2,4-4,2	1,4-3,2	1,4-2,0
Tuk	2,1-4,0	3,3-5,4	5,3-9,0	3,0-7,2	5,0-9,0	2,0-6,0	0,3-4,2	0,3-1,8
Laktóza	6,3-7,0	4,4-5,6	3,2-4,9	3,2-5,0	4,1-5,9	3,5-5,1	5,6-7,2	5,8-7,4
Popeloviny	0,2-0,3	0,7-0,8	0,8-0,9	0,7-0,9	0,8-1,0	0,69-0,9	0,3-0,5	0,3-0,5

3.2.1 Mléčný tuk

Kravské mléko obsahuje přibližně 30-60 g/l lipidů. Většina lipidů v mléce tvoří tukové kuličky, které jsou obklopeny membránou obsahující polární lipidy a proteiny (Lin et al. 2021). Tuk savců je převážně tvořen triacylglyceroly 97-98 % uloženými v jádře tukové kuličky, která je obklopena tenkou membránou. Role membrány tukové kuličky je velmi důležitá pro udržení stability ve vodné fázi mléka a pro ochranu před degradací enzymy. Skládá se z 60 % bílkovin a 40 % lipidů, především polárních jako jsou fosfolipidy a sfingolipidy. Jsou zde ale také

monoglyceridy, diglyceridy, triglyceridy nebo cholesterol (Lin et al. 2021). Kravské mléko obsahuje mastné kyseliny ze dvou zdrojů. Mastné kyseliny s krátkým a středně dlouhým řetězcem C4:0 – C14:0 mohou být syntetizovány *de novo* v mléčné žláze (Werteker et al. 2017). Zatímco druhá skupina mastných kyselin je přijímána v krmivu zvířat a pochází z krevních lipidů. Jedná se například o C16:0, C18:0, C18:1, C18:2 (Navrátilová Pavlína et al., 2012).

Mléčný tuk se skládá přibližně z 75 % nasycených mastných kyselin jako jsou palmitová, stearová nebo myristová (Werteker et al., 2017). Menší zastoupení mají tzv. těžké mastné kyseliny do C10:0 (kyselina máselná C4:0, kapronová C6:0 a kaprilová C8:0). Tyto kyseliny jsou velmi důležitý pro chuť a aroma zejména u některých druhů sýrů mají významné pozitivní vlastnosti (Navrátilová Pavlína et al. 2012). Dále 21 % patří mononenasyceným mastným kyselinám, zejména olejové a pouze 4 % jsou tvořena polynenasycenými mastnými kyselinami (Werteker et al., 2017). V lidské stravě je mléčný tuk také důležitým zdrojem konjugované kyseliny linolové (CLA). Izomer *cis* -9, *trans* -11 C18:2 tvoří přibližně 75–95 % všech izomerů CLA mléčného tuku a zároveň vykazuje vysokou biologickou aktivitu. Naopak v mléčném tuku se nachází nižší obsah kyseliny eikosapentaové (EPA) a kyseliny dokosahexanové (DHA) (Bodkowski et al. 2016). Tyto omega-3 mastné kyseliny s dlouhým řetězcem CLA, EPA, DHA nebo kyselina dokosapentaenová (DPA) působí protizánětlivě, antitromboticky nebo snižují riziko ischemické choroby (Davis et al. 2020). Ve srovnání s mléčným tukem mateřského mléka obsahuje kravské mléko vyšší podíl nasycených mastných kyselin a nižší podíl mononenasycených a polynenasycených mastných kyselin. A v porovnání koňské a oslí mléko obsahuje vyšší poměr PUFA než mléko přežvýkavců a mléko mateřské. Naopak ale obsahuje nižší podíl MUFA, nižší poměr omega 3 a omega 6 mastných kyselin a nižší obsah cholesterolu (Tabulka 2) (Roy et al., 2020).

Tabulka 2: Profil mastných kyselin (% celkových mastných kyselin) a obsah cholesterolu v mléce různých druhů savců (Roy et al., 2020, upraveno autorem)

MK	Lidské	Přežvýkavci					Nepřežvýkavci	
	Kravské	Buvolí	Kozí	Ovčí	Velbloudí	Koňské	Oslí	
SFA (%)	39,4-45	55,7-72,8	62,1-74	59,9-73,7	57,5-74,6	47-69,9	37,5-55,8	46,7-67,7
MUFA (%)	33,2-45,1	22,7-30,3	24,0-29,4	21,8-35,9	23,0-39,1	28,1-31,1	18,9-36,2	15,3-35,0
PUFA (%)	8,1-19,1	2,4-6,3	2,3-3,9	2,6-5,6	2,5-7,3	1,8-11,1	12,8-51,3	14,2-30,5
Poměr omega 3 a 6	7,4-8,1	2,1-3,7	Bez dat	4	1,0-3,8	Bez dat	0,3-3,5	0,9-6,1
CLA (%)	0,2-1,1	0,2-2,4	0,4-1	0,3-1,2	0,6-1,1	0,4-1	0,02-0,1	Bez dat

Profil mastných kyselin v mléce je rozdílný. Jeho složení a obsah ovlivňuje zejména krmnou směsí dojníc (Bodkowski et al. 2016). Výsledky studií ukazují odlišné složení mléka při rozdílné stravě dojníc. Mléko ekologicky krmených dojníc krmených pící s přístupem na pastvu mělo příznivý poměr n-6/n-3 (0,95). Ekologické farmy, kde byl zahrnut střední podíl koncentrovaného krmiva měli poměr n-6/n-3 (2,3) a dojnice v konvenčních systémech měli nejvyšší poměr n-6/n-3 (5,8). Tento vysoký poměr byl dán zejména obsahem obilnin, které zvyšují poměr n-6 v krmivu (Davis et al., 2020).

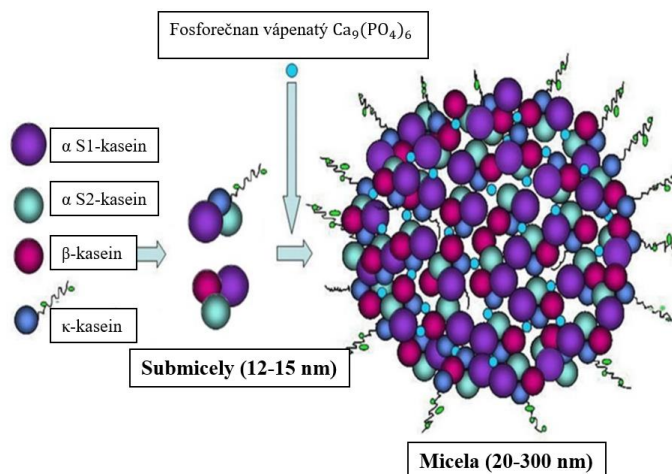
3.2.2 Mléčný cukr

Laktóza je hlavní a specifickou složkou kravského mléka (Fox et al., 2017). Její obsah v kravském mléce je 37-51 g/l (Suri et al. 2019). Je to disacharid tvořený monosacharidy glukózou a galatózou spojených β 1-4 glykosidickou vazbou. K syntéze dochází přímo v mléčné žláze z glukózy absorbované z krve (Adam et al., 2005; Fox et al., 2017). Kromě toho kravské mléko také obsahuje další cukry jako je glukóza, fruktóza, galaktosamin, glukosamin, glykoproteiny nebo kyselinu neuraminovou. V průběhu fázi laktace se obsah laktózy v mléce mění. Negativně může obsah laktázy ovlivnit infekční onemocnění vemene (mastitida) (Fox et al., 2017).

3.2.3 Mléčné bílkoviny

Mléčné bílkoviny hrají nejdůležitější roli při srážení mléka. Jejich obsah v kravském mléce je přibližně 36 g/l a můžeme je rozřadit na tři základní skupiny, a to na kaseiny (80 %), syrovátkové proteiny (16 %) a proteiny z globulí mléčného tuku (1-4 %) (Zhang et al., 2023). Množství proteinů v mléce může být ovlivněno řadou faktorů: věkem, plemenem, výživou, pořadím a stádiem laktace nebo individualitou dojnice (Navrátilová et al., 2012).

Kasein, odvozené z latinského slova "caseus" znamenající "sýr", představuje hlavní bílkovinnou frakci mléka (Petrova et al. 2022). Geny kódující kaseiny jsou lokalizovány na stejném chromozomu, a mezi nejvýznamnější kaseiny patří α S1-kasein, β -kasein, α S2-kasein a κ -kasein, představující 40 %, 35 %, 12,5 % a 12,5 % kaseinové frakce v mléce. Kaseiny jsou fosfoproteiny obsahující 1-11 aniontů kyseliny fosforečné (organického fosforu), které vytvářejí esterové vazby, zejména s hydroxylovou skupinou serinu. Obsah serinfosfátových zbytků v polypeptidových řetězcích proteinu určuje jeho citlivost na kationty vápníku. Mezi jejich funkce patří schopnost α S1, α S2 a β -kasein vázat vápník, zatímco κ -kasein funguje jako stabilizační protein. Tyto funkce jsou názorně vidět na kvartérní struktuře kaseinu (obrázek 1), která je označována jako micela, skládající se z centrálního hydrofobního jádra (citlivého na vápník u α S1, α S2 a β -kasein) a periferní hydrofilní vrstvy (κ -kasein) (Petrova et al. 2022). β -kasein se v mléce může nacházet v 15 různých genetických variantách z nichž tyto byly nalezeny u většiny evropských plemen skotu (A1, A2, A3, B, C, I a E). Nejznámější jsou β -CN A1 a β -CN A2. (Vigolo et al., 2023).



Obrázek 1: Schématické znázornění kaseinové micely (Petrova et al., 2022, upraveno autorem)

Druhou nejpočetnější skupinou bílkovin v kravském mléce jsou syrovátkové bílkoviny. Do této skupiny patří α -laktalbumin, β -laktoglobulin, laktoferin, sérový albumin, imunoglobuliny a proteázo-pepton. Tyto proteiny jsou globulární molekuly, dobře rozpustné a podstatná část je prostorově uspořádána do alfa-helix tvaru (Zhang et al., 2023; Navrátilová et al., 2012). Surovátkové bílkoviny lze získat přímo z mléka, častěji se ale získávají ze syrovátky. Surovátka je zelenožlutá tekutina vznikající jako vedlejší produkt při výrobě sýra a tvarohu. Surovátkové bílkoviny jsou ideálním zdrojem esenciálních aminokyselin s vysokou biologickou hodnotou. Hlavními vlastnostmi jsou vysoká rozpustnost ve vodě, schopnost tvorby gelu, pěny a velmi dobré emulgační vlastnosti. Dále se používají k úpravě textury nebo ke zlepšení sensorických vlastností produktu. Díky tomu je zde široké pole možností využití zejména v potravinářském průmyslu (cukrovinky, pekařské výrobky, ovocné a sportovní nápoje, kojenecká výživa, dietní výrobky, nutraceutika) nebo ve farmacii (Wagner et al., 2020).

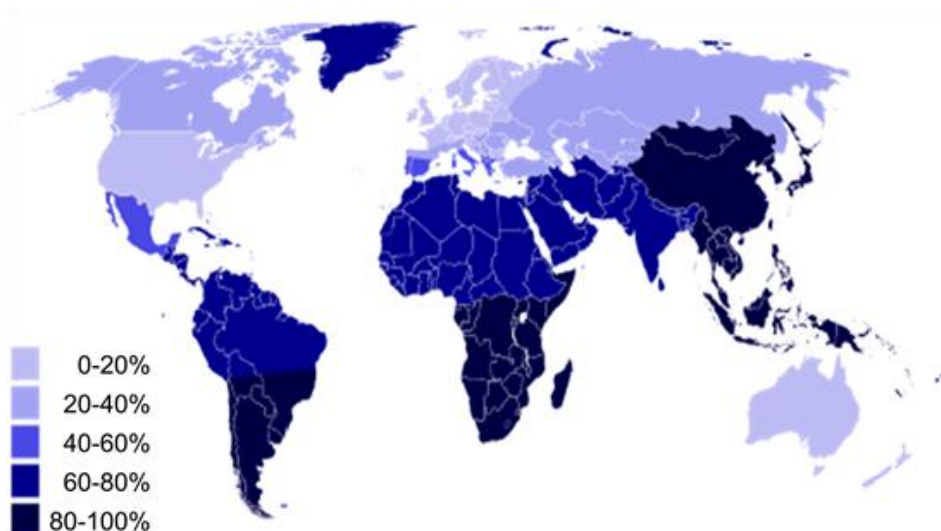
3.2.4 Minerální látky a vitamíny

Sušina mléka se pohybuje v rozmezí 12-13 % a je tvořena zejména organickými látkami v různých chemických formách. Nejvíce zastoupeny jsou v mléce makroelementy: draslík, vápník, chlor, fosfor, sodík a hořčík nejčastěji v podobě anorganických solí a iontů nebo součástí organických sloučenin. Obsah minerálních látek se v každém mléce liší a jejich koncentrace je ovlivněna výživou, genetikou, stádiem laktace nebo životním prostředím (Gaucheron, 2005; Bondan et al., 2018). Ve studii Zhang et al., 2023 prokázali, že mléko, které obsahuje vyšší množství celkového vápníku má velmi dobrou schopnost koagulace. Kravské mléko je také zdrojem celé řady mikroelementů, které mají nezanedbatelný význam ve výživě člověka například: zinek, železo, měď nebo selen (Gaucheron 2011)

Vitamíny jsou organické nízkomolekulární sloučeniny, které i přestože nejsou stavební materiál nebo zdroj energie, mají důležitou biokatalytickou funkci v organismu. Kravské mléko obsahuje všechny nezbytné vitamíny například rozpustné ve vodě kyselina pantotenová, riboflavin (B_2), niacin, pyridoxin (B_6), thiamin (B_1), kyselina listová, biotin nebo kobalamin (B_{12}) a rozpustné v tucích vitamín A, D, E a K (Gaucheron, 2011).

3.3 Laktózová intolerance

V současné době je laktózová intolerance rozšířena po celém světě a velká část populace nekonzumuje kravské mléčné výrobky a tím pádem nevyužívá nutriční benefity kravského mléka. Enzym laktáza, který v lidském těle přirozeně štěpí laktózu má zvýšenou aktivitu u kojenců a s postupným stárnutím jedince dochází k fyziologickému snižování aktivity ve střevních buňkách. Podle odhadu přibližně 75 % dospělých lidí na světě má přirozeně primární deficit laktázy. Vyjímkou jsou země, kde je již historicky tradiční chov skotu. Zejména severoevropské země mají velmi nízký výskyt laktózové intolerance. Zvyšující výskyt je ve zbytku Evropy, Austrálii a Severní Americe, a ještě vyšší na Středním východě. V Asii, Africe a Jižní Americe je výskyt velmi vysoký (Obrázek 2) (Capcanari et al., 2021).



Obrázek 2: Intolerance laktózy celosvětově, % celkové populace (Capcanari et al., 2021)

V některých asijských a afrických zemích je výskyt intolerance dokonce 95 % až 100 % (Li A et al., 2023). Laktózová intolerance ale není jediný problém související s konzumací mléka. Lidé ji mohou snadno zaměnit za alergii na kravské mléko (mléčnou bílkovinu) (Crittenden & Bennett 2005). Primární laktózová intolerance je nejčastěji vyskytující se u dospělých lidí. Zatímco sekundární laktózovou intoleranci mohou mít už malé děti způsobenou v důsledku střevních onemocnění a následného poškození střev například neléčenou celiakií, virovou gastroenteritidou, zánětem nebo Crohnovou chorobou. Často také dochází k záměně laktózové intolerance s alergií na mléčnou bílkovinu a následně ke špatné diagnóze a léčení dítěte. Jsou ale také případy, kdy kojenci mohou mít alergii na kravské mléko se sekundární deficitem laktázy (Obrázek 3) (Heine et al., 2017).



Obrázek 3: Intolerance laktózy a gastrointestinální alergie na kravské mléko u kojenců (Heine et al., 2017, upraveno autorem)

Laktózová intolerance je porucha trávicího systému, zatímco alergie je imunitní reakce. Zajímavé je, že mnohem vyšší hlášení alergie na kravské mléko bylo u lidí, kteří si alergii sami diagnostikovali, než bylo hlášeno v kontrolovaných zaslepených studiích (Crittenden & Bennett 2005). Stejně tak byly hlášeny případy, kdy si sami lidé diagnostikovali laktózovou intoleranci a nebyla u nich zjištěna neschopnost trávení laktózy. Vyvolané symptomy tedy pravděpodobně souviseli s jinou příčinou (Pal et al. 2015)

Hlavní roli ve štěpení disacharidu laktózy na monosacharidy glukózu a galaktózu má enzym laktáza. U zdravých jedinců se laktáza tvoří v kartáčovém lemu tenkého střeva už krátce po narození, a její aktivita je nejvyšší u novorozenců. Tuto schopnost ale velká část lidí postupně v průběhu stárnutí ztrácí (Kable et al. 2023). Pokud není laktóza hydrolyzována v tenkém střevě, projde do tlustého střeva v nestráveném, původním stavu. V tlustém střevě pak působí jako zdroj energie pro střevní mikroorganismy (Solomons, 2002). Nestrávená laktóza je přeměněna na plyny (metan, vodík, oxid uhličitý) a na mastné kyseliny s krátkým řetězcem (acetát, butyrát, laktát, mravenčnan a propionát), což může vést k nadýmání, průjmu a dalším gastrointestinálním potížím (Li A et al., 2023). Obtíže může u každého jedince vyvolat jiné množství zkonsumované laktózy. Záleží nejenom na množství a formě zkonsumovaného produktu, ale také na stupni deficitu (Suri et al. 2019). Pokud člověk pravidelně pije mléko nebo konzumuje mléčné výrobky a přijímá tak laktózu ve stravě, může si tím stimulovat aktivitu laktázy (Senadisai et al. 2015)

Existují různé výrobní postupy, při kterých lze snížit obsah laktózy v mléčných produktech. Například u sýru Gouda se sýrové zrno promývá vodou, čímž dochází k vyššímu vyplavení laktózy ze sýra do vody. U jiných typů sýra dochází ke snížení obsahu laktózy v průběhu zrání za pomoci bakterií mléčného kvašení. Jedná se například o tvrdé sýry typu parmazán nebo čedar. Další produkt s nízkým obsahem laktózy je máslo (Dekker et al., 2019). Laktózu je také možné rozštěpit a docílit tak bezlaktózového produktu. V dnešní době lze hydrolýzu provést dvěma způsoby. Komerčně jsou volně dostupné různé typy laktáz: kyselá a neutrální. Kyselá laktáza je určena pro spotřebitele jako doplněk stravy a užívá se spolu s konzumovaným mléčným výrobkem. Neutrální laktáza je určena především pro průmyslovou výrobu. Jsou ale některé země, ve kterých je nabízená spotřebitelům k domácímu ošetření mléka (Dekker et al., 2019). Velmi častá je také náhrada kravského mléka za rostlinná mléka např. sójové, rýžové nebo kokosové. Lidé s dlouhodobou až celoživotní bez mléčnou dietou mohou mít nedostatek některých nutrientů např. vápníku (Suri et al. 2019).

Podle vyhlášky č. 54/2004 Sb. Vyhláška o potravinách určených pro zvláštní výživu a o způsobu jejich použití mohou potraviny s nízkým obsahem laktózy obsahovat maximálně 1 g laktózy ve 100 g nebo 100 ml potraviny ve stavu určeném ke konzumaci. V případě bezlaktózových potravin mohou obsahovat nejvýše 10 mg laktózy ve 100 g nebo 100 ml potraviny ve stavu určeném ke konzumaci (Ministerstvo zdravotnictví 2004). Řada studií ale potvrdila, že velká část spotřebitelů s laktózovou intolerancí nemá pozorovatelné účinky po konzumaci 2 g laktózy denně a snese konzumaci až 10 g laktózy denně (Li et al. 2023).

3.3.1 Trh bezlaktózových produktů ve Vietnamu a v České republice

Největší a nejrychleji rostoucí trh bezlaktózových produktů má západní Evropa a po ní Latinská Amerika. Bezlaktózové produkty jsou stále více dostupnější a jejich kvalita je stejná jako u klasických mléčných výrobků. Díky tomu se stává, že někdy i celé rodiny přechází kvůli jednomu členovi na bezlaktózové produkty. Bezlaktózové výrobky obsahují monosacharidy glukózu a galaktózu, které mají větší sladivost než původní disacharid laktóza. Díky tomu jsou pak produkty sladší, což umožňuje snížit přidaný cukr v mléčných výrobcích a tím snížit i kalorickou hodnotu produktu. Je zajímavé, že u spotřebitelů v zemích s vysokou konzumací mléka je tato změna chuti vnímána spíše jako negativní, zatímco v asijských a latinsko

amerických zemích je sladší chuť vnímána pozitivně (Dekker et al., 2019). Například vietnamská mlékárna TH True Milk prodává kromě mlék s příchutí i UHT mléko s přidaným cukrem. Pro porovnání obsah cukru u slazeného mléka je 8,2 g/100 ml a u normálního mléka bez přidaného cukru 4,6 g/100 ml (TH True Milk, 2024; vlastní průzkum).

3.4 Trend výživy člověka ve Vietnamu

Vietnam patřil před 30 lety mezi nejhudší země světa. V dnešní době ale jeho ekonomika patří mezi jednu z nejrychleji rostoucích ekonomik (Bairagi et al., 2020). I přes to, aktuální problematiku téma ve Vietnamu je chronická podvýživa dětí a problémy se zabezpečením potravin. I přes zlepšení zdravotního stavu v poslední době jsou stále oblasti např. v severní horské oblasti Vietnamu, kde se zakrnělý růst a anemie vyskytují téměř u poloviny dětí. Jedná se zejména o děti žijící na venkově a etnické menšiny, které jsou více závislé na vlastní produkci potravin (Rocha et al. 2022).

Tradiční vietnamská strava se skládá zejména z cereálií, zeleniny nebo hlíz. Z toho vyplývá, že tato strava s sebou nese riziko nedostatku energie, bílkovin nebo mikroživin (železo, vitamín A, B₁, C) (Bao Khanh et al., 2016). V průřezové studii (Bao Khanh et al. 2016) zjistili, že nezanedbatelná část dětí mladších 11 let nesplňuje doporučenou denní dávku pro řadu živin. Obohacení základních potravin o chybějící živiny a minerální látky je společným zájmem, jak veřejnosti, tak i farmářů a potravinářských podniků. Pro kvalitní výrobu fortifikovaných potravin ve větším měřítku potřebují malé a střední podniky podporu. Důležité je zejména dodržení všech bezpečnostních a nutričních norem při výrobě. S touto problematikou se zabývá Vietnamské ministerstvo zdravotnictví na oddělení Národního institutu výživy, kde jsou vedeny výzkumy a programy na zlepšení potravinové bezpečnosti a podvýživy (Rocha et al., 2022). V roce 2007 byla vydána Národní strategie výživy pro zlepšení pestrosti stravy, která mimo jiná doporučení obsahovala i doporučení zvýšení konzumace mléka a mléčných výrobků dle věku konzumenta (Hop et al., 2011). Mléčné výrobky jsou jedním z ideálních zdrojů vysoce kvalitních bílkovin, vitamínů (A, B₁, B₂, D), mastných kyselin a mikroživin. Bylo zjištěno, že spotřeba mléka klesá se zvyšujícím se věkem. Děti předškolního věku měli adekvátní příjem živin, zatímco děti školního věku už byli pod hranicí doporučeného příjmu. Přičemž bylo zjištěno, že 100 g mléčných výrobků za den může zvýšit adekvátní příjem živin o 10 % až 28 % (Bao Khanh et al., 2016).

Zároveň ve studii (Bairagi et al. 2020) zjistili aktuální trend, že bohatší obyvatelé žijících ve městech omezili konzumaci hlavní suroviny rýže v domácnostech a začali více vyhledávat nutričně bohaté a luxusní potraviny, jako je maso nebo mléko. Hlavním motivem změny ale nebyl styl života (město x venkov), ale růst příjmu (Bairagi et al., 2020). Nebyl také nalezen vztah mezi vzděláním matky a konzumací mléčných výrobků, kromě u sušeného mléka. Je tedy také důležité zajištění zvýšení znalostí u dospělých lidí o benefitech konzumace mléčných výrobků (Bao Khanh et al. 2016). Vznikající změnou vzorců spotřeby potravin vzniká také tlak na dodavatelské řetězce, aby dostatečně zajistili nabídku potravin s vysokým obsahem bílkovin: maso, mléko, vejce nebo mořské plody (Bairagi et al., 2020).

3.5 Využití rostlinných olejů jako částečná náhrada živočišných tuků

Mastné kyseliny jsou biomolekuly charakterizovány uhlíkovým řetězcem zakončeným karboxylovou skupinou. Tyto molekuly se dělí do kategorií podle množství nenasycených vazeb v jejich uhlíkovém řetězci na SFA (nasycené mastné kyseliny) a UFA (nenasycené mastné kyseliny), které se dále dělí na MUFA (mononenasycené mastné kyseliny) a PUFA (polynenasycené mastné kyseliny). Zvláštní kategorií jsou esenciální mastné kyseliny, které nemohou být syntetizovány v lidském těle a jejich příjem musí být zajištěn z potravy (Villamil et al., 2021).

