

Optimalizace výroby čerstvých sýrů s využitím symbiotických kultur

Bc. Terezie Husarová

Diplomová práce
2023



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická
Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Terezie Husarová**
Osobní číslo: **T21456**
Studijní program: **N0721A210004 Technologie potravin**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Optimalizace výroby čerstvých sýrů s využitím symbiotických kultur**

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

Výroba čerstvých sýrů.

Jednotlivé druhy čerstvých sýrů.

Mikrobiální kultury využívané pro výrobu čerstvých sýrů.

II. Praktická část

Optimalizace výroby čerstvých sýrů se symbiotickými kulturami.

Chemická analýza vyrobených čerstvých sýrů.

Rheologické a texturní vlastnosti vyrobených čerstvých sýrů.

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- [1] BJEKIĆ, Maja, 2021. Protein characterisation and antioxidant potential of fresh cheese obtained by kombucha inoculum. *Mljekarstvo*. 71(4), 215-225. ISSN 0026704X. Dostupné z: doi:10.15567/mljekarstvo.2021.0401
- [2] PINTADO, M. E., A. C. MACEDO a F. X. MALCATA, 2001. Review: Technology, Chemistry and Microbiology of Whey Cheeses. *Food Science and Technology International*. 7(2), 105-116. ISSN 1082-0132. Dostupné z: doi:10.1177/108201320100700202
- [3] DIMITRELLOU, Dimitra et al., 2015. Cheese Production Using Kefir Culture Entrapped in Milk Proteins: Technology, Chemistry and Microbiology of Whey Cheeses. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 176(1), 213-230. ISSN 0273-2289. Dostupné z: doi:10.1007/s12010-015-1568-4

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Zuzana Mišková, Ph.D.**
Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce: **31. prosince 2022**
Termín odevzdání diplomové práce: **12. května 2023**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Robert Gál, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 20. února 2023

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Teoretická část diplomové práce byla zaměřena na charakteristiku čerstvých sýrů a technologii výroby. Dále byly popsány jednotlivé druhy čerstvých sýrů z mléka a syrovátky. Nakonec je věnována pozornost mikrobiálním kulturám, které lze využít pro výrobu čerstvých sýrů.

Cílem praktické části diplomové práce bylo optimalizovat proces výroby čerstvých sýrů s využitím symbiotické – kefirové kultury. Dalším cílem bylo vyhodnotit nejvhodnější variantu nového typu čerstvého sýra na základě fyzikálně-chemických a organoleptických vlastností. Bylo připraveno 6 systémů o rozdílném poměru mléka a syrovátky (S:M), z nichž 3 obsahovaly syrovátkový koncentrát (WPC).

Za nejvhodnější byly zvoleny systémy S:M 0,25:0,75 a S:M 0,25:0,75 + WPC (10 g/l). Z těchto systémů byly vyrobeny modelové vzorky čerstvých sýrů, které byly podrobeny analýze (pH, titrační kyselost, obsah celkové sušiny, a_w , stabilita). Dále byla provedena reologická, texturní profilová analýza a senzorická analýza.

Ze získaných výsledků bylo zjištěno, že přídavek WPC má vliv na reologické a texturní vlastnosti a významně zvyšuje pevnost čerstvého sýra ($p < 0,05$). Avšak vzorek s WPC byl dle výsledků senzorické analýzy charakteristický nepříjemnou nasládlou chutí. Sýr bez WPC vykazoval sice významně nižší pevnost ($p < 0,05$), avšak na základě senzorické analýzy byl hodnotiteli mnohem lépe hodnocen díky příjemnému kefirovému aroma a homogenní struktuře. Vyrobený čerstvý sýr bez přídavku WPC by tedy naplnil požadavky spotřebitelů z hlediska organoleptických vlastností i dalších zkoumaných parametrů, tudíž byl určen jako vhodnější pro výrobu tohoto druhu výrobku.

Klíčová slova: čerstvý sýr, kefirová kultura, syrovátka, WPC

ABSTRACT

The theoretical part of the thesis focused on the characterization of fresh cheeses and their production technology. Various types of fresh cheeses made from milk and whey were described. Finally, attention was given to microbial cultures that can be used for the production of fresh cheeses.

The aim of the practical part of the thesis was to optimize the production process of fresh cheeses using a symbiotic – kefir culture. Another aim was to evaluate the most suitable variant of a new type of fresh cheese based on physicochemical and organoleptic properties. Six systems with different milk:whey (M:W) ratios were prepared, three of which included whey protein concentrate (WPC).

The system with an M:W ratio of 0,25:0,75 and an M:W ratio of 0,25:0,75 + WPC (10 g/l) were chosen as the most suitable. Model samples of fresh cheeses were produced from these systems and subjected to analysis (pH, titratable acidity, total solids content, water activity, stability). Furthermore, rheological, textural profile analysis and sensory analysis were performed.

From the obtained results, it was found that the addition of WPC affects the rheological and textural properties and increases the strength of the fresh cheese ($p < 0,05$). However, the sample with WPC was characterized by an unpleasant sweet taste. Cheese without WPC showed lower strength ($p < 0,05$), but based on sensory analysis, it was much better evaluated by the assessors due to its pleasant kefir aroma. Therefore, the fresh cheese made without the addition of WPC would meet the requirements of consumers in terms of organoleptic properties and other investigated parameters, making it more suitable for the production of this type of product.

Keywords: fresh cheese, kefir culture, whey, WPC

Ráda bych touto cestou vyjádřila poděkování Ing. Zuzaně Míškové Ph.D. za její cenné rady, doporučení a trpělivost při vedení mé diplomové práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 ČERSTVÉ SÝRY	13
1.1 DEFINICE ČERSTVÝCH SÝRŮ	13
1.2 ROZDĚLENÍ ČERSTVÝCH SÝRŮ.....	13
1.2.1 Podle způsobu srážení	14
1.2.2 Termizované čerstvé sýry	15
1.3 TECHNOLOGIE VÝROBY ČERSTVÝCH SÝRŮ	16
1.3.1 Suroviny	16
1.3.2 Proces výroby.....	19
2 JEDNOTLIVÉ DRUHY ČERSTVÝCH SÝRŮ	21
2.1 ČERSTVÉ SÝRY Z MLÉKA	21
2.1.1 Tvaroh	21
2.1.2 Smetanový sýr.....	22
2.1.3 Cottage	23
2.1.4 Mascarpone	24
2.1.5 Panýr	24
2.1.6 Labneh.....	25
2.1.7 Burgos	26
2.1.8 Petit-Suisse.....	26
2.2 ČERSTVÉ SÝRY ZE SYROVÁTKY	27
2.2.1 Ricotta	27
2.2.2 Myzithra, anthotyros, manouri	28
2.2.3 Mysost, gjetost, primost	29
2.2.4 Urda.....	30
2.2.5 Brocciu	30
3 MIKROBIÁLNÍ KULTURY VYUŽÍVANÉ PRO VÝROBU ČERSTVÝCH SÝRŮ	31
3.1 KLASICKÁ KULTURA V ČERSTVÝCH SÝRECH	33
3.1.1 Mezofilní kultura.....	34
3.2 SYMBIOTICKÉ KULTURY	35
3.2.1 Kefirová kultura	36
3.2.2 Kombuchová kultura	38
II PRAKTICKÁ ČÁST	41
4 CÍL PRÁCE	42
5 METODIKA PRÁCE	43
5.1 MATERIÁL A METODY	43
5.1.1 Suroviny	43

5.1.2	Přístroje	46
5.1.3	Optimalizace výroby	46
5.1.4	Výroba modelových vzorků	48
5.2	FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÁ ANALÝZA MODELOVÝCH VZORKŮ	50
5.2.1	Stanovení aktivní kyselosti (pH)	50
5.2.2	Stanovení titrační kyselosti	51
5.2.3	Stanovení obsahu celkové sušiny	51
5.2.4	Stanovení aktivity vody	52
5.2.5	Stanovení stability	53
5.2.6	Reologická analýza modelových vzorků	53
5.2.7	Texturní profilová analýza modelových vzorků	55
5.3	SENZORICKÁ ANALÝZA MODELOVÝCH VZORKŮ	57
5.4	STATISTICKÁ ANALÝZA MODELOVÝCH VZORKŮ	57
6	VÝSLEDKY A DISKUZE	58
6.1	OPTIMALIZACE VÝROBY	58
6.2	ANALÝZA MODELOVÝCH VZORKŮ	60
6.2.1	Výsledky měření aktivní kyselosti (pH)	60
6.2.2	Výsledky měření titrační kyselosti	62
6.2.3	Výsledky měření obsahu celkové sušiny	63
6.2.4	Výsledky měření aktivity vody	64
6.2.5	Výsledky měření stability	65
6.2.6	Výsledky reologické analýzy	65
6.2.7	Výsledky texturní profilové analýzy	69
6.3	VÝSLEDKY SENZORICKÉ ANALÝZY	72
	ZÁVĚR	75
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	77
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	94
	SEZNAM OBRÁZKŮ	95
	SEZNAM TABULEK	96
	SEZNAM PŘÍLOH	97

ÚVOD

Potravinářský průmysl stále více dbá na to, aby na trh přicházely atraktivní a kvalitní výrobky příznivě ovlivňující zdraví. Tato skupina výrobků je označována jako tzv. funkční potraviny, a to díky jejich fyziologickým přínosům a/nebo schopnostem snižovat riziko chronických onemocnění.

Čerstvé sýry se řadí do skupiny nezrajících sýrů vyrábějící se sladkým srážením (Sýry sladkého sýrařství, c2023), kyselým srážením mléka nebo kombinací kyselého srážení a zvýšené teploty (Litopoulou-Tzanetaki, 2007). Fermentaci zajišťují většinou mezofilní bakterie mléčného kvašení (BMK) jako je např. *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* a *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis* (Ozturkoglu-Budak, Akal a Türkmen, 2021). Čerstvý sýr je charakteristický bílou barvou, kyselou chutí a jemnou texturou (Mileriene et al., 2021).

Mezi symbiotické kultury se řadí např. kombuchová či kefirová kultura, které představují symbiotickou směs bakterií a kvasinek (Vukić et al., 2021). Principem symbiózy je soužití nepodobných mikroorganismů, kdy vztah může přinášet prospěch oběma partnerům (Stadie et al., 2013; Overmann a Schubert, 2002). Kefirový nápoj, který je získáván pomocí kefirové kultury, je známý díky mnoha zdravotním účinkům. Jeho pravidelnou konzumací lze dosáhnout např. lepšího zdraví střev a imunitního systému. Mimo jiné byly zjištěny antikarcinogenní, hypocholesterolemické a protizánětlivé účinky. Konzumace kefiru ovlivňuje hladinu lipidů, krevní tlak a chrání před apoptózou. Tyto zdravotní přínosy jsou připisovány obsahu bílkovin, vitamínům, antioxidantům, minerálním prvkům a některým biogenním sloučeninám (Ahmed et al., 2013).

Alternativou klasické mezofilní kultury pro výrobu čerstvého sýra může být symbiotická - kefirová kultura. Pomocí kefirové kultury se běžně získává mléčný fermentovaný nápoj tzv. kefir. Tato směsná kultura se skládá z různých kvasinek (*Kluyveromyces*, *Candida*, *Saccharomyces* a *Pichia*), různých rodů BMK (*Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*) a bakterií octového kvašení (Satir a Guzel-Seydim, 2016). Kvasinky a BMK spolu existují v symbiotickém vztahu a jsou zodpovědné za mléčně-alkoholovou fermentaci (Dimitrellou et al., 2010). Díky variaci mikroorganismů v různých kefirových kulturách lze dosáhnout jedinečné chuti a vůně (Tomar et al. 2020).

Při výrobě sýra vzniká velké množství vedlejšího produktu - syrovátky (až 9 l syrovátky na 1 kg sýra). Vysoké objemy syrovátky mohou nalézt uplatnění v krmivářství, ale to se stává

drahou záležitostí z důvodu nákladů na skladování a dopravu. Proto výrobci mléčných výrobků investují do membránových filtračních systémů např. mikrofiltrace, ultrafiltrace, aby mohla být syrovátka ihned zpracována. Membránovou technologií se syrovátka koncentruje na tekutý syrovátkový koncentrát (LWPC). Pomocí odpařování a sprejového sušení nebo lyofilizace vznikají sušené syrovátkové produkty, jako jsou např. koncentráty syrovátkových bílkovin (WPC) (Mileriene et al., 2021). WPC ovlivňuje vlastnosti potravinových systémů jako je chuť, textura, hydratace a má vliv na reologické vlastnosti. Mimo jiné lze začleněním syrovátky a syrovátkových koncentrátů do mléčných výrobků snížit náklady na suroviny a výrobu (Szafránska, Muszyński a Sołowiej, 2020).

Experiment je zaměřen na vývoj inovativního čerstvého sýra s použitím keřirové kultury. Cílem bylo optimalizovat proces výroby a zhodnotit fyzikálně-chemické, reologické, texturní a organoleptické vlastnosti čerstvého sýra vyrobeného ze směsi mléka a syrovátky, bez/s WPC pomocí keřirové kultury.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ČERSTVÉ SÝRY

Historicky se čerstvé sýry vyráběly na farmách z přebytečné smetany a byly ihned konzumovány. Přestože se v současnosti vyrábějí z pasterovaného mléka, mají stále krátkou trvanlivost, která je omezena růstem patogenních kvasinek a plísní (Lucey, 2022), a proto je nutné je poměrně rychle spotřebovat. Obecně platí, že čím je sýr měkčí, tj. obsahuje více vody, tím má i kratší trvanlivost. Čerstvé sýry mají vysoký obsah vlhkosti, jemnou chuť a hladkou krémovou strukturu. Obvykle vydrží jeden týden po zakoupení nebo do data spotřeby (Experts from The Mayo Clinic et al., 2002).

1.1 Definice čerstvých sýrů

Sýry se řídí vyhláškou č. 397/2016 Sb. o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. Sýr je definován jako mléčný výrobek získaný vysrážením mléčné bílkoviny z mléka působením syřidla nebo jiných vhodných koagulačních činidel, oddělením podílu syrovátky a následným prokysáním nebo zráním. Jako „čerstvý sýr“ se označuje nezrající sýr, včetně nezrajících sýrů termizovaných. Čerstvé sýry se podle konzistence ve vztahu k obsahu vody v tukuprosté hmotě sýra řadí mezi měkké sýry. Dle vyhlášky měkké sýry obsahují nejméně 67 % vody.

Čerstvými sýry se rozumí ty druhy sýrů, které se vyrábí srážením mléka, smetany nebo syrovátky pomocí syřidla, kyseliny nebo kombinací kyseliny a tepla, případně s malým přídatkem syřidla. U tzv. sladkých čerstvých sýrů je srážení (koagulace) vyvoláno působením syřidla při pH 6,4-6,6. Kyselé čerstvé sýry se liší tím, že ke koagulaci dochází v blízkosti izoelektrického bodu kaseinu, tj. pH 4,6 (Fox et al., 2017). Sýry se také klasifikují na základě obsahu vlhkosti v tukuprosté sušině sýra. Dle různých publikací se hodnota vlhkosti u čerstvých sýrů může pohybovat v rozmezí 70-82 % (McSweeney, Ottogalli a Fox, 2004). Struktura čerstvých sýrů je velmi demineralizovaná (obsahují pouze 0,2 až 0,5 % vápníku) (Almena-Aliste, Miettton a Donnelly, 2014).

1.2 Rozdělení čerstvých sýrů

Čerstvé sýry lze rozdělit do různých kategorií, např. podle způsobu srážení - sladké, kyselé, kyselé s malým množstvím syřidla či vyráběné kombinací kyselého srážení a teploty. Čerstvé sýry také můžeme dělit podle konzistence na pastovité, zrnité, gelovité nebo podle základní suroviny z mléka či syrovátky (Schulz-Collins a Senge, 2004). Dále můžeme čerstvé sýry rozlišovat dle způsobu balení. Konečný produkt se buď ochladí a zabalí,

tj. balené za studena (např. tvaroh, cottage, fromage frais) nebo se dále zpracovává a balí za tepla (např. ricotta, panýr, mascarpone) (Litopoulou-Tzanetaki, 2007).

1.2.1 Podle způsobu srážení

Enzymaticky srážené sýry

Mezi sladké čerstvé sýry se řadí např. tzv. smetanové sýry, u kterých převládá sladké srážení pomocí syřidla (Sýry sladkého sýrařství, c2023). Principem sladkého srážení je hydrolyza molekuly κ -kaseinu mezi 105. a 106. aminokyselinou, kdy dochází k oddělení rozpustného (hydrofilního) κ -kaseinmakropeptidu, který přechází do syrovátky. V důsledku toho je snižována sterická a elektrostatická stabilizace, která za běžných podmínek nedovoluje kaseinovým micelám se přiblížit. Hydrolyzou κ -kaseinu dále vzniká para- κ -kasein, který obsahuje hydrofobní část κ -kaseinu. Na rozdíl od nativního κ -kaseinu již neplní ochrannou funkci a za účasti Ca^{2+} dochází k vysrážení ostatních frakcí kaseinů a vzniká trojrozměrná proteinová síť (Velíšek a Hajšlová, 2009).

Sladké čerstvé sýry mají vysoký obsah tuku, a to až 65 % v sušině. Vyrábí se z mléka ošetřeného vysokou pasterací a účinkem syřidla se sráží při teplotě 32 °C asi 60 min (Sýry sladkého sýrařství, c2023).

Kysele srážené sýry

Sýry vyráběné kyselým srážením se vyznačují vysokým obsahem vlhkosti a kyselou chutí (Lucey, 2022). Kysání mléka se běžně dosahuje působením mezofilních kultur (Fox et al., 2017). Hlavní funkcí mezofilních mikroorganismů je fermentace laktózy na kyselinu mléčnou. Díky tomu dochází ke zvýšení kyselosti mléka a jeho koagulaci. Kyselina napomáhá vylučování vlhkosti a smršťování gelu sýřeniny tzv. synerezi, což jsou procesy ovlivňující výslednou strukturu sýra (Adams et al., 2016). Jako alternativu k biologickému kysání lze použít přímé okyselování pomocí kyseliny (nejčastěji mléčné) nebo tzv. okyselovačů (obvykle glukonodeltalakton). Tento způsob se ve značné míře využívá při výrobě cottage a tvarohu (Fox et al., 2017). V praxi je přímé kysání mléka v podstatě dvoustupňový proces, při kterém se do studeného (2-12 °C) odtučněného mléka přidává méně nákladná kyselina (např. mléčná), aby se dosáhlo pH přibližně 5,2. Poté se mléko pomalu zahřeje na 32 °C a přidá se glukono-6-delta-lakton (GDL) za účelem snížení pH na 4,6. GDL hydrolyzuje na kyselinu glukonovou a tím dochází k okyselení. Výhodou přímé acidifikace oproti biologickému kysání je lepší kontrolovatelnost a eliminace bakteriofágů souvisejících s používáním startérových kultur (Farkye, 2017; Fox et al., 2017).

Kombinace kyselého srážení a teploty

Čerstvé sýry získané kombinací kyselého srážení a teploty mají poměrně malý význam. Vlastnosti těchto sýrů jsou velmi odlišné od sýrů syřených syřidlem nebo srážených pouze kyselinou. Obvykle se vyrábí ze syrovátky nebo ze směsi syrovátky a odstředěného mléka (Fox et al., 2017). K okyselení se využívají organické potravinářské kyseliny jako např. citronová, mléčná nebo octová. Na rozdíl od sýrů získávaných pouze kyselým srážením zde mléko koaguluje při vyšším pH, tj. 5,2 ve srovnání s kyselé koagulovanými sýry při pH 4,6 (Farkye, 2017). Bílkoviny syrovátky lze vysrážet zahřátím mléka na teplotu přibližně 95 °C. Díky tomu hydrofilní syrovátkové bílkoviny ztrácejí vodní obal a koagulují (Kadlec, 2012). Nejznámějším zástupcem je ricotta (původem z Itálie), ale i další příbuzné druhy jako je anari (Kypr) a manouri (Řecko) (Fox et al., 2017).

Kyselé srážené sýry s přidavkem syřidla

Při výrobě čerstvých sýrů, např. měkkého tvarohu či cottage, se po inokulaci kulturou může do mléka přidávat malé množství syřidla. Množství syřidla se pohybuje v rozmezí 0,5-1,0 ml na 100 l mléka (Fox et al., 2017). Malé množství syřidla zvyšuje rychlost agregace kaseinu, tuhost gelu a zvyšuje synerezi. Nicméně přidání nadbytečného množství syřidla (> 2,0 ml) může vést k nadměrné hydrolýze kaseinu a také zvyšuje pravděpodobnost vzniku hořké chuti sýrů během skladování způsobenou peptidy (Niki et al., 2003).

1.2.2 Termizované čerstvé sýry

Dle vyhlášky č. 397/2016 Sb. se termizací rozumí tepelné ošetření mléčných výrobků, které se provedlo po ukončení kysacího procesu a před balením za účelem potlačení nebo zastavení aktivity mléčné mikroflóry až do teploty 80 °C.

Termizace čerstvých sýrů se používá k výraznému prodloužení trvanlivosti výrobků. Toto ošetření částečně snižuje biologickou hodnotu, nicméně dochází k potlačení mikroorganismů způsobujících kažení (Obermaier, Čejna a Kopáček, 2016). Navzdory termizaci si však výrobek zachovává lahodnou a svěží chuť jemného čerstvého sýra (Kopáček, 2008).

V České republice patří mezi nejznámější termizovaný čerstvý sýr „Lučina“. Poprvé byl vyroben roku 1981 v Sedlčanech. V tržní síti je k dostání v mnoha variantách, např. ochucený s pažitkou, bylinkami, se sníženým obsahem tuku nebo obohacený probiotickou bakteriální kulturou (Kopáček, 2008). Termizované sýry jsou charakteristické

tvarohovou chutí a totožnou konzistencí v celém obsahu balení. Mezi nestandardní projevy výrobku se řadí oschlý povrch a velké množství uvolněné syrovátky (Obermaier, Čejna a Kopáček, 2016).

1.3 Technologie výroby čerstvých sýrů

Obecně výroba sýrů je sama o sobě poměrně jednoduchá, ale zahrnuje složité chemické a fyzikální jevy. Jedná se v podstatě o proces koncentrace, který začíná koagulací mléčné bílkoviny (kaseinu). Fyzikální nebo reologické vlastnosti sýra se pak řídí interakcemi mezi molekulami kaseinu. Tyto interakce mohou ovlivnit faktory, jako jsou např. pH, rozpouštění koloidního fosforečnanu vápenatého, teplota a složení sýra (zejména obsah kaseinu, rozložení vlhkosti a tuku) (Salek, Buňka a Černíková, 2022).

1.3.1 Suroviny

Čerstvé sýry představují různorodou skupinu druhů, které se vyrábějí z mléka, smetany nebo syrovátky (Fox et al., 2017). Surovinou pro výrobu čerstvých sýrů může být částečně odstředěné mléko. Některé druhy se vyrábějí z homogenizovaného plnotučného mléka či dokonce mléka obohaceného tukem (až 12 % tuku). Při výrobě čerstvých sýrů lze kromě mléka přidat i větší množství podmáslí (Klostermeyer, 2003).

Mléko

Výběr mléka je při výrobě klíčový, protože částečně určuje složení sýra (Salek, Buňka a Černíková, 2022) a ovlivňuje organoleptické vlastnosti konečného výrobku. Zejména je důležitý obsah tuku, bílkovin, vápníku a také záleží na hodnotě pH. Chemické složení mléka je ovlivněno několika faktory jako např. druhem plemene, výživovým a zdravotním stavem či stádiem laktace zvířete (Fox et al., 2017).

Při přejímce mléka je důležité sledovat, zda nevykazuje abnormality v barvě a konzistenci. Může se jednat o sraženiny, krev, hrudkovitost či jiné ukazatele mastitidy. Neměly by být patrné žádné fyzické kontaminanty jako je např. krmivo, podestýlka. Dále je významným parametrem pach. Mléko by mělo vonět čerstvě a sladce. K výrobě sýrů by se nemělo používat mléko od nezdravých krav a krav léčených antibiotiky. Kvalitu některých druhů sýrů může rovněž nepříznivě ovlivnit špatně připravená siláž (Donald a Brym, 2016).

Většina čerstvých sýrů má měkkou konzistenci, a proto je poměrně dobrou surovinou také rekonstituované sušené mléko získané sušením při nízké teplotě (<71 °C; 2 min.). Mimo jiné se do mléka (nejen rekonstituovaného) přidává malé množství CaCl_2 (chlorid vápenatý) pro

podporu srážení. Některé druhy čerstvých sýrů se připravují ze směsi mléka a syrovátky (Klostermeyer, 2003).