3.5.1 Nasycené mastné kyseliny v lidské výživě

Stále více přibývají studie, ve kterých výživa může ovlivnit vznik chronických onemocnění v lidské populaci (Shingfield et al., 2013). Nevhodné stravovací návyky jako je zvýšená konzumace potravin bohatých na nasycené mastné kyseliny (SFA) a sodík jsou rizikovým faktorem pro rozvoj těchto onemocnění (Villamil et al., 2021). Například klíčovým faktorem vzniku diabetes je snížená citlivost na inzulín, která, může být spojena s nadměrným příjmem nasycených mastných kyselin. Klinické studie upozorňují na zvýšenou konzumaci transmastných mastných kyselin (TFA) a SFA se středně dlouhým řetězcem, které jsou rizikovým faktorem pro kardiovaskulární onemocnění (Shingfield et al., 2013). V Severní Americe ale byla například provedena metaanalýza, ve které bylo zjištěno, že děti konzumující plnotučné mléko mají nižší pravděpodobnost vzniku obezity a nadváhy než děti konzumující mléko se sníženým obsahem tuku. Existuje několik teorií, proč měla konzumace plnotučného mléka za následek nižší adipozitivu u dětí. Většina se shoduje na tom, že při konzumaci mléka se sníženým obsahem tuku jsou chybějící kalorie nahrazeny cukrem nebo doplněny z méně zdravých potravin, což má za následek zvýšené riziko nadváhy a obezity v dětství. V analýze je také uvedeno, že strava, ve které je nahrazen mléčný tuk nenasycenými mastnými kyselinami může plnit funkci kardiometabolické ochrany (Vanderhout et al. 2020).

Produkty získané od přežvýkavců jsou významným zdrojem vysoce kvalitních bílkovin, bioaktivních lipidů, vitamínů, mikroživin ale i SFA a TFA. Mléko a mléčné výrobky jsou hlavním zdrojem laurové (12:0) a myristové (14:0) kyseliny. Jednou z možností, jak ovlivnit složení tuků v živočišných produktech je změnit výživu přežvýkavců. Změn lze dosáhnout nahrazením konzervovaného krmiva čerstvou trávou nebo přidáním do krmiva doplňků jako jsou různé druhy olejnatých semen. Mléko nebo maso pak z těchto zvířat má nižší obsah SFA, a naopak se v různé míře zvýší obsah konjugované kyseliny linolové (CLA), cis-9 18:1, n-3 a n-6 PUFA (Shingfield et al., 2013).

Nejen chovatelé, ale i potravinářský průmysl, se snaží inovovat receptury mléčných produktů. Jednou z častých forem zlepšení složení produktu je fortifikace. Jedná se o metodu, kdy dochází k přidání bioaktivních sloučenin do potravin za účelem zlepšení nedostatku produktu a zvýšení zdravotního přínosu. Často používané sloučeniny jsou vápník, antioxidanty, kyselina listová, železo, vláknina, vitamín A nebo nenasycené mastné kyseliny (UFA). Fortifikace mléčných produktů UFA přináší potenciál zlepšení zdravotních přínosů a je předmětem zájmu potravinářského průmyslu (Villamil et al. 2021).

V některých studiích bylo zjištěno, že jinak přínosná fortifikace může mít negativní vliv na některé texturní, fyzikálně-chemické, mikrobiologické nebo sensorické vlastnosti sýra (Villamil et al. 2021).

3.5.2 Nenasycené mastné kyseliny

Nenasycené mastné kyseliny jsou uhlovodíkové řetězce mající alespoň jednu dvojnou vazbu mezi dvěma uhlíky. Dělí se na dvě skupiny podle počtu dvojných vazeb, a to na mononenasyčené (jednu dvojnou vazbu) a polyneenasycené (obsahují více dvojných vazeb) (Lunn et Theobald, 2006).

3.5.2.1 Esenciální polyenové mastné kyseliny

Nejznámější esenciální mastné kyseliny jsou kyselina α -linolenová (ALA, C18:3 omega 3), kyselina eikosapentanová (EPA, C20:5 omega-3), kyselina dokosahexanová (DHA, omega-3) a kyselina linolová (LA, C18:2, omega 6) (Villamil et al., 2021). Jsou to PUFA, které si lidský organismus nedokáže sám syntetizovat a musí být přijímány ve stravě (Bodkowski et al. 2016).

Omega-3 (n-3) a omega-6 (n-6) patří do skupiny esenciálních mastných kyselin (Bodkowski et al. 2016). Pro lidské zdraví je velmi důležitý poměr mezi těmito kyselinami. Jako ideální se považuje poměr 1/1 až maximálně 4/1 n-6/n-3. Přibývají studie, které naznačují, že nadměrná konzumace n-6 a zvýšený poměr n-6/n-3 přispívají k nárůstu obezity, diabetu a aterosklerózy (Davis et al. 2020). Hlavním zdrojem omega-3 mastných kyselin z živočišných zdrojů jsou rybí tuk a mořské plody. Jsou především zdrojem EPA a DHA, ale jejich nevýhodou je často nepřijatelný zápach a chuť. K získání omega-3 mastných kyselin lze využít i rostlinné zdroje například lněné semínko, sóju nebo řepku olejnou (Bermúdez-Aguirre et Barbosa-Cánovas, 2012). Různé výzkumy navrhly, aby optimální denní dávka EPA a DHA pro průměrnou osobu byla přibližně 300 mg (v rozmezí 190–330 mg) a aby zahrnovala konzumaci dvou porcí ryb týdně, přičemž jedna z nich by měla být tučná (Farbod et al. 2015). Zdrojem omega-3 a omega-6 mastných kyselin může být i kravské mléko, které přirozeně obsahuje 0,3 – 3,3 mg/g tuku konjugované kyseliny linolenové (CLNA) a konjugované kyseliny linolové (CLA) omega-6. Tyto mastné kyseliny mají mimo jiné potenciální protizánětlivé, antikarcinogenní účinky a mohou napomáhat při obezitě (Fontes et al., 2024). Dále by také strava se zvýšeným podílem omega-3 mohla podporovat léčbu deprese, rakoviny, Alzheimerovy choroby, hypertenze nebo stařecké demence (Markiewicz-Kęszycka et al., 2013).

3.5.3 Oleje vhodné pro fortifikaci

Nejčastěji zkoumané oleje vhodné pro obohacení sýra jsou oleje ze semen a luštěnin, z toho nejčastěji se studie zabývají arašídou, olivovým, sójovým, palmovým, řepkovým, chia nebo kukuřičným olejem (Villamil et al. 2021).

Pro začlenění rostlinného oleje do sýra existují různé strategie. Možnosti jsou přidání prostřednictvím krmiva dojníc, přímé přidání olejů při výrobě nebo mikroenkapsulace olejových emulzí (Villamil et al. 2021). První již zmíněnou možností je vylepšená strategie

krmení krav. V různých studiích hodnotili zlepšení nutriční kvality mléka po přidávání extrudovaných semen. Lněné semínko je jedním z velmi často zkoumaných semen. Jeho zkrmování zlepšilo nutriční profil mléčného tuku zvýšením podílu ALA a snížením arterogenních MK. Studie trvala 10 týdnů a pokusy byly prováděny na holštýnských kravách ve střední až pozdní laktaci. Lněné semínko až 2,72 kg/den bylo do krmiva přidáno buď v extrudované formě nebo v mleté. Zpracování ale významně neovlivnilo složení mléčného tuku. Ve studii bylo mléko použito na výrobu sýru mozzarella a másla (Oeffner et al., 2013). Pozitivní výsledky na obsah mastných kyselin v mléčném tuku měla také suplementace krmiva olivovým nerafinovaným olejem. Byly ale zjištěny negativní účinky na sensorické vlastnosti sýra tupu chanco. Také byly provedeny studie, ve kterých byl použit rybí tuk. Výsledný produkt ale sensoricky nevyhovoval (Villamil et al. 2021).

Druhou možností je fortifikace sýra přímým přidáním oleje nebo olejové emulze při výrobě. Nejčastěji zkoumanými sýry jsou čerstvé sýry, mozzarella nebo čedar (Villamil et al. 2021). Vědci na univerzitě v Tabríz se pokusili nahradit 50 % a 100 % mléčného tuku řepkovým a olivovým olejem. Bohužel sensorický panel hodnotitelů akceptoval více neobohacený kontrolní vzorek sýra (Achachlouei et al. 2013). V jiné studii použili do výroby mexického měkkého, bílého, pařeného sýra Oaxaca sójový olej a pro zvýšení retence oleje sójový protein a různé karagenany. Ve studii zjistili, že náhradou mléčného tuku více než 75 % lze dosáhnout vyššího obsahu bílkovin a vlhkosti a zároveň došlo ke zlepšení texturních vlastností. Také byla zaznamenána vyšší tvrdost sýra, zejména při náhradě mléčného tuku mezi 25-50 % (Totosaus et al. 2017). Vyšší tvrdost ale naopak nevyhovovala a byla nežádoucí v turecké studii, kde k fortifikaci bílého sýra použili palmový olej, olej z palmových jader a sójový olej (Arslan et al. 2010).

Ve studii (Ullah et al. 2018) byl zkoumán další typ oleje, a to chia olej do výroby čedaru. Byla nahrazeno 2,5, 5, 7,5 a 10 % mléčného tuku. V případě náhrady 7,5 % došlo ke snížení obsahu cholesterolu, ke zvýšení koncentrace omega mastných kyselin, fenolových sloučenin a zároveň sensorické hodnocení bylo srovnatelné s kontrolním vzorkem neobsahující olej. Podobně pozitivní výsledky získali ve studii (Arslan et al. 2014), kde do výroby zrajícího bílého sýra bylo přidáno 1 a 1,5 % kukuřičného oleje. Částečná náhrada mléčného tuku pozitivně ovlivnila poměr PUFA/SFA a studie naznačila, že sýr má komerční potenciál a mohl by zaujmout lidi se zdravotními problémy.

Pro zvýšení zadržení tuku v měkkém, bílém sýru a snížení jeho ztrát při odkapu do syrovátky (Khalifa et al. 2016) kromě 4 % arašídového oleje také přidali 1 % směsi emulgátorů. První varianta směsi byla složena z mono a diglyceridů mastných kyselin s guarovou gumou, karboxymethylcelulózy, sodné soli a xantanové gumy. Druhá varianta směsi z mono a diglyceridů mastných kyselin se syrovátkovým práškem. Při použití první směsi došlo ke zvýšení zadržení tuku v sýru. Avšak při použití druhé směsi došlo i ke zvýšení sensorické akceptace a snížení peroxidace (Khalifa et al. 2016). Podzemnice olejná je v asijských zemích jednou ze základních olejnin. Arašídová jádra jsou bohatá na olej, bílkoviny a bioaktivní látky (fytoosteroly, tokoferoly) (Zhang et al. 2022). Arašídový olej má velmi dobrý lipidový profil. Má vyšší poměr nenasycených mastných kyselin než nasycených mastných kyselin a přirozeně neobsahuje trans mastné kyseliny a cholesterol. Vysoký obsah kyseliny olejové ovlivňuje řadu pozitivní biologických účinků. Konzumace arašídového oleje nebo arašídů byla spojena se

sníženým rizikem kardiovaskulárních onemocnění a diabetes druhého typu (Suchoszek-Łukaniuk et al., 2011).

Další možností je technologie zapouzdření, která se uplatňuje při obohacování potravin olejem. Tato metoda spočívá v zachycení aktivní sloučeniny, ať už pevné, kapalné nebo plynné, uvnitř zapouzdřovacího činidla s cílem vytvořit kapsle o definované velikosti částic. Tímto způsobem se dosahuje větší retence mikroenkapsulované sloučeniny a umožňuje řízené uvolňování do média. Zároveň dochází ke snížení interakcí mezi aromatickými sloučeninami, což má pozitivní vliv na celkovou kvalitu produktu. Tato technologie umožňuje preciznější manipulaci s bioaktivními sloučeninami, podporuje stabilitu systému, zlepšuje texturu a sensorické vlastnosti produktu (včetně maskování nepříjemných pachů). Kromě toho umožňuje kontrolu uvolňování aktivní látky do média a zabraňuje rychlé oxidaci lipidů. Tyto výhody zapouzdření představují významný technologický pokrok v oblasti potravinářství (Villamil et al., 2021).

Mikroenkapsulované oleje použili ve studii (Bermúdez-Aguirre & Barbosa-Cánovas 2012) do výroby 3 druhů sýra (queso fresco, čedar a mozzarella). Pasterizace mléka byla provedena novými netepelnými způsoby (ultrazvuk, pulzní elektrické pole a vysoký hydrostatický tlak). Tyto metody byly vybrány podle získaných výsledků z předchozích studií a jsou ekvivalentní tepelné pasterace mléka. Jejich použití zvýšilo trvanlivost mléka a mléčných výrobků a snížilo mikrobiální zátěž. Jako zdroje omega-3 mastných kyselin byli použity rybí a lněný olej, mikroenkapsulovaný rybí olej a lněný prášek. Zároveň ve studii bylo zkoumáno, jaký vliv má na retenci fáze výroby, ve které byl zdroj omega-3 přidán. Pro každý typ sýra vyšel jiný ideální technologický postup. V případě čerstvého sýra queso fresco byla nejlepší fáze pro fortifikaci živočišným zdrojem v době po pasteraci a rostlinným zdrojem během solení. Vyšší retence omega-3 nastala při využití mikroenkapsulovaných nebo práškových zdrojů, neboť tyto složky se snadněji integrují do sýrové matrice než v případě kapalného oleje. (Farbod et al. 2015) ve své studii hodnotili fortifikaci sýru feta 4 g tekutého rybího oleje a 15 g rybího oleje v prášku, což představuje 10 % doporučené denní dávky EPA a DHA. Pro maskování rybí příchutě nežádoucí v těchto produktech použili jemný kmínový prášek. Při analýze mastných kyselin se ukázalo, že v porovnání se sýry s vysokým obsahem mléčného tuku dostupnými na trhu tyto inovativní sýry měly nižší obsah hlavních nasycených mastných kyselin stearové, palmitové a myristové a vyšší obsah EPA, DHA a olejové. V této studii sensorický panel hodnotitelů nedetekoval žádnou rybí příchut', zejména díky nízkému obsahu rybího tuku a maskovacím vlastnostem kmínu.

3.5.4 Základní informace o vybraných olejích

Sacha inchi olej je vyráběn z jader plodu rostliny Sacha inchi (*Plukenetia* spp.). Původem je z amazonského deštného pralesa, kde je konzumována už po staletí. Tato rostlina je velmi rozšířena ve Střední a Jižní Americe a v některých zemích Jižní Afriky a jihovýchodní Asie. V dnešní době přitahuje pozornost lidí po celém světě jako funkční potravina. Kromě vysoké nutriční hodnoty a vysokého obsahu polynenasycených mastných kyselin je také zdrojem vysoce kvalitních bílkovin, tokoferolů, fytosterolů, esenciálních aminokyselin, minerálů, vlákniny a fenolických sloučenin. Jádra ořechů sachy inchi obsahují 35-60 % oleje, 25-30 % bílkovin a dále esenciální aminokyseliny, minerály a vitamín E. Složení extrahovaného

oleje bohatého zejména na esenciální mastné kyseliny je: kyselina alfa linolenová ~50 %, linolová ~35 %, olejová ~9 %, palmitová ~5 % a stearová ~2 % (Torres Sánchez et al. 2023).



Obrázek 4: Plody, jádra, olej a pokrutiny z rostliny Sacha Inchi (Torres Sánchez et al. 2023)

Sezam (*Sesamum indicum* L.) je jedna z nejstarších plodin pěstovaných lidmi. Semena této rostliny mají vyšší obsah oleje (~50 %) než běžně pěstované olejninu. Produkce sezamu je ale mnohem menší, zejména kvůli náročné sklizni. Největšími producenty sezamu na světě jsou Čína, Indie, Súdán, Myanmar nebo Uganda. Složení mastných kyselin v oleji se může lišit podle druhu sezamu. Obecně ale sezamový olej obsahuje přibližně 80 % nenasycených mastných kyselin zejména kyselinu linolovou a olejovou a přibližně 20 % nasycených mastných kyselin zejména palmitovou (8 %) a stearovou (5 %) (Hwang 2005). Sezamový olej je nutričně zajímavý nejen díky vysokému obsahu nenasycených mastných kyselin ale také díky vysokému obsahu mikroživin (tokoferol, fytoosterol, minerální látky, ligandy) a methioninu. V potravinářství je jeho využití na vaření a do salátů (Elleuch et al., 2011).

Podzemnice olejná (*Arachis hypogaea* L.), známá jako arašíd, je důležitá zemědělská plodina v tropech a subtropích pocházející z Jižní Ameriky. Dnes jsou hlavními producenty Čína, Indie a Spojené státy Americké. Arašíd se používají zejména k přímé konzumaci, k výrobě másla nebo oleje. Právě arašídový olej má vysoký potenciál díky příjemné chuti, složení a nutričním hodnotám. Profil mastných kyselin v oleji je velmi vyvážený a skládá se zejména z olejové kyseliny (36,4-67,1 %), linolové kyseliny (14-43 %) a palmitové kyseliny (8,3-14 %). Uvádí se, že konzumace arašídů může potenciálně snížit riziko cukrovky 2. typu a kolorektálního karcinomu. Kromě oleje arašíd obsahují také 27-29 % bílkovin, tokoferol a další antioxidanty (Akhtar et al., 2014; Suchoszek-Łukaniuk et al., 2011).

3.5.5 Olejem fortifikované čerstvé sýry na Českém a Vietnamském trhu

Na českém ani vietnamském trhu dosud není dostupný žádný čerstvý sýr, u kterého by byla část mléčného tuku nahrazena rostlinným. V České republice je dostupný pouze jemný tavený výrobek značky Javor (Obrázek 5), který obsahuje 15 % rostlinného tuku (palmový, řepkový, bambucký a slunečnicový) a v jeho popisu je uvedeno, že sýr má nižší obsah cholesterolu (vlastní průzkum; Rohlík.cz, 2024). Na vietnamském online trhu nebyl nalezen žádný sýr s přidaným olejem (vlastní průzkum).



Obrázek 5: Jemný tavený výrobek s rostlinnými oleji značky Javor (Rohlík.cz, 2024)

3.6 Čerstvé sýry

Sýr je fermentovaný mléčný produkt vyráběný srážením mléka pomocí syřidla nebo jiného koagulačního činidla za vzniku syrovátky. Lze ho připravit z různých druhů mléka (kravské, buvolí, kozí, ovčí nebo velbloudí) a také z různě tučného mléka (plnotučné, polotučné, nízkotučné nebo jiná vhodná kombinace (Sharma Khanal et al. 2019).

Sýry, jsou velmi široká skupina potravin, celosvětově se vyrábí více než 1500 druhů, z toho nejznámější jsou Cheddar, Parmezán, Gouda, Mozzarella, Camembert, Roquefort, Feta nebo Domiati (Sachan et Karnwal, 2022; Bintsis, 2021). Dle české legislativy podle vyhlášky č. 397/2016 Sb., O požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje jsou sýry členěny na druhy a skupiny (Tabulka 3) (Ministerstvo zemědělství 2016). Dále se klasifikují podle různých kritérií: typu použitého koagulačního činidla, podle textury a doby zrání (Tabulka 4) nebo podle použité kultury mikroorganismů. Nejčastěji používanou klasifikací je tradiční klasifikace podle reologických vlastností na extra tvrdé, tvrdé, polotvrdé nebo měkké sýry (Fox et al. 2017). V případě české legislativy jsou přírodní sýry klasifikovány podle obsahu vody v tukuprosté hmotě sýra (WTPH) na extra tvrdé, tvrdé, polotvrdé, poloměkké a měkké (Tabulka 5) (Ministerstvo zemědělství 2016). I přestože je to nejčastěji používaná klasifikace, její nevýhodou je časté řazení sýrů s jiným postupem výroby, vlastnostmi nebo zcela odlišnou chutí do stejné kategorie (Fox et al., 2017).

Tabulka 3: Členění sýrů na skupiny a podskupiny dle vyhlášky 397/2016 Sb. (Ministerstvo zemědělství, 2016, upraveno autorem)

Druh	Skupina	Podskupina
Sýr	přírodní	čerstvý
		zrající pod mazem
		zrající v celé hmotě
		s plísní na povrchu
		s plísní uvnitř hmoty
		dvouplísňový
		v solném nálevu, bílý
		pařený
	tavený	roztíratelný s lomem
	tavený sýrový výrobek	
	tavený mléčný výrobek	
	syrovátkový	

Tabulka 4: Klasifikace přírodního sýra podle zrání dle vyhlášky 397/2016 Sb. (Ministerstvo zemědělství, 2016)

Sýr	Charakteristika
Sýr čerstvý	nezrající termizovaný
Sýr zrající	na povrchu s mazem na povrchu v celé hmotě
z toho Plísňový sýr	s plísní na povrchu s plísní uvnitř hmoty sýra dvouplísňový

Tabulka 5: Klasifikace přírodních sýrů podle konzistence ve vztahu k obsahu vody v tukuprosté hmotě sýra dle vyhlášky 397/2016 Sb. (Ministerstvo zemědělství, 2016)

Sýr	% WTPH
Extra tvrdý	nejvíce 51
Tvrdý	49 až 56
Polotvrdý	54 až 63
Poloměkký	61 až 69
Měkký	nejméně 67

3.6.1 Trh v České republice

Situace se na českém trhu po pandemii Covid-19 poměrně změnila. Došlo zejména ke zvýšení cen vstupních komodit (energie, pohonné hmoty, krmiva apod.) a následnému zvýšení potravin. Lze ale říci, že mléčný sektor je dlouhodobě stabilní s vysokým potenciálem pro další rozvoj a vysokou mírou soběstačnosti (Karolína Straková & Jiří Kopáček 2022) Podle nejaktuálnějších informací z Ministerstva zemědělství byla míra soběstačnosti (výroba/spotřeba) v České republice v roce 2022 139,4 % (Karolína Straková, 2023).

Na trhu je stále prostor pro rozšíření tradičního trhu o inovativní produkty a také roste zájem o nové technologie s přidanou hodnotou. Aby toto odvětví zůstalo aktivní, je zapotřebí řešit nové výzvy, přizpůsobovat trh požadavkům spotřebitelů a aktivně se zabývat novými trendy jako jsou například bez laktózy produkty, bio, non GMO produkty nebo mléko od dojníc s vysokými životními podmínkami. Díky vysoké přidané hodnotě a nutričním benefitům spotřeba a obliba sýrů u spotřebitelů stále stoupá. Díky širokému sortimentu sýrů se jedná o nejdynamičtější produktovou skupinu. V roce 2021 vzrostla výroba přírodních sýrů o 6,8 % a tavených o 0,8 %. Zároveň ale ve stejném roce byl dovoz sýrů a tvarohů 64,8 % podílu produkce sýrů a tvarohů v České republice. Aktuální trend je postupně rostoucí spotřeba a zároveň i vývoz do zahraničí (Karolína Straková et Jiří Kopáček, 2022).

Podle Českého statistického úřadu byla v roce 2021 spotřeba mléka a mléčných výrobků 262,9 kg na obyvatele (Jan Cieslar 2022). V porovnání s daty získanými v roce 2011 se spotřeba mléčných výrobků za posledních 10 let zvýšila o 15,5 %. V případě spotřeby sýrů v tomto období došlo ke zvýšení o 10,8 % (Karolína Straková, 2023).

3.6.2 Trh ve Vietnamu

V zemích jihovýchodní Asie došlo v posledních letech k značnému rozvoji v mlékárenském průmyslu. Stále ale tyto země včetně Vietnamu čelí řadě problémům. Například velká část producentů mléka jsou malé farmy jen s několika kusy dobytka, které jsou rozptýleny ve venkovských oblastech ve větší vzálenosti od sebe. Farmáři často nejsou dostatečně proškoleni v oblasti produkce mléka, a tak může docházet k různým chybám. Mlékárny často čelí nedostatku čerstvého mléka pro výrobu mléčných produktů, který řeší dovozem sušeného mléka. Vláda proto připravila různé programy na zvýšení produktivity a efektivity a školící programy o správné produkci mléka, výrobě mlékárenských produktů a správné manipulaci s mlékem. Růst mlékárenského sektoru ve Vietnamu byl také podpořen a urychlen privatizací malých farem zaměřených na produkci mléka (Oliveros, 2019).

V roce 2018 přesáhly tržby z mléčných výrobků ve Vietnamu více než 4 miliard euro. Tyto výsledky představují průměrné tempo růstu 13,6 % od roku 2013 do roku 2018. Největší centra mlékárenské produkce byla ve velkých městech jako je Hanoi, Ho Či Min, Da Nang, Can Tho a Hai Phong. V roce 2018 se zvýšila spotřeba mléka ve Vietnamu na 2,6 miliardy litrů. Nárůst byl zaznamenán zejména ve městech. Na venkově při porovnání s městy byla spotřeba sice narůstající, ale relativně nízká. V roce 2018 bylo pokryto pouze 40 % narůstající poptávky a spotřeby mléčných produktů domácí produkcí a zbytek byl pokryt dovozem z přibližně 17 zemí (zejména Nový Zéland, Singapur, USA) (Hoang et al. 2023). Sýry jsou ve Vietnamu považovány za potravinu „západu“, ale z důvodu nedostatku vlastního mléka nejsou hlavním zaměřením mlékáren. Nárůst spotřeby v mléčném segmentu byl také zaznamenán u sýrů, kde se ale téměř 86 % sýrů musí dovážet (Nguyen et al. 2024).

V současné době je lídrem na trhu s mléčnými výrobky ve Vietnamu společnost Vinamilk, která v roce 2022 představovala více než 55 % podílu trhu (Vietdata 2023). Patří jí také 81 % trhu se slazeným kondenzovaným mlékem, 67 % trhu s jogurty a 42 % trhu s mlékem (zejména slazeným) (Marek Luboš 2021). Kromě celé řady mléčných výrobků vyrábí tavený sýr přírodní a ochucenou variantu (příchuť paštiky). Druhou společností, která vyrábí sýr a je jedna z předních značek je TH True Milk. Tato společnost vyrábí mozzarellaové sýrové provázky, které se vyznačují jako sýr s chutí evropského sýra vyrobeného italskou a švýcarskou moderní technologií (Obrázek 6). Další mlékárnou je poměrně mladá akciová společnost VP Milk, která se specializuje především na produkci mléka a mléčných výrobků pro děti, těhotné matky a osoby se zdravotními potížemi. V neposlední řadě International Dairy Joint Stock Company (IDP) je další z velkých mlékáren a u vietnamských spotřebitelů známá pod značkami Bavi, Lif, Kun a LOF (vlastní průzkum, Vietdata, 2023). Domácí produkce, dosahující 1 miliardy litrů zpracovaného mléka za rok pokryje pouze 38 % poptávky. Na trhu je tedy prostor pro zahraniční firmy. V řetězcích můžeme najít více než 300 různých značek zejména ze zemí Francie, Austrálie nebo Nového Zélandu. Kromě importu jsou zde i země např. Nizozemsko, které se přímo rozhodlo investovat do výroby a provozuje ve Vietnamu společnost Dutch Lady

(Marek Luboš, 2021). Svůj podíl na trhu mají také společnosti NESTLÉ, Nutifood, Nuticare, Lotha milk a Moc Chau milk (Vietdata 2023).



Obrázek 6: Tavený sýr značky Vinamilk a mozzarelové sýrové provázky značky TH True Milk (TH True Milk, 2024; Vinamilk, 2024)

Na Vietnamském trhu jsou také dostupné produkty Belcube od francouzské značky La Vache qui rit (Veselá kráva), které nejsou dostupné na evropském trhu. Jedná se o sýrové kostky se bez příchuti nebo se sladkou příchutí (vanilka, jahoda, čokoláda) (Obrázek 7). Složení je u všech sýrů stejné pouze s rozdílem příchutě: sušené mléko, smetanový sýr, cukrový sirup, máslo, mléčný protein (MPC+kasein), emulgátory: polyfosforečnan sodný; regulátory kyselosti: kyselina jablečná; fosforečnan vápenatý, rýžový škrob, želírující látka: agar-agar; konzervant: kyselina sorbová; minerální látky a vitamíny (jodid draselný, oxid zinečnatý, vitamín A acetát, vitamín D) a příchut' (přírodní jahodová, vanilková nebo hořká čokoláda).



Obrázek 7: Sýry Belcube se sladkou příchutí jahoda, vanilka a čokoláda (Annam Gourmet, 2024; La Vache qui rit, 2024; upraveno autorem)

3.6.3 Nutriční význam

Obohacování sýrů nenasycenými mastnými kyselinami je zajímavá a inovativní cesta. Nejčastěji jsou ve studiích zkoumány možnosti fortifikace UFA na čerstvých sýrech, mozzarella a čedaru. Tuk má důležitou roli zejména na senzoryckou kvalitu výsledného produktu, ale také i na texturní a reologické vlastnosti. Obohacení sýra rostlinnými oleji obsahujícími UFA je velmi zajímavé zejména v západní kultuře, kde je ve stravě nižší příjem ryb a rostlinných nerafinovaných olejů s pozitivním obsahem UFA (Villamil et al., 2021).

3.7 Technologie výroby čerstvých sýrů v malovýrobě

Sýr se vyrábí procesem srážení neboli vysrážením bílkoviny kaseinu z mléka za vzniku sýřeniny a syrovátky. Na trhu je celá řada typů sýrů, obecně ale sýr obsahuje více než 20 % tuku složeného zejména (60 %) SFA a dále z UFA (Villamil et al. 2021).

3.7.1 Výběr mléka

Mléko pro výrobu mléčných produktů by mělo mít dobrou hygienickou a mikrobiologickou kvalitu a nemělo by obsahovat antibiotika ani zbytky chemických látek (Fox et al. 2017) Dle Nařízení Komise (ES) č. 1662/2006 ze dne 6. listopadu 2006 by syrové mléko mělo splňovat celkový počet mikroorganismů $<100\ 000$ KTJ v 1 ml a počet somatických buněk $<400\ 000$ v 1 ml (Evropská komise, 2006). Zdrojem kontaminace mléka nežádoucími mikroorganismy může být vemeno dojnice, dojící zařízení, fekálie, podestýlka nebo tank na skladování mléka. Pokud je v mléce zvýšený počet somatických buněk, což může být způsobeno zánětem ve vemeni (mastitidou), zhorší se jeho vlastnosti tj., dochází ke slabé koagulaci a prodloužení doby srážení mléka. Zároveň je zvýšená nežádoucí proteolytická aktivita (Leitner et al. 2006). Přírozené hodnoty pH mléka jsou $\sim 6,6$ – $6,7$ (Fox et al., 2017). Po nadojení mléka je důležité správné uskladnění a následná doprava mléka do mlékárny v chladicím tanku tak, aby nedošlo k degradaci bílkovin nebo tuku v mléce (Sachan et Karnwal, 2022). Nejčastějšími patogeny v syrovém mléce jsou psychotrofní bakterie například *Pseudomonas spp.* Jejich ideální teplota prostředí pro růst je <7 °C (Fox et al., 2017).

3.7.2 Tepelné ošetření mléka

Mléko je ideální prostředí pro růst mikroorganismů (Borad et al. 2017). Ke kontaminaci nežádoucími mikroorganismy dochází ale až při dojení nebo po nadojení, protože mléko ve vemeni je sterilní. V historii tradiční výroba sýra probíhala bez tepelného ošetření mléka. Takto se sýry vyráběli zejména až do 40. let 20. století. Okolo roku 1940, začalo být populární mléko pasterovat, zejména z důvodu veřejného zdraví a zlepšení trvanlivosti. V dnešní době se stále vyrábí velká řada sýrů ze syrového mléka, zejména v jižní Evropě. Chuť sýrů vyrobených z pasterovaného nebo nepasterovaného mléka je odlišná. U syrového mléka nejsou tepelným ohřevem zničeny laktobacily, které mohou pozitivně podporovat syrovou chuť. Naopak u sýrů vyráběných z pasterovaného mléka je stále více běžné kromě hlavní kultury přidávat i kulturu vybraných laktobacilů (Fox et al., 2017).

Hlavním cílem tepelného ošetření je likvidace nežádoucích mikroorganismů v mléce. Zároveň také dochází k inaktivaci enzymů prospěšných při zrání sýra např. lipázy a k některým fyzikálně-chemickým změnám, které jsou důležité pro následné zpracování zhoršuje (Borad et al., 2017, Fox et al., 2017). Dle evropské legislativy by pasterace měla dosáhnout nejméně 72 °C po dobu 15 sekund nebo nejméně 63 °C po dobu 30 minut, případně jakákoli jiná kombinace, která dosáhne stejného účinku (Evropská komise 2006). Při těchto teplotách dochází je změnám v mléčných bílkovinách, ale zároveň zůstávají bioaktivní. Čím vyšší je pak teplota pasterace, tím se kvalita bílkovin zhoršuje. Alternativy tepelného zahřevu mléka mohou být baktofugace, mikrofiltrace, aktivace systému laktoperoxidáza- H_2O_2 -thiokyanát nebo ošetření H_2O_2 (Borad et al., 2017, Fox et al., 2017). Avšak s ohledem na nařízení Evropského parlamentu a Rady dle

Nařízení komise (ES) č. 1662/2006, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu, musí provozovatelé potravinářských podniků zajistit, aby ošetření mléka splňovalo požadavky stanovené v kapitole XI přílohy II nařízení (ES) č. 852/2004. V tomto nařízení je uvedeno, že použitý postup musí odpovídat mezinárodně uznávaných normám (jako je pasteurace, vysokoteplotní záhřev nebo sterilace) (Evropský parlament a Rada Evropské unie, 2004; Evropský parlament a Rada Evropské unie, 2006).

3.7.3 Standardizace a homogenizace tuku

Složení mléka je u každé dojnice jiné a závisí nejen na jednotlivé zvířeti, ale i na jeho výživě a ročním období. K udržení stále stejných vlastností mléka je proto nezbytná standardizace. Nejčastěji se upravuje dle dané receptury tuk smícháním smetany a odstředěného mléka. Kromě standardizace tuku už v dnešní době mají velké mlékárenské podniky možnost využívat ke standardizaci mléka techniky jako je ultrafiltrace, mikrofiltrace nebo membránová filtrace. Hlavní funkcí těchto technik je odstraňování patogenních bakterií a jejich spor, koncentrace bílkovin nebo zvýšení výtěžnosti sýra (Sachan et Karnwal, 2022).

Homogenizace byla vyvinuta na počátku 20. století Augustem Gaulinem. Při homogenizaci dochází k průchodu mléka velmi úzkou štěrbinou při teplotě 60 °C a tlaku 14-18 MPa. V dnešní době se používá dvoustupňová homogenizace, kdy druhý stupeň probíhá za nižšího tlaku 3-4 MPa (Borad et al. 2017). Mlékárenský průmysl v současné době také využívá vysokotlakou homogenizaci na úrovních kolem 20 MPa k zabránění tvorby tukové vrstvy během skladování mléka. Použití vyšších tlaků bylo mimo jiné navrženo jako předúprava mléka před výrobou sýra díky schopnosti redukovat mikrobiální populaci v syrovém mléce prostřednictvím mechanického narušení buněk. Vlivy vysokotlaké homogenizace (HPH) na kvalitativní vlastnosti sýra závisí na úrovních homogenizačního tlaku a počtu průchodů homogenizačním ventilem: čím intenzivnější je toto zpracování, tím více je rozdílů ve fyzikálně-chemických a strukturních vlastnostech sýra. V jedné studii zkoumali pro získání stabilní emulze mléka a oleje právě využití HPH. Cílem bylo ověření proveditelnosti HPH jako předúpravy mléka pro výrobu čerstvého, měkkého sýra queso fresca fortifikovaného olejem z tresčích jater (rybí olej) nebo olejem z lněného semínka, přičemž konečná koncentrace oleje v mléce byla 1 g/100 g. Byly zjištěny rozdíly při aplikaci různých tlaků. Velmi dobré výsledky byly zjištěny u sýra fortifikovaného lněným olejem. Při HPH 20 MPa se významně zvýšil obsah vlhkosti, avšak při 50 MPa došlo k nejvyššímu začlenění oleje do sýra a došlo ke snížení ztrát oleje v syrovátce. Mezi 50 a 100 MPa nebyly zjištěny významné rozdíly. Výhodou průmyslového využití HPH by mohlo být jeho snadné zavedení do konvenční výroby (Calligaris et al. 2013).

3.7.4 Průmyslové štěpení laktózy

Klasický enzym β -galaktosidáza používaný ve výrobě, pochází z mléčných kvasinek *Kluyveromyces lactis* nebo příbuzných *Saccharomyces lactis*, *Kluyveromyces fragilis* nebo *Kluyveromyces marxianus*. Všechny komerční enzymy z *Kluyveromyces lactis* efektivně hydrolyzují laktózu. Jsou dostupné různé síly a stupně čistoty produktu. Existují i další komerční β -galaktosidázy, které ale nejsou tak vhodné pro mlékárenskou výrobu zejména kvůli

jinému teplotnímu optimu a rozdílnému pH. Pocházejí z *Bacillus circulans*, *Aspergillus oryzae* a dalších (Dekker et al. 2019).

V dnešní době se používají dva způsoby přidání laktózy do mléka (aseptický a vsádkový). U aseptického přidání je první krok UHT sterilizace mléka a poté vstříknutí sterilní laktázy těsně před balením. U vsádkového způsobu se laktáza přidá do nádrže se syrovým, případně termizovaným mlékem a za pomalého míchání při teplotě (4-8 °C) se mléko inkubuje po daný čas například 24 hodin. Následně proběhne pasteurace. Nevýhodou tohoto technologického postupu je dlouhá čekací doba, než bude laktóza hydrolyzována (Dekker et al., 2019).

3.7.5 Zaočkování mlékařskou kulturou

Dále je mléko převedeno do tanků, které se mohou lišit velikostí, tvarem, a dalšími parametry. Následuje zahájení fermentace přidáním mlékařských kultur mikroorganismů. Komerční kultury se začali používat asi před 130 lety a jsou postupně více a více vylepšovány. Starý způsob bez jejich použití, pouze využití mikroorganismů přítomných v mléce se ale stále někde využívá například v Řecku nebo Španělsku. Také u některých sýrů vyráběných z nepasterovaného mléka se používají přírodní kultury. To znamená, že mléko je při výrobě inokulováno syrovátkou nebo mlékem z předešlé výroby, které byly za předepsaných podmínek inkubovány. Tato praxe „back-slopping“ se používá například u sýrů Grana Padano, Parmegiano Reggiano, Comté nebo Ementál (Fox et al., 2017).

Mikroorganismy v mléce za správné teploty začnou produkovat kyselinu mléčnou. Tento proces je označován jako „zrání“ a trvá 30-60 minut v případě inokulace startérovou kulturou. Obsah kyseliny mléčné snižuje pH mléka a zároveň podpoří funkci syřidla, pomůže při zabránění růstu nežádoucích bakterií a pomůže vyloučení syrovátky ze sýra (Fox et al., 2017).

Pro výrobu sýra se nejčastěji používají mezofilní startérové kultury. Jejich teplotní optimum pro růst je ~30 °C a mezofilní kultury zahrnují především kmeny *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, ale někdy také malé množství *Leuconostoc* sp. a/nebo *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*. (Fox et al., 2017).

3.7.6 Syření

Proces srážení mléka je velmi starý a sahá až do historie 5000 před našim letopočtem. V té době bylo mléko skladováno ve vacích vyrobených z žaludků přežvýkavců. Žaludeční tkáň přirozeně obsahuje enzym chymosin (rennin). Zejména tento enzym v historii způsoboval koagulaci mléka při jeho skladování (Mohsin et al., 2024). V mlékárenském průmyslu je tedy nejdéle používané a nejrozšířenější syřidlo chymosin, vyrobené z telecích žaludků. V dnešní době už ale chymosin nedokázal uspokojit vysokou poptávku a nahradila ho mikrobiální, rostlinná nebo rekombinovaná syřidla. Velkou výhodou těchto syřidel je, že jsou vhodná pro vegetariány a náklady na produkci jsou levnější. Jednotlivá syřidla pak mohou ovlivňovat rychlost srážení, chuť, texturu nebo výtěžnost sýra. Například většina rostlinných syřidel není vhodná pro výrobu sýra. Nemají takovou výtěžnost a mohou způsobit hořkou chuť. Naopak mikrobiální syřidla jsou vhodnou náhražkou pro výrobu sýrů (Liu et al., 2021).

Existují různé metody dosažení koagulace. Nejčastější je srážení mléka syřidlem, ale jsou i výjimky, kdy se sýr vyrábí kyselím srážením například Cottage nebo tvaroh (Fox et al.

2017). Při srážení mléka jsou nejdůležitější mléčné proteiny, zejména kaseiny, které drží pohromadě v kaseinových micelách. Při koagulaci mléka syřidlem jsou důležité tři fáze. První fází koagulace je destabilizace systému koloidního mléka enzymatickou hydrolyzou kapa kaseinových micel chymosinem nebo jiných vhodným enzymem (Zhang et al., 2023). Zde dochází ke štěpení peptidové vazby mezi 105 aminokyselinou (fenylalanin) a 106 aminokyselinou (methionin) kappa kaseinu (Bathmanath et al. 2019). Druhou fází je shlukování para-kapa-kaseinových micel, takzvané vločkování mléka. Jakmile hydrolyzace kapa kaseinových micel dosáhne v průměru 80 %, nově vzniklý para-kapa-kasein se začne v přítomnosti iontového vápníku shlukovat do trojrozměrných micel a hydrofilní kasein-makropeptid difunduje do syrovátky za vzniku konečného gelu. Ionty vápníku vytvoří na povrchu micel neutrální náboj a zároveň působí jako můstky mezi jednotlivými micelami. Ve vzniklém koagulu jsou také zachyceny tukové kuličky. Následkem smršťování sýřeniny dochází k částečnému uvolnění syrovátky (Zhang et al., 2023, Liu et al., 2021, Lagaude et al., 2004). Důležitou roli při srážení mléka syřidlem a následným zpracováním koagulátu hraje také vápník. Do mléka se běžně pro správný průběh a zlepšení účinnosti srážení přidává CaCl_2 (Fox et al., 2017).

3.7.7 Krájení sýřeniny

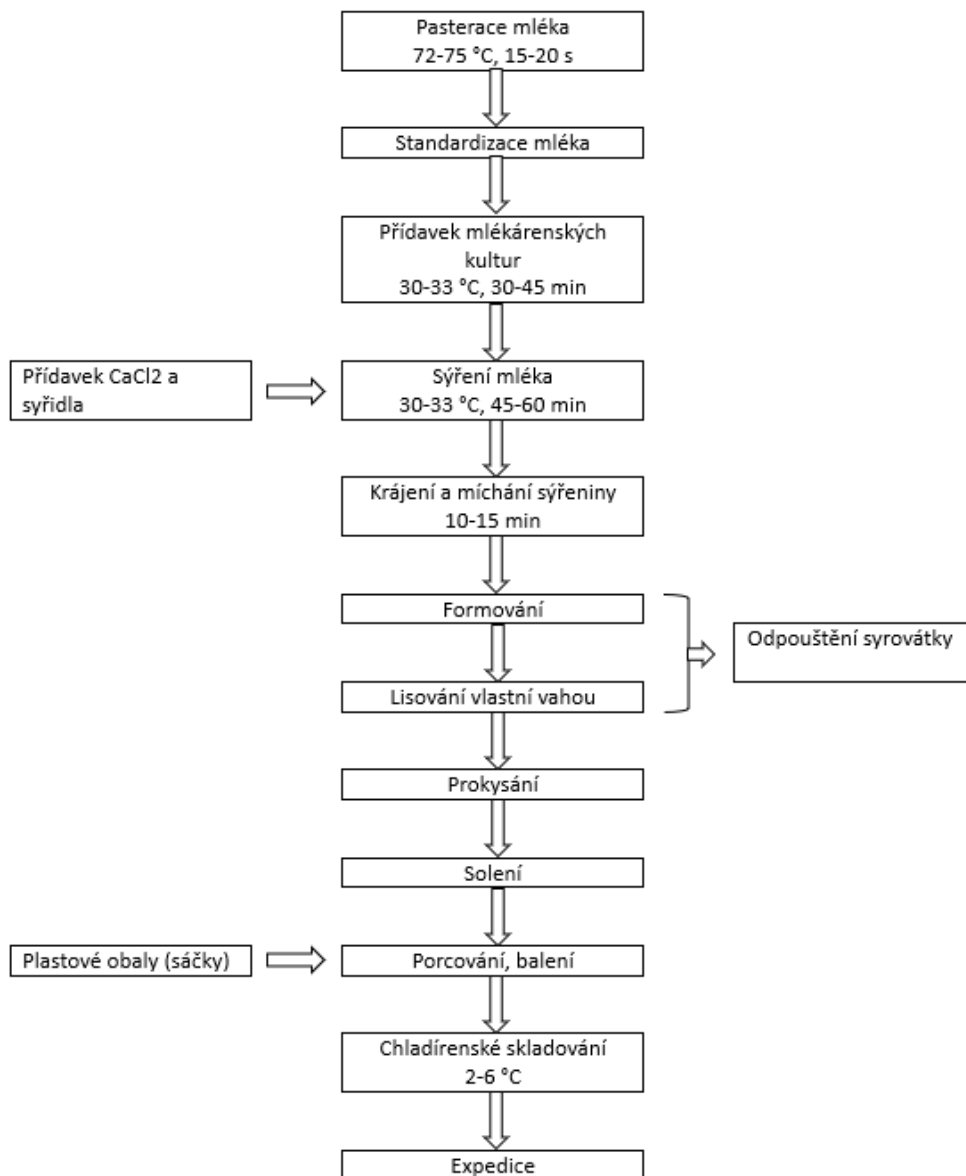
Nakrájením sýřeniny (mléčného gelu) na sýrové zrno (kostičky) se podpoří odloučení syrovátky. Důležité parametry, které ovlivňují synerzi jsou velikost nakrájených zrn, míchání, teplota, čas a objem syrovátky. Menší zrno více podporuje únik syrovátky ze sýřeniny. Krájení se nejčastěji provádí automaticky otočnými noži (Everard et al. 2008). Po nakrájení sýřeniny následuje jemné pomalé míchání. Sýřeninu je možné také dohřívát. Vyšší teplota usnadní vyplavení syrovátky (Sharma Khanal et al. 2019). Intenzita krájení a rychlost míchání může ovlivnit částečnou ztrátu tuku ze sýřeniny do syrovátky a zároveň v případě, že není krájení provedeno správně a sýrové zrno je například moc velké a míchání moc rychlé, může dojít k tříštivému efektu (zvýšená ztráta tuku a jemných částic) (Everard et al., 2008).

3.7.8 Odkap syrovátky

Syrovátka je zelenožlutá tekutina, která se vyloučila ze sýřeniny po sražení mléka syřidlem (sladká syrovátka, $\text{pH} > 6$) nebo kyselinou (kyselá syrovátka, $\text{pH} < 5,8$) (Bintsis & Papademas 2023). Při výrobě sýra představuje vzniklá syrovátka přibližně 80-90 % objemu mléka. Z 10 litrů mléka tedy vznikne přibližně 1 kilogram sýra a 9 litrů syrovátky. Například v roce 2020 se v Evropě vyprodukovalo při výrobě sýra přibližně 54,8 milionů tun tekuté syrovátky. V minulosti byla syrovátka po dlouho dobu považována jako odpadní produkt znečišťující odpadní vody, který může způsobovat environmentální problémy, dnes je ale ceněna pro své nutričně a technologicky zajímavé vlastnosti. Syrovátka obsahuje 94 % vody a sušina se skládá z hlavní frakce laktózy, dále syrovátkových proteinů, minerálních látek, lipidů a dalších minoritních složek. Její charakteristická barva je dána riboflavinem (vitamin B_2) (Cermoula et al. 2021). V dnešní době v zájmu zvýšení ochrany životního prostředí a zvýšení efektivity výroby sýra je celá řada možností využití syrovátky jak v potravinářském průmyslu (výroba syrovátkových sýrů, sušená syrovátka, syrovátkové nápoje, jedlé filmy) nebo jako doplněk krmiva a výroba bioplynu (Bintsis et Papademas, 2023, Fox et al., 2017).

3.7.9 Solení, přídavek přísad

Hlavní funkce soli v sýru je konzervace sýra tím, že minimalizuje růst bakterií, patogenů a zabraňuje kažení. Zároveň sůl přispívá k slané chuti, textuře nebo vůni. Koncentrace NaCl sýru je různá podle typu sýra. Běžně se pohybuje mezi 0,7-4 % soli v sýru. Tato koncentrace je dostatečná pro zajištění inaktivace bakterií v sýru. Existují ale i velmi slané sýry například Domati, které obsahují až 12 % soli. Nejčastěji se sýry solí ponořením do solného roztoku, přímým nasolením povrchu nebo smícháním soli a sýřeniny v průběhu výroby. Všeobecně v západní stravě je nadměrný příjem soli a je tedy žádoucí hlídat si denní příjem soli ~6 g NaCl (Fox et al., 2017). Sýry jsou také velmi často fortifikovány různými druhy koření a bylinkami. Kromě zlepšení chuti, mohou vylepšit i texturu nebo prodloužit trvanlivost. Takovou přísadou je například česnek. Další možností, jak prodloužit trvanlivost sýra je fortifikace esenciálními oleji (Sachan & Karnwal 2022).

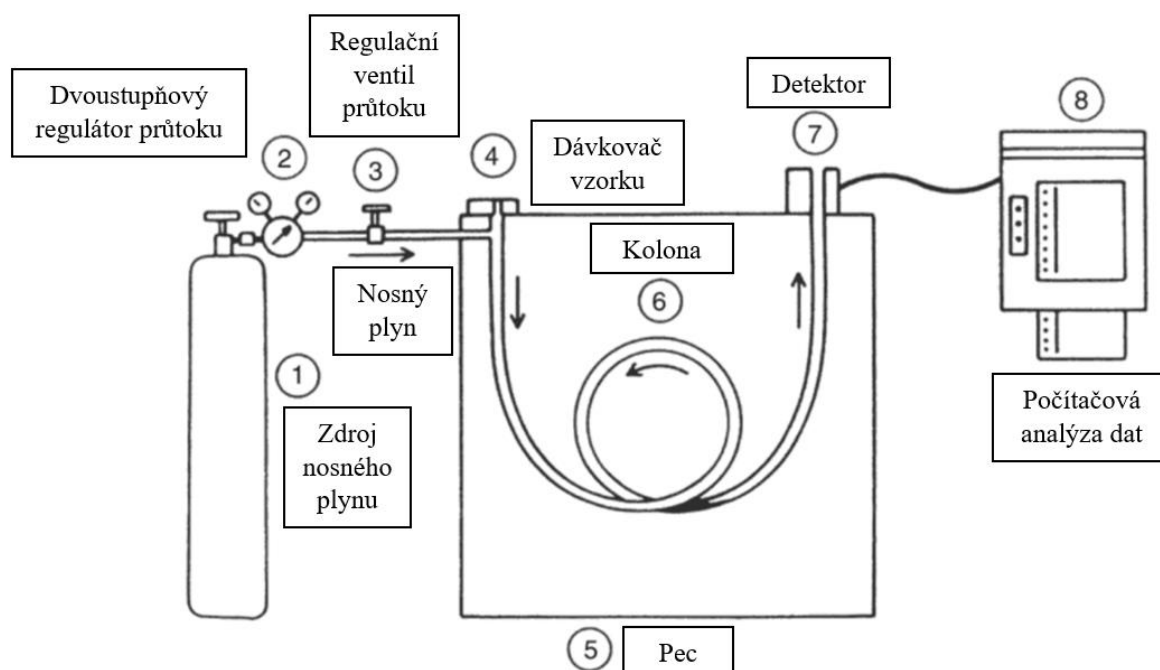


Obrázek 8: Výrobní diagram čerstvého sýra (zdroj: autor práce)

3.8 Plynový chromatograf s hmotnostním spektrometrem

Plynová chromatografie (GC) je celosvětově používaná technika, jejíchž počátky sahají do roku 1952, kdy vědci James a Martin tuto techniku poprvé vyzkoušili v praxi. Princip GC je založen na průchodu vzorku zahřátým injektorem a dále pak v separaci složek ve speciální koloně. Plynová chromatografie je metoda kvalitativní, která odděluje jednotlivé složky ze směsi. Zatímco hmotnostní spektrometrie je kvantitativní metoda, která udává informace o hmotnostním spektru a umožňuje identifikovat jednotlivé složky ve směsi (Sparkman O. David et al. 2011)

Na obrázku 9 je vidět základní schéma plynového chromatografu. I přestože se mohou plynové chromatografy lišit, jejich základní složení je většinou stejné: zdroj nosného plynu, regulátor průtoku, dávkovač vzorku, kolona uvnitř pece, detektor a datový systém (McNair et al., 2019).