Kromě kravského mléka lze vyrábět i z minoritních druhů mlék jako je ovčí či kozí, které jsou poměrně významné ve středomořských a balkánských zemích (McSweeney, Ottogalli a Fox, 2004). Mezi zástupce se řadí např. manouri, myzithra (Řecko); anari (Kypr); caprino, crescenza (Itálie); burgos (Španělsko) (Cheeses by type, 2023).

Syrovátka

Přibližně 50 % sušiny mléka tvoří syrovátka a donedávna byla považována za neužitečný vedlejší produkt, který je potřeba co nejlevněji zlikvidovat. Avšak v současnosti je možné ze syrovátky vyrábět hodnotné potravinářské výrobky (Fox et al., 2017).

Syrovátka je tekutina (tzv. mléčné sérum), která vzniká po srážení mléka syřidlem či kyselinou. Syrovátka získaná kyselým srážením se nazývá kyselá, enzymatickým srážením sladká syrovátka. Kyselá syrovátka obsahuje mnohem vyšší koncentraci vápníku, hořčíku, fosforečnanů a citrátů (Yadav et al., 2015; Fox et al., 2017).

Barva syrovátky je převážně žlutozelená až vzácně s namodralým nádechem v závislosti na druhu použitého mléka (Yadav et al., 2015).

Chemické složení syrovátky závisí na složení mléka a na podmínkách výrobního procesu. Syrovátka je tvořena bílkovinami jako je β -laktoglobulin, α -laktalbumin, laktoperoxidáza a laktoferin. Mimo jiné v sekvencích těchto makromolekul byly identifikovány peptidy, které ovlivňují hladké svalstvo či vykazují hypocholesterolemické a antistresové účinky (Królczyk et al., 2016). Další složkou je mléčný cukr laktóza, která tvoří 70 až 80 % sušiny (Božanić et al., 2014).

V potravinářském průmyslu se syrovátka využívá buď v tekuté, nebo sušené formě. Tekutou syrovátku lze zpracovat přímo na sýr typu ricotta (Królczyk et al., 2016). Při výrobě sušené syrovátky vyšší kvality se používá membránová ultrafiltrace nebo diafiltrace. Rozlišují se tři různé typy syrovátkových proteinových prášků:

- Syrovátkový proteinový koncentrát (WPC)
- Syrovátkový proteinový izolát (WPI)
- Syrovátkový hydrolyzát

WPC je tvořený bílkovinami v rozmezí 35-80 %, přičemž existují s nízkým, středním či vysokým obsahem bílkovin. WPI je charakteristický vysokou hladinou bílkovin (až 90 %) a je téměř zbaven laktózy a tuků. Syrovátkový hydrolyzát se získává enzymatickou hydrolýzou WPC nebo WPI (Ryan a Walsh, 2016).

Kultury

Základním krokem při výrobě sýrů je vyvolání srážecí reakce tzv. koagulace, na níž se podílejí především kaseinové bílkoviny. Rozlišují se dva typy srážení: enzymatické, tj. pomocí syřidla a kyselé, kdy se mléko pomalu okyseluje přímým přidavkem kyseliny nebo kyselina vzniká díky činnosti mikroorganismů (Hill a Kethireddipalli, 2013).

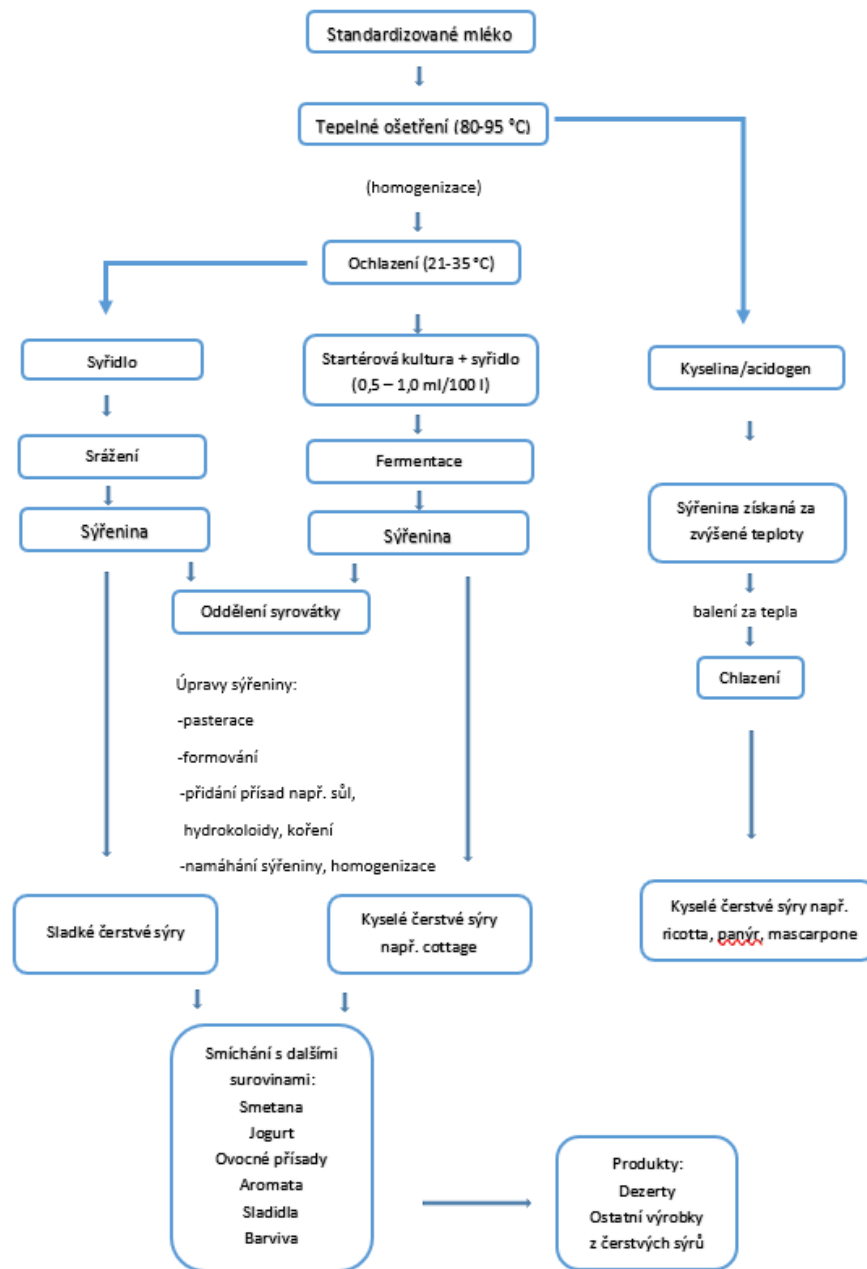
Při výrobě čerstvých sýrů se často využívají právě čisté mlékařské kultury, ale existují druhy, kde se navíc přidává malé množství syřidla (Hill a Kethireddipalli, 2013). Hlavní úlohou čistých mlékařských kultur je přeměna laktózy na kyselinu mléčnou v předvídatelné a kontrolovatelné míře. Následné snížení pH pak ovlivňuje řadu aspektů (Powell, Broome a Limsowtin, 2011), jako je biokonzervace, vytváření a zlepšování struktury a tvorba chuti (Chandan, Kilara a Shah, 2015). Skládají se převážně z BMK, mohou se však podílet i jiné bakterie a kvasinky (Powell, Broome a Limsowtin, 2011). Čisté mlékařské kultury budou pak podrobněji rozebrány v kapitole 3.

Ostatní přísady

- **Sůl** - má v sýru tři hlavní funkce: působí jako konzervační látka, přímo přispívá k chuti a je zdrojem sodíku. Spolu s požadovaným pH, aktivitou vody a redoxním potenciálem pomáhá při konzervaci sýrů tím, že minimalizuje kažení a zabraňuje růstu patogenních mikroorganismů. Sůl také ovlivňuje složení sýra, enzymatickou aktivitu a biochemické změny, které souvisí s chutí, vůní a reologickými a texturními vlastnostmi sýra (Fox et al., 2017).
- **Koření** - hlavní funkcí je zlepšení chuti a vůně výrobku. Čerstvé sýry se často ochucují různým kořením či bylinkami, ale i sladkými přísadami (Kopáček, 2008). Přidává se např. sušený či čerstvý pepř, petržel, česnek, kopr a rozmarýn (El-Sayed a Youssef, 2019). Zvláštní způsob úpravy používá Francie, která čerstvé kozí sýry obohacuje bylinkami, a navíc slabou vrstvou jemného popela z dřevěného uhlí, který sýru dodává chuťový buket (Kopáček, 2008).

1.3.2 Proces výroby

Tradiční proces výroby čerstvých sýrů se skládá z následujících základních kroků, viz Obr. 1. Standardizované pasterované většinou nehomogenizované (s výjimkou např. smetanových sýrů) mléko se destabilizuje okyselením na pH přibližně 4,6 (izoelektrický bod kaseinu) (Bot et al., 2007, Kindstedt a Donnelly, 2013; Fox et al., 2017) pomocí BMK/přímou acidifikací (kyselé sýry) nebo se destabilizuje syřidlem při pH 6,4-6,6 (sladké sýry), což vede k agregaci mléčných bílkovin. Agregovaná mléčná bílkovina se koncentruje oddělením kapalné fáze (syrovátky) skrze mechanickou úpravu (zpravidla krájením koncentrátu tzv. sýřeniny a následným mícháním či odstředěním). Sýřenina může být pasterována z důvodu inaktivace BMK, která se před plněním do konečného obalu většinou ještě homogenizuje (Bot et al., 2007). Na závěr se k čerstvým sýrům mohou přidat další suroviny např. smetana, ovocné přísady, barviva, koření a další (Fox et al., 2017).



Obrázek 1 Schéma výroby čerstvých sýrů; upraveno podle Fox et al., 2017

2 JEDNOTLIVÉ DRUHY ČERSTVÝCH SÝRŮ

Klasifikace sýrů podle základní suroviny se nevztahuje pouze na mléko, ale zohledňují se i další primární suroviny používané při výrobě jako je např. syrovátka, smetana nebo kolostrum (Almena-Aliste, Mietton a Donnelly, 2014).

2.1 Čerstvé sýry z mléka

Množství nezrajících sýrů (až 40 různých druhů) se vyrábí především z kravského mléka, ale ve Středomoří je oblíbené také ovčí a zejména kozí mléko. Většina čerstvých sýrů se připravuje z částečně odstředěného mléka. Pro minoritní část sýrů se využívá homogenizované plnotučné mléko, v některých případech natučněné až na 12 % (Klostermayer, 2003).

2.1.1 Tvaroh

Tvaroh je nezrající čerstvý sýr s jemnou strukturou a mírně nakyslou chutí (Kim et al., 2019). Dle srážení patří mezi kyselé sýry (Chauhan et al., 2022). Barva je mléčně bílá až krémově žlutá. Známým označením pro tvaroh je německý výraz „quark“. Ve východoevropských zemích se mu říká „tvorog“ (Farkye, 2017). Vyrábí se s různým obsahem tuku až do 45 % v sušině a se zvyšujícím se obsahem tuku se mění konzistence z drobnivě suché na kompaktní hladkou (Klostermayer, 2003).

Měkký tvaroh se vyrábí z pasterovaného nejčastěji odstředěného mléka se zákysovou kulturou BMK a malým přídavkem syřidla (Litopoulou-Tzanetaki, 2007). V tomto případě je funkcí syřidla zpevnění sýřeniny (Chauhan et al., 2022). Mléko pro výrobu tvarohu se pasteruje při 72 °C; 15 s až 95 °C; 10 min. Poté je zchlazeno na teplotu fermentace 25-30 °C. Mléko může být před pasterací homogenizováno. Po tepelném ošetření a ochlazení na inokulační teplotu, se mléko inokuluje BMK. Pro výrobu tradičního tvarohu se používají mezofilní BMK (*Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lc. lactis* subsp. *lactis*, citrát pozitivní *Lc. lactis* subsp. *cremoris* a/nebo *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*). Kromě BMK používaných primárně k prokysávání, se mohou přidávat *Bifidobacterium bifidum* a *Lactobacillus acidophilus* pro jejich probiotickou funkci. Po přídavku zákysu, kdy pH mléka dosáhne ~6,3, se přidá syřidlo (0,5-1 ml na 100 l). Následuje fermentace, která trvá do dosažení pH 4,50-4,44 (Farkye, 2017). Získaná sýřenina se nekrájí ani nevaří. „Rozbývá“ se mícháním za současného oddělení syrovátky, která se odstraňuje přes mušelinové plátno

nebo se odstředí (Chauhan et al., 2022). Při tradičním postupu se sýřenina přelívá do plátěných pytlů. Po oddělení syrovátky se tvaroh chladí a balí (Farkye, 2017).

Na výsledné chuti tvarohu se z velké části podílí diacetyl příp. acetaldehyd. Výrobky mohou být ochuceny cukrem, ovocným protlakem či různými druhy koření. Často se míchají s jogurty a dalšími čerstvými sýry pro získání nových druhů čerstvých sýrů s odlišnými chuťovými vlastnostmi (Litopoulou-Tzanetaki, 2007).

2.1.2 Smetanový sýr

Smetanový sýr (tzv. „cream cheese“) je čerstvý měkký nezrající sýr s mírně kyselou chutí (Tadeu da Veiga Correia et al., 2022), hladkou strukturou, krémovou konzistencí a vysokým obsahem tuku v sušině (Surber et al., 2021). Jedna polévková lžice obsahuje přibližně 50 kcal a asi 5 gramů tuku. Dokonce i u smetanového sýra se sníženým obsahem tuku pochází až 75 % kalorií z tuku (Experts from The Mayo Clinic et al., 2002). Přesto se v dietách používá jako náhrada másla či margarínu, protože má zpravidla nižší celkovou energetickou hodnotu (Tadeu da Veiga Correia et al., 2022).

Předpokládá se, že do roku 2026 dosáhne celosvětový trh se sýry velikosti ~ 8,3 miliardy amerických dolarů. V Austrálii v roce 2020/2021 tvořila výroba smetanových sýrů 25 % (přibližně 85000 tun) z celkové produkce sýrů a výrazně převyšovala výrobu čerstvých sýrů typu cottage nebo ricotta (Song et al., 2023).

Surovinovou skladbu smetanového sýra obvykle tvoří sladká smetana a mléko. Do směsi mohou být přidány i další složky jako je kondenzované/sušené odstředěné mléko nebo syrovátková smetana. Syrovátková smetana je v podstatě tuk získaný z vyčištěné syrovátky pomocí odstředivé separace. Je tvořena především malými kuličkami mléčného tuku, liposomy a fragmenty membrán tukových kuliček. Syrovátková smetana není příliš využívanou mléčnou složkou, a proto by mohla být zajímavou alternativou pro výrobu smetanových sýrů (Brighenti et al., 2021).

Hlavní fází výroby je kyselá koagulace pasterované a homogenizované smetanové směsi (Brighenti et al., 2021) pomocí mezofilních kultur, případně podpořené přísadkou malého množství syřidla a následná separace syrovátky (Surber et al., 2021). Smetanový sýr s jemnější strukturou lze také vyrobit přímým okyselením směsi. Výrobky získané přímou acidifikací nevyžadují odstranění syrovátky a mohou být zpracovány tak, aby měly buď měkkou nebo tuhou texturu (Klemaszewski, 2010). Homogenizovaná směs je pak ochucena solí nebo bylinkami (Tadeu da Veiga Correia et al., 2022). Dále se do smetanových sýrů

často přidávají hydrokoloidy, které díky své vysoké schopnosti vázat vodu zvyšují viskozitu syrovátky (mléčného séra) a/nebo interagují s kaseinem, čímž podporují krémovitost (Surber at al., 2021). Nejpoužívanějšími hydrokoloidy ve smetanových sýrech je guma ze svatojánského chleba (karobová guma), xantanová a guarová guma (Klemaszewski, 2010). Tyto stabilizátory mohou výrazně ovlivnit reologii systémů, přestože jsou přidávány v nízkých koncentracích (Brighenti et al., 2020).

2.1.3 Cottage

Cottage je měkký nezrající sýr vyráběný z pasterovaného odstředěného mléka (American Society of Heating, 2018). Pro tento sýr je charakteristické, že se skládá ze sýřeniny a tekutého „dresinku“ (Klemaszewski, 2010). Podle velikosti zrn se rozlišuje na kalifornský, popcornový a venkovský cottage. Dále jej lze dělit podle velikosti zrna („small/large-curd style“) a existuje i cottage lisovaný v blocích, který se označuje jako „farmer’s cheese“ (Klostermeyer, 2003). Cottage běžně obsahuje 4 % mléčného tuku, odtučněný cottage pak 2 % (Klemaszewski, 2010). Chuť může být nevýrazná až poměrně kyselá, ale i výrazná až aromatická. Tato rozmanitost chutí je způsobená používáním různých kmenů laktokoků či leukonostoků zodpovědných za vznik diacetylu, který má typické máslové aroma (Litopoulou-Tzanetaki, 2007). Struktura cottage by měla být hladká a dresink by měl přilnout k částicím sýřeniny a dodat mírný, ale ne nadměrný lesk nebo třpyt (Chandan, Kilara a Shah, 2016).

Pro jeho výrobu se využívá kyselého srážení působením kyselin nebo BMK (Chandan, Kilara a Shah, 2016). Přidává se i malé množství syřidla, které však není hlavní příčinou srážení (Kilcast a Subramaniam, 2011). Po koagulaci mléka se vzniklá sýřenina krájí na kostky o velikosti přibližně 13 mm (large-curd style) nebo 6,5 mm (small-curd style) (American Society of Heating, 2018). Po krájení se směs sýřeniny a syrovátky zahřívá a velmi jemně míchá. Jakmile kostky sýřeniny dosáhnou požadované pevnosti, zahřívání je ukončeno. Poté se sýřenina opakovaně propírá vodou a na závěr se směs vody a syrovátky vypustí (American Society of Heating, 2018)

Dresink se připravuje odděleně od sýřeniny. Nejprve se sýřenina tepelně ošetří pasterací a poté homogenizuje. Dresink pak tvoří smetana, sůl a také se přidávají stabilizátory a emulgátory (Klemaszewski, 2010). Obsah mléčného tuku dresinku je obvykle 10 % (Chandan, Kilara a Shah, 2016). Nakonec se ochlazený dresink (přibližně 40 °C) vmíchá ke zpracované sýřenině (American Society of Heating, 2018).

2.1.4 Mascarpone

Mascarpone je italský čerstvý sýr obsahující až 50 % tuku (v sušině >80 %) (Fox et al., 2004) a 4,0-5,8 % bílkovin (Mucchetti, 2013). Jedná se o nezrající sýr, který je určen ke konzumaci krátce po výrobě. Má hutný, krémový a hladký vzhled. Barva se pohybuje v odstínech sněhové bílé až po světle žlutou (MUNIEWEG et al., 2021) a chuť je jemně máslová a mírně pikantní (Fox et al., 2004). Mascarpone je proslulé především jako ingredience do tiramisu. Tiramisu je italský dezert tvořený piškoty namočenými v kávě a našlehanou směsí skládající se z mascarpone, žloutku, likéru a kakaá (Mucchetti, 2013).

Mascarpone se vyrábí z plnotučné smetany (30 % hm.), která se zahřeje na 80-95 °C (Klostermeyer, 2003; Fox et al., 2004). Výroba začíná získáním smetany odstředěním nebo ponecháním mléka v klidu po dobu 24 hodin při teplotě 10-12 °C, aby byla podpořena mírná fermentace (MUNIEWEG et al., 2021). Mascarpone se tradičně získává kyselou koagulací v kombinaci se zvýšenou teplotou (Mucchetti, 2013). Namísto BMK se využívá přímého okyselení organickou kyselinou jako je např. kyselina citrónová, vinná nebo mléčná, díky čemuž dojde ke snížení pH na přibližně 5,0-5,8. Kyselina se do smetany přidává pomalu a směs se míchá přibližně 10 minut (MUNIEWEG et al., 2021; Fox et al., 2004). Poté se od získané sýřeniny separuje filtrací syrovátka pomocí lněného plátna (Mucchetti, 2013). Tento krok se provádí při teplotě 8-10 °C a trvá v rozmezí 12-18 hodin (Klostermeyer, 2003). Na závěr se směs ještě před balením homogenizuje (MUNIEWEG et al., 2021). Vzhledem k vysokému obsahu tuku nejsou nutné žádné stabilizátory (Fox et al., 2004).

2.1.5 Panýr

Panýr pochází z jihoasijské oblasti (především z Indie). Jedná se o měkký čerstvý sýr, jehož výchozí surovinou je kravské nebo buvolí mléko příp. jejich kombinace. Při výrobě se využívá kyselé srážení v kombinaci se zvýšenou teplotou. Mléko se okyseluje přímým přidavkem kyseliny (mléčná/citrónová) (Khan a Pal, 2011).

Sýr se používá nejčastěji v indické kuchyni pro přípravu pokrmů matar paneer (panýr v rajčatové omáčce) a palak paneer (panýr s kari a špenátem). Oblíbenou technologickou úpravou je i smažení, protože si při tom zachovává svůj tvar (Khan a Pal, 2011).

Pro kvalitní panýr je charakteristická mramorově bílá barva, hladká struktura, sladká, mírně kyselá, oříšková chuť a houbovitě tělo (Khan a Pal, 2011). Dle indických standardů panýr obsahuje max. 60 % vlhkosti a min. 50 % tuku v sušině (Khan a Pal, 2011; Kumar et al., 2014). Při výrobě je upřednostňováno buvolí mléko před kravským, jelikož obsahuje vyšší

množství tuku, kaseinů a minerálních látek (vápník, fosfor). Navíc obsahuje méně rozpustné kaseinové micely, díky čemuž má sýr typickou houbovitou strukturu (Ghodekar, 1989).

Panýr má relativně krátkou životnost. V tropických zemích jej nelze skladovat déle než jeden den při pokojové teplotě. Bhattacharya et al. (1971) uvedli, že panýr mohl být skladován pouze 6 dní při 10 °C bez výrazného zhoršení jeho kvality, ačkoli čerstvost produktu byla ztracena po třech dnech. Bylo zjištěno, že ke kažení dochází v důsledku růstu mikroorganismů, které tvoří na povrchu sýra zelenožlutý sliz. Změna barvy byla navíc doprovázena pachutí. Skladovatelnost sýru je možné prodloužit ponořením do solného roztoku. Díky tomu byla doba skladování prodloužena ze 7 dnů na 20 dní při 6-8 °C (Kanawjia and Khurana 2006).

2.1.6 Labneh

Labneh se řadí mezi čerstvé sýry, ale jedná se prakticky o zahuštěný jogurt (>22 % hm. sušiny), který je široce ceněn a konzumován jako důležitý zdroj bílkovin (Serhan, Mattar a Debs, 2016; McSweeney, Ottogalli a Fox, 2004). Je oblíbený především na Blízkém východě. V Řecku a ve zbytku Evropy je znám jako ceděný jogurt (strained yoghurt). V Turecku se prodává pod názvem „suzme yoghurt“ (Thabet et al., 2014).



Obrázek 2 Labneh s olivovým olejem (Homemade Labneh, 2017)

K výrobě se používají různé druhy mléka jako je kravské (nejčastěji), ovčí či kozí (Serhan, Mattar a Debs, 2016). Plnotučné mléko je inokulováno jogurtovou kulturou (někdy se přidává malé množství syřidla) a inkubuje se při teplotě 42-45 °C po dobu 4 h (McSweeney, Ottogalli a Fox, 2004). Ze získaného plnotučného jogurtu se v průmyslu přebytečná tekutina odstraňuje pomocí mechanických separátorů. Tradičně se jogurt cedí přes plátěný sáček, dokud se nedosáhne požadované sušiny. Jogurt se tepelně nezpracovává, a proto má vyšší počet BMK a komplexnější chuť. Nevýhodou tradičního postupu je, že vyžaduje více ruční

manipulace a poskytuje více příležitostí ke kontaminaci kvasinkami a plísněmi (Thabet et al., 2014).

Po zahuštění se do sýra mohou přimíchávat sůl či sušené bylinky. Labneh lze skladovat v olivovém oleji po dobu několika měsíců (McSweeney, Ottogalli a Fox, 2004).