Obrázek 9: Schéma plynové chromatografie (McNair et al., 2019; upraveno autorem)

V plynové chromatografii je na začátku vzorek, který chceme analyzovat vstříknut a následně odpařen a unášen nosným plynem (mobilní fází) do separační sekce chromatografické kolony (Stashenko & Ren 2014). Je důležité, aby nosný plyn měl vysokou čistotu 99,999-99,9999 % a byl inertní. V kapilárních kolonách se nejčastěji používají helium a vodík, případně lze také použít dusík nebo argon (Sparkman O. David et al. 2011). Molekuly analytu jsou při průchodu kolonou rozděleny zejména podle chemické struktury do mobilní fáze a stacionární fáze (Stashenko & Ren 2014). Kolona je jednou z nejdůležitějších částí chromatografu. V dnešní době se nejčastěji používají kolony vyrobené z křemene a mohou být kapilární (otevřené) nebo náplňové, které se ale používají méně často. Kapilární kolony jsou trubice o vnitřním průměru 0,1-0,53 mm a dlouhé 10-100 m. S délkou kolony se pak zvyšuje její účinnost. Uvnitř na povrchu stěny je polymerní film a tloušťce 0,1-5 μm , kterému se říká stacionární fáze (McNair et al. 2019), která může být složena například z dimethylsiloxanu.

Základní rozdíl mezi jednotlivými typy stacionární fáze je jejich polarita a selektivita. Kolona se správnou fází je vybrána podle analyzované látky a lze k tomu využít doporučení výrobce kolon nebo odborné literatury. Pro správný průběh je také důležitá teplota kolony (Sparkman O. David et al. 2011). Na konci kolony se molekuly dostanou do detektoru. Výsledným výstupem je poté chromatogram, který zpracuje datový systém (Stashenko & Ren 2014)

Výhody plynové chromatografie jsou: rychlost analýzy obvykle v řádu minut, vysoké rozlišení a efektivita, citlivá a vysoce přesná kvantitativní analýza, nejedná se o destruktivní metodu, lze online spojit s hmotnostním spektrometrem, stačí pouze malý objem vzorků v řádu μl a je to velmi spolehlivá, relativně jednoduchá a levná metoda (McNair et al. 2019).

Hmotností spektrometrie je kvantitativní metoda analýzy chemických látek převádějící molekuly s neutrálním nábojem na nabitě ionty. Na základě poměru jejich molekulové hmotnosti a náboje (m/z) je pak rozděluje a následně zaznamenává (Sharad Medhe 2018). Existují různé typy hmotnostních analyzátorů, které se liší například přesností, citlivostí a rozlišením. Přesnost hmotnosti je dána rozdílem mezi naměřenou a skutečnou hmotností. Citlivost je dána limity detekce daného přístroje a rozlišení je dáno schopností hmotnostního analyzátoru oddělit od sebe signály 2 molekul s podobnou hmotností (Eckel-passow et al. 2009).

Hmotností spektrometrii můžeme dělit podle různých kritérií: podle separační techniky, ionizace, typu analyzátoru atd. Typy analyzátorů se pak dále dělí podle typu letu na průletové nebo záchytové. Běžně používanými analyzátory jsou TOF, kvadrupól, iontové pasti nebo Fourierova transformace (FT) například iontová cyklotronová resonance s Fourierovou transformací (FT-ICR) nebo FT-orbitrap. Dále jsou velmi časté přístroje obsahující kombinaci hmotnostních analyzátorů (Sharad Medhe 2018)

4 Metodika

Výsledky této diplomové práce jsou součástí 3letého projektu České zemědělské univerzity v Praze, mlékárny Farma Struhy s.r.o., vietnamské univerzity School of Biotechnology and Food Technology, Hanoi Univerzity of Science and Technology a vietnamské mlékárny Ba Vi Milk jsc. Projekt měl více dílčích cílů, kromě vývoje receptury na bázi čerstvého sýra s vyšším obsahem nenasycených mastných kyselin také vývoj sýra s vyšším obsahem nemléčných, rostlinných bílkovin a vývoj syrovátkového nápoje vhodného pro uvedení na český i vietnamský trh.

Cílem této práce je vývoj receptury na bázi čerstvého sýra s vyšším obsahem nenasycených mastných kyselin adaptovaných pro český i vietnamský trh. Sýrů tohoto typu je nedostatek jak na českém, tak i vietnamském trhu. Jako hlavní surovina pro výrobu sýra bylo použito mléko z mlékárny Farma Struhy s.r.o. Obsah tuku ve vzorcích byl změřen na plynovém chromatografu s hmotnostním spektrometrem a MilkoScanu FT 120. U vyrobených vzorků sýrů a syrovátek byla rovněž provedena senzorická analýza, která je hlavním cílem této práce.

4.1 Výroba sýrů

V průběhu laboratorních pokusů vývoje nové receptury bylo nejdříve provedeno testování na účinnost enzymu laktázy. Následně byly pokusy zaměřeny na výběr rostlinného oleje s pozitivním poměrem nenasycených mastných kyselin a na vhodný poměr rostlinného a mléčného tuku. Vyzkoušeny byly oleje sacha inchi, sezamový olej a arašídový olej (Obrázek 10). Sýry byly připraveny tak, aby poměr rostlinného a mléčného tuku byl 20:80 nebo 40:60.



Obrázek 10: Oleje použité při výrobě čerstvých sýrů (arašídový, sezamový, sacha inchi; zdroj: autor práce)

V rámci celého projektu byly vyrobeny sýry nejprve v laboratorním prostředí a následně ve větším množství v mlékárně Farma Struhy s.r.o. (Obrázek 11). Vzorky z vyrobených sýrů byly odvezeny do laboratoře České zemědělské univerzity v Praze, kde byly proměřeny dle stejného postupu jako vzorky z výrob v laboratoři.



Obrázek 11: Výroba čerstvých sýrů v mlékárně Farma Struhy s.r.o. (zdroj: autor práce)

4.1.1 Látky použité k výrobě sýrů

- Mikrobiální syřidlo Fromase 220 TL BF, Vojtěch Toms (dodavatel)
- Chlorid vápenatý potravinářský 35%, Vojtěch Toms (dodavatel)
- Mezofilní aromatická kultura CHN-11, CHR Hansen, DNK
- Maxilact LGi 500, DSM, NLD
- Arašídový olej, Rinnovare s.r.o. (dodavatel), IND
- Sacha Inchi olej, Oro Verde s.r.o. (dodavatel), PER
- Sezamový olej, CountryLife (dodavatel), MLI
- Corra čokoládová, Zeelandia s.r.o., CZ
- Syrové mléko, Farma Struhy s.r.o., CZ

4.1.2 Přístroje a laboratorní vybavení použité při výrobě sýrů

- Komorový termostat 1, Memmert GmbH + Co. KG, DE
- Komorový termostat 2, Memmert GmbH + Co. KG, DE
- Elektrická odstředivka na mléko MS-100-18, MOTOR SICH (Мотор Сич), UKR
- Milkoscan 120 FT 120 – FOSS, DNK
- Elektrická plotna, MORA MORAVIA s.r.o., CZ
- Váhy, KERN Austria GmbH, DE
- Pipety, Eppendorf SE, DE
- Drobné výrobní nástroje (výrobní hrnce, plastová tvořítka na sýry, nože, metly, sběračky, táci, odkapávače)

4.1.3 Postup výroby bezlaktózového sýra

Na výrobu jednoho vzorku bezlaktózového čerstvého sýra byl použit 1 litr kravského mléka, které bylo pasterováno na 72 °C po dobu 15 sekund. Následně bylo mléko zchlazeno na teplotu 35 °C a byl přidán 1 mililitr enzymu laktázy Maxilact LGi 500 a vzorek byl vložen do termostatu vytemperovaného na 35 °C. Po uplynutí 90 minut (doba za kterou je rozštěpena

laktóza) bylo bezlaktózové mléko inokulováno 0,3 gramy mezofilní aromatické kultury CHN-11 a po uplynutí dalších 30 minut bylo přidáno 0,5 mililitru chloridu vápenatého a 0,5 mililitru mikrobiálního syřidla. Po 60 minutách byla provedena zkouška lomu syřeniny a sýr byl nakrájen na hrubší zrno. Po 15 minutách bylo provedeno druhé krájení syrového zrna na mnohem menší kousky. Dalších 10 minut docházelo stejně jako v předchozích 15 minutách k odloučení syrové syrovátky ze zrna ven. Po celou dobu byl vzorek uchovávan v termostatu (35 °C). Následně byla syřenina slita i se syrovátkou do plastové formy na čerstvé sýry a byl proces pokračovat za teplotních podmínek laboratorní místnosti. Syrovátka odloučená ze sýra protékla formou ven do záchytné nádoby a byla použita pro výzkum výroby syrovátkových nápojů. Přibližně po 30-60 minutách byl sýr ve formě otočen a uložen do lednice při 4-6 °C po dobu přibližně 12 hodin (do druhého dne), kde pokračoval odkap syrovátky ze sýra.

4.1.4 Postup výroby bezlaktózového sýra s přidaným olejem





Mléko na výrobu vzorku bezlaktózového čerstvého sýra bylo pasterováno na 72 °C po dobu 15 sekund. Následně bylo zchlazeno na teplotu 40 °C a odstředěno na elektrické odstředivce na mléko. Po odstředění byly získány z mléka dva produkty: smetana a odstředěné mléko. U obou těchto surovin byl analyzován obsah tuku na přístroji Milkoscan. Zastoupení jednotlivých složek (smetana, odstředěné mléko, olej) bylo zvoleno podle naměřeného obsahu tuku v jednotlivých složkách tak, aby bylo nahrazeno 20 % mléčného tuku rostlinným olejem a celkový obsah tuku byl 4 %. Olej byl nejdříve vmíchán do smetany při teplotě přibližně 40 °C a tato suspenze byla vmíchána do odstředěného mléka. Postup pak následoval stejně, jako při výrobě bezlaktózového sýra bez přidaného oleje. V případě výroby sýra s ochucující složkou byla čokoládová složka přidána až po rozštěpení laktózy a před přidáním kultury.

4.1.5 Vyrobené sýry pro senzorickou analýzu

V laboratorním měřítku na České zemědělské univerzitě byla testována a vyrobena celá řada sýrů. Podle hodnocení úzkého kruhu hodnotitelů bylo vybráno 6 vzorků s nevyšším hodnocením plus 2 srovnávací vzorky, které byly vyrobeny v mlékárně Farma Struhy s.r.o. a následně byly senzoricky posouzeny v laboratoři. Vzorky syrového mléka použitého pro výrobu byly společně se vzorky sýra dovezeny do laboratoře České zemědělské univerzity v Praze, kde v mléku byl analyzován obsah tuku, bílkovin, kaseinu, laktózy, tukuprosté sušiny, sušiny, bod mrznutí, močovina, hustota g/cm³ a kyselina citrónová na přístroji Milkoscan.

Při první výrobě byly vyrobeny celkem 4 druhy sýra tak, aby vždy bezlaktózová varianta měla k sobě na porovnání laktózovou variantu (Tabulka 6). Při druhé výrobě bylo vyrobeno celkem 6 druhů sýrů stejně, jako při předchozí výrobě tak, aby vždy bezlaktózová varianta měla k sobě na porovnání laktózovou variantu (Tabulka 7).

Tabulka 6: Druhy vyrobených čerstvých sýrů při první výrobě (zdroj: autor práce)

Označení při sensorické analýze	Název vyrobeného sýra	Obrázek vzorku sýra
A	Čerstvý sýr	
B	Bezlaktóзовý čerstvý sýr	
C	Čerstvý sýr s příchutí čokolády	
D	Bezlaktóзовý čerstvý sýr s příchutí čokolády	

Tabulka 7: Druhy vyrobených čerstvých sýrů při druhé výrobě (zdroj: autor práce)

Označení při sensorické analýze	Název vyrobeného sýra	Obrázek vzorku sýra
A	Čerstvý sýr	
B	Bezlaktóзовý čerstvý sýr	
C	Čerstvý sýr s arašídovým olejem	
D	Bezlaktóзовý čerstvý sýr s arašídovým olejem	
E	Čerstvý sýr s arašídovým olejem a čokoládovou příchuť	
F	Bezlaktóзовý čerstvý sýr s arašídovým olejem a čokoládovou příchuť	

4.2 Analýza vzorků

4.2.1 Použité chemikálie

- Hexan ≥ 95 %, VWR International, s.r.o., CZ
- Methanol $\geq 99,9$ %, VWR International, s.r.o., CZ
- Methanoličká báze $\geq 99,9$ %, Sigma-Aldrich, CZ
- NaCl ≥ 98 %, VWR International, s.r.o., CZ

4.2.2 Přístroje a laboratorní vybavení

- Milkoscan 120 FT 120 – FOSS, DNK
- Odstředivka Universal 320 – Hettich, DE
- Vodní lázeň – Strojbal, CZ
- Plynový chromatograf 7890A – Agilent, USA
- Hmotnostní detektor 5975C – Agilent, USA
- Autosampler 7693A – Agilent, USA
- Kolona Rt-2560 – Restek, USA
- Pipety – Eppendorf SE, CZ

4.2.3 Příprava vzorků na analýzu

Vzorek tuku odseparovaného od sýra acidobutyrometrickou metodou byl injekční stříkačkou odebrán a převeden do Eppendorfovi mikrozkušavky. Poté bylo z mikrozkušavky odpipetováno 50 μ l tuku do centrifugační zkumavky. Dále se do zkumavky napipetovalo 0,5 ml methanolické báze, protřepalo se a vložilo na 5 minut do vodní lázně vytemperované na 65 °C. Po první minutě se lehce uvolnila zátka zkumavky a ihned znovu utáhla. Po vyndání z vodní lázně se vzorek zchladil a do zkumavky se napipetovalo 1,5 ml hexanu a 10 ml nasyceného roztoku NaCl a vzorek se znovu protřepal. Následně byla zkumavka vložena do odstředivky Universal 320 při rychlosti otáček 5000 rpm byl vzorek odstředěn. Po 10 minutách byl velmi opatrně napipetován 1 ml vrchní hexanové vrstvy vzorku do skleněné vialky. Vzorky byly uloženy do lednice a následně byly měřeny na plynovém chromatografu.

4.2.4 Analýza vzorků na GC/MS

Vzorky byly analyzovány v plynovém chromatografu 7890A s autosamplérem 7693A. Chromatograf byl vybaven kolonou Rt-2560. Dále analýza probíhala na hmotnostním detektoru 5975C trojitým kvadrupólem.

Parametry plynového chromatografu:

- Objem nastříkovaného vzorku 1 μ l
- Vstupní tlak 32,275 psi
- Nosný plyn – Helium
- Průtok nosného plynu 1 ml/min
- Splitovací poměr 1:50
- Kolona (100 m x 0,25 mm i. D., tloušťka filmu 0,20 μ m)

Podmínky analýzy:

- Teplota nástřiku 225 °C.
- Počáteční teplota kolony 70 °C po dobu 2 min.
- nárůst teploty 5 °C/min, horní isoterma 225 °C po dobu 10 min.
- nárůst teploty 5 °C/min, horní isoterma 240 °C po dobu 25 min.
- Celková doba analýzy 71 min, pro analýzu byl použit fullscan mode

4.3 Metodiky senzoričké analýzy a statistické zpracování dat

Pro zjistění, zda jsou vyrobené reformulované čerstvé sýry přijatelné pro konzumenty bylo nutné provést senzoričkou analýzu. Vzorky byly vyrobeny mlékárně a skladovány při teplotě 4-6 °C. Podávány byly všechny najednou, zakódované a za pokojové teploty. Jako neutralizátor chuti byla podávána voda. Senzoričkého hodnocení se zúčastnili studenti České zemědělské univerzity v Praze, kdy celkový počet hodnotitelů v první senzoričké analýze byl 47 a ve druhé 21. Věk hodnotitelů byl v rozmezí 21-28 let a v panelu bylo vyšší zastoupení žen než mužů. Všichni hodnotitelé byli české národnosti a žádný z nich neměl laktózovou intoleranci.

Předložené vzorky byly hodnoceny senzoričkou analýzou pomocí pořadové zkoušky (vyhodnocení podle Friedmana) a profilové zkoušky (vyhodnocení pavučinové a sloupcové grafy). Friedmanův test byl použit pro zjistění, zda se mezi sebou vzorky významně lišily. Princip testu spočívá v tom, že každý z hodnotitelů posuzuje rozdílnost vzorků prostřednictvím stanoveného pořadí podle počtu posuzovaných vzorků od 1 do 4 v případě první analýzy a od 1 do 6 v případě druhé analýzy. Hodnotitel seřadí vzorky podle preference. Při vyhodnocení analýzy se porovnávají vypočtené hodnoty s hodnotou LSD (Least Significant Difference) neboli nejmenší významný rozdíl. Tato hodnota udává rozdíl mezi dvěma skupinami, který je potřeba dosáhnout, aby byl rozdíl mezi těmito skupinami považován za statisticky významný na zvolené úrovni významnosti 0,05. Pokud je rozdíl mezi dvěma skupinami větší než hodnota LSD, můžeme říct, že tento rozdíl je statisticky významný.

Hodnocení profilové zkoušky probíhalo pomocí pětibodové stupnice, kdy hodnota 5 znamenala „nejlepší“ a hodnota 1 „nejhorší“. Sledovanými znaky byl celkový vzhled, příjemnost barvy, příjemnost vůně, intenzita mléčné vůně, příjemnost konzistence, příjemnost chuti, intenzita mléčné chuti, intenzita sladké chuti, intenzita kyselé chuti, celková intenzita pachutí a celkové hodnocené sýra.

5 Výsledky

Na základně průběžného senzoričkého hodnocení menšího panelu hodnotitelů byl jako nejvhodnější zvolen poměr rostlinného a mléčného tuku 20:80. U vyššího obsahu oleje (40 % nahrazení mléčného tuku rostlinným olejem) byl výsledný sýr senzoričky hodnocen jako horší. Při hodnocení senzoričké analýzy sýra s olejem sacharidů byla zaznamenána velmi nepříjemná chuť i vůně oleje připomínající klíčí brambory nebo zatuchlý sklep. Pro zamaskování těchto nežádoucích chutí a vůní byla použita čokoládová příchut', která ale neměla výrazný vliv. Z těchto důvodů byl olej vyrazen z dalších pokusů. Při dalším testování byly porovnány sýry s obsahem sezamového a arašídového oleje. Dle senzoričké analýzy menšího panelu hodnotitelů byl jako senzoričce příjemnější a přijatelnější vybrán arašídový olej se kterým se pak dále pokračovalo v testování a ve vývoji výsledného produktu.

5.1 Test účinnosti enzymu laktázy

Pro ověření účinnosti laktázy na dobu štěpení disacharidu laktózy byly připraveny 4 druhy sýra se stejným složením a technologickým výrobním postupem, který se lišil pouze v délce času, po který enzym v mléce rozkládal laktózu. Délky času působení byly 30, 60, 90 a 120 minut. Vzorky mléka byly po uplynulé době odebrány a inaktivovány tepelných záhřevem na 72 °C po dobu 1 minuty. Následně byly analyzovány pomocí kapalinové chromatografie a byl sledován obsah laktózy, glukózy, galaktózy a citronové kyseliny (Tabulka 8). Na základě naměřených hodnot bylo zjištěno, že pro účinný rozklad laktózy, aby výrobek mohl být nazván se sníženým obsahem laktózy, musí být doba působení enzymu laktázy 90 minut.

Tabulka 8: HPLC test účinnosti laktázy

Týden odběru	Měření	30 min	60 min	90 min	120 min
Laktóza (%)	1.	1,50	0,73	0,46	0,33
	2.	1,30	0,74	0,48	0,31
	Průměr	1,40	0,74	0,47	0,32
Glukóza (%)	1.	2,07	2,23	2,25	2,46
	2.	1,80	2,23	2,38	2,33
	Průměr	1,94	2,23	2,32	2,40
Galaktóza (%)	1.	1,73	1,96	2,06	2,35
	2.	1,50	1,96	2,18	2,23
	Průměr	1,62	1,96	2,12	2,29
Citronová kyselina (%)	1.	0,15	0,13	0,13	0,13
	2.	0,12	0,15	0,13	0,12
	Průměr	0,14	0,14	0,13	0,13

5.2 Výsledky měření

5.2.1 Výsledky měření složení mléka

Hlavní vstupní surovinou pro výrobu čerstvého sýra je syrové kravské mléko plemene Browns Swiss (Švýcarský hnědý skot) chovaného na Farmě Struhy s.r.o. Při první i druhé výrobě sýrů pro senzorickou analýzu byly vzorky syrového mléka měřeny na přístroji Milkoscan. Naměřené hodnoty ukazují, že složení mléka z Farma Struhy s.r.o. se téměř nemění a je poměrně konzistentní (Tabulka 9). V porovnání s obecnými průměrnými hodnotami složení kravského mléka splňovalo mléko všechna kritéria.

Tabulka 9: Charakteristiky vstupní suroviny (syrového mléka) při výrobách

Vzorek (průměr 2 měření)	Syrové mléko 1. výroba	Syrové mléko 2. výroba
Tuk (%)	3.955	3.805
Bílkoviny (%)	3.405	3.65
Kasein (%)	2.71	2.915
Laktóza (%)	4.825	4.72
Tukoprostá sušina (%)	9.015	9.135
Sušina (%)	12.975	13.525
Bod mrznutí (°C)	0.5275	0.467
Močovina (%)	0.0164	0.00495
Hustota (g/cm ³)	1031.05	1029.25
Kyselina citrónová	0.1625	0.1095

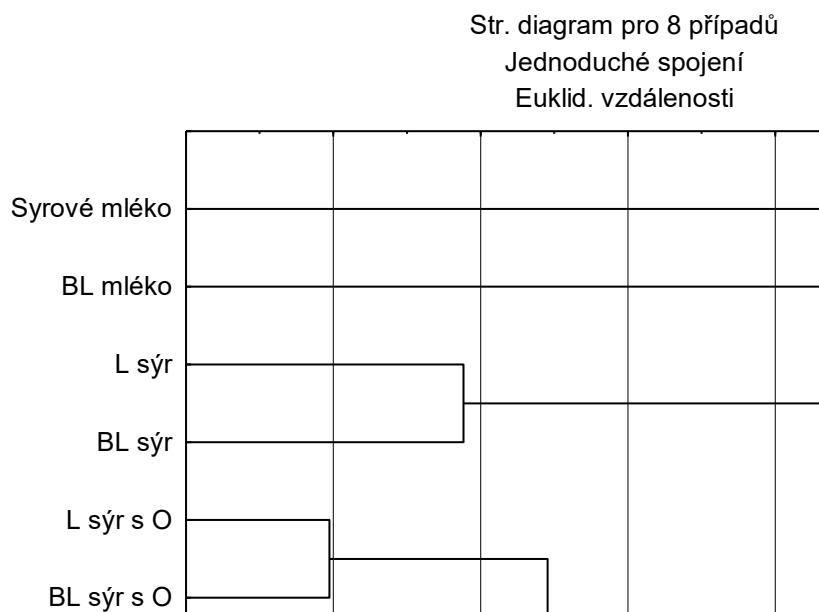
5.2.2 Výsledky měření sýrů na GC/MS

Na plynovém chromatografu s hmotnostním spektrometrem byly proměřeny vzorky vstupních surovin (laktózové mléko, bezlaktózové mléko) a výstupních produktů (laktózový sýr, bezlaktózový sýr, laktózový sýr s arašídovým olejem, bezlaktózový sýr s arašídovým olejem, laktózový sýr s arašídovým olejem a příchutí čokolády a bezlaktózový sýr s arašídovým olejem a příchutí čokolády). Výsledky měření ukázaly procentuální pokles nasycených mastných kyselin a procentuální zvýšení nenasycených mastných kyselin ve vzorcích obsahující rostlinný olej oproti vzorkům bez přidaného oleje. Nárůst hodnot byl pozorován zejména u kyselin myristoolejové, olejové, linolové a linolenové (Tabulka 10).

Tabulka 10: Naměřené relativní zastoupení mastných kyselin přepočtené na 100 podíl identifikovaných mastných kyselin

Mastná kyselina	Lakt. mléko	Bezlakt. mléko	Lakt. sýr	Bezlakt. sýr	Lakt. sýr olej	Bezlakt. sýr, olej	Lakt. sýr, olej, čoko	Bezlakt. sýr, olej, čoko
Máselná 4:0	1.80	1.63	1.80	1.88	1.72	1.77	1.75	1.73
Kapronová 6:0	1.75	1.71	1.73	1.79	1.70	1.71	1.67	1.67
Kaprylová 8:0	1.27	1.27	1.25	1.29	1.23	1.24	1.21	1.22
Kaprinová 10:0	3.14	3.15	3.10	3.20	3.02	3.06	2.97	2.98
Laurová 12:0	3.89	3.93	3.86	3.96	3.75	3.79	3.68	3.70
Tridecylová 13:0	0.15	0.15	0.15	0.15	0.18	0.15	0.14	0.14
Myristová 14:0	13.46	13.65	13.03	13.39	12.97	13.00	12.69	12.75
Myristoolejová 14:1	0.98	0.90	1.07	1.07	1.03	1.04	1.00	1.10
Pentadecylová 15:0	1.35	1.37	1.36	1.36	1.32	1.33	1.29	1.39
Palmitová 16:0	34.38	35.19	33.15	33.03	32.59	32.85	32.33	32.30
Palmitoolejová 16:1	2.31	2.22	2.37	2.36	2.33	2.33	2.28	2.28
Heptadekanová 17:0	1.06	0.95	1.00	1.03	1.03	0.99	1.01	1.01
Stearová 18:0	9.80	9.82	9.98	9.77	9.68	9.70	10.01	9.95
Vakcenová 18:1 (11)	2.18	2.61	2.08	2.06	2.02	2.06	1.99	2.08
Olejová 18:1	18.88	18.03	19.99	19.66	19.64	19.62	19.98	20.07
Linolová 18:2	2.16	2.08	2.41	2.38	3.34	3.11	3.46	3.24
Arachová 20:0	0.11	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15
Linolenová 18:3	0.53	0.52	0.61	0.61	1.40	1.22	1.50	1.34
Konjugovaná kyselina linolová 18:2	0.81	0.70	0.92	0.90	0.90	0.91	0.89	0.89
Podíl identifikovaných MK	100	100	100	100	100	100	100	100
Nasyčené kyseliny (%)	72.2	72.95	70.55	70.97	69.34	69.71	68.90	69.00
Nenasycené kyseliny (%)	27.8	27.05	29.45	29.03	30.66	30.29	31.10	31.00

Analýzou hierarchického shlukování vzorků (Obrázek 12) bylo zjištěno, že dle profilu mastných kyselin se mléko syrové i bazlaktózové liší od vzorků sýra svým relativním zastoupením mastných kyselin. Vzorky, které se oddělují ve větší vzdálenosti spoje jsou méně podobné. Dále se pak oddělují vzorky sýra od vzorků sýra s přidaným olejem a ty se liší od vzorků s olejem a čokoládovou příchutí. Nejméně odlišné jsou laktózové a bezlaktózové vzorky.



Obrázek 12: Hierarchické shlukování vzorků

5.3 Senzorická analýza čerstvých sýrů

Senzoricky hodnocené vzorky sýrů byly vyrobeny v mlékárně Farma Struhy s.r.o. a poté byly dopraveny do mlékařské laboratoře České zemědělské univerzity, kde byly hodnoceny. V rámci projektu byla provedena celá řada sensorických analýz nejen čerstvých sýrů, ale také i syrovátkových nápojů. Následně se uskutečnily tři velké analýzy, kdy vzorky byly hodnoceny větším počtem proškolených hodnotitelů. Tato práce se zabývá dvěma z nich.

5.3.1 Senzorická analýza č. 1

První sensorické analýzy se zúčastnilo celkem 47 hodnotitelů a sensoricky posuzovali celkem 4 vzorky čerstvých sýrů. Z toho se 45 hodnotitelů zúčastnilo pořadové zkoušky a 47 hodnocení sensorického profilu. Vzorky byly označeny kódy (A – čerstvý sýr, B – bezlaktózový sýr, C – čerstvý sýr s příchutí čokolády, D – bezlaktózový čerstvý sýr s příchutí čokolády).

5.3.1.1 Výsledky hodnocení pořadové zkoušky

Pro vyhodnocení pořadové zkoušky byl použit Friedmanův test (Tabulka 11). Dle vypočteného pořadí nejlepší hodnocení měl vzorek B. Můžeme také říci, že vzorek B se

statisticky významně lišil ode všech vzorků (A, C, D). Mezi ostatními vzorky nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly.

Tabulka 11: Výsledky Friedmanova testu č. 1

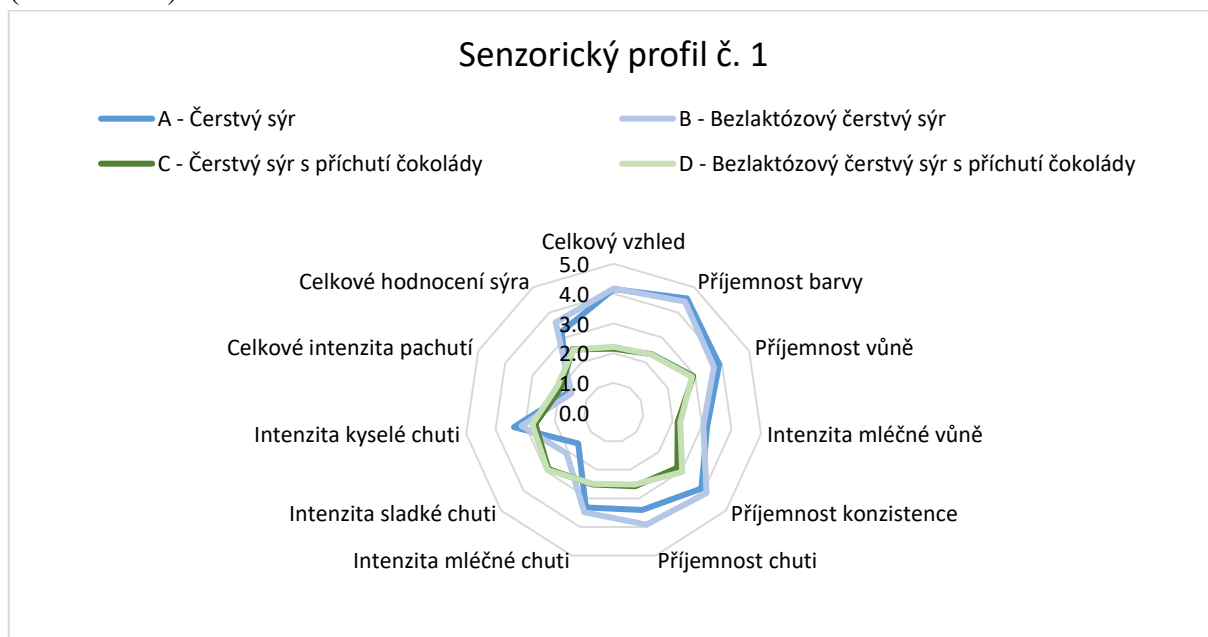
LSD	24.005	A	B	C	D
Pořadí vzestupně		2	1	3	4
	A				
	B	30			
	C	19	49		
	D	20	50	1	

statisticky významný rozdíl na hladině pravděpodobnosti 5 %

- A – Čerstvý sýr
- B – Bezlaktózový sýr
- C – čerstvý sýr s příchutí čokolády
- D – Bezlaktózový čerstvý sýr s příchutí čokolády

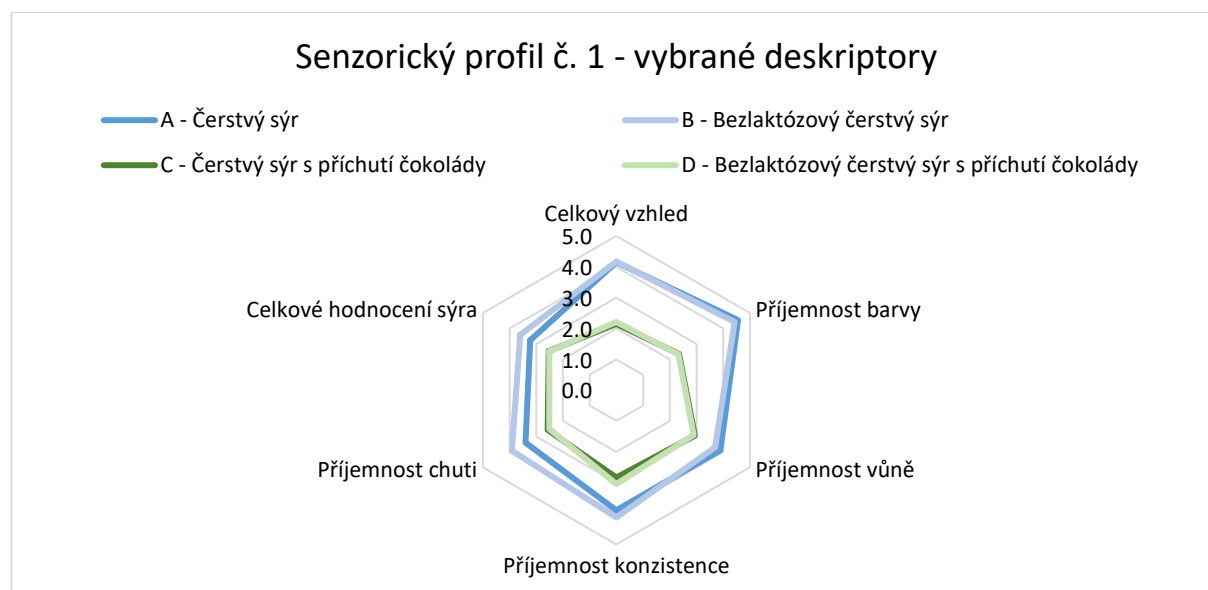
5.3.1.2 Výsledky hodnocení sensorického profilu

Pro hodnocení sensorického profilu čerstvých sýrů bylo vybráno 11 deskriptorů. Hodnoty získané při sensorickém hodnocení profilu vzorků sýrů byly vloženy do grafů. Celkově nejlepší hodnocení i nejpříjemější chuť měl vzorek B – Bezlaktózový čerstvý sýr. U čokoládových sýrů byl minimální rozdíl v hodnocení mezi laktózovým a bezlaktózovým sýrem (Obrázek 13).



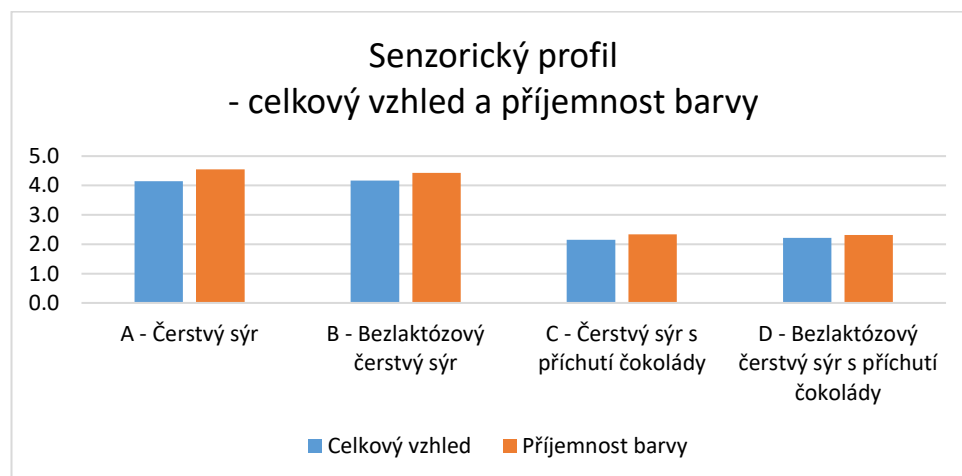
Obrázek 13: Vyhodnocení sensorického profilu č. 1 – všechny deskriptory

V grafu vybraných deskriptorů (Obrázek 14) je jasně vidět, že sýry s čokoládovou příchutí byly hůře hodnoceny ve všech deskriptorech (celkové hodnocení sýra, celkový vzhled, příjemnost barvy, vůně, konzistence a chuti).



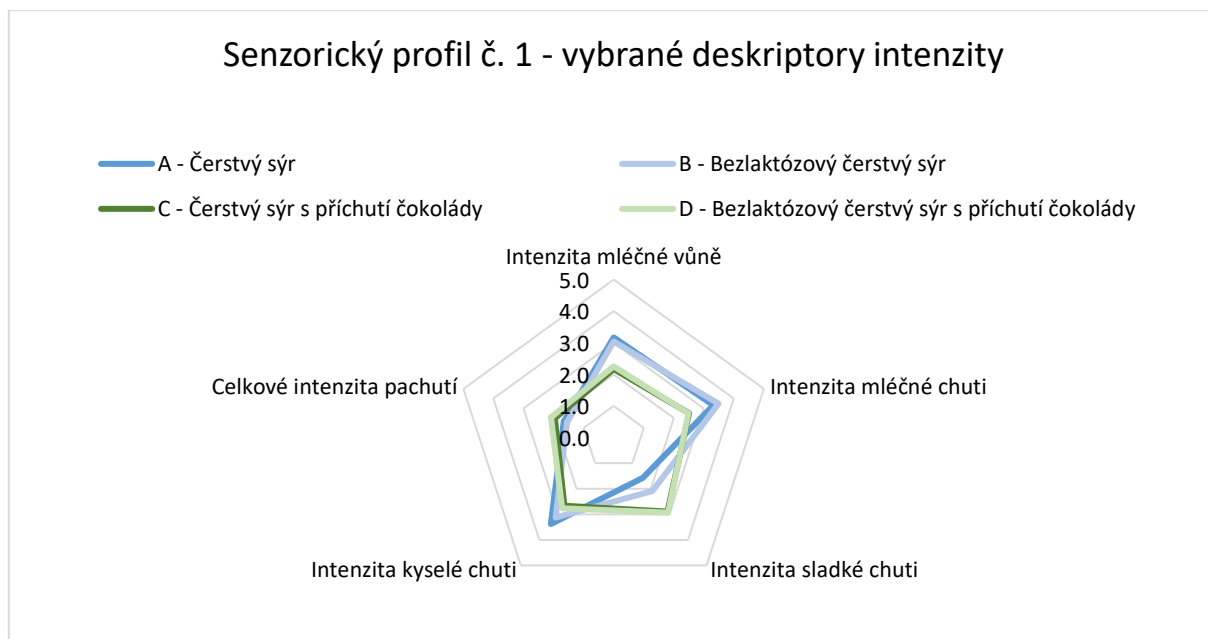
Obrázek 14: Vyhodnocení senzorického profilu č. 1 – vybrané deskriptory

Největší rozdíl u hodnocení byl u příjemnosti barvy (Obrázek 15), kdy hodnotitelé hůře hodnotili čokoládovou světle hnědou barvu. Tyto výsledky korelovaly s hodnocením celkového vzhledu.



Obrázek 15: Celkový vzhled a hodnocení příjemnosti barvy č.1

Při hodnocení intenzit sýrů měly sýry s čokoládovou příchutí nižší intenzitu mléčné vůně a chuti oproti sýrům bez příchutě (Obrázek 16). Také měly výrazně vyšší intenzitu sladké chuti a celkově vyšší intenzitu pachutí. Rozdíl v intenzitě sladké chuti mezi laktózovým (C – Čerstvý sýr s příchutí čokolády) a bezlaktózovým vzorkem s čokoládovou příchutí (D – Bezlaktózový čerstvý sýr s příchutí čokolády) byl minimální, zatímco u vzorků bez příchuti měl bezlaktózový vzorek (B – Bezlaktózový čerstvý sýr) vyšší intenzitu než laktózový vzorek (A – Čerstvý sýr).



Obrázek 16: Vyhodnocení senzorického profilu č. 1 – vybrané deskriptory intenzity

5.3.2 Senzorická analýza č. 2

Druhé senzorické analýzy se zúčastnilo celkem 21 hodnotitelů a senzoričky posuzovali celkem 6 vzorků čerstvých sýrů. Vzorky byly označeny písmeny A, B, C, D, E, F (A – čerstvý sýr, B – bezlaktózový sýr, C – čerstvý sýr s arašídovým olejem, D – bezlaktózový čerstvý sýr s arašídovým olejem, E – čerstvý sýr s arašídovým olejem a čokoládovou příchutí, F – bezlaktózový čerstvý sýr s arašídovým olejem a čokoládovou příchutí).

5.3.2.1 Výsledky hodnocení pořadové zkoušky

Pro vyhodnocení druhé pořadové zkoušky byl použit Friedmanův test (Tabulka 12). Dle vypočteného pořadí nejlepší hodnocení měl vzorek B a druhé nejlepší vzorek A. Mezi vzorky ale nebyl statisticky významný rozdíl a oba tyto vzorky byly statisticky rozdílné se všemi ostatními vzorky (C, D, E, F). U sýrů fortifikovaných olejem bez příchuti nebyl nalezen statisticky významný rozdíl. V případě sýrů fortifikovaných olejem s příchutí čokolády byl statisticky významný rozdíl mezi vzorkem D a F, kdy vzorek D byl lépe hodnocen než vzorek F.

Tabulka 12: Výsledky Friedmanova testu č. 2

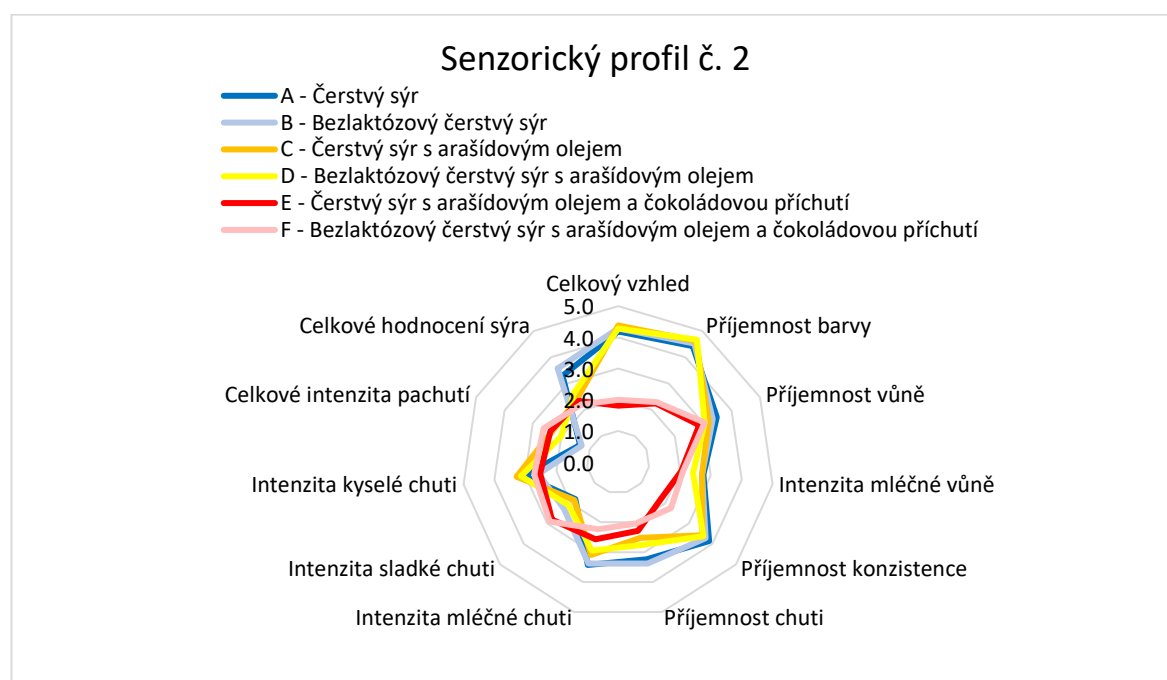
LSD	16.974	A	B	C	D	E	F
Pořadí vzestupně		2	1	4	3	5	6
	A						
	B	15					
	C	27	42				
	D	23	38	4			
	E	30	45	3	7		
	F	40	55	13	17	10	

 statisticky významný rozdíl na hladině pravděpodobnosti 5 %

- A – Čerstvý sýr
- B – Bezlaktózový sýr
- C – Čerstvý sýr s olejem
- D – Bezlaktózový sýr s olejem
- E – Čerstvý sýr s olejem a příchutí čokolády
- F – Bezlaktózový sýr s olejem a příchutí čokolády

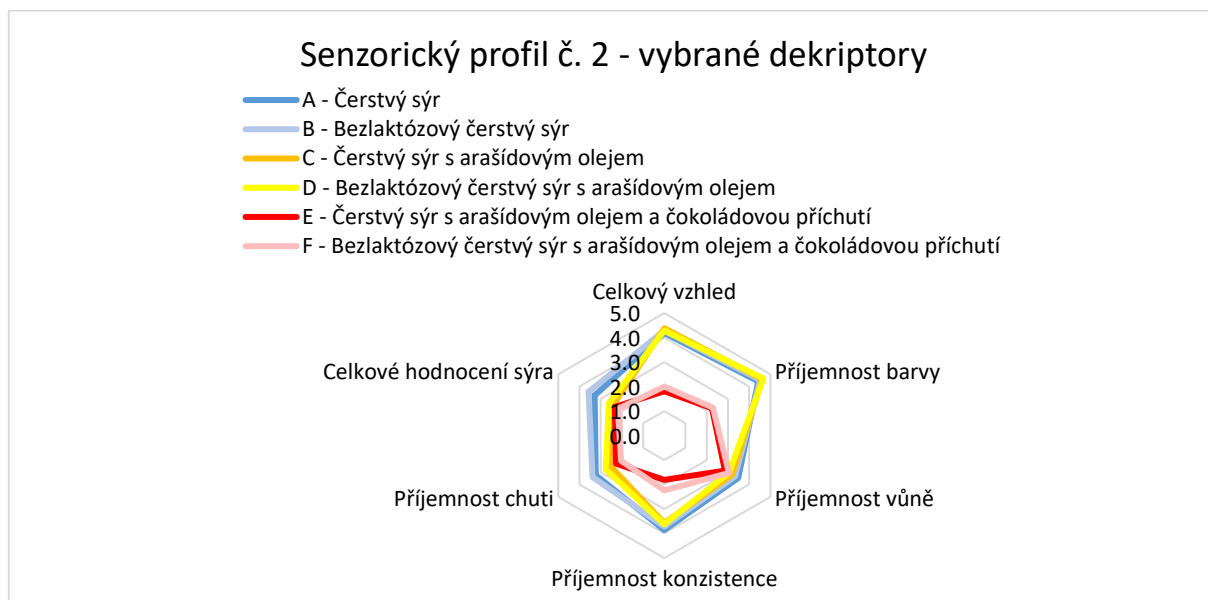
5.3.2.2 Výsledky hodnocení sensorického profilu

Pro hodnocení sensorického profilu čerstvých sýrů bylo vybráno 11 deskriptorů. Graf (Obrázek 17) názorně ukazuje, že výsledky dvojic sýrů (vždy laktózový a bezlaktózový – čistý, s arašídovým olejem a s arašídovým olejem a čokoládovou příchutí) mají v mnoha hodnocených deskriptorech podobné výsledky, ale jsou často odlišné od ostatních dvojic.



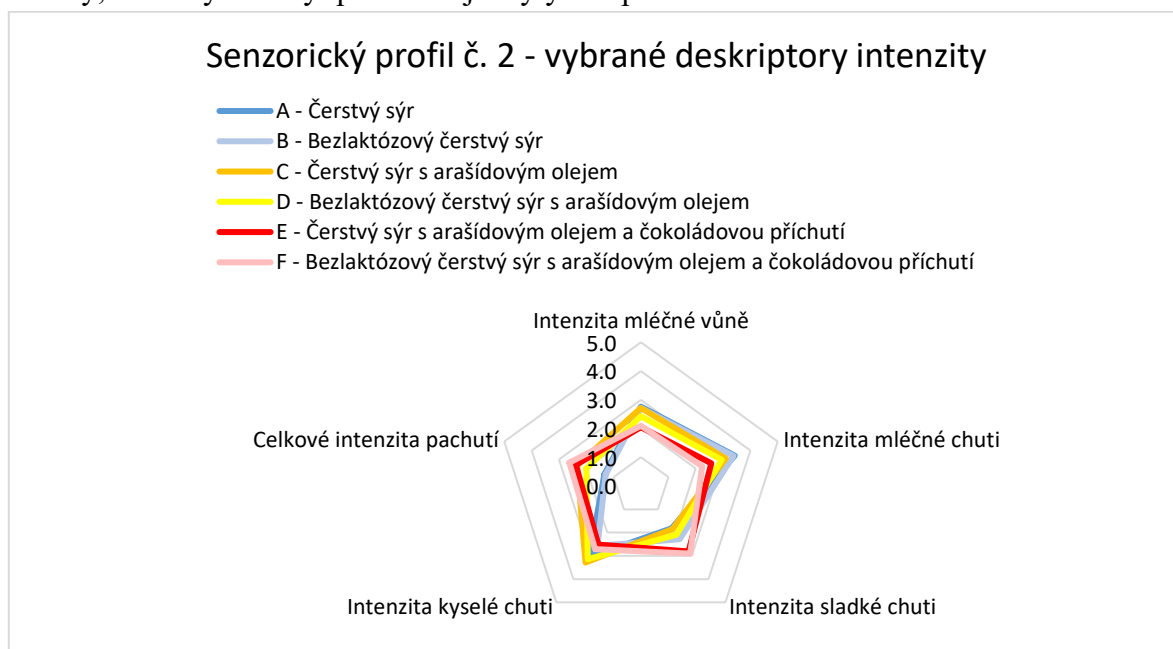
Obrázek 17: Vyhodnocení sensorického profilu č. 2 – všechny deskriptory

Pro lepší přehlednost jsou v dalších grafech prorovnáány jednotlivé deskriptory (Obrázek 18). Nejlepší hodnocení deskriptorů celkové hodnocení sýra, příjemnosti chuti, konzistence a vůně měly čisté vzorky: A – Čerstvý sýr a B – Bezlaktóзовý čerstvý sýr. Naopak nejhorší hodnocení měly vzorky s arašídovým olejem a čokoládovou příchutí: E – Čerstvý sýr s arašídovým olejem a čokoládovou příchutí a F – Bezlaktóзовý čerstvý sýr s arašídovým olejem a čokoládovou příchutí. Nejmenší rozdíly byly u deskriptoru příjemnosti vůně.