2.1.7 Burgos

Burgos je španělský čerstvý sýr, který se získává z kravského nebo ovčího mléka (Dictionary of food science and technology, 2009). Jeho produkce převyšuje více jak 7000 tun ročně. Je pro něj charakteristická vysoká vlhkost (50-62 %), nízký obsah NaCl (chlorid sodný), vysoká vodní aktivita a nízký obsah kyseliny mléčné. Hodnota pH se pohybuje v rozmezí 5,3 až 6,2. Tyto vlastnosti vytváří příznivé prostředí pro růst patogenních a jiných nežádoucích mikroorganismů. Po jeho vyrobení se uchovává 24 hodin v chladu a na trh se uvádí druhý den. Je nutné jej spotřebovat do následujících 3 až 5 dní (Nuñez et al., 1986).

Jeho chuť je mírně nakyslá a nejčastěji se podává s cukrem/medem a vlašskými ořechy. Dobrou kombinaci tvoří se suchým bílým nebo červeným mladým vínem (Cheeses by type, 2023)



Obrázek 3 Burgos (Queso de Burgos, 2023)

2.1.8 Petit-Suisse

Petit-Suisse je druh francouzského čerstvého sýra. Je měkký, lehce nakyslý a má konzistenci velmi jemného smetanového sýra. Získává se koagulací mléka mezofilními bakteriemi a syřidlem. Po fermentaci se sýřenina odstředí za účelem oddělení syrovátky (Sarmiento et al., 2019; Prudencio et al., 2008).

V Brazílii je jedním z nejvyroběnějších sýrů (Teixeira Lopes, Passos Rodrigues a Souza de Araújo, 2018). Konzumuje se jako dezert a jeho prodej je zaměřen především na děti. Nejčastěji se do něj přidává ovocná dřeň, cukr, smetana, barviva, ochucovadla.

U tohoto druhu sýra byl pozorován častější výskyt potravinových alergií, zejména v důsledku používání umělých barviv (Prudencio et al., 2008; De Souza et al., 2011).

2.2 Čerstvé sýry ze syrovátky

Syrovátkové sýry se v dřívějších dobách získávaly pouze ze syrovátky. Používala se syrovátka kravská, kozí nebo ovčí (samostatně či ve směsi). Od konce 19. století se do výrobků přidávalo kravské/kozí mléko nebo smetana, která jim dodala krémovější strukturu a jemnější chuť (Østerlie a Wicklund, 2018).

Principem výroby syrovátkových sýrů je denaturace a koagulace ve vodě rozpustných syrovátkových bílkovin (α -laktalbumin a β -laktoglobulin). Vyrábějí se zahříváním směsi (85-90 °C) syrovátky a odstředěného nebo plnotučného mléka, které je upravené na hodnotu pH 6,0 (Dermiki et al., 2008; Fox et al., 2017). Obvyklá výtěžnost výroby tradičních syrovátkových sýrů je přibližně 6 %, přičemž přídavek mléka nebo zahuštění syrovátkových bílkovin (např. pomocí ultrafiltrace) může tuto hodnotu výrazně zvýšit (Pires et al., 2021).

Jednotlivé druhy syrovátkových sýrů se od sebe výrazně liší chemickým složením, což je dáno především rozdíly ve zdroji a druhu použité syrovátky a také technologickými postupy (Pintado, Macedo a Malcata, 2001).

Čerstvé syrovátkové sýry jsou charakteristické vysokým pH (>6,0), vysokým obsahem vlhkosti a nízkým obsahem soli. V důsledku toho jsou tyto mléčné výrobky velmi náchylné k mikrobiálnímu kažení plísněmi, kvasinkami a bakteriemi rodu *Enterobacteriaceae* (Papaioannou et al., 2007).

Nejnámějším zástupcem čerstvých syrovátkových sýrů je italská ricotta (Fox et al., 2017). V Řecku patří mezi nejoblíbenější zástupce myzithra, manouri, anthotyros, urdais (Pires et al., 2021).

2.2.1 Ricotta

Ricotta je čerstvý měkký sýr pocházející z Itálie. V Latinské Americe a hispánských komunitách Severní Ameriky je znám jako requeson (Farkye, 2017). Vyznačuje se krémovou jemnou strukturou a lehce karamelovou chutí. Má vysoký obsah vlhkosti a počáteční pH je nižší než 6,0. Je velmi náchylný k mikrobiálnímu kažení plísněmi, kvasinkami, koliformními bakteriemi a má omezenou trvanlivost i v chladu (Wu, Guo a Lin, 2020; Litopoulou-Tzanetaki, 2007).

Výroba sýru ricotta je považována za jeden z nejvhodnějších způsobů, jak opětovně využít syrovátku, která vzniká při výrobě sýra. K výrobě lze kromě samotné syrovátky použít i ovčí či kozí mléko nebo směs syrovátky a mléka (Wu, Guo a Lin, 2020). Pro úspěšnou výrobu ricotty se k syrovátce přidává obvykle 5-20 % plnotučného mléka, odstředěného mléka nebo odtučněného sušeného mléka (Farkye, 2017). Vhodnou surovinou je i smetana, která se k syrovátce či směsi přidává. Přidáním smetany se zvýší obsah tuku a vytvoří se tak jemnější struktura (Wu, Guo a Lin, 2020).

Ricotta se tradičně připravuje zahříváním syrovátky (80-85 °C) a okyselením kyselinou mléčnou, čímž dochází ke srážení syrovátkových bílkovin (Ricciardi et al., 2020; Farkye 2017). Kyselina mléčná vzniká v důsledku přidání kyselivé kultury, které je přisuzována bohatá oříšková chuť sýra (Litopoulou-Tzanetaki, 2007). Vzniklá sýřenina vyplavená na povrchu se ponechává v horké syrovátce až 1 hodinu, aby se dále shlukovala. Poté se nabere nebo vyklopí do košů na odtok syrovátky. Ze 105 kg směsi obsahující 100 kg syrovátky a 5 kg mléka lze získat přibližně 5 kg čerstvé ricotty (Salvatore et al., 2014).

2.2.2 Myzithra, anthotyros, manouri

Jedná se o skupinu řeckých syrovátkových čerstvých sýrů vyrábějící se z různých surovin, především ze syrovátky získané při výrobě ovčích sýrů. Kromě syrovátky se využívá i směs ovčího a koziho mléka. Řecké syrovátkové sýry se vyrábějí bez okyselení syrovátky zahříváním na teplotu 88-92 °C (Litopoulou-Tzanetaki, 2007).

Myzithra

Myzithra je vyráběný zahříváním syrovátky na teplotu přibližně 90 °C. Zahřívá se za stálého míchání tak, aby během 40-45 minut dosáhla požadované teploty. Pro lepší kvalitu myzithry se do syrovátky přidává plnotučné mléko v množství 3-5 %, a to po dosažení požadované teploty 65-70 °C. Během zahřívání se může přidat sůl (1 až 1,5 %) (Litopoulou-Tzanetaki a Tzanetakis, 2011).

Anthotyros

Jedná se o tradiční krétský druh nízkotučného sýra, který se vyrábí ze směsi ovčí a kozí syrovátky. Syrovátka pochází z tvrdých sýrů jako jsou kefalotyri a graviera. Je pro něj charakteristická nízká koncentrace soli a obsahuje přibližně 35 % vlhkosti a 35 % tuku v sušině (Arvanitoyannis, Kargaki a Hadjichristodoulou, 2011).

Manouri

Má mnoho podobností s myzithrou, ale je krémovější, méně slaný a má jemnou strukturu. Manouri má původ v západní Makedonii, která se nachází na severozápadě Řecka. Tradičně se vyrábí ze syrovátky získané při výrobě polotvrdého sýra batzos, který je vyráběn z kozího či směsi kozího a ovčího mléka. Technologie výroby má mnoho společného s výrobou myzithry, ale liší se nižším konečným obsahem vlhkosti tj. 50 až 60 % (Litopoulou-Tzanetaki, Tzanetakis a Donnelly, 2014).

2.2.3 Mysost, gjetost, primost

Jedná se o skupinu skandinávských sýrů, které se vyrábí zahuštěním syrovátky, krystalizací laktózy a zahuštěním ostatních pevných látek v syrovátce. Výchozí surovinou je sladká syrovátka, i když u některých druhů se může použít i kyselá. K syrovátce lze přidat odstředěné mléko nebo smetanu, aby výrobek získal světlejší barvu (Fox at al., 2017). Mysost a gjetost se vyznačují tmavší hnědou barvou a hrubou strukturou, zatímco primost má světlejší barvu a je krémový (Puniya, 2015). Tmavá barva sýrů a chuť je způsobena Maillardovými reakcemi. Tato skupina výrobků má vysoký obsah celkové sušiny (<18 % vlhkosti), jsou vysoce kalorické a v chladu mají dlouhou trvanlivost (Fox et al., 2017).



Obrázek 4 Mysost (Brunost: Norwegian Brown Cheese, 2012)

Mysost

Je specialitou severní části Švédska. Původně byl vyráběn pouze v létě, kdy byla zvířata na pastvě v horách. Pro jeho výrobu se tradičně používala syrovátka z kozího mléka, protože kravské mléko se v této oblasti používalo především k výrobě másla a kysaného mléka (Papademas et al., 2017). V současnosti se používá syrovátka i z kravského mléka (Puniya, 2015). Mysost má žlutohnědou barvu a chuť je výrazně sladká, karamelová až mírně připálená. Obsah tuku se pohybuje v rozmezí 2 až 17 %. Prodává se v malých blocích, které se krájí na plátky a mažou na chléb (Papademas et al., 2017).

Gjetost a primost

Sýr primost, označován jako „premium quality cheese“, se od jinak podobného sýru gjetost (získáván z kozí syrovátky) liší tím, že se do syrovátky přidává smetana ze směsi kozího a kravského mléka. Směs syrovátky je nejprve zahuštěna na 60 % celkové sušiny, v druhém stupni je zahuštěna na 80 % celkové sušiny. Získá se plastická hmota, která je zahřívána na 95 °C. Poté se koncentrát ochladí, prohněte a zabalí (Fox et al., 2017).

2.2.4 Urda

Čerstvý syrovátkový sýr urda je vyráběn na celém Balkáně. Sýr je oblíbený v Rumunsku, srbské oblasti Pirot, Makedonii, Černé Hoře, Maďarsku a v řeckém Epiru. Má vločkovitou, zrnitou a hedvábnou strukturu. Chuť je lehká, sladká a mléčná se svěží vůní. Urda se často tvaruje do polokoulí. Obvykle se používá jako náplň do pečiva a při výrobě cukrovinek. Vyrábí se ze syrovátky kravského, ovčího či kozího mléka (Ersoy, Akar, 2022). Principem výroby je tepelná koagulace syrovátkových bílkovin. K syrovátce lze přidat mléko, smetanu nebo jiné mléčné suroviny až už to před nebo po koagulaci (Paskaš et al., 2019).

2.2.5 Brocciu

Brocciu je čerstvý sýr, ale existuje i zrající forma. Původem pochází z ostrova Korsika a je získáván ze syrovátky kozího nebo ovčího mléka. Jeho struktura je hladká, krémová a má drobnou konzistenci. Obsah tuku se pohybuje v rozmezí 40 až 50 %. Chuť je nasládlá a mléčná. Brocciu nachází uplatnění jako náplň do pečiva nebo se přidává do polévek. Samostatně se nejlépe kombinuje s červeným vínem nebo bílými víny z Korsiky (Ersoy, Akar, 2022).

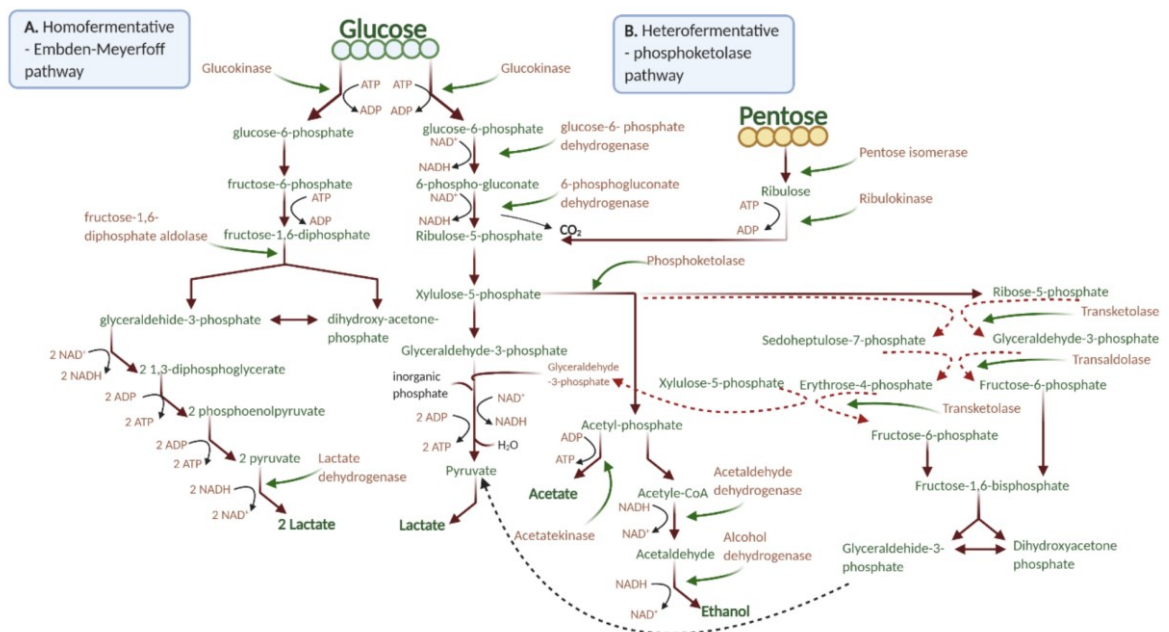
3 MIKROBIÁLNÍ KULTURY VYUŽÍVANÉ PRO VÝROBU ČERSTVÝCH SÝRŮ

Přeměna laktózy na kyselinu mléčnou je jedním z nejdůležitějších kroků při výrobě sýra. Provádí se pomocí pečlivě vybraných kultur různých druhů BMK, které se přidávají do mléka. Jedná se o tzv. čisté mlékařské kultury (ČMK). ČMK se nazývají též zákysové/mléčné, protože iniciují produkci kyseliny mléčné (Fox et al., 2017). Sýrařské zákysové kultury jsou tvořeny převážně BMK, ačkoli mohou být zapojeny také další bakterie a kvasinky (Powell, Broome a Limsowtin, 2011).

Historicky se okyselení dosahovalo rozvojem rezidentní mikroflóry mléka a tato metoda se stále používá u některých řemeslných sýrů. Tento postup je však obtížně kontrolován a vede k tomu, že výrobek je velmi proměnlivý, chuťově nestálý a snáz se kazí (Fernandes, 2009).

Tradičně vyráběné čerstvé sýry jsou cenným zdrojem BMK, které představují místní geograficky specifickou mikrobiotu, jež přispívá k rozdílům v chuti, struktuře a vůni mezi jednotlivými druhy různého zeměpisného původu (Pavunc, Novak a Uroić, 2012).

Větší část komerčních zákysových kmenů pro čerstvé sýry jsou homofermentativní a byly většinou selektovány a vyvinuty z druhů *Lactococcus* (Pavunc, Novak a Uroić, 2012). Homofermentativní znamená, že produkují prakticky čistou kyselinu mléčnou, na rozdíl od heterofermentativních, které produkují i jiné sloučeniny (etanol, kyselina octová a další) (Pandey et al., 2015).



Obrázek 5 Fermentace glukózy (A) homofermentativní metabolismus (Embden-Meyerhoffova dráha; (B) heterofermentativní metabolismus (fosfoketolázová dráha) (Teleky, Martáu a Vodnar, 2020)

Aby byla zachována kvalita a bezpečnost výrobku, stále častěji se používají zmrazené koncentrované kultury, které lze přidávat přímo do sýrařské kádě, díky čemuž se minimalizuje riziko kontaminace (Fernandes, 2009).

Funkce

ČMK obsahující BMK slouží primárně k produkci kyseliny mléčné v předvídatelné a kontrolovatelné míře (Powell, Broome a Limsowtin, 2011). Jejich enzymatické systémy jsou však důležité i pro rozvoj chuti a některé BMK produkují i další sloučeniny, zejména acetaldehyd, kyselinu octovou a diacetyl, které se nachází v čerstvých sýrech jako je tvaroh a cottage (Fox et al., 2017). ČMK také ovlivňují texturu a mají konzervační účinek. Nicméně žádný kmen nemůže plnit všechny tyto úlohy, a proto se přidává více kmenů do stejného druhu zákysu. V důsledku toho jsou při výrobě standardem tzv. smíšené kultury, díky čemuž se předchází problémům s bakteriofágy (Chandan, Kilara a Shah, 2015).

Vliv pH na chuť a texturu sýrů

Rychlost smršťování sýřeniny a vylučování syrovátky se zvyšuje s klesajícím pH, což má vliv na konečnou vlhkost sýra, následně jeho texturu a rychlost různých biochemických reakcí, které se podílejí na tvorbě chuťových složek. Textura je rovněž ovlivněna mírou

rozpuštění koloidního fosforečnanu vápenatého kaseinových micel v závislosti na pH. Obecně platí, že sýry s nízkým pH bývají hodně drobivé, zatímco sýry s vyšším pH pružnější (Powell, Broome a Limsowtin, 2011).

3.1 Klasická kultura v čerstvých sýrech

Kultury mohou být:

- jednokmenové (Single Strain Starters) – obsahují pouze jeden kmen určitého druhu
- vícekmenové (Multiple Strain Starters) – obsahují různé kmeny jednoho druhu
- směsné vícekmenové (Multiple-Mixed-Strain Starters) – obsahují různé definované kmeny různých druhů (Bylund, 1995; Čisté mléčné kultury (ČMK), c2023)

Starterové kultury se běžně dělí podle optimální teploty růstu na:

- mezofilní ~30 °C
 - rod *Lactococcus*
 - *Lc. lactis* subsp. *cremoris*
 - *Lc. lactis* subsp. *lactis*
 - *Lc. lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis*
 - rod *Leuconostoc*
 - *Leuconostoc lactis*
 - *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*
- termofilní ~42 °C
 - rod *Lactobacillus*:
 - *Lb. delbrueckii* subsp. *lactis*
 - *Lb. helveticus*
 - *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*
 - *Lb. acidophilus*
 - rod *Streptococcus*
 - *Streptococcus thermophilus*

- rod *Bifidobacterium*
 - *B. lactis*
 - *B. bifidum*
 - *B. longum*

Obecně platí, že sýry, u nichž se ve fázi dohřívání sýřeniny nepoužívají vysoké teploty (>40 °C), se využívají mezofilní kultury. Mezi tyto druhy spadá většina čerstvých sýrů. Termofilní kultury dávají přednost vyšším teplotám, což vyžadují např. sýry švýcarského nebo italského typu. Výjimkou je např. čerstvý sýr labneh, který se připravuje z jogurtu, který se vyrábí pomocí jogurtové termofilní kultury (Hill a Kethireddipalli, 2013).

Sýr cottage sice může být připravován pomocí mezofilní kultury, ale při dohřívání sýřeniny se používají velmi vysoké teploty. Cílem je usmrcení mezofilního zákysu, aby se zabránilo dodatečnému okyselení výrobku po přidání smetanového dresinku (Johnson a Donnelly, 2013).

3.1.1 Mezofilní kultura

Mezofilní kultury jsou zastoupeny především rody *Lactococcus* (homo/heterofermentativní) a *Leuconostoc* (heterofermentativní). Laktokoky jsou grampozitivní, nepohyblivé, kokovité bakterie a rostou při 10 °C, ale ne při 45 °C. Z glukózy a galaktózy produkují kyselinu L(+)- mléčnou. Kmeny tohoto typu jsou dobře adaptovány na růst v mléce (Chandan, Kilara a Shah, 2015).

Hlavním druhem rodu *Lactococcus* ve smíšených kulturách je *Lc. lactis* subsp. *cremoris*. Kromě toho mnohé z nich často obsahují malé množství kmenů využívajících citrát (Cit+), mezi které patří *Lc. lactis* subsp. *lactis* a Cit+ *Leuconostoc* sp. *Lc. lactis* subsp. *lactis* lze od *Lc. lactis* subsp. *cremoris* odlišit na základě schopnosti růst při 40 °C a produkovat NH₃, ornitin a citrulin z argininu (Fox et al., 2017).

Funkcí kmenů *Leuconostoc* spp. a *Lc. lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis* Cit+ je metabolizovat citrát na diacetyl a acetát, které jsou důležitými chuťovými složkami čerstvých sýrů (Chandan, Kilara a Shah, 2015). Tyto citrátové utilizátory jsou v mezofilních smíšených kulturách označovány jako producenti aroma = aromatvorné (Fox et al., 2017).

Tabulka 1 Charakteristika některých důležitých kultivačních bakterií (Bylund, 1995)

Bakterie	Optimální teplota růstu [°C]	Max. tolerance soli pro růst [%]	Tvorba kyselin [%]	Kyselina citrónová
<i>Lc. lactis</i> subsp. <i>lactis</i>	okolo 30	4 - 6,5	0,8 - 1,0	-
<i>Lc. lactis</i> subsp. <i>cremoris</i>	25-30	4	0,8 - 1,0	-
<i>Lc. lactis</i> subsp. <i>lactis</i> var. <i>diacetylactis</i>	okolo 30	4 - 6,5	0,8 - 1,0	+

Mezofilní mikroorganismy mohou fermentovat laktózu i při teplotách 10 °C a 40 °C. Je však důležité si uvědomit, že optimální teplota růstu je nižší než maximální teplota, při které bakterie ještě rostou, a dokonce mnohem nižší než teplota, při které začínají umírat (Johnson a Donnelly, 2013).

3.2 Symbiotické kultury

Všechny makroorganismy a mikroorganismy jsou obklopeny rozmanitou mikrobiotou, s níž se vyvinuly tak, aby spolu částečně nebo po celý svůj život interagovaly (Ciche a Goffredi, 2007).

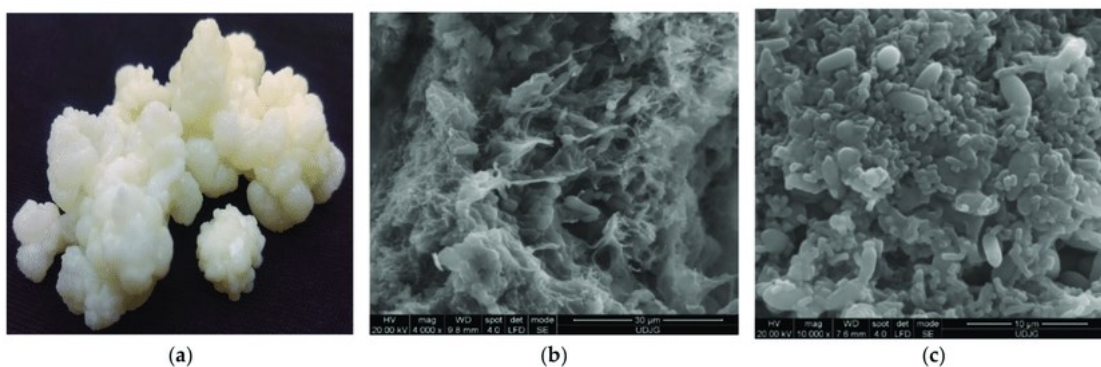
Symbiózu poprvé definoval německý mykolog Heinrich Anton de Bary v roce 1879 jako „soužití nepodobných organismů“ (Stadie et al., 2013). Některé zdroje používají pojem „symbióza“ pro označení vztahu mezi různými druhy organismů, který přináší prospěch oběma partnerům (Overmann a Schubert, 2002). Ale přesněji symbióza zahrnuje mutualismus (oba organismy mají ze vztahu prospěch), komenzalizmus (jeden má prospěch, přičemž druhý není negativně ovlivněn) a parazitizmus (jeden má prospěch a druhý je poškozen) (Stadie et al., 2013). Interakce mezi organismy mohou vznikat ve volných společenstvích, která jsou založena na speciálních signálních molekulách (quorum sensing) nebo v symbiotických asociacích s adhezními faktory, mezi které se řadí proteiny nebo polysacharidy (biofilm). Dále může docházet ke změně fyzikálně-chemického prostředí, výměně metabolitů, sekreci proteinů a přenosu genů (Frey-Klett et al., 2011).

Symbióza ve formě mutualizmu nebo komenzalizmu je široce rozšířena ve fermentovaných potravinách např. v jogurtu nebo kefiru (Stadie et al., 2013).

3.2.1 Kefírová kultura

Kefírová kultura se nejčastěji používá k výrobě kefiru, který je jedním z nejstarších fermentovaných mléčných výrobků (Bylund, 1995) pocházející z východní Evropy (Yang et al., 2010). Tato kultura je příkladem symbiózy mezi kvasinkami a bakteriemi (Lopitz-Otsoa et al., 2006).