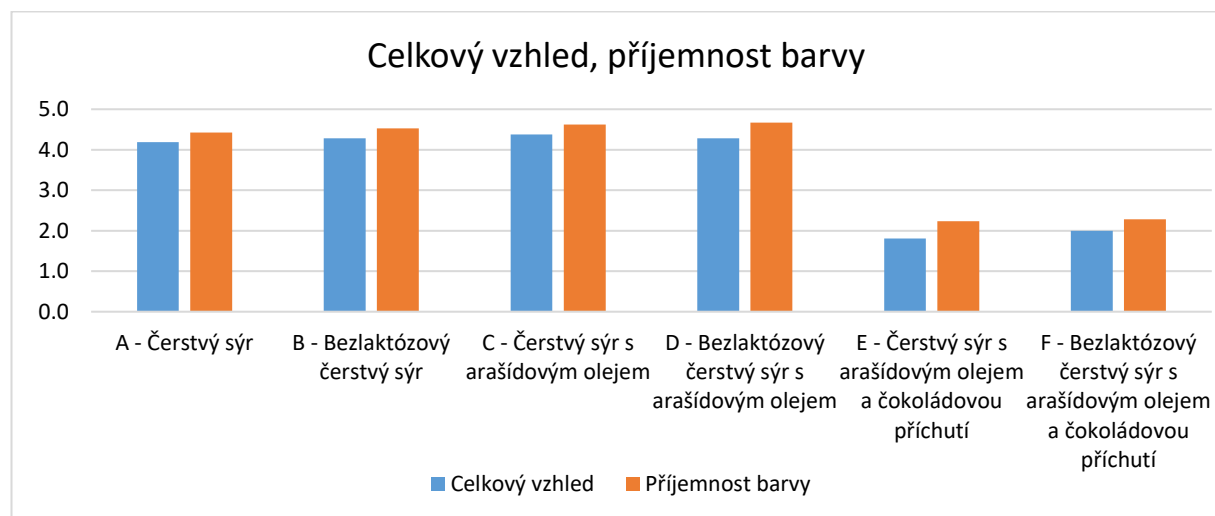
Obrázek 18: Vyhodnocení senzoričkého profilu č. 2 – vybrané deskriptory

Při porovnání jednotlivých intenzit (Obrázek 19) měly nejnižší intenzitu mléčné vůně a chuti vzorky E – Čerstvý sýr s arašídovým olejem a čokoládovou příchutí a F – Bezlaktóзовý čerstvý sýr s arašídovým olejem a čokoládovou příchutí. Naopak měly nejvyšší intenzitu sladké chuti a poměrně vysokou intenzitu pachutí. Nejnižší intenzitu pachutí měly porovnávací vzorky, do kterých nebyl přidán olej a byly bez příchutí.



Obrázek 19: Vyhodnocení senzoričkého profilu č. 2– vybrané deskriptory intenzity

Při hodnocení celkového vzhledu a příjemnosti barvy (Obrázek 20), byl zaznamenán stejný trend jako u prvního sensorického hodnocení. Hodnocení porovnávacích vzorků a vzorků s oleji bez příchutě bylo velmi vyrovnané.



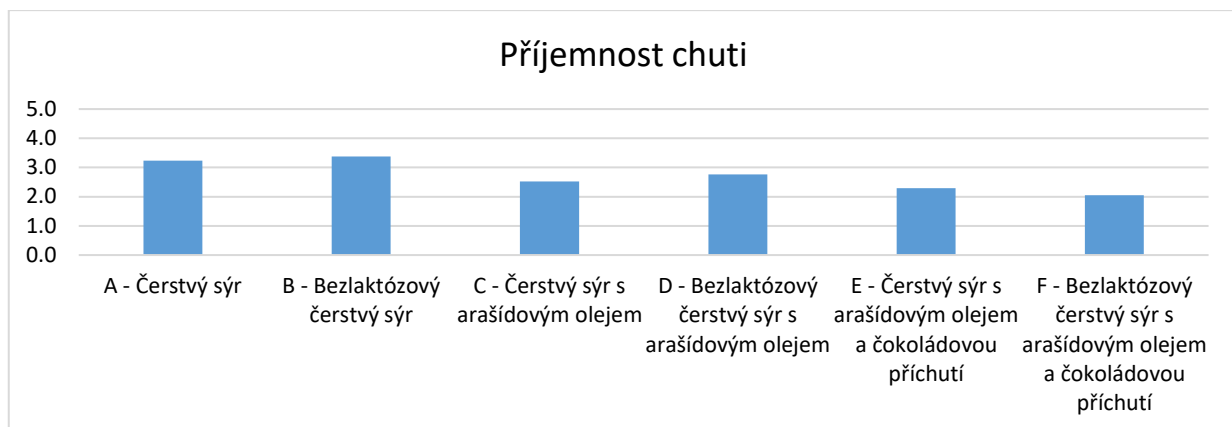
Obrázek 20: Hodnocení celkového vzhledu a příjemnosti barvy č. 2

Stejně tak u hodnocení příjemnosti konzistence bylo zaznamenáno snížené hodnocení vzorků s arašídovým olejem a čokoládovou příchutí, přičemž nejhůře byla hodnocena konzistence vzorku E – Čerstvý sýr s arašídovým olejem a čokoládovou příchutí (Obrázek 21).



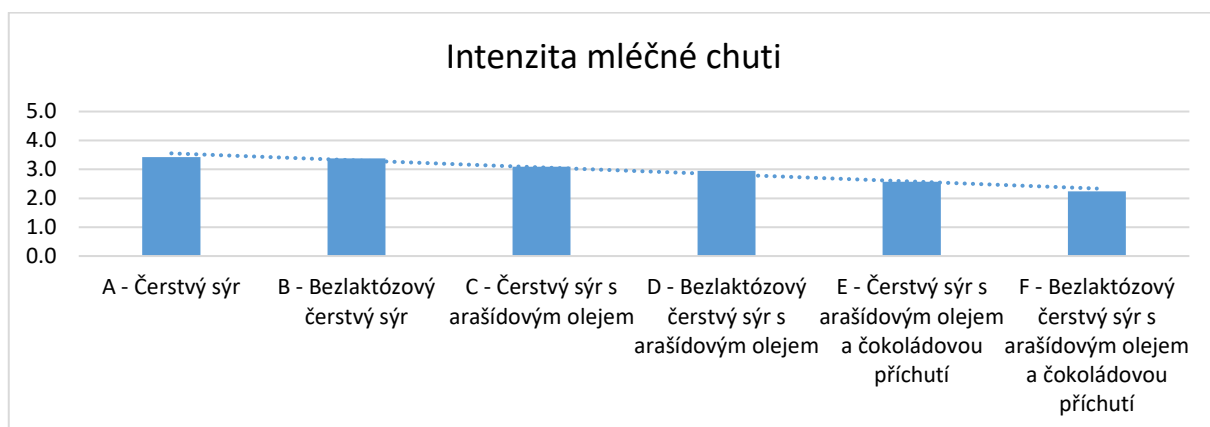
Obrázek 21: Hodnocení příjemnosti konzistence č. 2

V případě prvních dvou párů byla hodnocena příjemnější chuť u bezlaktózového vzorku. Zatímco u posledního páru byl lépe hodnocen laktózový vzorek. Nejlépe ze všech byl hodnocen vzorek B – Bezlaktózový čerstvý sýr (Obrázek 22).



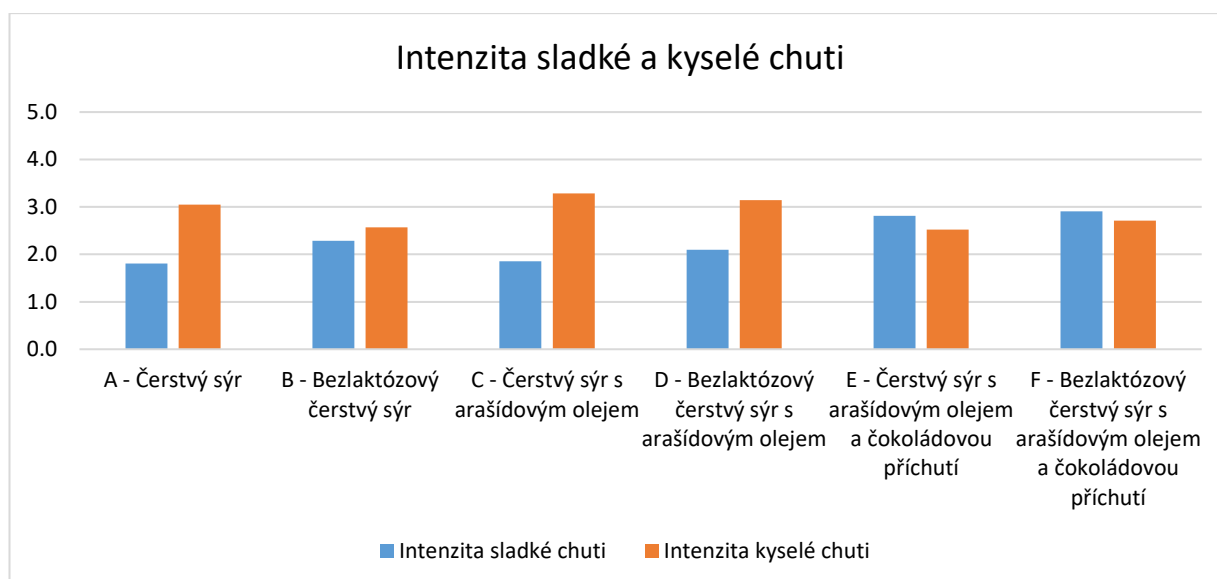
Obrázek 22: Hodnocení příjemnosti chuti č. 2

Trend hodnocení intezity mléčné chuti byl klesající od vzorku A – Čerstvý sýr (nejvyšší intenzita) až ke vzorku F – Bezlaktózový čerstvý sýr s arašídovým olejem a čokoládovou příchutí (nejnižší intenzita) (Obrázek 23).



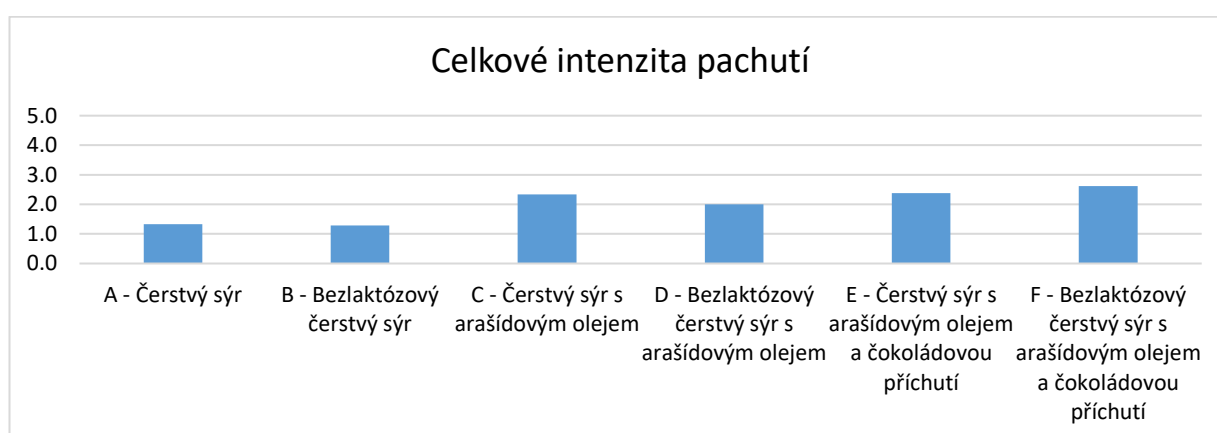
Obrázek 23: Hodnocení intezity mléčné chuti č. 2

Nejvyšší intezitu sladké chuti (Obrázek 24) měly vzorky E – Čerstvý sýr s arašídovým olejem a čokoládovou příchutí a F – Bezlaktózový čerstvý sýr s arašídovým olejem a čokoládovou příchutí. Následně pak vyšší intezitu měly bezlaktózové vzorky B – Bezlaktózový čerstvý sýr a D – Bezlaktózový čerstvý sýr s arašídovým olejem. Nejvyšší intezitu kyselé chuti měly vzorky s arašídovým olejem bez příchutí C – Čerstvý sýr s arašídovým olejem a D – Bezlaktózový čerstvý sýr s arašídovým olejem. Při porovnání intenzit měly všechny vzorky nižší intezitu sladké chuti a vyšší kyselé chuti, až na vyjímku čokoládových variant, kde tomu bylo naopak.



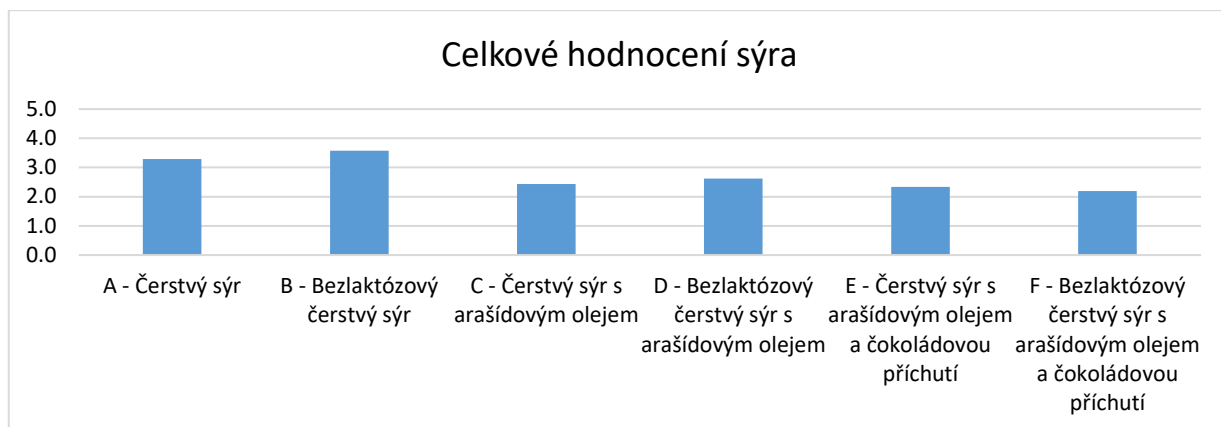
Obrázek 24: Hodnocení intenzity sladké a kyselé chuti č. 2

Nižší intenzita pachutí (Obrázek 25) byla hodnocena u kontrolních vzorků bez přidaného oleje. U vzorků obsahují arašídový olej (C – Čerstvý sýr s arašídovým olejem, D – Bezlaktózový čerstvý sýr s arašídovým olejem) někteří hodnotitelé cítili pachutě podobné kysané zelenině a pouze jeden hodnotitel cítil pachut' oříšků. U vzorků obsahující olej a s příchutí čokolády hodnotitelé uvedli pachut' kysané zeleniny, kyselou a hořkou pachut'.



Obrázek 25: Hodnocení celkové intenzity pachutí č. 2

Nejlépe byl v celkovém hodnocení sýra v druhé senzoričké analýze (Obrázek 26) hodnocen vzorek B – Bezlaktózový čerstvý sýr. Tento výsledek souhlasí s výsledkem z první senzoričké analýzy. Vzorky s přidaným arašídovým olejem a vzorky s přidaným arašídovým olejem s příchutí čokolády byly hodnoceny velmi podobně. Nejlépe z nich byl ale hodnocen vzorek D – Bezlaktózový čerstvý sýr s arašídovým olejem.



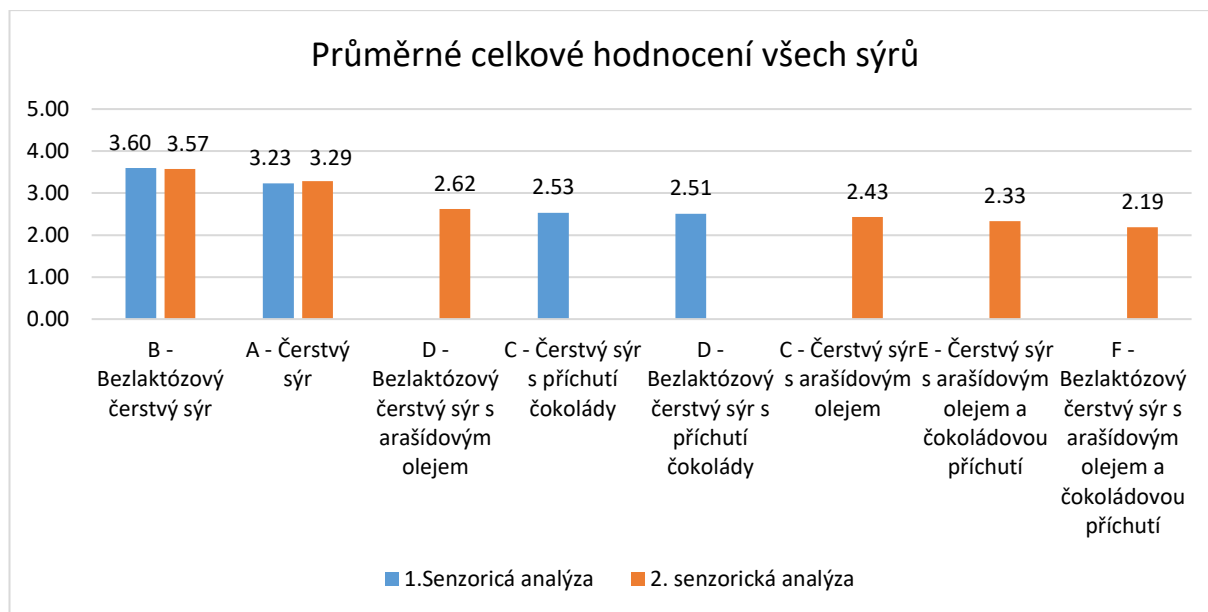
Obrázek 26: Celkové hodnocení sýra č. 2

5.3.3 Porovnání průměrného celkového hodnocení všech sýrů

Pro porovnání obou dvou senzoričkových analýz byl vybrán deskriptor senzoričkého profilu celkové hodnocení sýra. Získané hodnoty byly přepočteny na průměrné hodnocení na osobu. Nevyšší možná hodnota, která mohla být získána byla 5 (vynikající) a nejnižší možná hodnota, která mohla být získána byla 1 (nevyhovující).

Nejlepší hodnocení ze všech vzorků získal vzorek B – Bezlaktózový čerstvý sýr jak v první (3,6), tak i ve druhé (3,57) analýze (Obrázek 28). Velmi podobné hodnocení získal také vzorek A – Čerstvý sýr (3,23) a (3,29). Lehce nadprůměrně byly hodnoceny vzorky se skoro stejným průměrem D – Bezlaktózový čerstvý sýr s arašídovým olejem (2,62), C – Čerstvý sýr s příchutí čokolády (2,53) a D – Bezlaktózový čerstvý sýr s příchutí čokolády (2,51). Podprůměrně byly hodnoceny vzorky C – Čerstvý sýr s arašídovým olejem (2,43), E – Čerstvý sýr s arašídovým olejem a čokoládovou příchutí (2,33) a nejhůře byl hodnocen vzorek F – Bezlaktózový čerstvý sýr s arašídovým olejem a čokoládovou příchutí (2,19).

Z grafu je vidět, že hodnocení kontrolních vzorků v první i druhé senzoričkové analýze bylo vyrovnané. Nejlepší hodnocení u sýrů s přidaným arašídovým olejem získal D2 – Bezlaktózový čerstvý sýr s arašídovým olejem (2,62), ale Friedmanovým testem bylo zjištěno, že neexistuje statisticky významný rozdíl v hodnocení sýrů s přidaným olejem.



Obrázek 27: Průměrné celkové hodnocení všech sýrů první a druhé analýzy

6 Diskuze

Sýry jsou velmi rozmanitá skupina mléčných výrobků. Kvalita, senzorní parametry, chemicko-fyzikální vlastnosti sýrů jsou ovlivňovány celou řadou faktorů nejenom v průběhu výroby, ale už při vzniku mléka v mléčné žláze dojnice. Cílem této diplomové práce byl vývoj receptury reformulovaného mléčného produktu na bázi čerstvého sýra s vyšším obsahem nenasycených mastných kyselin. Výsledný produkt měl být navržen tak, aby byl vhodný pro český i vietnamský trh. Provedením senzorní analýzy inovativních produktů na bázi čerstvých sýrů byla získána data, která byla porovnána mezi sebou prostřednictvím statistických analýz (Friedmanův test, pavučinové grafy, sloupcové grafy). Pro ověření účinnosti technologického postupu aplikace rostlinného oleje do sýra byly vzorky tuku výsledných produktů proměřeny na plynovém chromatografu s hmotnostním spektrometrem. Výstupem tohoto měření byl seznam a obsah mastných kyselin v měřeném tuku získaného ze vzorků. Tyto hodnoty byly použity k porovnání složení mastných kyselin v mléce a sýrech bez přidaného oleje a v sýrech s přidaným olejem.

Český trh s mléčnými produkty se velmi liší od vietnamského trhu. Nejen, že český trh je mnohem větší a rozmanitější, ale existují zde i rozdílné preference chutí u spotřebitelů. Vývoj byl zaměřen na inovativní produkt, který je novinkou pro oba dva trhy. A i přes vysokou rozdílnost stravovacích návyků a chuťových preferencí obou dvou zemí byla snaha vymyslet produkt takový, který by měl stejné nebo vyšší hodnocení u obou dvou skupin konzumentů, než kontrolní vzorky bez přidaného oleje.

Čerstvé sýry byly vyráběny z kravského mléka dovezeného z mlékárny Farma Struhy s.r.o., která zpracovává mléko od vlastních krav plemene Brown Swiss. Po dobu 3 let byla prováděna celá řada pokusů v laboratoři České zemědělské univerzity, kde byly úzkým panelem hodnotitelů vybrány nejlepší varianty sýrů, které byly následně vyrobeny ve větším množství v mlékárně Farma Struhy s.r.o. Poté byly vzorky senzorně analyzovány větším panelem hodnotitelů studentů České zemědělské univerzity.

Celkem byly provedeny 3 velké senzorní analýzy, z toho 2 jsou popsány v této práci. První porovnávala vzorky bezlaktózových sýrů bez příchuti/s příchutí čokolády s čistými vzorky laktózových a bezlaktózových sýrů. Jak udává Dekker et al., (2019) v mlékárenském průmyslu je nejrychleji rostoucí trh s bezlaktózovými mléčnými produkty. Bezlaktózové sýry jsou třetí největší kategorií v tomto segmentu po bezlaktózovém mléce a jogurtech. Lídrem bezlaktózových produktů s největším a nejrychleji rostoucím trhem je západní Evropa a dále pak Latinská Amerika.

Sýry jsou mléčné produkty s vysokou nutriční kvalitou, ale také vysokým obsahem nenasycených mastných kyselin (SFA). V řadě studií je konzumace produktů s vysokým obsahem SFA spojována s různými onemocněními například s kardiovaskulárním onemocněním. Proto byl nalezen vysoký potenciál ve zlepšení nutriční hodnoty sýrů nahrazením mléčného tuku rostlinným olejem za účelem zlepšení zdraví konzumentů. V dnešní době se potravinářský průmysl snaží hledat nové technologie a pomoci při řešení problémům s chronickými onemocněními lidí v populaci. Jednou ze zkoumaných možností je obohacování potravin bioaktivními sloučeninami a zlepšování jejich nutriční hodnoty (Villamil et al. 2021). Druhá analýza porovnávala vzorky laktózových sýrů bez příchuti/s příchutí čokolády obsahující

arašídový olej a vzorky bezlaktózových sýrů bez příchuti/s příchutí čokolády obsahující olej s čistými vzorky laktózových a bezlaktózových sýrů.

Pro částečnou náhradu mléčného tuku byly vybrán arašídový olej, který má vyšší obsah nenasycených mastných kyselin a může tak zlepšit poměr mastných kyselin v sýru. Ve studii Rafiq SM & Ghosh BC (2017) přidání 10 % arašídů do taveného sýra snížilo obsah nasycených mastných kyselin o 7 % až 8 % a zvýšilo obsah polynenasycených mastných kyselin. Při vyšší náhradě 15 % už byl zaznamenán negativní vliv na senzorické hodnocení a reologické vlastnosti. Složení arašídového oleje vykazuje pozitivní biologické účinky, má nízký obsah nasycených mastných kyselin, cholesterolu a trans mastných kyselin. Jeho pozitivní účinky jsou uváděny například na snížení rizika kardiovaskulárních onemocnění (Suchoszek-Łukaniuk et al.). V mléce, které bylo použito pro výrobu vzorků bylo nahrazeno 20 % mléčného tuku arašídovým olejem a jako ochucující složka byla vybrána čokoládová příchut'.

Pro potvrzení předpokládaného vyššího obsahu nenasycených mastných kyselin v sýrech fortifikovaných olejem byla provedena analýza extrahovaného tuku za sýrů za pomoci plynové chromatografie s hmotnostním spektrometrem. Výsledky potvrdily předpoklady, že fortifikované sýry arašídovým olejem obsahují více nenasycených mastných kyselin než sýry vyrobené pouze z kravského mléka.

U pořadové zkoušky měl nejlepší hodnocení v první i druhé analýze bezlaktózový čerstvý sýr bez příchuti. Bezlaktózové sýry byly vyrobeny přidáním enzymu laktázy (β -galaktosidázy), který za dobu 90 minut rozštěpil disacharid laktózu na monosacharidy glukózu a galaktózu. Husain (2010) uvádí, že bezlaktózové mléčné výrobky mají vyšší intenzitu sladké chuti než laktózové. Stejně výsledky měla i tato práce, kdy intenzita sladké chuti v hodnocení senzorického profilu byla vyšší u bezlaktózových sýrů než u laktózových. Intenzitu sladké chuti ještě více podpořila čokoládová příchut', která ale zároveň snížila rozdíly v intenzitě sladké chuti mezi laktózovým a bezlaktózovým vzorkem. Bezlaktózové sýry měly také vyšší hodnocení příjemnosti chuti s výjimkou vzorků s čokoládovou příchutí, kde vyšší hodnocení měly laktózové sýry. V tomto případě byly pravděpodobně sýry na konzumenty příliš sladké.

Dále byly hodnoceny deskriptory celkový vzhled a příjemnost barvy, kde byly hůře hodnoceny v obou analýzách sýry s čokoládovou příchutí, které měly světle hnědou barvu. Při hodnocení intenzity pachutí hodnotitelé zaznamenali u sýrů s olejem nejčastěji pachut' po kysané zelenině, kterou dle některých hodnotitelů nezamaskovala ani čokoládová příchut'. Khalifa et al., (2016) použili ve své studii pro zamaskování olejové chuti v sýru s přídatkem 4 % arašídového oleje směsi emulgátorů (mono a di glyceridy mastných kyselin E471) a syrovátkového prášku 1 % v poměru 1:1. Takto vyrobený sýr měl vyšší obsah nenasycených mastných kyselin zejména olejové kyseliny než kontrolní vzorek a také vykazoval vyšší senzorické hodnocení než sýr bez přídatku směsi emulgátorů.

Ve studii Arslan et al., (2014) použili pro fortifikaci bílého sýra 1 % a 1,5 % kukuřičného oleje. I takto menší množství oleje pozitivně ovlivnilo složení mastných kyselin a zároveň reformulovaný sýr získal podobné senzorické hodnocení jako sýr bez přidaného oleje. V další studii Ullah et al., (2018) byl zkoumán vliv přídatku oleje do sýru typu čedar. V pokusu bylo nahrazeno 2,5, 5, 7,5 a 10 % mléčného tuku. Analýzou mastných kyselin bylo potvrzeno zvýšení nenasycených mastných kyselin a snížení nasycených mastných kyselin s krátkým řetězcem ve vyrobených sýrech. V senzorickém hodnocení byl ale zaznamenán rozdíl mezi vzorkem s náhradou oleje 7,5 % a 10 %, kdy sýr s vyšším obsahem oleje už nevykazoval stejné

senzorické vlastnosti a byl hodnocen hůře. Tento výsledek ale nemůže být úplně srovnatelný s touto prací, protože se jednalo o jiný typ sýra a testování bylo provedeno v průběhu zrání po 45 a 90 dnech.

Při porovnání průměrného celkového hodnocení všech testovaných sýrů v této práci z obou senzorických analýz měly nejlepší hodnocení čisté bezlaktóзовé sýry a dále pak čisté laktóзовé sýry. Mírně nadprůměrné hodnocení měl bezlaktóзовý čerstvý sýr s arašídovým olejem a laktóзовý/bezlaktóзовý čerstvý sýr s příchutí čokolády. Ostatní vzorky (čerstvý sýr s arašídovým olejem, laktóзовý/bezlaktóзовý čerstvý sýr s arašídovým olejem a čokoládovou příchutí) byly hodnoceny lehce podprůměrně.

Výsledky této práce mohou poukazovat na velmi dobrou senzorickou přijatelnost bezlaktóзовých sýrů u konzumentů. U sýrů fortifikovaných olejem by bylo vhodné pokračovat ve výzkumu a najít vhodnou příchut', která by zamaskovala nežádoucí pachutě a dále navázat na hledání ideálního poměru přidaného oleje a mléčného tuku tak, aby byl výsledný produkt senzoricky stejný nebo lepší než kontrolní vzorek a zároveň aby vykazoval vyšší obsah nenasycených mastných kyselin.

7 Závěr

Cílem této práce byl vývoj receptury reformulovaného mléčného výrobku na bázi čerstvého sýra s vyšším obsahem nenasycených mastných kyselin vhodný pro český i vietnamský trh. V teoretické části práce bylo popsáno chemické složení kravského mléka, problematika laktóзовé intolerance u lidí ve světě, využití rostlinných olejů při fortifikaci mléka a mléčných produktů a také technologický postup výroby čerstvých sýrů v malovýrobě. Také byl proveden průzkum trhu sýrů obsahujících rostlinný olej v České republice a ve Vietnamu.

Vietnam patří mezi rozvojové země, kde je vyšší počet lidí s laktóзовou intolerancí. Přestože se udává, že procento lidí s laktóзовou intolerancí ve Vietnamu je vyšší než 80 %, dle vlastního průzkumu bylo zjištěno, že v dnešní době je procento stále vysoké, ale postupně se snižuje, zejména u mladé generace lidí. Ani v Evropě není procento lidí s laktóзовou intolerancí zanedbatelné, a proto byla navržena receptura čerstvého sýra tak, aby byl disacharid laktóза rozštěpen enzymem laktáza za vzniku monosacharidů glukózy a galaktózy.

Zároveň se práce zabývala sýry, u kterých došlo k částečné náhradě mléčného tuku za rostlinný. Vybrány byly oleje se zvýšeným obsahem esenciálních polyenových mastných kyselin (arašídový, sacha inchi, sezamový). Byla navržena receptura bezlaktóзовého čerstvého sýra se zvýšeným obsahem PUFA tak, aby poměr rostlinného a mléčného tuku byl 20:80. Vyšší obsah nenasycených mastných kyselin ve fortifikovaných sýrech byl následně potvrzen analýzou tuku extrahovaného ze vzorku sýra za pomoci plynového chromatografu s hmotnostním spektrometrem. Vzhledem k velké popularitě sladkých chutí ve Vietnamu byla navržena receptura bezlaktóзовého sýra s přidaným rostlinným olejem a čokoládovou příchutí.

Na základě výsledků sensorických analýz bylo zjištěno, že bezlaktóзовé čerstvé sýry mají lepší celkové hodnocení než laktóзовé sýry. Sýry obsahující arašídový olej s příchutí/bez příchutí byly hodnoceny poměrně rovnoměrně, ale v porovnání se srovnávacími vzorky bez oleje měly nižší sensorické hodnocení. Hodnotitelé u reformulovaných vzorků zaznamenali pachutě po kyselé zelenině, které v některých případech nebyly zamaskovány ani čokoládovou příchutí. Celkový vzhled i barva byly u sýrů s čokoládovou příchutí hodnoceny českými hodnotiteli hůře než bez příchutí. Naopak ve Vietnamu tento vzhled není tak neobvyklý, vzhledem k tomu, že jsou tavené sýry s čokoládovou příchutí na jejich trhu běžně dostupné.

Senzorickou analýzu by bylo vhodné znovu zopakovat s panelem hodnotitelů vietnamské národnosti. I přestože byly vietnamští studenti České zemědělské univerzity na sensorickou analýzu pozváni, nikdo se analýzy nezúčastnil. Bylo by tedy vhodné pozvánky připravit místo v anglickém jazyce ve vietnamském jazyce.

Na výsledky této diplomové práce mohou navázat další práce a pokračovat ve vývoji nových a inovativních zdraví prospěšných produktů. Budoucí výzkum by se měl zaměřit na zamaskování pachutí v sýrech obsahující olej a na příchutích, které by byly přijatelné pro české konzumenty.

8 Literatura

- Achachlouei BF, Hesari J, Damirchi SA, Peighambaroust S, Esmaili M, Alijani S. 2013. Production and characterization of a functional Iranian white brined cheese by replacement of dairy fat with vegetable oils. *Food Science and Technology International* **19**:389–398. Available from <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1082013212455341>.
- Adam AC, Rubio-Teixeira M, Polaina J. 2005. Lactose: The Milk Sugar from a Biotechnological Perspective. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **44**:553–557.
- Akhtar S, Khalid N, Ahmed I, Shahzad A, Suleria HAR. 2014. Physicochemical Characteristics, Functional Properties, and Nutritional Benefits of Peanut Oil: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **54**:1562–1575. Available from <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408398.2011.644353>.
- Arslan S, Topcu A, Saldamli I, Koksall G. 2010. Utilization of interesterified fat in the production of Turkish white cheese. *Food Science and Biotechnology* **19**:89–98.
- Arslan S, Topcu A, Saldamli I, Koksall G. 2014. Use of corn oil in the production of Turkish white cheese. *Journal of Food Science and Technology* **51**:2382–2392. Springer. Available from <http://link.springer.com/10.1007/s13197-012-0752-6>.
- Bairagi S, Mohanty S, Baruah S, Thi HT. 2020. Changing food consumption patterns in rural and urban Vietnam: Implications for a future food supply system. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* **64**:750–775.
- Bao Khanh LN, Burgers MR, Huu Chinh N, Tuoc B Van, Dinh Dung N, Deurenberg P, Schaafsma A. 2016. Nutrient Intake in Vietnamese Preschool and School-Aged Children is Not Adequate. *Food and Nutrition Bulletin* **37**:100–111.
- Bathmanath R, Yahya YAC, Yusoff MM, Vejayan J. 2019. Utilizing Coagulant Plants in the Development of Functional Dairy Foods and Beverages: A Mini Review. *Journal of Biological Sciences* **19**:259–271. Science Alert.
- Bermúdez-Aguirre D, Barbosa-Cánovas G V. 2012. Fortification of queso fresco, cheddar and mozzarella cheese using selected sources of omega-3 and some nonthermal approaches. *Food Chemistry* **133**:787–797.
- Bintsis T. 2021. Yeasts in different types of cheese. *AIMS Microbiology* **7**:447–470.
- Bintsis T, Papademas P. 2023. Sustainable Approaches in Whey Cheese Production: A Review. *Dairy* **4**:249–270.
- Bodkowski R, Czyz K, Kupczyński R, Patkowska-Sokoła B, Nowakowski P, Wiliczekiewicz A. 2016. Lipid complex effect on fatty acid profile and chemical composition of cow milk and cheese. *Journal of Dairy Science* **99**:57–67.
- Bondan C, Folchini JA, Noro M, Quadros DL, Machado KM, González FHD. 2018. Milk composition of Holstein cows: a retrospective study. *Ciência Rural* **48**.
- Borad SG, Kumar A, Singh AK. 2017. Effect of processing on nutritive values of milk protein. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **57**:3690–3702.
- Calligaris S, Gulotta A, Ignat A, Bermúdez-Aguirre D, Barbosa-Cánovas G V., Nicoli MC. 2013. Milk pre-treatment by high pressure homogenization in the manufacturing of “queso

- fresco" fortified with omega-3 fatty acids. *LWT - Food Science and Technology* **50**:629–633.
- Capcanari T, Chirsanova A, Covaliov E, Siminiuc R. 2021. Development of Lactose Free Yogurt Technology for Personalized Nutrition. *Food and Nutrition Sciences* **12**:1116–1135.
- Cermoula P, Khakimov B, Nielsen JH, Engelsen SB. 2021. WHEY - The waste-stream that became more valuable than the food product. *Trends in Food Science & Technology* **118**:230–241.
- Crittenden RG, Bennett LE. 2005. Cow's Milk Allergy: A Complex Disorder. *Journal of the American College of Nutrition* **24**:582-591.
- Davis H, Chatzidimitriou E, Leifert C, Butler G. 2020. Evidence that forage-fed cows can enhance milk quality. *Sustainability (Switzerland)* **12**.
- Dekker P, Koenders D, Bruins M. 2019. Lactose-Free Dairy Products: Market Developments, Production, Nutrition and Health Benefits. *Nutrients* **11**:551.
- Eckel-passow JE, Oberg AL, Therneau TM, Bergen HR. 2009. An insight into high-resolution mass-spectrometry data. *Biostatistics* **10**:481–500.
- El-Agamy EI. 2007. The challenge of cow milk protein allergy. *Small Ruminant Research* **68**:64–72.
- Elleuch M, Bedigian D, Zitoun A. 2011. Sesame (*Sesamum indicum* L.) Seeds in Food, Nutrition, and Health. Pages 1029–1036 *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention*. Elsevier.
- Everard CD, O'Callaghan DJ, Mateo MJ, O'Donnell CP, Castillo M, Payne FA. 2008. Effects of Cutting Intensity and Stirring Speed on Syneresis and Curd Losses During Cheese Manufacture. *Journal of Dairy Science* **91**:2575–2582.
- Evropská komise. 2006, November 6. NAŘÍZENÍ KOMISE (ES) č. 1662/2006. Available from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX%3A32006R1662> (accessed January 21, 2024).
- Evropský parlament a Rada Evropské unie. 2004. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 852/2004 o hygieně potravin. Page *Úřední věstník Evropské unie*.
- Evropský parlament a Rada Evropské unie. 2006. NAŘÍZENÍ KOMISE (ES) č. 1662/2006 - Zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu. Page *Úřední věstník Evropské unie*.
- Farbod F, Kalbasi A, Moini S, Emam-Djomeh Z, Razavi H, Mortazavi A. 2015. Effects of storage time on compositional, micro-structural, rheological and sensory properties of low fat Iranian UF-Feta cheese fortified with fish oil or fish oil powder. *Journal of Food Science and Technology* **52**:1372–1382. Springer. Available from <http://link.springer.com/10.1007/s13197-013-1163-z>.
- Fontes AL, Neves B, Conde T, Couto D, Pimentel LL, Rodríguez-Alcalá LM, Domingues MR, Gomes AM. 2024. Short-communication: Study of fatty acid metabolites in microbial conjugated fatty acids-enrichment of milk and discovery of additional undescribed conjugated linolenic acid isomers. *Food Chemistry* **432**:137276.
- Fox PF, Guinee TP, Cogan TM, McSweeney PLH. 2017. *Fundamentals of Cheese Science*. Springer US, Boston, MA. Available from <http://link.springer.com/10.1007/978-1-4899-7681-9>.

- Gaucheron F. 2005. The minerals of milk. *Reproduction Nutrition Development* **45**:473–483.
- Gaucheron F. 2011. Milk and Dairy Products: A Unique Micronutrient Combination. *Journal of the American College of Nutrition* **30**:400–409.
- Heine RG, AlRefaee F, Bachina P, De Leon JC, Geng L, Gong S, Madrazo JA, Ngamphaiboon J, Ong C, Rogacion JM. 2017. Lactose intolerance and gastrointestinal cow's milk allergy in infants and children – common misconceptions revisited. *World Allergy Organization Journal* **10**:41.
- Hoang V, Saviolidis NM, Olafsdottir G, Bogason S, Hubbard C, Samoggia A, Nguyen V, Nguyen D. 2023. Investigating and stimulating sustainable dairy consumption behavior: An exploratory study in Vietnam. *Sustainable Production and Consumption* **42**:183–195.
- Hop LT, Van TK, Thanh HK. 2011. Food based dietary guidelines in Vietnam: progress and lessons learned. *Asia Pacific journal of clinical nutrition* **20**:495–9.
- Husain Q. 2010. β Galactosidases and their potential applications: a review. *Critical Reviews in Biotechnology* **30**:41–62.
- Hwang LS. 2005. Sesame Oil. Page Bailey's Industrial Oil and Fat Products. Wiley.
- Jan Cieslar. 2022. Na jednoho obyvatele připadlo loni v průměru více mléčných výrobků, masa, ovoce a zeleniny. Český statistický úřad. Available from <https://www.czso.cz/csu/czso/na-jednoho-obyvatele-pripadlo-loni-v-prumeru-vice-mlecnych-vyrobku-masa-ovoce-a-zeleniny> (accessed November 30, 2022).
- Kable ME, Chin EL, Huang L, Stephensen CB, Lemay DG. 2023. Association of Estimated Daily Lactose Consumption, Lactase Persistence Genotype (rs4988235), and Gut Microbiota in Healthy Adults in the United States. *The Journal of Nutrition* **153**:2163–2173.
- Karolína Straková. 2023. Komoditní karta – dostupná data ke dni 7. června 2023 MLÉKO a mlékárenské výrobky. Available from https://eagri.cz/public/portal/-q366475---x8t9yQAx/komoditni-karta-mleko-a-mlecne-vyrobky?_linka=a285771 (accessed December 29, 2023).
- Karolína Straková, Jiří Kopáček. 2022. Situační a výhledová zpráva mléko. Praha. Available from https://eagri.cz/public/web/file/719389/Mleko_2022_Web.pdf (accessed December 29, 2023).
- Kasapidou E et al. 2023. Effect of Farming System and Season on Proximate Composition, Fatty Acid Profile, Antioxidant Activity, and Physicochemical Properties of Retail Cow Milk. *Animals* **13**:3637.
- Khalifa SA, Omar AA, Mohamed AH. 2016. The Effect of Substituting Milk Fat by Peanut Oil on the Quality of White Soft Cheese. *International Journal of Dairy Science* **12**:28–40. Available from <https://www.scialert.net/abstract/?doi=ijds.2017.28.40>.
- Lagaude A, Fernandez L, Cuq J-L, Marchesseau S. 2004. Characterization of curd formation during the rennet coagulation of milk by an optical microscopic method. *International Dairy Journal* **14**:1033–1039.
- Leitner G, Krifucks O, Merin U, Lavi Y, Silanikove N. 2006. Interactions between bacteria type, proteolysis of casein and physico-chemical properties of bovine milk. *International Dairy Journal* **16**:648–654.
- Li A, Zheng J, Han X, Yang S, Cheng S, Zhao J, Zhou W, Lu Y. 2023. Advances in Low-Lactose/Lactose-Free Dairy Products and Their Production. *Foods* **12**:2553.

- Lin T, Meletharayil G, Kapoor R, Abbaspourrad A. 2021. Bioactives in bovine milk: chemistry, technology, and applications. *Nutrition Reviews* **79**:48–69.
- Liu X, Wu Y, Guan R, Jia G, Ma Y, Zhang Y. 2021. Advances in research on calf rennet substitutes and their effects on cheese quality. *Food Research International* **149**:110704.
- Lunn J, Theobald HE. 2006. The health effects of dietary unsaturated fatty acids. *Nutrition Bulletin* **31**:178–224.
- Marek Luboš. 2021, September 10. Příležitosti ve Vietnamu pro kvalitní mléčné výrobky. Available from <https://eagri.cz/public/portal/mze/ministerstvo-zemedelstvi/proexportni-okenko/mistni-sila-pro-agropotravinarstvi/vietnam/prilezitosti-ve-vietnamu-pro-kvalitni> (accessed January 19, 2024).
- Markiewicz-Kęszycka M, Czyżak-Runowska G, Lipińska P, Wójtowski J. 2013. Fatty Acid Profile of Milk - A Review. *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy* **57**:135–139.
- McCarthy OJ, Singh H. 2009. Physico-chemical Properties of Milk. Pages 691–758 *Advanced Dairy Chemistry*. Springer New York, New York, NY.
- McNair HM, Miller JM, Snow NH. 2019. *Basic Gas Chromatography*. Wiley.
- Ministerstvo zemědělství. 2016. Vyhláška č. 397/2016 Sb. Vyhláška o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. Pages 6261–6285 *Sbírka zákonů*. <https://eagri.cz/public/portal/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/uplna-zneni/vyhlaska-2016-397>. Available from <https://eagri.cz/public/portal/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/uplna-zneni/vyhlaska-2016-397> (accessed March 25, 2024).
- Mohsin AZ, Norsah E, Marzlan AA, Abd Rahim MH, Meor Hussin AS. 2024. Exploring the applications of plant-based coagulants in cheese production: A review. *International Dairy Journal* **148**:105792. Elsevier.
- Navrátilová Pavlína, Králová Michaela, Janštová Bohumíra, Přidalová Hana, Cupáková Šárka, Vorlová Lenka. 2012. *Hygiena a produkce mléka*, 1st edition. Veterinární a farmaceutická fakulta Brno, Brno.
- Nguyen CN, Dinh HN, Nguyen TT, Nguyen HT, Nguyen TT, Hoang G, Chu KS, Vu TT. 2024. Factors affecting the coagulation of milk protein during quark cheese processing in Vietnam. *Ministry of Science and Technology, Vietnam* **66**:104–110.
- Oeffner SP, Qu Y, Just J, Quezada N, Ramsing E, Keller M, Cherian G, Goddick L, Bobe G. 2013. Effect of flaxseed supplementation rate and processing on the production, fatty acid profile, and texture of milk, butter, and cheese. *Journal of Dairy Science* **96**:1177–1188.
- Oliveros MCR. 2019. The Dairy Industry in Southeast Asia: Perspective, Challenges and Opportunities. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* **372**:012068.
- Pal S, Woodford K, Kukuljan S, Ho S. 2015. Milk Intolerance, Beta-Casein and Lactose. *Nutrients* **7**:7285–7297.
- Petrova SY, Khlgtian S V., Emelyanova OY, Pishulina LA, Berzhets VM. 2022, June 1. Structure and biological functions of milk caseins. *Russian Open Medical Journal*.
- Rocha C, Mendonça M, Nguyen H, Huỳnh P, Do B, Yeudall F, Moraes A, Brown M, Yuan Y, Tenkate T. 2022. A food-system approach to addressing food security and chronic child malnutrition in northern Vietnam. *Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development* **11**:1–20.
- Rohlík.cz. 2024, March 19. Javor Jemný tavený výrobek. Available from <https://www.rohlik.cz/en-CZ/711463-javor-fine-melted->

- product?hp=true&ftu=true&itemPosition=1&source=%7B%22touchpoint%22%3A%22Search%20Suggest%22%2C%22favorite%22%3Afalse%2C%22searchQuery%22%3A%22javor%22%7D (accessed March 19, 2024).
- Roy D, Ye A, Moughan PJ, Singh H. 2020. Composition, Structure, and Digestive Dynamics of Milk From Different Species—A Review. *Frontiers in Nutrition* **7**.
- Sachan RSK, Karnwal A. 2022. Advancement in cheese production technology. Pages 191–208 *Advances in Dairy Microbial Products*. Elsevier.
- Senadisai P, Trimetsoon J, Fongsuwan W. 2015. Lactose Free Milk and Dairy Product Purchasing Habit Variables of Bangkok Thailand Metropolitan Consumers. *Research Journal of Business Management* **9**:364–377.
- Sharad Medhe. 2018. Mass Spectrometry: Detectors Review. *Chemical and Biomolecular Engineering* **3**:51–58.
- Sharma Khanal BK, Pradhan M, Bansal N. 2019. Cheese: Importance and Introduction to Basic Technologies. *Journal of Food Science and Technology Nepal* **11**:14–24.
- Shingfield KJ, Bonnet M, Scollan ND. 2013. Recent developments in altering the fatty acid composition of ruminant-derived foods. *Animal* **7**:132–162. Elsevier.
- Solomons N. 2002. Fermentation, fermented foods and lactose intolerance. *European Journal of Clinical Nutrition* **56**:50–55.
- Sparkman O. David, Penton Zeldia E., Kitson Fulton G. 2011. *Gas Chromatography and Mass Spectrometry*. Elsevier.
- Stashenko E, Ren J. 2014. *Gas Chromatography-Mass Spectrometry*. Page *Advances in Gas Chromatography*. InTech.
- Suchoszek-Łukaniuk K, Jaromin A, Korycińska M, Kozubek A. 2011. Health Benefits of Peanut (*Arachis hypogaea* L.) Seeds and Peanut Oil Consumption. Pages 873–880 *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention*. Elsevier. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123756886101033>.
- Suri S, Kumar V, Prasad R, Tanwar B, Goyal A, Kaur S, Gat Y, Kumar A, Kaur J, Singh D. 2019. Considerations for development of lactose-free food. *Journal of Nutrition & Intermediary Metabolism* **15**:27–34.
- TH True Milk. 2024, March 19. String Cheese TH true CHEESE Mozzarella. Available from <https://www.thmilk.vn/en/products/string-cheese-th-true-cheese-mozzarella/> (accessed March 19, 2024).
- Torres Sánchez EG, Hernández-Ledesma B, Gutiérrez L-F. 2023. Sacha Inchi Oil Press-cake: Physicochemical Characteristics, Food-related Applications and Biological Activity. *Food Reviews International* **39**:148–159.
- Totosaus A, Rojas-Nery E, Franco-Fernández MJ. 2017. Soya bean oil/soya protein isolate and carrageenan emulsions as fat replacer in fat-reduced Oaxaca-type cheese. *International Journal of Dairy Technology* **70**:499–505.
- Ullah R, Nadeem M, Imran M, Taj Khan I, Shahbaz M, Mahmud A, Tayyab M. 2018. Omega fatty acids, phenolic compounds, and lipolysis of cheddar cheese supplemented with chia (*Salvia hispanica* L.) oil. *Journal of Food Processing and Preservation* **42**:e13566. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jfpp.13566>.
- Vanderhout SM, Aglipay M, Torabi N, Jüni P, Da Costa BR, Birken CS, O'Connor DL, Thorpe KE, Maguire JL. 2020. Whole milk compared with reduced-fat milk and childhood

- overweight: A systematic review and meta-analysis. *American Journal of Clinical Nutrition* **111**:266–279. Oxford University Press.
- Vietdata. 2023, November 28. Milk market 2023: Businesses are under cost pressure when raw material prices rise to record highs. Available from <https://www.vietdata.vn/post/milk-market-2023-businesses-are-under-cost-pressure-when-raw-material-prices-rise-to-record-highs> (accessed January 19, 2024).
- Vigolo V, Visentin E, Ballancin E, Lopez-Villalobos N, Penasa M, De Marchi M. 2023. β -Casein A1 and A2: Effects of polymorphism on the cheese-making process. *Journal of Dairy Science* **106**:5276–5287.
- Villamil R-A, Guzmán M-P, Ojeda-Arredondo M, Cortés LY, Gil Archila E, Giraldo A, Mondragón A-I. 2021. Cheese fortification through the incorporation of UFA-rich sources: A review of recent (2010-2020) evidence. *Heliyon* **7**:e05785. Elsevier Ltd. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2405844020326281>.
- Wagner J, Biliaderis CG, Moschakis T. 2020. Whey proteins: Musings on denaturation, aggregate formation and gelation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **60**:3793–3806.
- Werteker M, Huber S, Kuchling S, Rossmann B, Schreiner M. 2017. Differentiation of milk by fatty acid spectra and principal component analysis. *Measurement* **98**:311–320.
- Zhang D, Li X, Zhang Z, Zhang J, Sun Q, Duan X, Sun H, Cao Y. 2022. Influence of roasting on the physicochemical properties, chemical composition and antioxidant activities of peanut oil. *LWT* **154**.
- Zhang W, Zheng S, Gao P, Ren Q, Zhang Y, Chen B, Hettinga K, Pang X, Lv J, Zhang S. 2023. Identification of the coagulation properties of Chinese Holstein bovine milk: Effects of milk compositions, milk protein polymorphism, and phosphorylation levels on milk coagulation ability. *Food Hydrocolloids* **145**. Elsevier.