Tradičně se k výrobě používá speciální kultura ve formě tzv. kefirového zrna. Mají nažloutlou barvu a tvar kefirové růžice o velikosti asi 15 až 20 mm (Bylund, 1995). Jedná se o shluk mikroorganismů, které drží pohromadě polysacharidová matrice tzv. kefiran (Prado et al., 2015). Kefiran je složený ze stejného podílu glukózy a galaktózy a je produkován převážně bakteriemi *Lb. kefiranofaciens* (Zajšek, Kolar a Goršek, 2011).



Obrázek 6 Kefírová zrna (a) a zrna pořízená rastrovacím elektronovým mikroskopem (SEM) v řezu při zvětšení 4000x (b), povrch zrn při zvětšení 10000x (Pihurov et al., 2021)

Tradiční způsob přípravy zákysu je pracný a v kombinaci s různorodou mikroflórou to může vést k nepříjemným odchylkám ve výrobcích. K překonání těchto problémů byla ve Švédsku vyvinuta lyofilizovaná koncentrovaná kultura. Tento typ kultury se v praxi používá od poloviny 80. let 20. století a produkty z ní vyrobené mají jednotnější kvalitu než produkty vyrobené konvenční metodou. Výhodou lyofilizovaných kultur je snížení počtu výrobních fází a rizika spojeného s infikováním kultury bakteriofágy (Bensmira, Nsabimana a Jiang, 2010; Bylund, 1995).

Kultura se skládá z různorodého spektra druhů a rodů. Je tvořena BMK (*Lactobacillus*, *Lacticaseibacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*), kvasinkami (*Kluyveromyces*, *Candida*, *Saccharomyces*, *Pichia*) a někdy i bakteriemi octového kvašení (*Acetobacter*) (Chandan,

Kilara a Shah, 2015). Bakterie mléčného kvašení představují 65-80 % (10^8 CFU/g) a kvasinky asi 5-10 % (10^5 CFU/g) celkové mikroflóry (Yang et al., 2010; Bylund, 1995; Prado et al., 2015).

Tabulka 2 Druhy bakterií izolovaných z různých keřirových zrn (Robinson, Batt a Patel, c2000)

Bakterie			
<i>Leuconostoc</i>	<i>Lactococcus</i>	<i>Lactobacillus</i>	<i>Lactiplantibacillus</i>
<i>L. dextranicum</i>	<i>Lc. lactis</i> subsp. <i>lactis</i> biovar <i>diacetylactis</i>	<i>Lb. caucasicus</i>	<i>Lpb. plantarum</i>
<i>L. mesenteroides</i>	<i>Lc. lactis</i> subsp. <i>cremoris</i>	<i>Lb. brevis</i>	
<i>L. kefir</i>	<i>Lc. lactis</i> subsp. <i>lactis</i>	<i>Lb. kefir</i>	
		<i>Lb. acidophilus</i>	
		<i>Lb. kefiranofaciens</i>	
		<i>Lb. cellobiosus</i>	
		<i>Lb. helveticus</i> subsp. <i>jugurti</i>	
		<i>Lb. lactis</i> subsp. <i>lactis</i>	
		<i>Lb. viridescens</i>	
		<i>Lb. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	

Tabulka 3 Druhy bakterií izolovaných z různých keřirových zrn (Robinson, Batt a Patel, c2000)

Bakterie			
<i>Lacticaseibacillus</i>	<i>Levilactobacillus</i>	<i>Limosilactobacillus</i>	<i>Lentilactobacillus</i>
<i>Lcb. rhamnosus</i>	<i>Lvb. brevis</i>	<i>Lmb. fermentum</i>	<i>Lntb. parakefiri</i>
<i>Lcb. casei</i>			
<i>Lcb. paracasei</i> subsp. <i>paracasei</i>			
<i>Lcb. paracasei</i> subsp. <i>tolerans</i>			

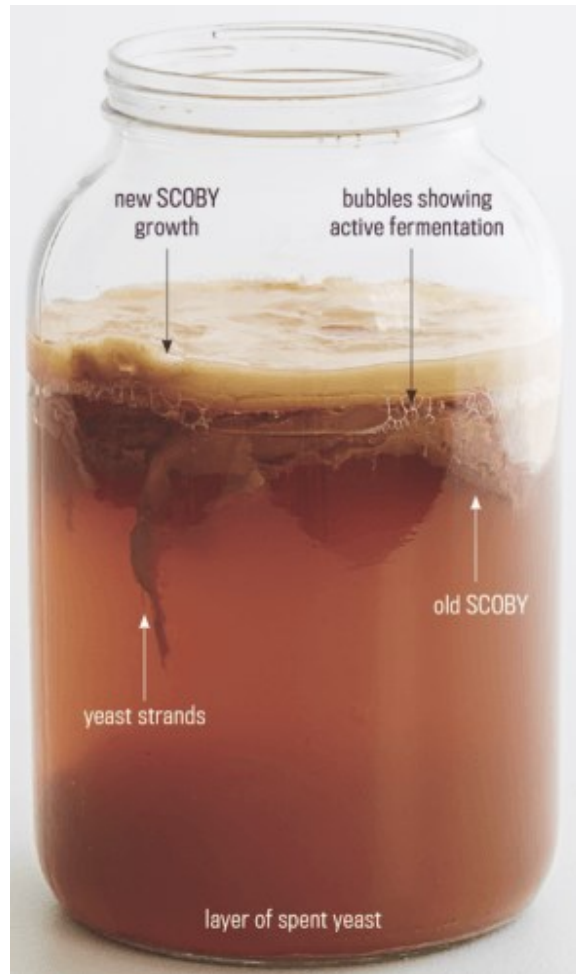
Tabulka 4 Druhy kvasinek izolovaných z různých keřirových zrn (Robinson, Batt a Patel, c2000)

Kvasinky
<i>Candida friedrichii</i>
<i>Candida holmii</i>
<i>Candida kefir</i>
<i>Candida pseudotropicalis</i>
<i>Candida valida</i>
<i>Kluyveromyces fragilis</i>
<i>Kluyveromyces lactis</i>
<i>Kluyveromyces marxianus</i> var. <i>marxianus</i>
<i>Mycotorula kefir</i>
<i>Mycotorula lactis</i>
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
<i>Saccharomyces dairensis</i>
<i>Saccharomyces exiguus</i>
<i>Saccharomyces globus</i>
<i>Saccharomyces unispores</i>
<i>Torulasporea delbrueckii</i>
<i>Zygosaccharomyces florentinus</i>

Během fermentace BMK produkují kyselinu mléčnou, zatímco buňky kvasinek fermentující laktózu produkují alkohol a oxid uhličitý. Při metabolismu kvasinek dochází také k určitému rozkladu bílkovin, díky čemuž výrobek získává své zvláštní kvasnicové aroma (Bylund, 1995). Příkladem symbiózy, a to konkrétně mutualizmu v keřirových granulích je např. *Saccharomyces cerevisiae* zvyšující pH tím, že využívá kyselinu mléčnou produkovanou *Lb. kefiranofaciens* jako zdroj uhlíku umožňující ještě větší růst *Lb. kefiranofaciens* (Sieuwerds et al., 2008).

3.2.2 Kombuchová kultura

Kombuchová kultura tzv. SCOBY (symbiotic colony of bacteria and yeast) představuje symbiotickou směs bakterií octového a mléčného kvašení a kvasinek (Vukić et al., 2021). Využívá se především k výrobě nápoje „kombucha“, který se získává fermentací slazeného čaje (obvykle černého, někdy zeleného nebo oolong). Kultura je tvořena biofilmem mikroorganismů připomínající klobouček houby, který je v podstatě zárodkem pro další růst mikroorganismů (Kapp a Sumner, 2019).



Obrázek 7 Kombucha (Crum, LaGory a Katz, 2016)

Složení „čajové houby“ je velmi variabilní a silně závisí na zdroji kultury viz Tab. 4 (Revista latinoamericana de microbiología, 2003). Mezi hlavní identifikované metabolity ve fermentovaném nápoji patří kyselina octová, mléčná, glukonová a glukoronová, etanol a glycerol (Radhakrishna, 2012).

Tabulka 5 Přehled mikroorganismů ve SCOBY (Revista latinoamericana de microbiología, 2003; Radhakrishna, 2012; Martínez Leal et al., 2018)

Kvasinky	Bakterie octového kvašení	BMK	Ostatní
<i>Brettanomyces bruxellensis</i>	<i>Acetobacter aceti</i>	<i>Enterococcus</i> sp.	<i>Allobaculum</i> sp.
<i>Brettanomyces custersil</i>	<i>Acetobacter pastorianus</i>	<i>Lactobacillus</i> sp.	<i>Bifidobacterium</i>
<i>Candida famata</i>	<i>Acetobacter xylinoides</i>	<i>Lactococcus</i> sp.	<i>Propionibacterium</i> sp.
<i>Brettanomyces intermedius</i>	<i>Acetobacter xylinoides</i>	<i>Leuconostoc</i> sp.	<i>Ruminococcaceae</i> <i>incertae sedis</i>
<i>Brettanomyces xylinus</i>	<i>Acetobacter xylinum</i>		<i>Thermus</i> sp.
<i>Kloeckera aciculata</i>	<i>Bacterium gluconicum</i>		
<i>Brettanomyces lambicus</i>	<i>Gluconoacetobacter</i> <i>xylinus</i>		
<i>Pichia membranofaciens</i>			
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>			
<i>Saccharomyces ludwigii</i>			
<i>Schizosaccharomyces pombe</i>			
<i>Torulasporea delbrueckii</i>			
<i>Zygosaccharomyces bailii</i>			
<i>Zygosaccharomyces rouxii</i>			

Kombucha se konzumuje po celém světě, přičemž tento perlivý osvěžující nápoj se stal velmi populárním díky kontroverzním zdravotním tvrzením. Uvádí se, že jeho konzumace může snížit krevní tlak, zmírnit artritidu, lupénku, chronickou únavu, zažívací potíže a metabolická onemocnění (Revista latinoamericana de microbiología, 2003).

V posledních letech se studuje možnost využití kombuchy jako nové startovací kultury při výrobě fermentovaných mléčných výrobků. Bylo zjištěno, že fermentované mléčné nápoje vyrobené kombuchovou kulturou mají celkově uspokojujivé fyzikálně-chemické, nutriční a sensorické vlastnosti (Vukić et al., 2022). Vukić et al., 2021 v jednom ze svých výzkumů také použil inokulum kombuchy jako zákysovou kulturu při výrobě čerstvých sýrů.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL PRÁCE

Jedním z cílů diplomové práce bylo optimalizovat proces výroby čerstvých sýrů s využitím symbiotické kultury, a to konkrétně kefirové kultury.

Dalším cílem pak bylo vybrat nejvhodnější variantu vyrobených vzorků čerstvého sýru s kefirovou kulturou na základě fyzikálně-chemických a organoleptických vlastností .

Pro splnění daných cílů bylo potřeba postupovat dle následných dílčích kroků:

- navrhnout surovinovou skladbu s různými poměry mléka a syrovátky, a přidavkem WPC
- vyrobit čerstvé sýry dle navržené surovinové skladby a vyhodnotit systémy vhodné pro výrobu nového typu výrobku
- ze systémů, vyhodnocených jako nejvhodnější, vyrobit čerstvé sýry a podrobit je:
 - fyzikálně-chemické analýze
 - aktivní kyselost (pH), titrační kyselost, celkový obsah sušiny, aktivita vody, stabilita, reologická a texturní profilová analýza
 - senzorické analýze
- získaná data vyhodnotit, okomentovat v diskuzi a formulovat závěr práce.

5 METODIKA PRÁCE

5.1 Materiál a metody

Následující podkapitoly se věnují surovinám použitých pro výrobu čerstvých sýrů a přístrojům využívaných pro analýzu vyrobených vzorků sýrů. Dále je zde zmíněna technologie výroby modelových vzorků, stanovení vybraných fyzikálně-chemických parametrů a reologická, texturní a senzorická analýza vyrobených vzorků čerstvých sýrů. Experiment probíhal na Ústavu technologie potravin technologické fakulty Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně.

5.1.1 Suroviny

Pro výrobu vzorků čerstvých sýrů byly použity tyto suroviny:

Čerstvé mléko plnotučné (3,5 % tuku)

- značka: Clever
- výrobce: Mlékarna Čejetický, spol. s r. o., Nádražní 14, 293 01 Mladá Boleslav, Česká republika
- výživové údaje: viz Tab. 6

Tabulka 6 Výživové údaje čerstvého plnotučného mléka

Výživové údaje na 100 ml:

Energetická hodnota	260 kJ / 62 kcal
Tuky	3,5 g
z toho nasycené mastné kyseliny	2,3 g
Sacharidy	4,4 g
z toho cukry	4,4 g
Bílkoviny	3,3 g
Sůl	0,1 g

Sušená syrovátka (obsah tuku max. 2,0 %)

- značka: Mogador
- výrobce: Mogador s. r. o., Tř. T. Bati 1664, 765 02 Otrokovice, Česká republika
- výživové údaje: viz Tab. 7

Tabulka 7 Výživové údaje sušené syrovátky

Výživové údaje na 100 g	
Energetická hodnota	1532 kJ / 361 kcal
Tuky	0,5 g
z toho nasycené mastné kyseliny	0,3 g
Sacharidy	76,0 g
z toho cukry	68,0 g
Bílkoviny	13,0 g
Sůl	2,8 g

WPC – syrovátkový koncentrát

- značka: Myprotein
- výrobce: Myprotein, Meridian House Gadbrook Way, Gadbrook Park, Rudheath, Northwich, CW9 7RA
- výživové údaje: viz Tab. 8

Tabulka 8 Výživové údaje syrovátkového koncentrátu

Výživové údaje na 100 g	
Energetická hodnota	1740 kJ / 412 kcal
Tuky	7,5 g
z toho nasycené mastné kyseliny	5,0 g
Sacharidy	4,0 g
z toho cukry	4,0 g
Bílkoviny	82,0 g
Sůl	0,50 g

Kefírová kultura

- značka: Chr. Hansen
- výrobce: Chr. Hansen GmbH, Giessener Str. 94, D-35415 Pohlheim, Germany

Směs mezofilní aromatické kefírové kultury eXact®, typ LD a termofilní kultury a kvasinek, viz Tab. 9. Kefírová kultura eXact® vytváří texturu, kvasnicovou příchut' a CO₂ (Starter cultures for fermented dairy products, c2022).



Obrázek 8 Kefírová kultura Chr. Hansen (Starter cultures for fermented dairy products, c2022)

Tabulka 9 Složení keřirové kultury Chr. Hansen

<i>Debaryomyces hansenii</i>
<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>cremoris</i>
<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> biovar <i>diacetylactis</i>
<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i>
<i>Leuconostoc</i>
<i>Streptococcus thermophilus</i>

5.1.2 Přístroje

- pH meter Foodcare HI 99161 (Hanna Instruments, USA)
- Sušárna VENTICELL, BMT (BMT Medical Technology)
- Water Activity Meter (AquaLab, Decagon Devices, Inc., USA)
- HAAKE RheoStress 1 (Thermo Fisher Scientific, USA)
- Texture Analyser Ta.XT Plus (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, UK)
- Centrifuga EBA 21 (Hettich, Německo)
- Comet C0311 - Thermocouple Thermometer (COMET System)
- Memmert water bath (Memmert GmbH + Co. KG, Německo)
- Analytické váhy PLJ 1200-3A (Kern, Německo)

5.1.3 Optimalizace výroby

Optimalizace výroby zahrnovala navržení surovinové skladby šesti různých systémů. Základ tvořilo plnotučné mléko a syrovátka v různých poměrech, přičemž ke třem systémům byl přidán sušený syrovátkový koncentrát (WPC), viz Tab. 10. Každý systém byl připraven o celkovém objemu 1 l.

Tabulka 10 Poměr surovin pro výrobu vzorků

Systém	Syrovátka:mléko	WPC (10 g/l)
1	1:1	X
2	0,75:0,25	X
3	0,25:0,75	X
4	1:1	✓
5	0,75:0,25	✓
6	0,25:0,75	✓

Prvním krokem byla sterilizace všech potřebných předmětů v autoklávu. Po ukončení sterilizace byl připraven 5 % roztok syrovátky tak, že do mírně ohřáté destilované vody bylo přidáno vypočítané množství sušené syrovátky. Poté bylo do části roztoku syrovátky přidáno vypočítané množství WPC (10 g/l) tak, aby byly připraveny tři systémy s přidavkem WPC. Posléze následovalo tepelné ošetření mléka, roztoku syrovátky a roztoku syrovátky s WPC. Jako tepelné ošetření byla zvolena vysoká pastérace při teplotě 90 °C s výdrží 10 minut.

Po pasteraci se suroviny mléko + syrovátka/syrovátka s WPC smíchaly v daných poměrech. Po zchlazení na teplotu 28 ± 2 °C se směsi přelily do sterilních reagenčních láhví a před inokulací byla změřena aktivní kyselost vpichovým pH metrem. Připravené systémy byly zaočkovány lyofilizovanou keřirovou kulturou v množství 0,03 g na 1 l. Poté byly uloženy do inkubátoru a nechaly se fermentovat při teplotě 30 °C 16 hodin. Hodnoty pH byly dále změřeny v intervalech 1, 2 a 16 h po zaočkování u všech vzorků.

Získaná sýřenina byla pokrájena sterilním nožem a uložena zpět do inkubátoru ($t = 30$ °C; 30 min.) za účelem podpoření smršťování sýřeniny tzv. synereze.

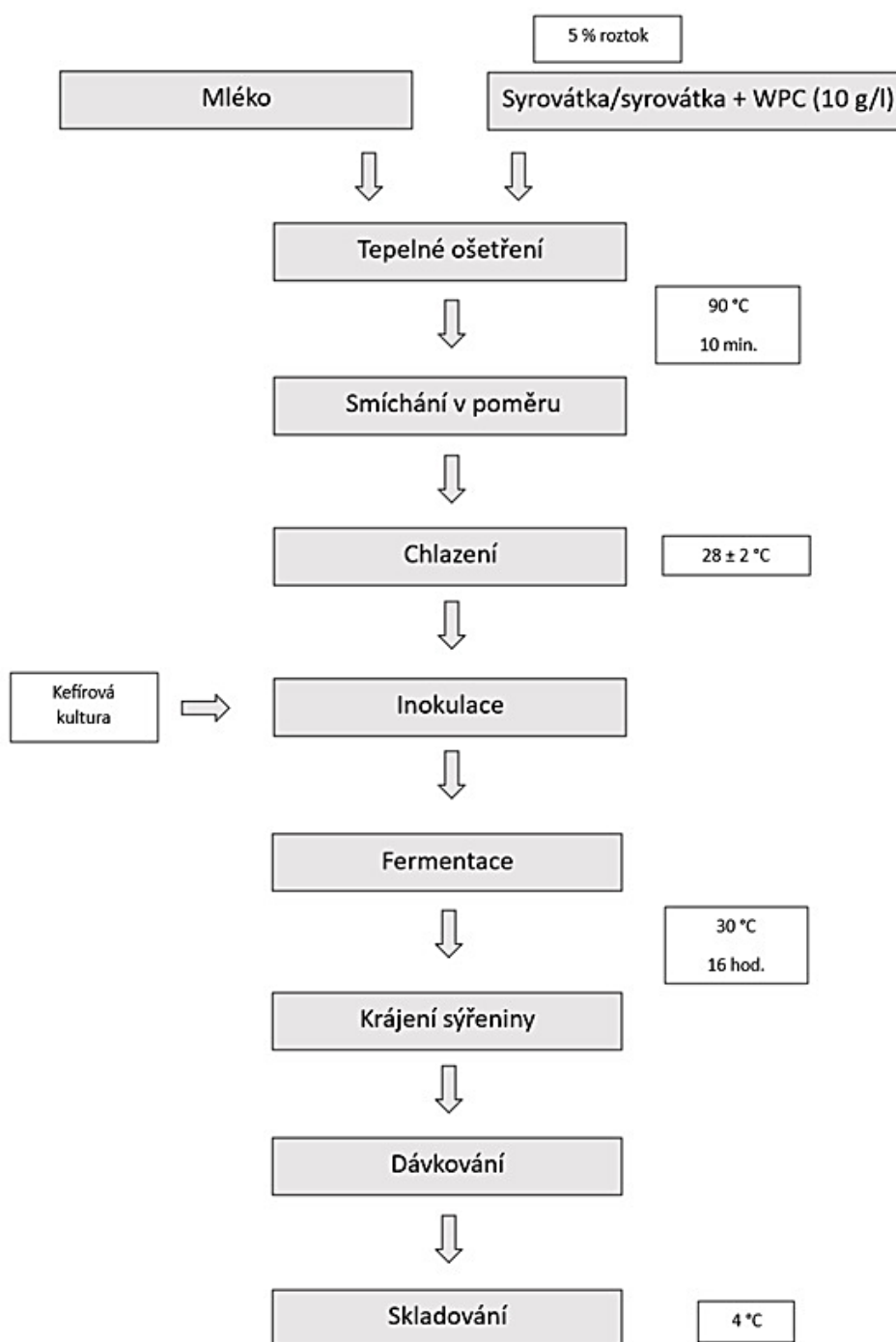
Poté byly na základě výsledků uvedených v kap. 6.1 vybrány dva systémy s nejlepšími texturními vlastnostmi pro výrobu modelových vzorků.

5.1.4 Výroba modelových vzorků

Vybrané systémy, tj. S:M (syrovátka:mléko) 0,25:0,75 a S:M 0,25:0,75 + WPC (10 g/l), byly připraveny smícháním čerstvého plnotučného mléka a syrovátky, popř. WPC. Každý systém byl o celkovém objemu 6 l.

Příprava jednotlivých směsí, zaočkování směsí a fermentace probíhala stejným způsobem jako bylo popsáno v kap. 5.1.3.

Po uplynutí doby fermentace byl získaný gel prokrojen sterilním nožem na krychle o velikosti 4x4 cm a byl ponechán v klidu po dobu 1 hod. při okolní teplotě za účelem synereze. Dalším krokem bylo plnění sýřeniny do vydezinfikovaných forem, které byly vyplněné vydezinfikovanými sýrařskými plachetkami. Po nadávkování sýřeniny byly formy uloženy do boxů pro odkapávání syrovátky. Vzorky byly skladovány v lednici při teplotě 4 °C do následujícího dne, kdy byla provedena analýza. Zjednodušené schéma výroby znázorňuje obrázek 9.



Obrázek 9 Schéma výroby čerstvých sýrů

5.2 Fyzikálně-chemická analýza modelových vzorků

5.2.1 Stanovení aktivní kyselosti (pH)

Hodnota pH je měřítkem koncentrace vodíkových iontů (H^+) a lze jej vyjádřit jako záporný dekadický logaritmus (Lewis a Bamforth, 2007). Stupnice pH se pohybuje v rozmezí od 0 do 14, přičemž látky s hodnotou nižší než 7,0 jsou kyselé, vyšší než 7,0 zásadité a rovné 7,0 jsou neutrální (Hayes, 2012). Růst mikroorganismů je ovlivňován aktivní kyselostí, tedy hodnotou pH. Z technologického hlediska se potraviny dělí:

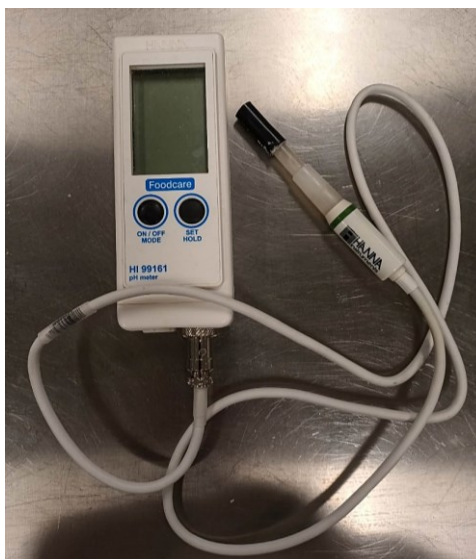
- $pH < 4,0$ technologicky kyselé
- $pH = 4,0$ technologicky málo kyselé
- $pH > 4,0$ technologicky nekyselé

Mezní hodnotou je pH 4,0, která je považována za hranici, pod kterou neklíčí spory sporulujících bakterií (Rop, Valášek a Hoza, 2005; Kadlec, Melzoch a Voldřich, 2009).

$$pH = -\log[H_3O^+]$$

Postup

Hodnoty aktivní kyselosti byly naměřeny pomocí vpichového pH metru typu HI 99161, který byl zkalibrován příslušnými roztoky na pH 7 a pH 4. Měření probíhalo při laboratorní teplotě 20 ± 2 °C a bylo provedeno třikrát pro každý vzorek, přičemž konečná hodnota pH byla spočítána jako průměr naměřených hodnot.