9 Seznam použitých zkratek a symbolů

ALA	Kyselina α -linolenová
CCP	Kritický kontrolní bod (critical control point)
CLA	Konjugovaná kyselina linolová
CLNA	Konjugovaná kyselina linolenová
DHA	Kyselina dokosahexanová
EPA	Kyselina eikosapentanová
TOF	Time of flight
FT	Furierova transformace
FT-ICR	Furierova transformace s iontovou cyklotronovou rezonancí
GC	Plynová chromatografie (gas chromatography)
GMO	Geneticky modifikované organismy
HPH	Vysokotlaká homogenizace (high pressure homogenization)
LSD	Nejmenší významný rozdíl (least significant difference)
MK	Mastné kyseliny
MUFA	Mononenasyčené mastné kyseliny (mono unsaturated fatty acids)
PUFA	Polynenasycené mastné kyseliny (poly unsaturated fatty acids)
SFA	Nasyčené mastné kyseliny (saturated fatty acids)
TFA	Transmastné kyseliny (trans fatty acids)
UFA	Nenasycené mastné kyseliny (unsaturated fatty acids)
UHT	Ultra-high temperature
WTPH	Voda v tukuprosté hmotě (wet tonnes per hour)

10 Seznam použitých obrázků a tabulek

Obrázek 1: Schématické znázornění kaseinové micely (Petrova et al., 2022, upraveno autorem).....	11
Obrázek 2: Intolerance laktózy celosvětově, % celkové populace (Capcanari et al., 2021)...	13
Obrázek 3: Intolerance laktózy a gastrointestinální alergie na kravské mléko u kojenců (Heine et al., 2017, upraveno autorem)	13
Obrázek 4: Plody, jádra, olej a pokrutiny z rostliny Sacha Inchi (Torres Sánchez et al., 2023)	20
Obrázek 5: Jemný tavený výrobek s rostlinnými oleji značky Javor (Rohlík.cz, 2024).....	21
Obrázek 6: Tavený sýr značky Vinamilk a mozzarella sýrové provázky značky TH True Milk (TH True Milk, 2024; Vinamilk, 2024)	24
Obrázek 7: Sýry Belcube se sladkou příchuťí jahoda, vanilka a čokoláda (Annam Gourmet, 2024; La Vache qui rit, 2024; upraveno autorem).....	24
Obrázek 8: Výrobní diagram čerstvého sýra (zdroj: autor práce).....	29
Obrázek 9: Schéma plynové chromatografie (McNair et al., 2019; upraveno autorem)	30
Obrázek 10: Oleje použité při výrobě čerstvých sýrů (arašídový, sezamový, sachá inchi; zdroj: autor práce).....	32
Obrázek 11: Výroba čerstvých sýrů v mlékárně Farma Struhy s.r.o. (zdroj: autor práce)	33
Obrázek 12: Hierarchické shlukování vzorků.....	42
Obrázek 13: Vyhodnocení sensorického profilu č. 1 – všechny deskriptory	43
Obrázek 14: Vyhodnocení sensorického profilu č. 1 – vybrané deskriptory.....	44
Obrázek 15: Celkový vzhled a hodnocení příjemnosti barvy č.1	44
Obrázek 16: Vyhodnocení sensorického profilu č. 1– vybrané deskriptory intenzity.....	45
Obrázek 17: Vyhodnocení sensorického profilu č. 2 – všechny deskriptory	46
Obrázek 18: Vyhodnocení sensorického profilu č. 2 – vybrané deskriptory.....	47
Obrázek 19: Vyhodnocení sensorického profilu č. 2– vybrané deskriptory intenzity.....	47
Obrázek 20: Hodnocení celkového vzhledu a příjemnosti barvy č. 2.....	48
Obrázek 21: Hodnocení příjemnosti konzistence č. 2.....	48
Obrázek 22: Hodnocení příjemnosti chuti č. 2.....	49
Obrázek 23: Hodnocení intenzity mléčné chuti č. 2	49
Obrázek 24: Hodnocení intenzity sladké a kyselé chuti č. 2.....	50
Obrázek 25: Hodnocení celkové intenzity pachutí č. 2.....	50
Obrázek 26: Celkové hodnocení sýra č. 2.....	51
Obrázek 27: Průměrné celkové hodnocení všech sýrů první a druhé analýzy.....	52

Tabulka 1: Obecné složení (g/100 ml) mléka různých druhů savců (Roy et al., 2020, upraveno autorem)	9
Tabulka 2: Profil mastných kyselin (% celkových mastných kyselin) a obsah cholesterolu v mléce různých druhů savců (Roy et al., 2020, upraveno autorem).....	10
Tabulka 3: Členěný sýrů na skupiny a podskupiny dle vyhlášky 397/2016 Sb. (Ministerstvo zemědělství, 2016, upraveno autorem)	21
Tabulka 4: Klasifikace přírodního sýra podle zrání dle vyhlášky 397/2016 Sb. (Ministerstvo zemědělství, 2016)	22
Tabulka 5: Klasifikace přírodních sýrů podle konzistence ve vztahu k obsahu vody v tukuprosté hmotě sýra dle vyhlášky 397/2016 Sb. (Ministerstvo zemědělství, 2016)	22
Tabulka 6: Druhy vyrobených čerstvých sýrů při první výrobě (zdroj: autor práce)	35
Tabulka 7: Druhy vyrobených čerstvých sýrů při druhé výrobě (zdroj: autor práce).....	36
Tabulka 8: HPLC test účinnosti laktázy	39
Tabulka 9: Charakteristiky vstupní suroviny (syrového mléka) při výrobách.....	40
Tabulka 10: Naměřené relativní zastoupení mastných kyselin přepočtené na 100 podíl identifikovaných mastných kyselin	41
Tabulka 11: Výsledky Friedmanova testu č. 1	43
Tabulka 12: Výsledky Friedmanova testu č. 2	46

11 Samostatné přílohy

Příloha č. 1: Hodnocení sensorického profilu a pořadová zkouška čerstvého sýra

Hodnocení sensorického profilu a pořadová zkouška čerstvého sýra

Jméno: Příjmení:

Zdravotní stav: Datum a čas:

Úkol č. 1:

Seřaďte předložené vzorky (A, B, C, D, E, F) od nejlepšího (1.) po nejhorší (6.).

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Vzorek						

Úkol č. 2:

Ochutnejte předložený vzorek čerstvého sýra a soustředte se na hodnocení vzhledu, vůně a chuti. K hodnocení použijte tabulky. Vždy **zaškrtněte** pouze **jednu** Vámi preferovanou **možnost**.

HODNOCENÍ VZHLEDU

CELKOVÝ VZHLED

	Nevyhovující	Uspokojivý	Dobrý	Velmi dobrý	Vynikající
Vzorek A					
Vzorek B					
Vzorek C					
Vzorek D					
Vzorek E					
Vzorek F					

PŘÍJEMNOST BARVY

	Nevyhovující	Uspokojivý	Dobrý	Velmi dobrý	Vynikající
Vzorek A					
Vzorek B					
Vzorek C					
Vzorek D					
Vzorek E					
Vzorek F					

HODNOCENÍ VŮNĚ

PŘÍJEMNOST VŮNĚ

	Nevyhovující	Uspokojivý	Dobrý	Velmi dobrý	Vynikající
Vzorek A					
Vzorek B					
Vzorek C					
Vzorek D					
Vzorek E					
Vzorek F					

INTENZITA MLÉČNÉ VŮNĚ

	Velmi slabá	Slabá	Středně silná	Silná	Velmi silná
Vzorek A					
Vzorek B					
Vzorek C					
Vzorek D					
Vzorek E					
Vzorek F					

HODNOCENÍ KONZISTENCE

PŘÍJEMNOST KONZISTENCE

	Nevyhovující	Uspokojivý	Dobrý	Velmi dobrý	Vynikající
Vzorek A					
Vzorek B					
Vzorek C					
Vzorek D					
Vzorek E					
Vzorek F					

HODNOCENÍ CHUTI

PŘÍJEMNOST CHUTI

	Nevyhovující	Uspokojivý	Dobrý	Velmi dobrý	Vynikající
Vzorek A					
Vzorek B					
Vzorek C					
Vzorek D					
Vzorek E					
Vzorek F					

INTENZITA MLÉČNÉ CHUTI

	Velmi slabá	Slabá	Středně silná	Silná	Velmi silná
Vzorek A					
Vzorek B					
Vzorek C					
Vzorek D					
Vzorek E					
Vzorek F					

INTENZITA SLADKÉ CHUTI

	Velmi slabá	Slabá	Středně silná	Silná	Velmi silná
Vzorek A					
Vzorek B					
Vzorek C					
Vzorek D					
Vzorek E					
Vzorek F					

INTENZITA KYSELÉ CHUTI

	Velmi slabá	Slabá	Středně silná	Silná	Velmi silná
Vzorek A					
Vzorek B					
Vzorek C					
Vzorek D					
Vzorek E					
Vzorek F					

CELKOVÁ INTENZITA PACHUTÍ

	Velmi slabá	Slabá	Středně silná	Silná	Velmi silná
Vzorek A					
Vzorek B					
Vzorek C					
Vzorek D					
Vzorek E					
Vzorek F					

Pokud cítíte pachů, popište slovně a uveďte vzorek:

.....

CELKOVÉ HODNOCENÍ SÝRA

	Nevyhovující	Uspokojivý	Dobrý	Velmi dobrý	Vynikající
Vzorek A					
Vzorek B					
Vzorek C					
Vzorek D					
Vzorek E					
Vzorek F					

Příloha č. 2: Výchozí hodnoty pro obrázky 14, 15, 16, 17, 28

Vzorek	Celkový vzhled		Příjemnost barvy				Příjemnost vůně				Příjemnost konzistence		Příjemnost chuti		Intenzita mléčné chuti		Intenzita sladké chuti		Intenzita kyselé chuti		Celkové intenzita pachutí		Celkové hodnocení sýra	
	H	P	H	P	H	P	H	P	H	P	H	P	H	P	H	P	H	P	H	P	H	P	H	P
	A - Čerstvý sýr	195	4.1	214	4.6	183	3.9	149	3.2	183	3.9	160	3.4	156	3.3	74	1.6	159	3.4	78	1.7	152	3.2	
B - Bezlaktózový čerstvý sýr	196	4.2	208	4.4	174	3.7	143	3.0	194	4.1	184	3.9	164	3.5	98	2.1	147	3.1	73	1.6	169	3.6		
C - Čerstvý sýr s příchutí čokolády	101	2.1	110	2.3	138	2.9	102	2.2	133	2.8	121	2.6	118	2.5	136	2.9	125	2.7	92	2.0	119	2.5		
D - Bezlaktózový čerstvý sýr s příchutí čokolády	104	2.2	109	2.3	136	2.9	106	2.3	143	3.0	118	2.5	117	2.5	138	2.9	130	2.8	98	2.1	118	2.5		

H... Součet hodnot všech hodnotitelů

P... Průměrný přepočet součtu všech hodnot na osobu

Příloha č. 3: Výchozí hodnoty pro obrázky 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28

Vzorek	Celkový vzhled		Příjemnost				Intenzita mléčné vůně		Příjemnost konzistence		Příjemnost chuti		Intenzita mléčné chuti		Intenzita sladké chuti		Intenzita kyselé chuti		Celkové intenzita pachutí		Celkové hodnocení sýra	
	H	P	H	P	H	P	H	P	H	P	H	P	H	P	H	P	H	P	H	P	H	P
	A - Čerstvý sýr	88	4.2	93	4.4	73	3.5	58	2.8	81	3.9	68	3.2	72	3.4	38	1.8	64	3.0	28	1.3	69
B - Bezlaktózový čerstvý sýr	90	4.3	95	4.5	70	3.3	57	2.7	78	3.7	71	3.4	71	3.4	48	2.3	54	2.6	27	1.3	75	3.6
C - Čerstvý sýr s arašídovým olejem	92	4.4	97	4.6	67	3.2	57	2.7	75	3.6	53	2.5	65	3.1	39	1.9	69	3.3	49	2.3	51	2.4
D - Bezlaktózový čerstvý sýr s arašídovým olejem	90	4.3	98	4.7	64	3.0	51	2.4	76	3.6	58	2.8	62	3.0	44	2.1	66	3.1	42	2.0	55	2.6
E - Čerstvý sýr s arašídovým olejem a čokoládovou příchutí	38	1.8	47	2.2	60	2.9	43	2.0	38	1.8	48	2.3	54	2.6	59	2.8	53	2.5	50	2.4	49	2.3
F - Bezlaktózový čerstvý sýr s arašídovým olejem a čokoládovou příchutí	42	2.0	48	2.3	64	3.0	44	2.1	47	2.2	43	2.0	47	2.2	61	2.9	57	2.7	55	2.6	46	2.2

H... Součet hodnot všech hodnotitelů

P... Průměrný přepočet součtu všech hodnot na osobu

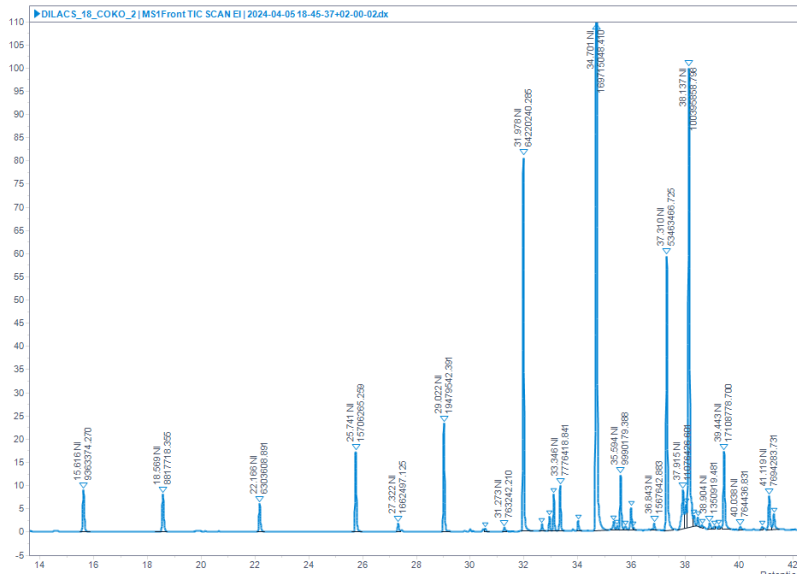
Příloha č. 4: Naměřené relativní zastoupení mastných kyselin přepočtené na 100 podíl identifikovaných mastných kyselin (laktózové vzorky)

Mastná kyselina	Syrové mléko			Laktózový sýr			Laktózový sýr s olejem			Laktózový sýr s olejem, čokoádový		
	1. měření	2. měření	Průměr	1. měření	2. měření	Průměr	1. měření	2. měření	Průměr	1. měření	2. měření	Průměr
Máselná 4:0	1.84	1.76	1.80	1.78	1.81	1.80	1.74	1.70	1.70	1.74	1.76	1.75
Kapronová 6:0	1.77	1.74	1.75	1.71	1.74	1.73	1.69	1.70	1.70	1.67	1.67	1.67
Kaprylová 8:0	1.28	1.26	1.27	1.24	1.26	1.25	1.23	1.23	1.23	1.21	1.21	1.21
Kaprinová 10:0	3.16	3.12	3.14	3.08	3.12	3.10	3.02	3.03	3.03	2.97	2.96	2.97
Laurová 12:0	3.90	3.88	3.89	3.85	3.88	3.86	3.75	3.76	3.76	3.69	3.67	3.68
Tridecylová 13:0	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.21	0.21	0.14	0.14	0.14
Myristová 14:0	13.47	13.46	13.46	13.32	12.74	13.03	12.96	12.98	12.98	12.71	12.67	12.69
Myristoolejová 14:1	0.98	0.98	0.98	1.07	1.07	1.07	1.03	1.03	1.03	1.01	1.00	1.00
Pentadecylová 15:0	1.34	1.36	1.35	1.36	1.37	1.36	1.32	1.32	1.32	1.29	1.28	1.29
Palmitová 16:0	34.56	34.19	34.38	33.10	33.20	33.15	32.56	32.62	32.62	32.36	32.30	32.33
Palmitoolejová 16:1	2.36	2.26	2.31	2.36	2.38	2.37	2.33	2.34	2.34	2.27	2.28	2.28
Heptadekanová 17:0	1.08	1.03	1.06	1.00	1.01	1.00	1.03	1.03	1.03	1.01	1.01	1.01
Stearová 18:0	9.68	9.91	9.80	9.94	10.03	9.98	9.72	9.65	9.65	10.01	10.01	10.01
Vakcenová 18:1 (11)	2.12	2.24	2.18	2.07	2.09	2.08	2.02	2.03	2.03	1.99	1.99	1.99
Olejová 18:1	18.78	18.98	18.88	19.93	20.04	19.99	19.67	19.61	19.61	19.97	19.99	19.98
Linolová 18:2	2.12	2.19	2.16	2.40	2.42	2.41	3.34	3.33	3.33	3.44	3.48	3.46
Arachová 20:0	0.11	0.12	0.11	0.13	0.14	0.13	0.15	0.14	0.14	0.15	0.15	0.15
Linolenová 18:3	0.51	0.54	0.53	0.60	0.61	0.61	1.40	1.40	1.40	1.48	1.51	1.50
Konjugovaná kyselina linolová 18:2	0.79	0.82	0.81	0.91	0.93	0.92	0.90	0.90	0.90	0.88	0.90	0.89
Podíl identifikovaných MK	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Nasyčené kyseliny (%)	72.3	72.0	72.2	70.66	70.44	70.55	69.32	69.36	69.34	68.96	68.85	68.90
Nenasycené kyseliny (%)	27.7	28.0	27.8	29.34	29.56	29.45	30.68	30.64	30.66	31.04	31.15	31.10

Příloha č. 5: Naměřené relativní zastoupení mastných kyselin přepočtené na 100 podíl identifikovaných mastných kyselin (bezlaktózové vzorky)

Mastná kyselina	Bezlaktózové mléko			Bezlaktózový sýr			Bezlaktózový sýr s olejem			Bezlaktózový sýr s olejem, čoko		
	1. měření	2. měření	Průměr	1. měření	2. měření	Průměr	1. měření	2. měření	Průměr	1. měření	2. měření	Průměr
Máselná 4:0	1.64	1.62	1.63	1.90	1.85	1.88	1.72	1.82	1.77	1.73	1.74	1.73
Kapronová 6:0	1.71	1.71	1.71	1.80	1.79	1.79	1.68	1.74	1.71	1.66	1.67	1.67
Kaprylová 8:0	1.27	1.27	1.27	1.30	1.29	1.29	1.22	1.26	1.24	1.21	1.22	1.22
Kaprinová 10:0	3.14	3.16	3.15	3.21	3.18	3.20	3.02	3.09	3.06	2.97	2.99	2.98
Laurová 12:0	3.91	3.94	3.93	3.98	3.93	3.96	3.77	3.80	3.79	3.69	3.70	3.70
Tridecylová 13:0	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14
Myristová 14:0	13.62	13.69	13.65	13.56	13.22	13.39	13.02	12.97	13.00	12.77	12.73	12.75
Myristoolejová 14:1	0.90	0.90	0.90	1.08	1.06	1.07	1.04	1.04	1.04	1.01	1.19	1.10
Pentadecylová 15:0	1.37	1.37	1.37	1.36	1.35	1.36	1.33	1.33	1.33	1.30	1.48	1.39
Palmitová 16:0	35.16	35.21	35.19	33.23	32.83	33.03	32.67	33.03	32.85	32.42	32.18	32.30
Palmitoolejová 16:1	2.23	2.22	2.22	2.36	2.36	2.36	2.34	2.32	2.33	2.31	2.26	2.28
Heptadekanová 17:0	0.96	0.95	0.95	1.04	1.01	1.03	0.99	0.98	0.99	1.02	0.99	1.01
Stearová 18:0	9.84	9.80	9.82	9.61	9.93	9.77	9.79	9.61	9.70	10.04	9.86	9.95
Vakcenová 18:1 (11)	2.61	2.61	2.61	2.02	2.10	2.06	2.07	2.05	2.06	2.03	2.13	2.08
Olejová 18:1	18.09	17.97	18.03	19.46	19.86	19.66	19.80	19.45	19.62	19.99	20.15	20.07
Linolová 18:2	2.08	2.08	2.08	2.34	2.42	2.38	3.12	3.09	3.11	3.28	3.20	3.24
Arachová 20:0	0.12	0.12	0.12	0.12	0.14	0.13	0.14	0.13	0.14	0.15	0.15	0.15
Linolenová 18:3	0.52	0.52	0.52	0.59	0.62	0.61	1.22	1.22	1.22	1.36	1.32	1.34
Konjugovaná kyselina linolová 18:2	0.70	0.69	0.70	0.88	0.92	0.90	0.91	0.90	0.91	0.90	0.88	0.89
Podíl identifikovaných MK	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Nasyčené kyseliny (%)	72.88	73.01	72.95	71.27	70.67	70.97	69.50	69.92	69.71	69.12	68.87	69.00
Nenasycené kyseliny (%)	27.12	26.99	27.05	28.73	29.33	29.03	30.50	30.08	30.29	30.88	31.13	31.00

Příloha č. 6: Chromatogram reformulovaného sýra s arašídovým olejem a čokoládovou příchutí



Příloha 7: Friedmanův test, přídavné podklady pro vyhodnocení obrázku 26

LSD	23.76373708	A2	B2	C2	D2	E	F
	Pořadí vzestupně						
	A2						
	B2	6					
	C2	18	24				
	D2	14	20	4			
	E	20	26	2	6		
	F	23	29	5	9	3	

 statisticky významný rozdíl na hladině pravděpodobnosti 5 %

Příloha č. 8: Pozvánka na senzoryckou analýzu pro vietnamské studenty



HUST



INVITATION TO SENSORY ANALYSIS

Let`s See Who We Are?

We are a scientific team from the Czech University of Life Sciences in Prague and we would like to offer you a unique opportunity to participate in the **development of a new dairy products**. In collaboration with the Vietnamese University HUST in Hanoi, we have specially designed a new recipe for cheese and whey beverage for the Vietnamese market.

How to reach us?

There is free parking available in front of entrance to the building.

Public transportation options include taking **bus 107 to the Zemědělská univerzita stop** or **bus 160 to the Sídlištní stop**.

The sensory analysis will take place on **the ground floor** in the laboratory in the **MCEV II building**. Navigation signs will be provided at the entrance.

THANK YOU!

Let`s See What We Do?

We would like to invite you to a **sensory analysis of milk products** where you will taste and evaluate our products.

We recommend to participate in all three **sensory analyses**, as a different product will be tasted each time. If you are interested in attending just one of the tastings, you are of course also welcome.

When and where?

The sensory analysis will take place at: **Kamýcká 129, Prague - Suchbát 165 00** according to the following schedule, you can choose what day and time suits you:

1.sensory analysis		2.sensory analysis		3.sensory analysis	
Date	Time	Date	Time	Date	Time
27.2.2024	12:15	5.3.2024	12:15	12.3.2024	12:15
27.2.2024	14:00	5.3.2024	14:00	12.3.2024	14:00
28.2.2024	10:30	6.3.2024	10:30	13.3.2024	10:30
28.2.2024	12:15	6.3.2024	12:15	13.3.2024	12:15

IMPORTANT - IF YOU PLAN TO COME, PLEASE CONTACT US BY EMAIL:
alzbeta.kosarova@seznam.cz with the **day and time** of your arrival