Obrázek 10 pH metr Foodcare HI 99161

5.2.2 Stanovení titrační kyselosti

Titrační kyselost (TK) se stanovuje metodou dle Soxhleta-Henkela a udává spotřebu 0,25M odměrného roztoku NaOH potřebnou k neutralizaci 100 ml mléka či 100 g sýra na indikátor fenolftalein. Jednotkou veličiny jsou stupně Soxhleta-Henkela (°SH) (Kadlec, 2012). Na základě hodnot TK se hodnotí čerstvost mléka, ale i dalších fermentovaných mléčných výrobků. Její hodnota se zvyšuje při bakteriálním kysání a enzymatické lipolýze (Titratable acidity in milk and yogurt, 2020).

Postup

Do kádinky bylo odváženo asi $10 \pm 0,0001$ g vzorku zkoušeného sýra a navážka byla kvantitativně převedena do porcelánové třecí misky. Poté byl přidán 1 ml 1% roztoku fenolftaleinu a vzorek byl titrován 0,1M NaOH za stálého míchání tloučkem. Titrovalo se do jemně růžového zbarvení stálého alespoň 30 sekund.

$$TK = \frac{a \times c}{n \times 0,25} \times 100$$

Kde: TK – titrační kyselost [°SH]

a – spotřeba odměrného roztoku NaOH [ml]

c – přesná koncentrace odměrného roztoku NaOH [mol/l]

n – navážka [g]

5.2.3 Stanovení obsahu celkové sušiny

Stanovení obsahu sušiny se řídilo normou ČSN EN ISO 5534 pro sýry a tavené sýry. Dle normy je obsah celkové sušiny definován jako hmotnostní podíl látek stanovených tak, že se zkušební díl zkoumaného vzorku promíchaného s pískem suší v sušárně do konstantního úbytku hmotnosti. Obsah sušiny je posléze vyjadřován v hmotnostních procentech.

Postup

Do předem vysušených zvážených kovových misek bylo na analytických vahách PLJ 1200 - 3A Kern odváženo $10 \pm 0,0001$ g vzorku čerstvého sýra. Poté byl vzorek důkladně rozmíchan s křemičitým pískem pomocí skleněné tyčinky. Nakonec byl vzorek uložen do sušárny VENTICELL, BMT o teplotě 102 ± 2 °C, kde probíhalo sušení přibližně

5 hodin. Po uplynutí doby následovalo vychladnutí v exsikátoru a opětovné zvážení vzorku. Pro každý vzorek bylo stanovení provedeno čtyřikrát. Vzorec pro výpočet obsahu celkové sušiny je následující:

$$S = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100$$

Kde: S – obsah sušiny [%] w/w

m_1 – hmotnost misky s pískem

m_2 – hmotnost misky s pískem a vzorkem před sušením

m_3 – hmotnost misky s pískem a vzorkem po sušení

5.2.4 Stanovení aktivity vody

Aktivita vody a_w je definována jako poměr tlaku vodní páry v potravíně a tlaku vodní páry čisté vody při stejné teplotě (Berk, 2018). Hodnoty a_w se pohybují v rozmezí 0 (dokonale suchá potravina) až 1 (destilovaná voda) (Skibsted, Risbo a Andersen, 2010).

$$a_w = \frac{p}{p_0}$$

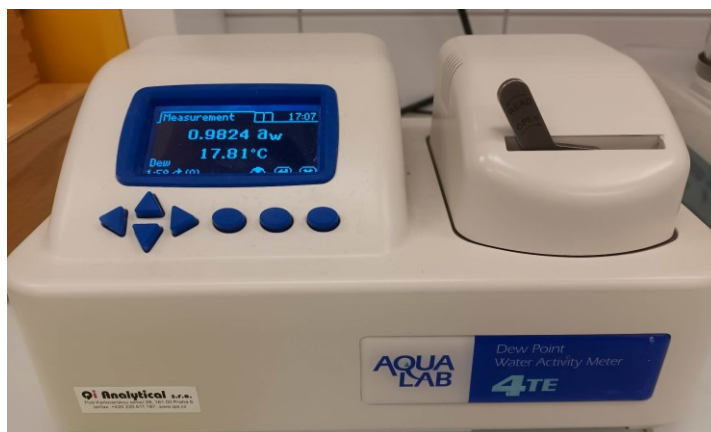
Kde: p – parciální tlak vodní páry v potravíně při teplotě T

p_0 – rovnovážný tlak par čisté vody při teplotě T (Berk, 2018)

Aktivita vody ovlivňuje například enzymatickou aktivitu, Maillardovy reakce, oxidaci tuků, mikrobiální stabilitu a texturu. Tyto prvky mají společně vliv na trvanlivost výrobku (O'Donnell a Kearsley, 2012).

Postup

Vodní aktivita vzorků byla měřena v přístroji Water Activity Meter AquaLab. Měření předcházela kalibrace pomocí kalibračního roztoku o přesné hodnotě $a_w = 0,920$. Zařízení funguje tak, že se vzorek čerstvého sýra uzavře do komory, kde se v prostoru „headspace“ vyrovná malé množství vzduchu a poté se v tomto místě změří relativní vlhkost (Berk, 2018). Hodnota vodní aktivity byla u vzorků stanovena vždy třikrát.



Obrázek 11 Water Activity meter AquaLab

5.2.5 Stanovení stability

Postup

Na analytických vahách bylo do plastové zkumavky naváženo $5 \pm 0,0001$ g vzorku, která se uzavřela víčkem. Poté byla zkumavka umístěna do centrifugy EBA 21 Hettich. Centrifugace probíhala při rychlosti 6000 otáček/min. po dobu 20 minut. Po skončení centrifugace byla odstraněna uvolněná kapalina a zkumavka se zbylým sedimentem byla zvážena. Pro každý vzorek bylo stanovení provedeno dvakrát.

Výpočet stability vzorků:

$$S = \frac{m_1 - m_0}{m} \times 100$$

Kde: S – stabilita vzorku [%] (w/w)

m_1 – hmotnost zkumavky se vzorkem po centrifugaci

m_0 – hmotnost zkumavky [g]

m – hmotnost vzorku [g]

5.2.6 Reologická analýza modelových vzorků

Reologie se zabývá tokem a deformací látek, zejména jejich chováním v přechodové oblasti mezi pevnými látkami a kapalinami. Mimo jiné se snaží definovat vztah mezi napětím působícím na daný materiál a výslednou deformací a/nebo tokem, ke kterému dochází (Tabilo-Munizaga a Barbosa-Cánovas, 2005). Hodnota G' je mírou deformační energie uložené ve vzorku během smykového procesu a představuje elastické chování vzorku. Naopak hodnota G'' je mírou deformační energie, která se ve vzorku spotřebuje během

smyku a po něm se ztratí, což představuje viskózní chování vzorku. Pokud je $G' \gg G''$, materiál se bude chovat spíše jako pevná látka, tj. deformace budou v podstatě pružné a obnovitelné. Pokud je však $G'' \gg G'$, energie použitá k deformaci materiálu se rozptýlí viskózně a chování materiálu je podobné kapalině (Perrechil a Cunha, 2010).

$$G^* = \sqrt{(G')^2 + (G'')^2}$$

Kde: G^* - komplexní modul pružnosti [Pa]

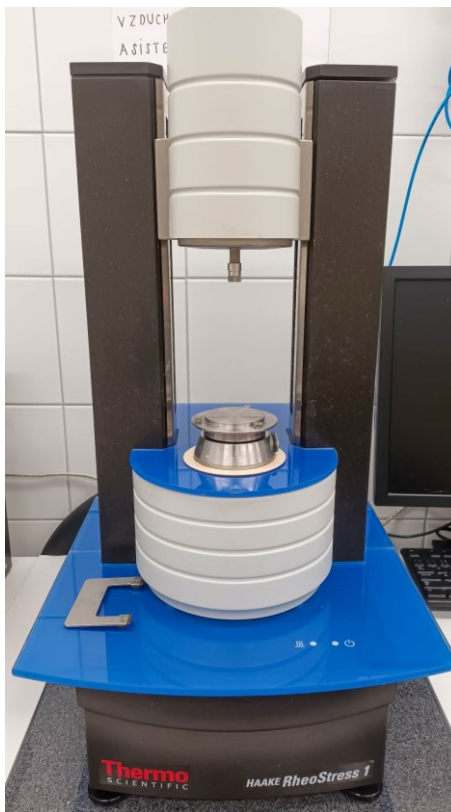
G' – elastický modul pružnosti [Pa]

G'' – viskózní modul pružnosti [Pa]

Reologická měření mají v potravinářském průmyslu značný význam pro fyzikální charakterizaci surovin před zpracováním, meziproductů a hotových výrobků (Tabilo-Munizaga a Barbosa-Cánovas, 2005). Pro dosažení určité kvality potravin a vlastností výrobků jsou nezbytné hluboké reologické znalosti jednotlivých složek (Fischer a Windhab, 2011).

Postup

Analýza byla provedena na reometru HAAKE RheoStress 1 Thermo Fisher Scientific. Vzorky byly měřeny v rozsahu frekvencí 0,1-10,0 Hz. Používaná geometrie u rotačního viskozimetru byla deska-deska (průměr 35 mm, mezera 1 mm). Vzorek byl nanesen na spodní pracovní pevnou desku, po nanesení vzorku byla spuštěna horní deska na šterbinu 1 mm. Vlivem tlaku byl přebytečný vzorek vytlačen do stran, ten byl ještě před měřením odstraněn, aby nedocházelo ke zkreslení výsledků. Měření bylo provedeno vždy dvakrát pro každý vzorek při teplotě 20 ± 2 °C.



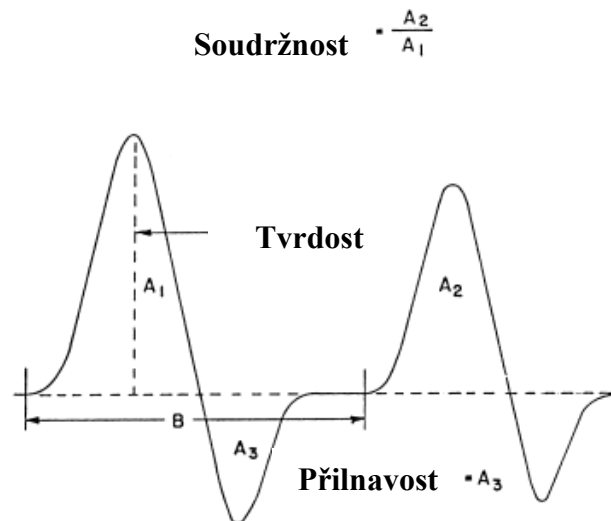
Obrázek 12 HAAKE RheoStress 1 Thermo Fisher Scientific

5.2.7 Texturní profilová analýza modelových vzorků

Textura potravin je definována jako „smyslový a funkční projev strukturálních, mechanických a povrchových vlastností potravin, které jsou vnímány zrakovými, sluchovými, hmatovými a kinestetickými smysly“. Textura výrobku je pro spotřebitele důležitá více než si většina lidí uvědomuje. Jedna studie ukázala, že při odstranění textury z výrobku (při zachování chuti) a následném podávání konzumentům se zavřenýma očima, byla identifikována méně než polovina potravin (Tunick, 2011).

Instrumentální metoda stanovení textury spočívá ve dvojím stlačení zkoušené látky a kvantifikaci mechanických parametrů, které jsou zaznamenány křivkami síla-deformace (Szczeniak, 2002).

Texturní profilová analýza simuluje žvýkání potravy v ústech. Výsledkem je pak závislost síly na čase dvou po sobě jdoucích stlačeních pomocí válcové sondy (Obrázek 13). Z křivky jsou pak hodnoceny parametry: tvrdost, křehkost, přilnavost, soudržnost, elasticita, gumovitost, žvýkatelnost a další (Peleg, 2019).



Obrázek 13 Zobecněná instrumentální křivka texturního profilu; upraveno podle Szczesniak, 2002

Postup

Texturní vlastnosti vzorků čerstvého sýra byly stanoveny na texturometru TA.XTplus Stable Micro Systems Ltd. Pro měření byl nejprve vykrojen vzorek o tvaru válce a průměru 37 mm. Poté byl položen na měřicí plochu texturometru a podroben kompresi válcovou sondou o průměru 20 mm. Stanovení bylo provedeno třikrát pro každý vzorek.



Obrázek 14 TA.XTplus Stable Micro Systems Ltd.

5.3 Senzorická analýza modelových vzorků

Vyrobené vzorky čerstvých sýrů byly podrobeny sensorické analýze, které se zúčastnilo 10 hodnotitelů expertů. Byly sledovány organoleptické vlastnosti jako jsou: barva, vůně, kyselá chuť, keřirová chuť, konzistence a na závěr byl hodnocen celkový dojem výrobku. Pro hodnocení byla využita 5-ti bodová stupnice, viz sensorický dotazník uvedený v příloze I. Dle získaných výsledků sensorické analýzy byl vyhodnocen vzorek, který působil nejpříjemněji.

5.4 Statistická analýza modelových vzorků

Výsledky fyzikálně-chemické analýzy byly statisticky vyhodnoceny Studentovým T testem na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

Výsledky sensorické analýzy byly vyhodnoceny Kruskal-Wallisovým a Friedmanovým testem na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

6 VÝSLEDKY A DISKUZE

Analýza probíhala na Ústavu technologie potravin technologické fakulty Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně.

Výsledky zahrnují vyhodnocení:

- optimalizace výroby
- fyzikálně-chemické analýzy modelových vzorků:
 - aktivní (pH) a titrační kyselost,
 - obsah celkové sušiny,
 - aktivita vody,
 - stabilita,
 - reologická analýza,
 - texturní profilová analýza.
- senzorické analýzy

6.1 Optimalizace výroby

Průběh optimalizace surovinové skladby čerstvých sýrů je blíže popsán v podkapitole 5. 1. 3. Bylo připraveno 6 systémů syrovátka:mléko (S:M) v různých poměrech, přičemž do 3 systémů byl přidán syrovátkový koncentrát (WPC), viz tab. 10.

Aktivní kyselost (pH) byla změřena ve všech šesti systémech před inokulací, 1, 2 a 16 hodin po inokulaci keřirovou kulturou. Výsledky jsou průměrem tří naměřených hodnot.

Tabulka 11 Časový průběh pH systémů bez WPC

Bez WPC				
Poměr surovin	Před inokulací	Po 1 hod.	Po 2 hod.	Po 16 hod.
S:M 1:1	6,65 ± 0,01	6,61 ± 0,01	6,55 ± 0,01	4,54 ± 0,01
S:M 0,75:0,25	6,64 ± 0,02	6,55 ± 0,01	6,52 ± 0,02	4,52 ± 0,02
S:M 0,25:0,75	6,68 ± 0,01	6,59 ± 0,01	6,58 ± 0,02	4,57 ± 0,02

Tabulka 12 Časový průběh pH systémů s WPC

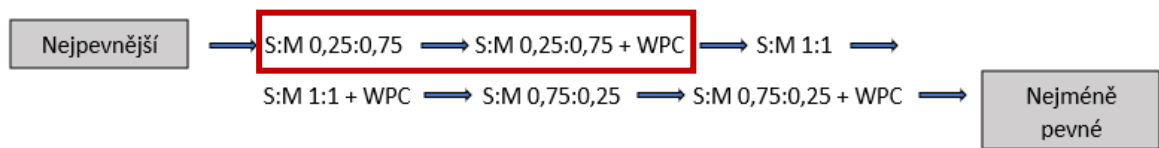
S WPC				
Poměr surovin	Před inokulací	Po 1 hod.	Po 2 hod.	Po 16 hod.
S:M 1:1	6,60 ± 0,02	6,59 ± 0,00	6,58 ± 0,02	4,52 ± 0,02
S:M 0,75:0,25	6,63 ± 0,02	6,58 ± 0,01	6,54 ± 0,01	4,48 ± 0,03
S:M 0,25:0,75	6,64 ± 0,02	6,58 ± 0,00	6,58 ± 0,02	4,64 ± 0,03

Před inokulací se průměrné hodnoty pH pohybovaly v rozmezí 6,64 až 6,68 u vzorků bez WPC a 6,60 až 6,64 u vzorků s WPC. Po jedné a dvou hodinách došlo ke snížení aktivní kyselosti u všech systémů o několik setin. Statisticky významný rozdíl byl zaznamenán u systémů S:M 1:1 (před inokulací) a S:M 0,25:0,75 (po 16 hod. fermentace) a systémů S:M 1:1 + WPC (před inokulací) a S:M 0,25:0,75 + WPC (po 16 hod. fermentace) ($p < 0,05$).

Po uplynutí doby fermentace (16 hod.) pH výrazně kleslo k hodnotám okolo izoelektrického bodu kaseinu tj. 4,6 (Alichanidis, Moatsou a Polychroniadou, 2016). Hodnoty pH systémů bez WPC byly v rozmezí 4,52 až 4,57; s WPC 4,48 až 4,64. Hodnoty pH u všech studovaných systémů, ať bez či s přidavkem WPC, naměřené po 16 hod. fermentace byly významně rozdílné od hodnot pH naměřených u všech studovaných vzorků před inokulací ($p < 0,05$). Tedy lze říct, že u všech studovaných systémů došlo k významnému snížení pH. Nejnižších hodnot bylo dosaženo u směsi S:M 0,75:0,25 (bez WPC) a S:M 0,75:0,25 (s WPC). Jedná se o systémy s nejvyšším podílem syrovátky, která může zapříčinit nízké hodnoty pH, jelikož obsahuje přibližně 70 až 80 % laktózy v sušině (Geiger et al., 2016), kterou mikroorganismy přeměňují na kyselinu mléčnou, čímž dochází k okyselení (Fox et al., 2017).

Díky poklesu pH vznikl gel, který byl v jednotlivých systémech různě pevný. Již při prokrajování gelu bylo viditelné odlišné chování v závislosti na surovinové skladbě vzorků.

Systémy s prokrojeným gelem byly uloženy do termostatu (30 °C; 30 min.) pro podpoření synerese. Dalším krokem bylo dohřívání sýřeniny ve vodní lázni (37 °C) za současného míchání. Tento postup způsobil rozpad struktury a vznik velkého snížení výtěžnosti. Z tohoto důvodu bylo dohřívání a míchání gelu vyřazeno z technologického postupu pro následnou výrobu modelových vzorků čerstvých sýrů. Jednotlivé systémy byly seřazeny od nejpevnějších po nejméně pevné, viz Obr. 15.



Obrázek 15 Srovnání konzistence vzorků při optimalizaci

Nejpevnější gely tvořily směsi obsahující nejméně syrovátky, u kterých byly po fermentaci zaznamenány nejvyšší hodnoty pH ve srovnání s ostatními vzorky. U čerstvých sýrů se pevnost gelu zvyšuje s klesajícím pH směrem k izoelektrickému bodu a je maximální při $\text{pH} \sim 4,6$, což nejvíce odpovídá hodnotám pH naměřeným u zmíněných dvou vzorků. Tento účinek je způsoben především snížením záporného náboje kaseinu a jeho vyšším stupněm agregace (Fox et al., 2017).

Jako systémy s nejlepší konzistencí byly vyhodnoceny vzorky se surovinovou skladbou S:M 0,25:0,75 a S:M 0,25:0,75 + WPC. Tyto dva systémy obsahovaly největší podíl kaseinových bílkovin díky největšímu podílu mléka v surovinové skladbě. Právě kaseinové bílkoviny spolu s vápenatými ionty jsou klíčovými složkami pro tvorbu gelu (Livney, 2010). Zmíněné surovinové skladby tedy sloužily pro výrobu modelových vzorků čerstvých sýrů, které byly dále podrobeny analýze.

6.2 Analýza modelových vzorků

6.2.1 Výsledky měření aktivní kyselosti (pH)

Aktivní kyselost (pH) je při výrobě jedním z nejdůležitějších parametrů, které mají vliv na kvalitu a bezpečnost výrobků. Snížení pH buď přímým okyselením, nebo startérovými BMK, ovlivňuje různé chemické, biochemické a mikrobiologické procesy. Každý druh sýra má své specifické pH a jeho změna může změnit kvalitu výrobku (Bansal a Veena, 2022).

Hodnoty pH byly měřeny vždy u dvou vzorků od každého systému ihned po inokulaci keřirovou kulturou a následně po 16 hodinách fermentace. Výsledkem jsou průměrné hodnoty hodnot získaných měření v šesti opakováních a jsou graficky znázorněny na obrázku 16.

Počáteční pH systému S:M 0,25:0,75 bylo 6,67 a S:M 0,25:0,75 + WPC 6,68. Během procesu fermentace byla činností mikroorganismů přeměněna laktóza na kyselinu mléčnou, která způsobila pokles pH. Systém bez WPC vykazoval vyšší pH, tj. 4,31. V systému s WPC

byly naměřeny hodnoty pH o něco nižší, tj. 4,10. Mezi zmíněnými vzorky byl zjištěn statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$), viz Obr. 16.

Velká část čerstvých sýrů se vyrábí buď kyselým srážením mléka při pH 4,6-4,8 nebo kombinací kyseliny a tepla, přičemž se v některých případech používá malé množství syřidla (Litopoulou-Tzanetaki, 2007).

Studie Ozturkoglu-Budak, Akal a Türkmen (2021) se zabývala výrobou tvarohů z odstředěného mléka kultivovaného mezofilní kulturou a také přímo z kefiru. Získaná data pH tvarohových sýrů získaných z kefiru byly nižší (rozmezí 3,71 až 3,90) než ty získané pomocí mezofilní kultury (4,05 až 4,12).

Silva et al. (2018) se taktéž zabývali výrobou tvarohových sýrů, kde vstupní surovinou bylo plnotučné pasterované mléko. Mléko bylo inokulováno kefirovou kulturou a mimo jiné bylo přidáno i syřidlo a do některých vzorků inulin. První den skladování (8-10 °C) bylo pH sýrů 5,32, ale po 7 dnech kleslo až na 4,56. Po srovnání výsledků této práce s experimentem Silva et al. (2018) byla fermentace plnotučného pasterovaného mléka kefirovou kulturou pomalejší než fermentace systému mléka a syrovátky potřebná k získání modelových vzorků čerstvého sýra. Z dosažených výsledků tedy vyplývá, že i malý podíl syrovátky může urychlit již zmíněný proces fermentace, a tedy celkově urychlit výrobu těchto typů sýrů.

Gonçalves (2009) se zabýval výrobou tří různých druhů symbiotických tvarohových sýrů s přísadkou inulinu a mikroorganismů *Lb. acidophilus*, *B. animalis* ssp. *lactis* a *Lb. delbrueckii*, které jsou taktéž běžnou součástí kefirových kultur. V této studii byly uvedeny hodnoty pH v rozmezí 4,38 až 4,50 (37 °C; 48 hod.). Rozdíly pH mohou být dány také použitou startovací kulturou.

Hanafy et al. (2016) se zabýval vlivem WPC na kvalitu „nonfat“ čerstvých sýrů, kde použití 6% roztoku WPC způsobilo mírné zvýšení titrační kyselosti a snížení pH. Toto tvrzení je v souladu s výsledky experimentu (titrační kyselost viz kap. 6.2). Výsledky mohly být způsobeny vysokým obsahem bílkovin v ošetřeném mléce, přičemž vyšší titrační kyselost naznačuje větší množství bílkovin a/nebo pufovacích složek (McCarthy a Singh, 2009). Nižší pH vzorku s WPC může být také zapříčiněno vyšším obsahem dostupných živin ze syrovátkového koncentráту, které mohou podporovat aktivitu a růst BMK (Akalın et al., 2007).

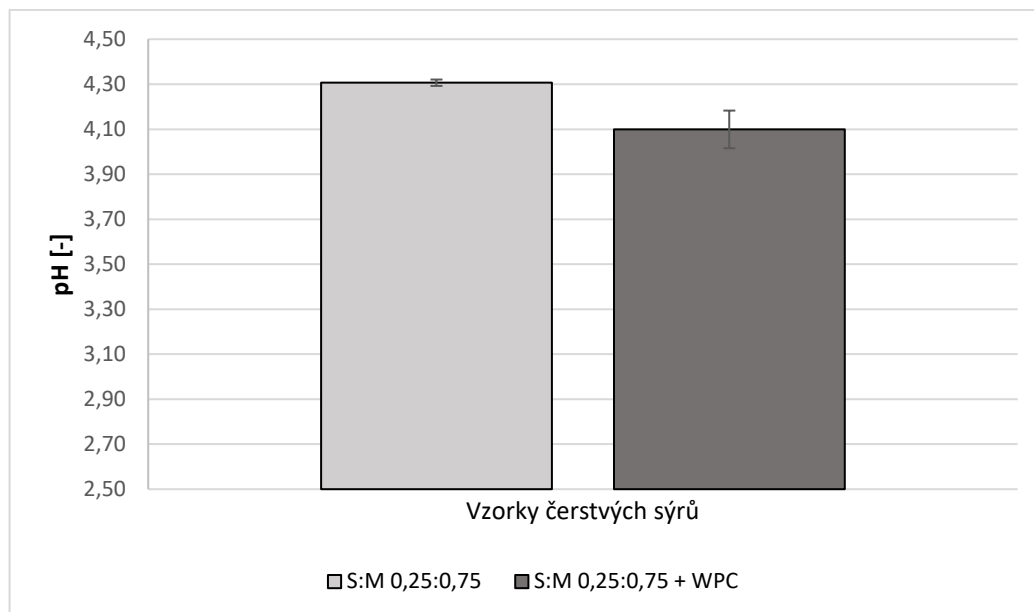
6.2.2 Výsledky měření titrační kyselosti

Titrační kyselost (TK) vyjadřuje pufrční kapacitu mléka nebo syrovátky a je vyjádřena ve stupních Soxhlet-Henkela ($^{\circ}\text{SH}$). Pro výrobce sýrů jsou zajímavé fosforečnany vápenaté, které mají přímý vliv na pufrční kapacitu mléka. Čím je v mléce více kaseinu, tím více obsahuje fosforečnanu vápenatého, který funguje jako pufr. Proto vyšší TK vždy nemusí být spojená s větším množstvím kyselin (Anderson, 2020).

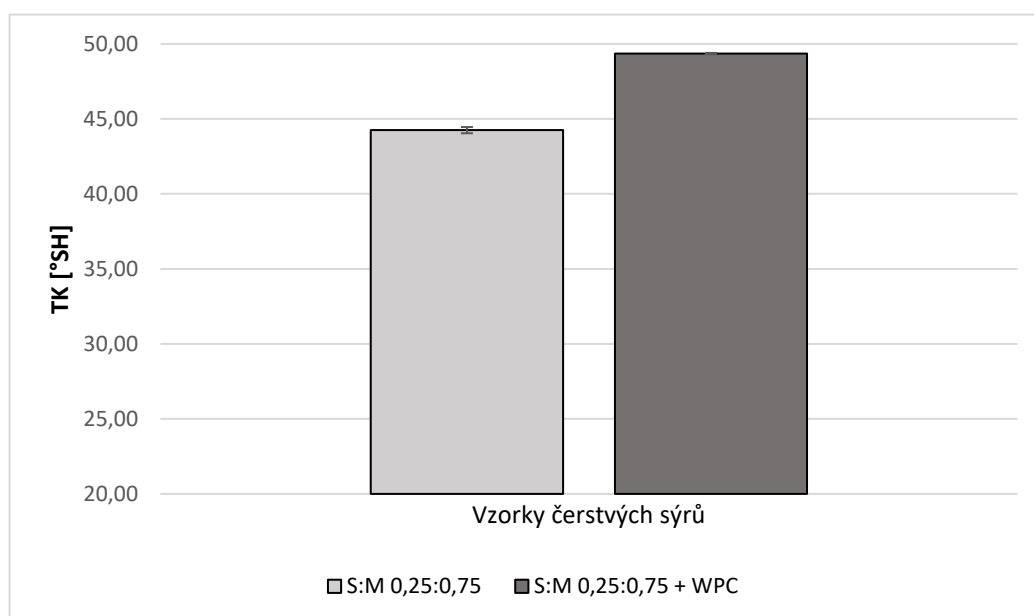
Mezi TK a pH není absolutní závislost, jelikož hodnoty závisí na pufrční schopnosti přítomných solí a bílkovin (Gajdůšek, 1998). Stejnou TK lze naměřit ve výrobcích jak s nízkým, tak i vysokým pH. Hodnota pH nekoreluje s koncentrací přítomných kyselin, ale je ovlivněna jejich schopností disociovat (Acidity and pH, c2023).

TK čerstvého mléka je okolo 7°SH . Tato hodnota je podmíněna jinými složkami (oxid uhličitý, citráty, fosfáty, kasein, albumin), jelikož se v čerstvém mléce nenachází zjištělé stopy kyseliny mléčné (Gajdůšek a Klíčnický, 1993).

Zjištěná TK modelových vzorků čerstvých sýrů pro systém S:M 0,25:0,75 byla $44,2^{\circ}\text{SH}$ a pro systém s WPC $49,4^{\circ}\text{SH}$. Získané hodnoty TK obou zmíněných systémů se statisticky významně lišily ($p < 0,05$). Lze říci, že tady platilo, že se snižující aktivní kyselostí (pH) se zvýšila titrační kyselost. Dle Šustové et al. (2013) zvyšování TK způsobuje zvýšená koncentrace kyseliny mléčné. Ve studii Silva et al. (2018), která se zabývala výrobou tvarohových sýrů pomocí keřirové kultury s přidavkem inulinu byla naměřena TK $53,28^{\circ}\text{SH}$. Faktorem, který mohl ovlivnit rozdílné výsledky byla mnohem delší doba fermentace (48 hod.; $t = 25^{\circ}\text{C}$) v experimentu Silva et al. (2018) ve srovnání s dobou fermentace v této práci (16 hod.). Také rozdílné složení keřirové kultury by mohlo způsobit rozdílné hodnoty v TK. Mimo jiné s vyšší kyselostí může souviset i přidavek prebiotik (např. inulin), které by mohly TK zvýšit. Práce Cardarelli et al. (2008) totiž ukázala, že prebiotické látky mohou souviset s přežíváním většího množství probiotik v mléčných výrobcích. V této práci probiotika přidávána nebyla, ale systém s WPC obsahoval o něco větší množství laktózy než systém bez WPC, což mohlo, jak je z výsledků patrné, ovlivnit také výslednou TK, viz Obr. 17.



Obrázek 16 Srovnání pH [-] vzorků čerstvých sýrů po fermentaci



Obrázek 17 Srovnání TK [°SH] vzorků čerstvých sýrů

6.2.3 Výsledky měření obsahu celkové sušiny

Výsledkem gravimetrického stanovení obsahu celkové sušiny jsou průměrné hodnoty čtyř stanovení u obou vzorků. Nižší obsah celkové sušiny měl vzorek bez přídavku WPC, a to $21,45 \pm 0,26$ % w/w. Přídavek WPC sušinu vzorku čerstvého sýra významně zvýšil o 1,64 % w/w ($p < 0,05$), tedy výsledná sušina vzorku s WPC byla $23,09 \pm 0,49$ % w/w. Na základě obsahu sušiny lze říct, že tyto sýry obsahovaly více jak 67 % vody, tzn. splňují požadavky na měkké sýry dle vyhlášky č. 397/2016 Sb.

Darwish a El (2014) se zabývali výrobou čerstvého sýra ricotta z různých druhů mlék pomocí keřivých zrn. U ricotty z kravského mléka byl naměřen celkový obsah sušiny 23,6 % w/w. Zmíněná hodnota je v podstatě srovnatelná s výsledkem této diplomové práce vzorku s WPC.

Gonçalves (2009) při výrobě tvarohových sýrů s přídavkem inulinu za pomoci symbiotických mikroorganismů (tedy ne přímo keřivé kultury) *Lb. acidophilus*, *B. animalis* ssp. *lactis* a *Lb. delbrueckii* naměřil celkový obsah sušiny v rozmezí 18,89 až 20,16 % w/w.

Tvarohové sýry vyráběné Ozturkoglu-Budak, Akal a Türkmen (2021) fermentací keřivu byly tvořeny celkovou sušinou o hodnotě 21,4 % w/w a 24,6 % w/w. Vzorky se lišily použitou teplotou pro tvorbu koagula, při které byly jednotlivě udržovány (35 °C; 100 °C), přičemž vyšší sušina byla naměřena u vzorku s použitím vyšší teploty.

6.2.4 Výsledky měření aktivity vody

Aktivita vody (a_w) je hlavním faktorem v prevenci nebo omezování růstu mikroorganismů. V několika případech je a_w hlavním parametrem odpovídajícím za stabilitu potravin. Mimo jiné má její hodnota vliv na zastoupení mikrobů v daném výrobku (Barbosa-Cánovas, 2020).

Výsledkem měření a_w jsou průměrné hodnoty tří stanovení u obou vzorků. Hodnota a_w čerstvého sýra bez přídavku WPC činila 0,9910, u vzorku s WPC byla nižší tj. 0,9872, mezi danými systémy však nebyly statisticky významné rozdíly ($p > 0,05$). Tudíž lze tvrdit, že přídavek WPC do vzorku čerstvého sýra významně neovlivňuje hodnotu a_w . Sweeney et al. (2017) uvedl tabulku srovnání vodních aktivit různých druhů sýrů. Hodnota a_w čerstvých sýrů může dosahovat až 1,00 např. ricotta. U sýrů jako je cottage nebo tvaroh se uvádí a_w 0,99. Studie de Oliveira et al. (2023) se zabývala výrobou čerstvých sýrů pomocí *Lpb. plantarum* subsp. *plantarum*, který může být součástí keřivé kultury. Jejich vodní aktivita se pohybovala v rozmezí 0,98-0,99. Naměřené hodnoty a_w vzorků čerstvých sýrů v tomto experimentu se pohybovaly v rozmezí hodnot uváděných ve zmíněných studiích.

Hodnota a_w ovlivňuje kvalitu sýra a souvisí např. s konzistencí sýřeniny nebo metabolismem bakterií. Sýry kromě vysokomolekulárních proteinů obsahují také nízkomolekulární sloučeniny, které mohou vznikat během zrání nebo v případě NaCl (chlorid sodný-kuchyňská sůl) se mohou přidávat během výroby. Tyto nízkomolekulární rozpustné sloučeniny mají největší vliv na vodní aktivitu. Mléčné enzymy a startovací kultury postupně

hydrolyzují mléčné sloučeniny a aktivitu vody snižují. Avšak tyto přeměny jsou relativně malé u čerstvých a měkkých sýrů (Zigerlig, c2023). V tomto experimentu nebyla sůl přidána, a to mohlo zapříčinit vyšší a_w . Přidáním soli totiž dochází ke zvýšení koncentrace rozpuštěných látek v roztoku a díky tomu se zvyšuje i jeho osmotický tlak a snižuje a_w (Šilhánková, 2002). Nižší a_w by mohla mít příznivý vliv na konzistenci a údržnost sýra.

Tento typ výrobku by podle Dar a Light (2014) snadno podléhal mikroorganismům jako jsou: *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Bacillus*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium botulinum* a některé kvasinky. Právě tyto mikroby se rozmnožují při $a_w = 0,95-1,0$.

6.2.5 Výsledky měření stability

Stabilita vzorku čerstvého sýra bez přídavku WPC se pohybovala v rozmezí 77,0 až 80,5 %. V případě vzorku s WPC byly hodnoty stanovené pro stabilitu v rozmezí od 84,0 do 87,2 %. Lze tedy říci, že přidáním WPC došlo k významnému zvýšení stability výrobku ($p < 0,05$). Právě jednou z funkcí syrovátkových bílkovin je schopnost vázat vodu, dále je to emulpace a stabilizace (Hanafy et al., 2016). Podle Nateghi et al. (2012) lze syrovátkové bílkoviny při výrobě sýrů použít do výrobků s nižším obsahem tuku jako tzv. tukovou náhražku a částečně či úplně nahradit tuk (Kavas et al., 2004) a zajistit tak lepší stabilitu (Nateghi et al., 2012).

6.2.6 Výsledky reologické analýzy

Vliv syrovátkového koncentráту (WPC) na viskoelastické vlastnosti čerstvých sýrů byl hodnocen pomocí dynamické oscilační reometrie. Analýza zahrnovala sledování elastického modulu pružnosti (G') a ztrátového modulu pružnosti (G'') a komplexní viskozity. Z hodnot G' a G'' byl vypočítán komplexní modul pružnosti (G^*) dle vzorce uvedeného v podkapitole 5.2.6. Díky hodnotě G^* byl zjištěn celkový odpor vzorku vůči deformaci. Měření probíhalo při teplotě 20 ± 2 °C a každý vzorek byl změřen dvakrát. Graficky jsou znázorněny průměrné hodnoty dvou měření obou vzorků.

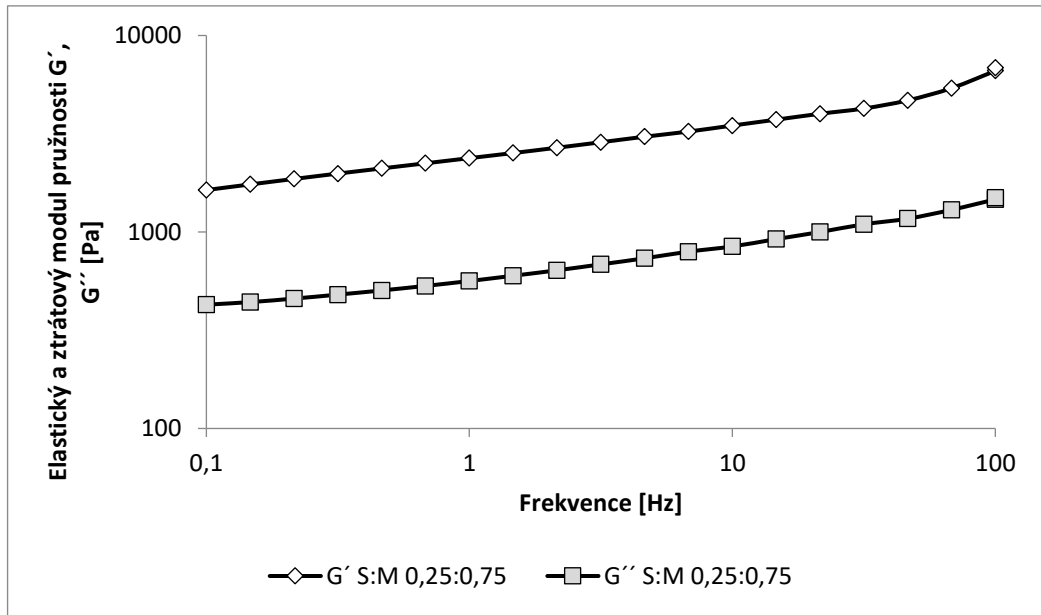
U obou vzorků se zvyšoval elastický (G') i ztrátový (G'') modul pružnosti v závislosti na rostoucí frekvenci, viz Obr. 18 a 19. K významnějším nárůstům G' a G'' došlo u vzorku obsahujícího WPC ($p < 0,05$). Při referenční hodnotě frekvence 1 Hz dosáhl vzorek neobsahující WPC $G' = 2375,83$ Pa a $G'' = 598,79$ Pa; vzorek s WPC $G' = 3415,43$ Pa a $G'' = 829,23$ Pa.

Při pozorování křivek G' a G'' jednotlivých vzorků na obrázku 18 a 19 je patrné, že elastický modul pružnosti G' dosáhl vyšších hodnot při všech frekvencích než ztrátový modul G'' . Navíc jsou tyto křivky rovnoběžné, a tedy celkově jsou to křivky typické pro gely (Upadhyay a Chen, 2020). Při srovnání rozdílu vzdálenosti mezi křivkami G' a G'' jednotlivých vzorků lze říci, že vzorek čerstvého sýra s přídavkem WPC byl pevnější, neboť vzdálenost mezi těmito křivkami byla větší než u vzorku bez WPC. Také hodnoty G' a G'' naměřené pro vzorek čerstvého sýra s přídavkem WPC jsou vyšší než hodnoty naměřené pro vzorek bez WPC, což odpovídá větší pevnosti vytvořeného gelu ve vzorku s WPC.

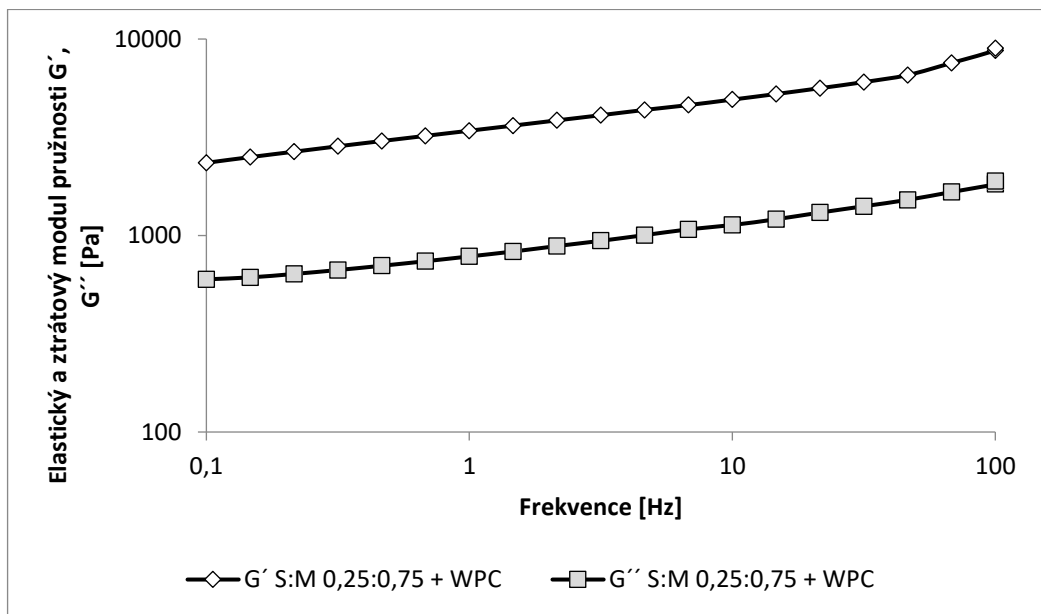
Prostřednictvím elastického a ztrátového modulu pružnosti je vyjádřen komplexní modul pružnosti (G^*), kterým je popisován celkový odpor vzorku proti deformaci. Čím je vyšší tato hodnota, tím je daný vzorek tužší (Radovskiy a Teltayev, 2018). Komplexní modul pružnosti G^* narůstal u obou vzorků, avšak významně vyšších hodnot dosahoval vzorek obsahující WPC ($p < 0,05$), viz Obr. 20. Z vypočtených hodnot komplexního modulu pružnosti pro oba typy vzorků bylo opět potvrzeno, že vzorek s WPC tvořil významně pevnější gel než vzorek bez WPC ($p < 0,05$).

Z obrázku 21 je zřejmé, že u obou vzorků komplexní viskozita klesala s narůstající frekvencí, přičemž míra poklesu byla mezi vzorky srovnatelná. O něco vyšší hodnoty komplexní viskozity vykazoval vzorek obsahující WPC např. při referenční hodnotě frekvence 1 Hz: 389,95 Pa·s (bez WPC); 559,38 Pa·s (s WPC), čímž se opět potvrdilo, že vzorek s WPC byl pevnější.

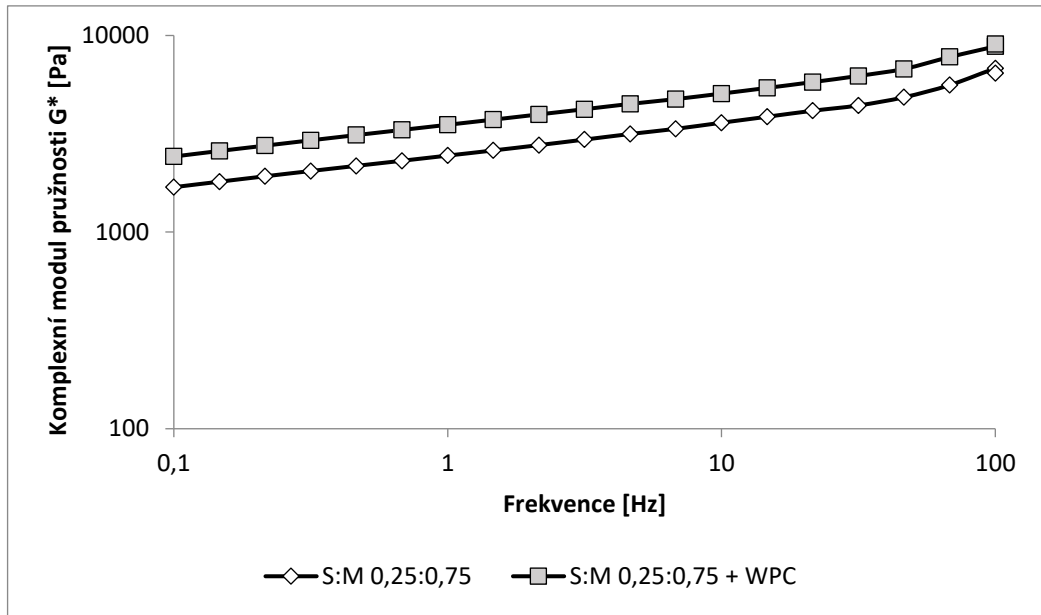
Mezi potencionální funkční vlastnosti syrovátkových proteinů patří schopnost vázat vodu, emulgace, gelovatění a zahušťování. Díky tomu jsou syrovátkové bílkoviny velmi univerzálními potravinářskými přísadami, které mohou pomoci zlepšit reologické vlastnosti výrobku (Vidigal et al., 2012; Solowiej et al., 2007), což se v této práci potvrdilo.



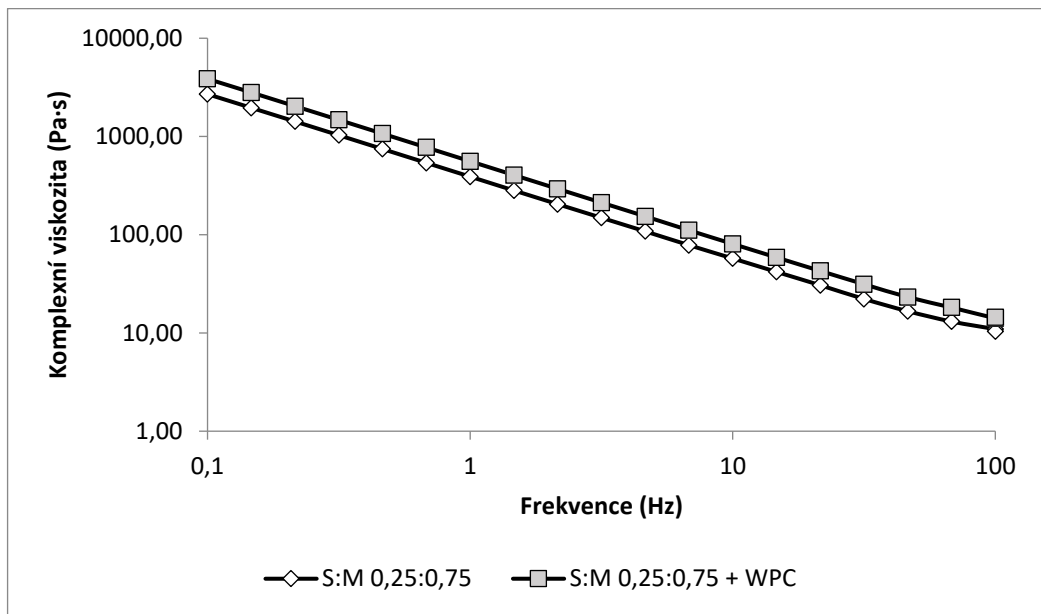
Obrázek 18 Závislost elastického (G' ; Pa) a ztrátového (G'' ; Pa) modulu pružnosti na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-100 Hz) u vzorku S:M 0,25:0,75



Obrázek 19 Závislost elastického (G' ; Pa) a ztrátového (G'' ; Pa) modulu pružnosti na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-100 Hz) u vzorku S:M 0,25:0,75 + WPC



Obrázek 20 Závislost komplexního modulu pružnosti (G^* ; Pa) na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-100 Hz) u vzorků čerstvých sýrů



Obrázek 21 Závislost komplexní viskozity (Komplexní viskozita; Pa·s) na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-100 Hz) u vzorků čerstvých sýrů

6.2.7 Výsledky texturní profilové analýzy

Pomocí texturní profilové analýzy byly získány zátěžové křivky, podle kterých byla vyhodnocena tvrdost, kohezivnost, lepivost a gumovitost. Vzorky byly testovány metodou dvojitě komprese o hloubce stlačení 25 % (rychlost sondy 2,00 mm/s, spouštěcí síla 5 g). Analýza probíhala při teplotě 20 ± 2 °C. Výsledkem jsou průměrné hodnoty třech měření každého vzorku.

Tvrdost je popisována jako síla, která je potřebná k dosažení deformace výrobku a udává maximum síly při prvním stlačení (Szczesniak, 2002). Jak je vidět na obrázku 22, vyšší tvrdost byla naměřena u vzorku obsahujícího WPC, a to konkrétně 1,19 N. Tvrdost čerstvého sýra bez přídavku WPC byla téměř dvakrát menší, tj. 0,67 N.

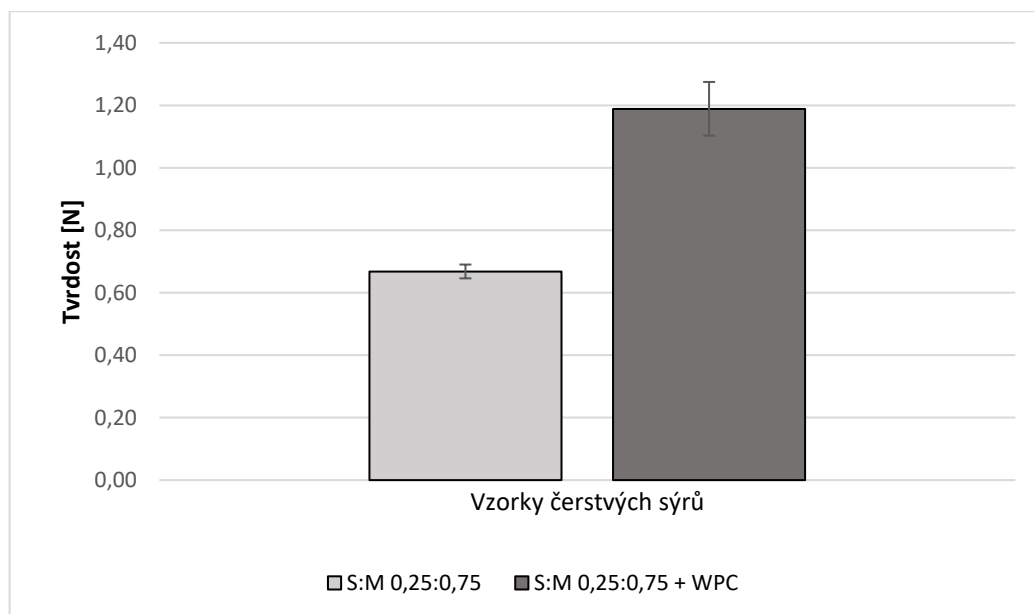
Kohezivnost (soudržnost) udává pevnost vnitřní struktury daného vzorku (Szczesniak, 2002). V soudržnosti nebyl mezi vzorky příliš rozdíl. Sýr bez WPC měl kohezivnost 0,56 a o něco vyšší hodnota byla naměřena u vzorku s WPC tj. 0,63; viz Obr. 23. Lze tedy říci, že i když přídavek WPC výrazně ovlivnil tvrdost výrobku, soudržnost výrobku příliš ovlivněna nebyla.

Přilnavost je popisována jako síla, která je potřebná k překonání síly mezi povrchem vzorku a povrchem zatěžovací desky. Tento parametr byl získán z plochy pod křivkou pro první záporný pík a do grafu byly vyneseny absolutní hodnoty. Z obrázku 24 je patrné, že nižší přilnavost vykazoval vzorek obsahující WPC a to 0,10 N·s ve srovnání se vzorkem neobsahujícím WPC, kde byla naměřena hodnota 0,16 N·s. Tedy u tohoto parametru byl pozorován opačný trend než u tvrdosti a gumovitosti.

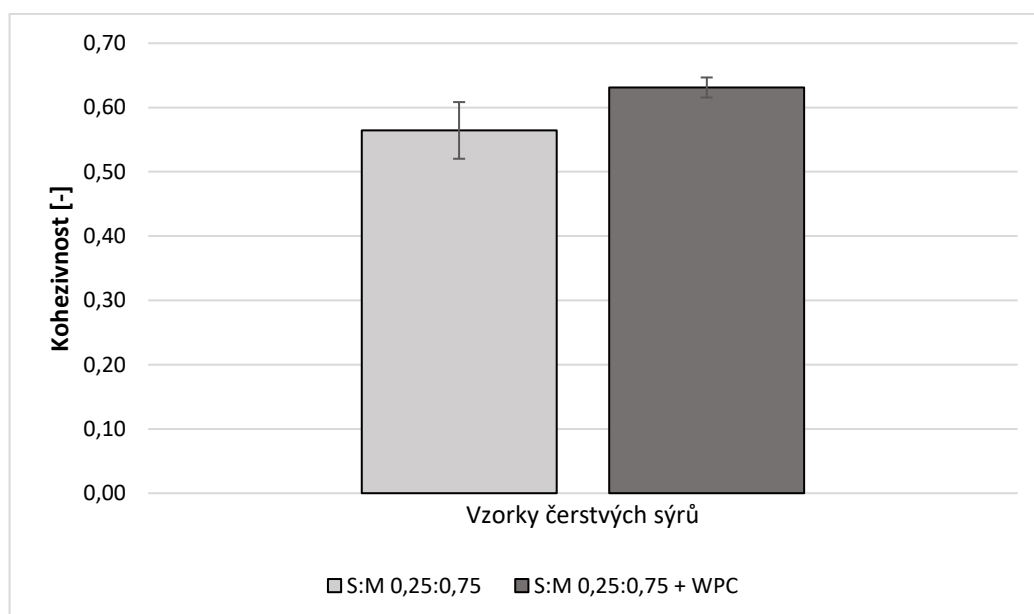
Gumovitost je charakterizována jako energie potřebná k rozrušení polotuhých potravin. Tato hodnota vychází ze součinu tvrdosti a kohezivnosti (Szczesniak, 2002). Také při vyhodnocení tohoto parametru bylo zjištěno, že hodnoty naměřené u vzorku s WPC byly vyšší (0,75 N) než hodnoty naměřené u vzorku bez WPC (0,34 N), viz Obr. 25. Sýr obsahující WPC má tedy mnohem větší gumovitost, a proto je potřeba větší energie k rozrušení sýru obsahujícího WPC.

Z porovnání naměřených výsledků texturní profilové analýzy pro oba modelové vzorky čerstvých sýrů tedy vyplývá, že syrovátkový koncentrát (WPC) významně zvýšil tvrdost a gumovitost čerstvého sýra ($p < 0,05$), avšak pouze nepatrně zvýšil jeho kohezivnost. Naopak přídavek WPC způsobil významné snížení přilnavosti ($p < 0,05$). Hanafy et al. (2016), který zkoumal vliv WPC na kvalitu „nonfat“ čerstvých sýrů uvedl, že přídavek WPC

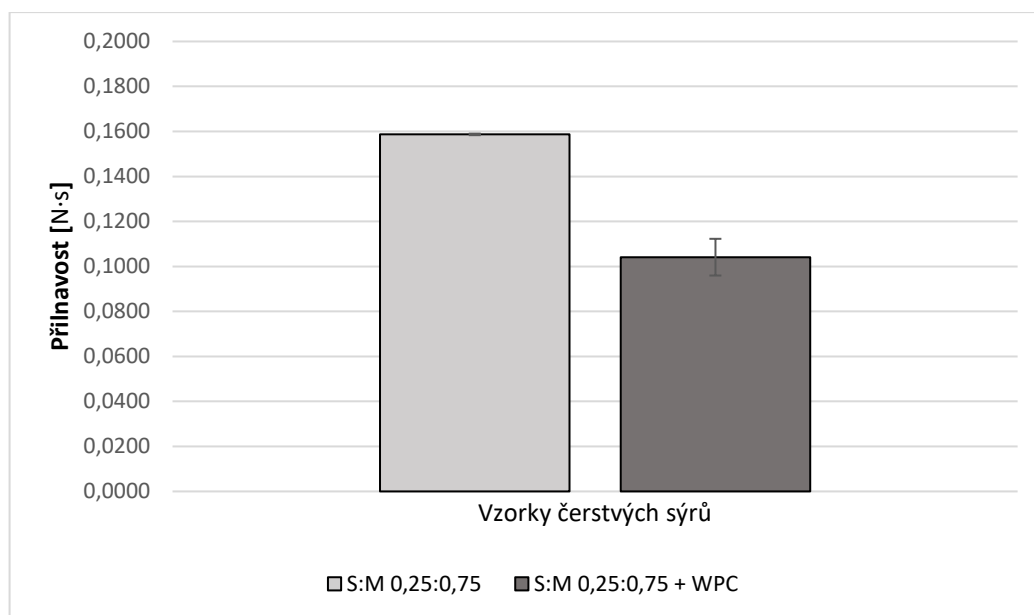
naopak významně snížil tvrdost a zvýšil přilnavost, zatímco ostatní parametry neovlivnil. Avšak zvyšující se trend tvrdosti, který byl sledován v tomto experimentu, pozorovali Yazici a Akgun (2004), kteří se zabývali výrobou čerstvého sýra labneh (strained yoghurt) s WPC. Tyto rozdíly mohou být způsobeny typem a vlastnostmi použitého WPC a množstvím jeho přídavku, stejně tak jako výrobními podmínkami, postupy a chemickým složením výsledného sýra.



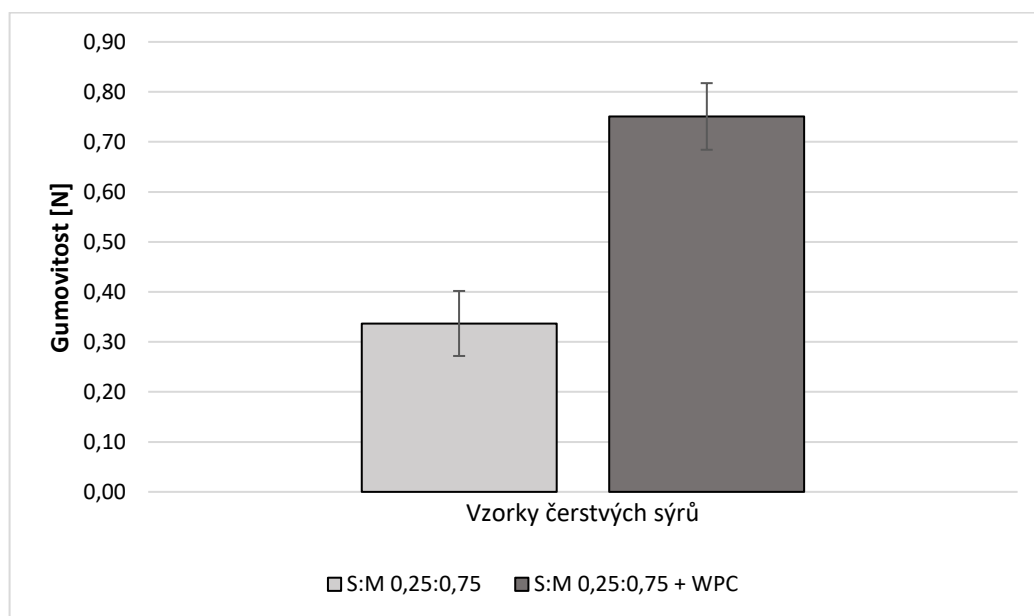
Obrázek 22 Obrázek 24 Tvrdost [N] vzorků čerstvých sýrů



Obrázek 23 Kohezivnost [-] vzorků čerstvých sýrů



Obrázek 24 Přilnavost [N·s] vzorků čerstvých sýrů



Obrázek 25 Gumovitost [N] vzorků čerstvých sýrů

6.3 Výsledky senzorické analýzy

Organoleptické vlastnosti čerstvých sýrů byly hodnoceny pomocí senzorické analýzy, jejíž účelem bylo zjistit, který ze vzorků je senzoricky přijatelnější a vhodný pro další výrobu a výzkum. Byly sledovány znaky:

- barva,
- vůně,
- kyselá a kefirová chuť,
- konzistence,
- celkový dojem.

. Vlastnosti čerstvých sýrů byly posuzovány s použitím stupnicové zkoušky na základě 5-ti bodové stupnice viz Senzorický dotazník příloha I.

Hodnocení barvy

Mezi vzorky nebyl významný rozdíl v barvě ($p < 0,05$). Jejich zabarvení bylo mléčně bílé typické pro hlavní výchozí surovinu a nezměnilo se ani po jejich promíchání. Hodnotitelé označili barvu obou vzorků jako velmi dobrou, vyhovující až výbornou.

Hodnocení vůně

Vůně modelových vzorků čerstvých sýrů byla odlišná ve srovnání s komerčně známými výrobky, které jsou obecně vyráběné pomocí klasických mezofilních kultur. To má za následek použitá kefirová kultura, díky které sýr voněl jako kefirový nápoj. To lze přisuzovat metabolismu kvasinek, kdy také dochází k určitému rozkladu bílkovin a vzniká zvláštní kvasnicové aroma (Bylund, 1995). Na základě výsledků hodnocení lze říct, že obsah WPC neměl významný vliv na vůni ($p < 0,05$). U obou vzorků byla vůně hodnocena jako harmonická, vyhovující až výborná, harmonická, velmi vyhovující.

Hodnocení kyselá a kefirové chuti

Byly zaznamenány významné rozdíly v hodnocení kyselá a kefirové chuti u modelových vzorků v závislosti na tom, jestli obsahovaly WPC či nikoli ($p < 0,05$). Oba modelové vzorky

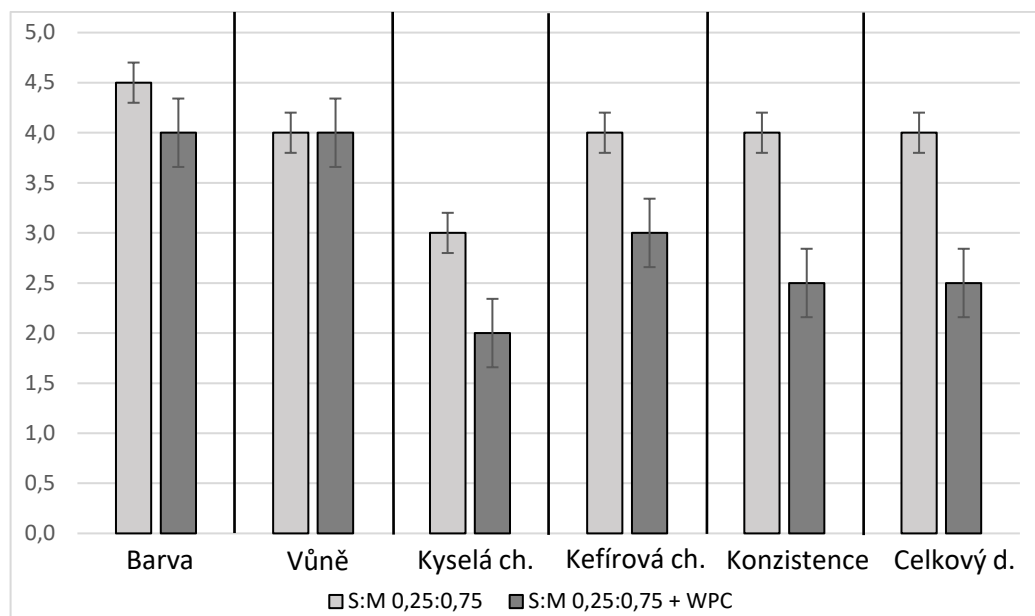
se vzhledem k nízkému pH vyznačovaly kyselou chutí, avšak u vzorku s WPC byla na konci ochutnávání cítit nasládlá zvláštní pachut'. Hodnotitelé považovali čerstvý sýr bez WPC za kyselější ($p < 0,05$), přestože naměřené pH bylo u tohoto sýra vyšší než u čerstvého sýra s obsahem WPC. Navíc u čerstvého sýra bez WPC byla vyhodnocena také keřirová chuť jako významně intenzivnější ($p < 0,05$).

Hodnocení konzistence

Konzistence předložených vzorků byla podobná měkkému tvarohu nebo také tzv. cream cheese. Mezi modelovými vzorky čerstvých sýrů byly po sezorickém hodnocení zjištěny významné rozdíly v konzistenci ($p < 0,05$). U vzorků s přídavkem WPC byla očekávána tužší konzistence, která se také potvrdila. Čerstvý sýr s WPC navíc obsahoval drobné hrudky oproti vzorku bez WPC, který byl hladký a jemný. Tato hrudkovitost by mohla být odstraněna homogenizací výrobku. Lucey (2011) popisuje, že při výrobě smetanových sýrů tzv. „cream cheese“ během separace syrovátky dochází ke změně pH a tato skutečnost má vliv na výslednou konzistenci. Při $pH > 4,7$ byly smetanové sýry měkké, ale při nižší hodnotě aktivní kyselosti byly získány sýry se zrnitou strukturou (Lucey, 2011).

Celkový dojem

V celkovém dojmu byl významně lépe hodnocen vzorek, který neobsahoval syrovátkový koncentrát (WPC) ($p < 0,05$). Vzorek bez WPC byl hodnocen jako velmi dobrý, vzorek s přídavkem WPC jen dobrý. Přestože se potvrdil vliv přídavku WPC vyšší pevností sýra, hodnotitelům tato pevnější konzistence již příliš nevyhovovala, především pak přítomnost hrudek. Navíc hodnotitelům ještě více než konzistence vzorku s WPC vadila jeho zvláštní pachut'. Nepříjemná chuť by mohla být potlačena přídavkem soli či jiných druhů koření. Jelikož je chuť jednou z nejdůležitějších vlastností výrobku, byl systém vyrobený bez přídavku WPC vyhodnocen jako vhodnější pro výrobu čerstvého sýra s přídavkem symbiotické kultury ($p < 0,05$).



Obrázek 26 Medián hodnocených organoleptických vlastností

ZÁVĚR

V teoretické části diplomové práce byly charakterizovány čerstvé sýry a jejich technologie výroby včetně používaných surovin. Dále byly popsány jednotlivé druhy čerstvých sýrů z mléka a syrovátky. Nakonec je věnována pozornost mikrobiálním kulturám, které lze využít pro výrobu čerstvých sýrů.

Praktická část diplomové práce se zabývala optimalizací výroby nového typu čerstvého sýra připraveného ze směsi mléka a syrovátky pomocí symbiotické – kefirové kultury. Současně byl sledován vliv přídavku sušeného syrovátkového koncentráту (WPC) na jakost nového typu čerstvého sýra.

Optimalizace výroby zahrnovala přípravu 6 systémů o různém poměru mléka a syrovátky, z nichž polovina obsahovala WPC. Nejpevnější gely tvořily systémy S:M 0,25:0,75 a S:M 0,25:0,75 + WPC, a proto byly vybrány pro výrobu modelových vzorků čerstvých sýrů a jejich následnou analýzu.

Vybrané vzorky čerstvých sýrů byly podrobeny fyzikálně-chemické, reologické, texturní a senzorické analýze. Byly sledovány změny aktivní kyselosti (pH), titrační kyselosti, obsahu celkové sušiny, aktivity vody, stability a reologických, texturních a organoleptických vlastností.

Aktivní kyselost (pH) vzorku čerstvé sýra s WPC byla významně nižší a TK významně vyšší než u vzorku čerstvého sýra bez WPC ($p < 0,05$). Tuto skutečnost lze přisoudit vyššímu obsahu laktózy v systému s WPC, a tedy vyššímu podílu substrátu pro přítomné mikroorganismy obsažené v kefirové kultuře, které přeměňují laktózu na kyselinu mléčnou. Dále mělo přidání WPC do čerstvého sýra vliv na významné zvýšení obsahu celkové sušiny ($p < 0,05$). U obou vzorků čerstvých sýrů byly naměřeny vysoké hodnoty a_w , což ukazuje na nízkou údržnost těchto výrobků. V dalších studiích by bylo vhodné modelové vzorky nasolit, čímž by došlo ke zvýšení koncentrace rozpuštěných látek, a tedy snížení a_w . Nižší a_w by mohla mít příznivý vliv na konzistenci a údržnost sýra. Díky vyššímu obsahu syrovátkových bílkovin ve vzorku s obsahem WPC byla významně vyšší i stabilita daného vzorku ($p < 0,05$), což potvrdilo, že syrovátkové bílkoviny se vyznačují schopností vázat vodu a tím ovlivnit konzistenci výrobku.

Pomocí dynamické oscilační reometrie byly sledovány viskoelastické vlastnosti vzorků čerstvých sýrů. Vzorek obsahující WPC vykazoval výrazně vyšší komplexní viskozitu a elastický charakter na rozdíl od vzorku bez WPC ($p < 0,05$), který byl více viskózní.

Texturní profilovou analýzou bylo zjištěno, že obsah WPC způsobil významný nárůst tvrdosti a gumovitosti vzorku čerstvého sýra ($p < 0,05$). Kohezivnost čerstvých sýrů byla přídatkem WPC ovlivněna pouze nepatrně. Avšak přilnavost výrobku přídatkem WPC významně snížil ($p < 0,05$).

Senzorickou analýzou byly posouzeny organoleptické vlastnosti vzorků čerstvého sýra. Vzorek s přídatkem WPC byl charakteristický nepříjemnou pachutí a viditelnou hrudkovitostí. Přestože dle výsledků naměřených ke zjištění texturních a viskoelastických vlastností se jevil vzorek čerstvého sýra obsahujícího WPC jako lepší, chuť ani konzistence tohoto vzorku nenaplnila požadavky spotřebitelů. Možným řešením úpravy technologie výroby tohoto nového typu výrobku by bylo přidání soli či různých druhů koření, které by pachutí „zamaskovaly“. Dále hrudkovitost výrobku by mohla odstranit homogenizace či snížení koncentrace WPC.

Na základě senzorické analýzy byl tedy modelový vzorek bez WPC vyhodnocen jako vhodnější pro výrobu čerstvého sýra s přídatkem symbiotické kultury. Dle ostatních zmíněných zkoumaných parametrů byl tento modelový vzorek taktéž vyhodnocen jako vyhovující a celkově byl tedy vyrobený čerstvý sýr bez přídatku WPC určen jako vhodnější k výrobě těchto druhů sýrů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Acidity and pH: What is the relationship between pH and titratable acidity?, c2023. *AWRI* [online]. Adelaide: The Australian Wine Research Institute [cit. 2023-03-24]. Dostupné z: https://www.awri.com.au/industry_support/winemaking_resources/frequently_asked_questions/acidity_and_ph/#title7

ADAMS, Martin R. et al., 2016. 9.6 Cheese. In: *Food Microbiology* [online]. 4th ed. London: Royal Society of Chemistry (RSC), p. 366 [cit. 2022-11-22]. ISBN 978-1849739603. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt011OF4U1/food-microbiology-4th/cheese>

AHMED, Zaheer et al., 2013. Kefir and Health: A Contemporary Perspective. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* [online]. **53**(5), 422-434 [cit. 2023-05-06]. ISSN 1040-8398. Dostupné z: doi:10.1080/10408398.2010.540360

AKALIN, A.S. et al., 2007. Effects of Fructooligosaccharide and Whey Protein Concentrate on the Viability of Starter Culture in Reduced-Fat Probiotic Yogurt during Storage. *Journal of Food Science* [online]. **72**(7), M222-M227 [cit. 2023-04-04]. ISSN 0022-1147. Dostupné z: doi:10.1111/j.1750-3841.2007.00436.x

ALICHANIDIS, E., G. MOATSOU a A. POLYCHRONIADOU, 2016. Composition and Properties of Non-cow Milk and Products. In: *Non-Bovine Milk and Milk Products* [online]. Amsterdam: Elsevier, p. 81-116 [cit. 2023-03-20]. ISBN 9780128033616. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-803361-6.00005-3

ALMENA-ALISTE, Montserrat, Bernard MIETTON a Catherine W. DONNELLY, 2014. Cheese Classification, Characterization, and Categorization: A Global Perspective. *Microbiology Spectrum* [online]. **2**(1), 2 [cit. 2022-11-22]. ISSN 2165-0497. Dostupné z: doi:10.1128/microbiolspec.CM-0003-2012

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 2018. 33.3.5 Cottage Cheese. In: *ASHRAE® Handbook - Refrigeration* [online]. Peachtree Corners: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, s. 12 [cit. 2022-11-22]. ISBN 1939200989. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt011KJI92/ashrae-handbook-refrigeration/cottage-cheese>

ANDERSON, Shelby, ed., 2020. Essential Principles of Cheesemaking (Part 2):: Measuring and Controlling Acidity and Moisture. *Dairy pipeline: A Technical Resource for Dairy Manufacturers* [online]. Madison: Center for Dairy Research, 31(4), 3 [cit. 2023-03-24]. Dostupné z: https://www.cdr.wisc.edu/assets/pipeline-pdfs/pipeline_2020_vol31_04.pdf

ARVANITTOYANNIS, Ioannis S., Georgia K. KARGAKI a Christos HADJICHRISTODOULOU, 2011. Effect of three MAP compositions on the physical and microbiological properties of a low fat Greek cheese known as “Anthotyros”. *Anaerobe* [online]. 17(6), 295-297 [cit. 2023-02-20]. ISSN 10759964. Dostupné z: [doi:10.1016/j.anaerobe.2011.04.007](https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2011.04.007)

BANSAL, Venus a N. VEENA, 2022. Understanding the role of pH in cheese manufacturing: general aspects of cheese quality and safety. *Journal of Food Science and Technology* [online]. [cit. 2023-03-23]. ISSN 0022-1155. Dostupné z: [doi:10.1007/s13197-022-05631-w](https://doi.org/10.1007/s13197-022-05631-w)

BARBOSA-CÁNOVAS, Gustavo V., 2020. *Water Activity in Foods* [online]. Hoboken: Wiley [cit. 2023-03-29]. ISBN 9781118768310. Dostupné z: [doi:10.1002/9781118765982](https://doi.org/10.1002/9781118765982)

BENSMIRA, Meriem, Consolate NSABIMANA a Bo JIANG, 2010. Effects of fermentation conditions and homogenization pressure on the rheological properties of Kefir. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 43(8), 1180-1184 [cit. 2023-03-03]. ISSN 00236438. Dostupné z: [doi:10.1016/j.lwt.2010.04.005](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.04.005)

BERK, Zeki, 2018. *Food Process Engineering and Technology - 1.7.2 Water Activity, Definition, and Determination*. [online]. 3rd ed. Amsterdam: Elsevier [cit. 2023-03-14]. ISBN 9780128120187. Dostupné z: [doi:10.1016/C2016-0-03186-8](https://doi.org/10.1016/C2016-0-03186-8)

BHATTACHARYA, D. C. et al., 1971. Studies on the method of production and shelf life of paneer (cooking type of acid coagulated Cottage cheese). *Journal of Food Science and Technology*; (8):117-120. [cit. 2023-02-16].

BOT, A. et al., 2007. The texture and microstructure of spreads * *This chapter is a revised version of: Bot, A., Flöter, E., Lammers, J.G., and Pelan, E.G. (2003). ‘Controlling the texture of spreads’, in *Texture in Food. Semi-solid Foods*, editor B.M. McKenna, Woodhead Publishing, Cambridge, In: *Understanding and Controlling the Microstructure of Complex Foods* [online]. Amsterdam: Elsevier, s. 575-599 [cit. 2022-10-24]. ISBN 9781845691516. Dostupné z: [doi:10.1533/9781845693671.4.575](https://doi.org/10.1533/9781845693671.4.575)

BOŽANIĆ, R et al., 2014. Possibilities of Whey Utilisation. *Austin J Nutri Food Sc* [online]. 2(7), 1 [cit. 2023-05-06]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/R-Bozanic/publication/265016830_Possibilities_of_Whey_Utilisation/links/53fc384e0cf2364ccc046f3d/Possibilities-of-Whey-Utilisation.pdf

BRIGHENTI, M. et al., 2020. Behavior of stabilizers in acidified solutions and their effect on the textural, rheological, and sensory properties of cream cheese. *Journal of Dairy Science* [online]. 103(3), 2065-2076 [cit. 2022-11-14]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.2019-17487

BRIGHENTI, M. et al., 2021. Effect of substituting whey cream for sweet cream on the textural and rheological properties of cream cheese. *Journal of Dairy Science* [online]. 104(10), 10500-10512 [cit. 2022-11-14]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.2021-20338

Brunost: Norwegian Brown Cheese, 2012. In: *Life in Norway* [online]. [cit. 2023-02-21]. Dostupné z: <https://www.lifeinnorway.net/the-norwegian-phenomenon-of-brown-cheese/>

BYLUND, G. Dairy processing handbook. Lund: Tetra Pak Processing Systems AB, 1995. Dostupné z: https://diaspereira.weebly.com/uploads/5/6/3/9/5639534/dairy_handbook.pdf

CARDARELLI, Haïssa R et al., 2008. Effect of inulin and *Lactobacillus paracasei* on sensory and instrumental texture properties of functional chocolate mousse. *Journal of the Science of Food and Agriculture* [online]. 88(8), 1318-1324 [cit. 2023-03-25]. ISSN 00225142. Dostupné z: doi:10.1002/jsfa.3208

CICHE, Todd A. a Shana K. GOFFREDI, 2007. General Methods To Investigate Microbial Symbioses. In: REDDY, C. A. et al., ed. *Methods for General and Molecular Microbiology* [online]. Washington, DC, USA: ASM Press, s. 394-419 [cit. 2023-03-01]. ISBN 9781683671619. Dostupné z: doi:10.1128/9781555817497.ch16

CRUM, Hannah, Alex LAGORY a Sandor Ellix KATZ, 2016. *The Big Book of Kombucha: Brewing, Flavoring, and Enjoying the Health Benefits of Fermented Tea* [[online]. Massachusetts: Storey Publishing [cit. 2023-03-04]. ISBN 9781612124339. Dostupné z: <https://www.storey.com/books/the-big-book-of-kombucha/>

ČESKO. Vyhláška č. 397/2016 Sb. ze dne 2. prosince 2016 o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje [online]. In: Sbíрка zákonů České

republiky, částka 162, s. 6261-6285. [cit. 2022-09-14]. Dostupné také z: <https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu>

Čisté mléčné kultury (ČMK), c2023. In: *Agrola: Život ve skle* [online]. Jindřichův Hradec [cit. 2023-02-26]. Dostupné z: <https://agrola.cz/ciste-mlecne-kultury-cmk/>

ČSN EN ISO 5534, 2005. Sýry a tavené sýry – Stanovení obsahu celkové sušiny (Referenční metoda). Praha: Český normalizační institut.

DAR, Yadunandan Lal a Joseph M. LIGHT, ed., 2014. *Food Texture Design and Optimization* [online]. Hoboken: Wiley [cit. 2023-03-30]. ISBN 9780470672426. Dostupné z: doi:10.1002/9781118765616

DARWISH, Mohamed Samir a Abd EL, 2014. Characterization of the microflora of kefir grains, and the development of ricotta like cheese from Cow, Buffalo and Goat's milk with Kefir grains. *Pakistan Journal of Food Sciences* [online]. Mansoura: Dairy Department, Faculty of Agriculture, Mansoura University, 24(4), 195-203 [cit. 2023-03-25]. ISSN 2226-5899. Dostupné z: databáze ResearchGate

DE OLIVEIRA, Cibelly Maria Santos et al., 2023. Use of *Lactiplantibacillus plantarum* CNPC 003 for the manufacture of functional skimmed fresh cheese. *International Dairy Journal* [online]. 141 [cit. 2023-03-29]. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/j.idairyj.2023.105628

DE SOUZA, Vanessa Rios et al., 2011. Analysis of various sweeteners in petit suisse cheese: Determination of the ideal and equivalent sweetness. *Journal of Sensory Studies* [online]. 26(5), 339-345 [cit. 2023-02-18]. ISSN 08878250. Dostupné z: doi:10.1111/j.1745-459X.2011.00349.x

DERMIKI, Maria et al., 2008. Shelf-life extension and quality attributes of the whey cheese “Myzithra Kalathaki” using modified atmosphere packaging. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 41(2), 284-294 [cit. 2023-02-18]. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2007.02.014

Dictionary of food science and technology [online], 2009. 2nd ed. IFIS: Wiley-Blackwell [cit. 2023-02-17]. ISBN 978-1-405-18740-4. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpDFSTE001/dictionary-food-science/dictionary-food-science>

DIMITRELLOU, Dimitra et al., 2010. Effect of freeze-dried kefir culture on proteolysis in feta-type and whey-cheeses. *Food Chemistry* [online]. 119(2), 795-800 [cit. 2023-04-14]. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2009.06.052

DONALD, McMahon J. a Maria BRYM, 2016. Cheese. In: Dairy Processing and Quality Assurance: Cheese manufacture [online]. 2nd ed. Wiley-Blackwell, s. 287-307 [cit. 2023-02-11]. ISBN 9781118810316. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt011NBTW4/dairy-processing-quality/milk-receival>

EL-SAYED, Samah M. a Ahmed M. YOUSSEF, 2019. Potential application of herbs and spices and their effects in functional dairy products. *Heliyon* [online]. 5(6), 1-7 [cit. 2023-02-14]. ISSN 24058440. Dostupné z: doi:10.1016/j.heliyon.2019.e01989

ERSOY, Burdur Mehmet Akif, AKAR, Taner, ed., 2022. A REVIEW OF THE WORLD'S WHEY CHEESES. In: AKAR, Taner a Burdur Mehmet Akif ERSOY. *Research and Reviews in Agriculture, Forestry and Aquaculture* [online]. Ankara: Gece Kitaplığı, s. 174-200 [cit. 2023-02-22]. ISBN 978-625-430-562-7. Dostupné z: databáze ResearchGate

Experts from The Mayo Clinic Experts from UCLA Center for Human Nutrition Experts from Dole Food Company, 2002. Encyclopedia of Foods - A Guide to Healthy Nutrition - 10.3 Cream and Sour Cream [online]. Amsterdam: Elsevier. [cit 2022-10-11]. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00BJXF51/encyclopedia-foods-guide/cream-and-sour-cream>

FARKYE, Nana Y., 2017. Acid-Heat Coagulated Cheeses. In: Cheese [online]. 4th ed. Amsterdam: Elsevier, s. 1111-1115 [cit. 2022-10-19]. ISBN 9780124170124. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-417012-4.00044-2

FERNANDES, Rhea, 2009. *Microbiology handbook*. Cambridge: Leatherhead Pub., and Royal Society of Chemistry. ISBN 978-1-905224-62-3.

FISCHER, Peter a Erich J. WINDHAB, 2011. Rheology of food materials. *Current Opinion in Colloid & Interface Science* [online]. 16(1), 36-40 [cit. 2023-03-15]. ISSN 13590294. Dostupné z: doi:10.1016/j.cocis.2010.07.003

FOX, Patrick F. et al., 2017. Fresh Cheese Products: Principals of Manufacture and Overview of Different Varieties. In: FOX, Patrick F. et al. *Fundamentals of Cheese Science* [online]. 2nd ed. Boston, MA: Springer US, s. 543-588 [cit. 2022-10-23]. ISBN 978-1-4899-7679-6. Dostupné z: doi:10.1007/978-1-4899-7681-9_16

FREY-KLETT, P. et al., 2011. Bacterial-Fungal Interactions: Hyphens between Agricultural, Clinical, Environmental, and Food Microbiologists. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* [online]. 75(4), 583-609 [cit. 2023-03-03]. ISSN 1092-2172. Dostupné z: doi:10.1128/MMBR.00020-11

GAJDŮŠEK, Stanislav a Vladimír KLÍČNÍK, 1993. *Mlékařství*. 2. vyd. Brno: VŠZ. ISBN 80-7157-073-7.

GAJDŮŠEK, Stanislav, 1998. In: *Mlékařství II*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN 80-7157-342-6.

GEIGER, Barbara et al., 2016. From by-product to valuable components: Efficient enzymatic conversion of lactose in whey using β -galactosidase from *Streptococcus thermophilus*. *Biochemical Engineering Journal* [online]. 116, 45-53 [cit. 2023-03-21]. ISSN 1369703X. Dostupné z: doi:10.1016/j.bej.2016.04.003

GHODEKAR, D. R. 1989. Factors Affecting Quality of Paneer: a review. *Indian Dairyman*. 41(3) 161-164 [cit. 2023-02-16].

GONÇALVES, Marília Magalhães, 2009. *Desenvolvimento e caracterização de queijo tipo quark simbiótico*. Viçosa. Dissertação. Universidade Federal de Viçosa. Dostupné z: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFV_24431ef0af7f66fe09bb209c60748c88

HANAFY, N. M. et al., 2016. The effect of using whey protein concentrate on the quality of nonfat fresh cheese. *Journal of Biological Chemistry and Environmental Sciences* [online]. (11), 455-469 [cit. 2023-03-31]. ISSN 1687-5478. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/312232799_The_effect_of_using_whey_protein_concentrate_on_the_quality_of_nonfat_fresh_cheese

HAYES, Colin, 2012. Internal Corrosion Control of Water Supply Systems: Code of Practice. *Water Intelligence Online* [online]. 11 [cit. 2023-03-13]. ISSN 14761777. Dostupné z: doi:10.2166/9781780404554

HILL, Arthur R. a Prashanti KETHIREDDIPALLI, 2013. Dairy Products. In: *Biochemistry of Foods* [online]. Amsterdam: Elsevier, s. 319-362 [cit. 2023-02-14]. ISBN 9780122423529. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-08-091809-9.00008-X

Homemade Labneh, 2017. In: *Simply Lebanese* [online]. [cit. 2023-02-22]. Dostupné z: <https://www.simplyleb.com/recipe/labneh/>

CHANDAN, Ramesh C., Arun KILARA a Nagendra P. SHAH, 2015. *Dairy Processing and Quality Assurance* [online]. Hoboken, NJ, USA: Wiley [cit. 2023-02-14]. ISBN 9781118810316. Dostupné z: doi:10.1002/9781118810279

CHAUHAN, Anil K. et al., 2022. Quark cheese: characteristics, preparation, and health effects as a functional food. In: *Functional Foods and Nutraceuticals in Metabolic and Non-Communicable Diseases* [online]. Amsterdam: Elsevier, s. 267-278 [cit. 2023-02-14]. ISBN 9780128198155. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-819815-5.00045-8

Cheeses by type, 2023. *Cheese.com: Specialty cheeses* [online]. Worldnews [cit. 2023-02-13]. Dostupné z: https://www.cheese.com/by_type/?per_page=20

KADLEC, Pavel, Karel MELZOCH a Michal VOLDŘICH, 2009. *Co byste měli vědět o výrobě potravin?: technologie potravin*. Ostrava: Key Publishing. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-051-4.

KADLEC, Pavel, Karel MELZOCH a Michal VOLDŘICH, 2012. *Přehled tradičních potravinářských výrob: technologie potravin*. Ostrava: Key Publishing. Monografie (Key Publishing). ISBN 9788074181450.

Kanawjia S. K., Khurana H. K., 2006 Developments of *paneer* variants using milk and non-milk solids. *Processed Food Industry*;9:38–42 [cit. 2023-02-16].

KAPP, Julie M. a Walton SUMNER, 2019. Kombucha: a systematic review of the empirical evidence of human health benefit. *Annals of Epidemiology* [online]. 30, 66-70 [cit. 2023-03-04]. ISSN 10472797. Dostupné z: doi:10.1016/j.annepidem.2018.11.001

KAVAS, Gokhan et al., 2004. Effect of some fat replacers on chemical, physical and sensory attributes of low-fat white pickled cheese. *Food Chemistry* [online]. 88(3), 381-388 [cit. 2023-03-31]. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2004.01.054

KHAN, Shahnawaz Umer a Mohammad Ashraf PAL, 2011. Paneer production: A review. *Journal of Food Science and Technology* [online]. 48(6), 645-660 [cit. 2023-02-16]. ISSN 0022-1155. Dostupné z: doi:10.1007/s13197-011-0247-x

KIM, Kee-Tae et al., 2019. Physicochemical Analysis, Antioxidant Effects, and Sensory Characteristics of Quark Cheese Supplemented with Ginseng Extract. *Food Science of Animal Resources* [online]. 39(2), 324-331 [cit. 2023-02-14]. ISSN 2636-0772. Dostupné z: doi:10.5851/kosfa.2019.e26

KINDSTEDT, Paul S. a Catherine W. DONNELLY, 2013. The Basics of Cheesemaking. *Microbiology Spectrum* [online]. 1(1), 17-38 [cit. 2022-11-11]. ISSN 2165-0497. Dostupné z: doi:10.1128/microbiolspec.CM-0002-2012

KLEMASZEWSKI, Joseph, 2010. Hydrocolloids in Cultured Dairy Products. In: LAAMAN, Thomas R., ed. *Hydrocolloids in Food Processing* [online]. Oxford, UK: Wiley-Blackwell, s. 141-164 [cit. 2022-11-14]. ISBN 9780813814490. Dostupné z: doi:10.1002/9780813814490.ch7

KLOSTERMEYER, H., 2003. CHEESES | Quarg and Fromage Frais. In: Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition [online]. 2nd ed. Maryland: Elsevier, s. 1104-1108 [cit. 2022-10-23]. ISBN 9780122270550. Dostupné z: doi:10.1016/B0-12-227055-X/00203-0

KOPÁČEK, J., 2008. Čerstvé sýry - nejrozmanitější sýrová kategorie: aktualizované verze článků v Potravinářské revue z let 2005-2021 [online]. Praha: Agral. [cit. 2022-11-05]. Dostupné také z: http://laktoscollection.cz/storage/1245169107_sb_cerstve-syry.pdf

KRÓLCZYK, Jolanta et al., 2016. Use of Whey and Whey Preparations in the Food Industry – a Review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* [online]. 66(3), 157-165 [cit. 2023-02-13]. ISSN 1230-0322. Dostupné z: doi:10.1515/pjfn-2015-0052

KUMAR, Sunil et al., 2014. Paneer—An Indian soft cheese variant: a review. *Journal of Food Science and Technology* [online]. 51(5), 821-831 [cit. 2023-02-16]. ISSN 0022-1155. Dostupné z: doi:10.1007/s13197-011-0567-x

LEWIS, Michael J. a Charles W. BAMFORTH, 2007. PH. In: *Essays in Brewing Science* [online]. Boston, MA: Springer US, s. 13-19 [cit. 2023-03-13]. ISBN 978-0-387-33010-5. Dostupné z: doi:10.1007/0-387-33011-9_2

LITOPOULOU-TZANETAKI, E., 2007. Soft-ripened and fresh cheeses: Feta, Quark, Halloumi and related varieties. In: Improving the Flavour of Cheese [online]. Cambridge: Elsevier, s. 474-493 [cit. 2022-10-11]. ISBN 9781845690076. Dostupné z: doi:10.1533/9781845693053.4.474

LITOPOULOU-TZANETAKI, Evanthia a Nikolaos TZANETAKIS, 2011. Microbiological characteristics of Greek traditional cheeses. *Small Ruminant Research* [online]. 101(1-3), 17-32 [cit. 2023-02-21]. ISSN 09214488. Dostupné z: doi:10.1016/j.smallrumres.2011.09.022

- LITOPOULOU-TZANETAKI, Evanthia, Nikolaos TZANETAKIS a Catherine W. DONNELLY, 2014. The Microfloras of Traditional Greek Cheeses. *Microbiology Spectrum* [online]. 2(1) [cit. 2023-02-20]. ISSN 2165-0497. Dostupné z: doi:10.1128/microbiolspec.CM-0009-2012
- LIVNEY, Yoav D., 2010. Milk proteins as vehicles for bioactives. *Current Opinion in Colloid & Interface Science* [online]. 15(1-2), 73-83 [cit. 2023-05-06]. ISSN 13590294. Dostupné z: doi:10.1016/j.cocis.2009.11.002
- LOPITZ-OTSOA, Fernando et al., 2006. Kefir: una comunidad simbiótica de bacterias y levaduras con propiedades saludables. *Revista Iberoamericana de Micología* [online]. 23(2), 67-74 [cit. 2023-03-02]. ISSN 11301406. Dostupné z: doi:10.1016/S1130-1406(06)70016-X
- LUCEY, John A., 2022. Acid- and Acid/Heat Coagulated Cheese. In: Encyclopedia of Dairy Sciences [online]. 3rd ed. Cambridge (Massachusetts): Elsevier, s. 6-14 [cit. 2022-10-19]. ISBN 9780128187678. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-818766-1.00073-8
- MARTÍNEZ LEAL, Jessica et al., 2018. A review on health benefits of kombucha nutritional compounds and metabolites. *CyTA - Journal of Food* [online]. 16(1), 390-399 [cit. 2023-03-04]. ISSN 1947-6337. Dostupné z: doi:10.1080/19476337.2017.1410499
- MCCARTHY, O. J. a H. SINGH, 2009. Physico-chemical Properties of Milk. In: MCSWEENEY, Paul a Patrick F. FOX, ed. *Advanced Dairy Chemistry* [online]. New York, NY: Springer New York, s. 691-758 [cit. 2023-04-04]. ISBN 978-0-387-84864-8. Dostupné z: doi:10.1007/978-0-387-84865-5_15
- MCSWEENEY, P.L.H., G. OTTOGALLI a P.F. FOX, 2004. Acid- and Acid/Rennet-Curd Cheeses Part A: Quark, Cream Cheese and Related Varieties: An overview. In: *Major Cheese Groups: Quark and Related Varieties - Manufacture* [online]. 3rd ed. Amsterdam: Elsevier, s. 1-23 [cit. 2023-02-13]. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. ISBN 9780122636530. Dostupné z: doi:10.1016/S1874-558X(04)80037-X
- MCSWEENEY, Paul L. et al., 2017. 13.3.1 Coagulant. In: *Cheese - Chemistry, Physics & Microbiology* [online]. 4th ed. Amsterdam: Elsevier [cit. 2023-03-29]. ISBN 978-0-12-417017-9. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00CX92O2/cheese-chemistry-physics/coagulant>

MILERIENE, Justina et al., 2021. Effect of liquid whey protein concentrate–based edible coating enriched with cinnamon carbon dioxide extract on the quality and shelf life of Eastern European curd cheese. *Journal of Dairy Science* [online]. 104(2), 1504-1517 [cit. 2023-04-14]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.2020-18732

NATEGHI, Leila et al., 2012. Optimization of textural properties and formulation of reduced fat Cheddar cheeses containing fat replacers. *Journal of Food Agriculture and Environment* [online]. 2(10), 46-54 [cit. 2023-03-31]. ISSN 14590255. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/225183453_Optimization_of_textural_properties_and_formulation_of_reduced_fat_Cheddar_cheeses_containing_fat_replacers

NIKI, R., T. ITO, H. MOTOSHIMA et al. Effects of pretreating milk with rennet on the viscoelastic properties and the microstructure of acid-induced milk gels [online]. Berlin: Milchwissenschaft, 2003, 58.11-12: 595-598. [cit 2022-10-23]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/287945596_Effects_of_pretreating_milk_with_rennet_on_the_viscoelastic_properties_and_the_microstructure_of_acid-induced_milk_gels

NUÑEZ, M. et al., 1986. The effect of lactic starter inoculation and storage temperature on the behaviour of *Staphylococcus aureus* and *Enterobacter cloacae* in Burgos cheese. *Food Microbiology* [online]. 3(3), 235-242 [cit. 2023-02-17]. ISSN 07400020. Dostupné z: doi:10.1016/0740-0020(86)90004-3

OBERMAIER, Oldřich, Vladimír ČEJNA a Jiří KOPÁČEK, [2016]. *Sýry a tvarohy*. 2. přepracované vydání. Praha: Sdružení českých spotřebitelů, z.ú. Jak poznáme kvalitu?. ISBN 978-80-87719-43-5.

O'DONNELL, Kay a M. W. KEARSLEY, 2012. *Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology - 12.3.7 Water Activity*. [online]. 2nd ed. Ames, Iowa: Wiley [cit. 2023-03-14]. ISBN 9780470659687. Dostupné z: doi:10.1002/9781118373941

ØSTERLIE, Marianne a Trude WICKLUND, 2018. Food, Nutrition, and Health in Norway (Including Svalbard). In: *Nutritional and Health Aspects of Food in Nordic Countries* [online]. Elsevier, s. 33-71 [cit. 2023-02-18]. ISBN 9780128094167. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-809416-7.00002-0

OVERMANN, Jörg a Karin SCHUBERT, 2002. Phototrophic consortia: model systems for symbiotic interrelations between prokaryotes. *Archives of Microbiology* [online]. 177(3), 201-208 [cit. 2023-03-01]. ISSN 0302-8933. Dostupné z: doi:10.1007/s00203-001-0377-z

OZTURKOGLU-BUDAK, Sebnem, H. Ceren AKAL a Nazlı TÜRKMEN, 2021. Use of kefir and buttermilk to produce an innovative quark cheese. *Journal of Food Science and Technology* [online]. 58(1), 74-84 [cit. 2023-03-23]. ISSN 0022-1155. Dostupné z: doi:10.1007/s13197-020-04516-0

PANDEY, Ashok et al., ed., 2015. 4A Sugar- and Starch-Based Biorefineries. In: *Industrial Biorefineries & White Biotechnology* [online]. Amsterdam: Elsevier, s. 193 [cit. 2023-02-25]. ISBN 9780444634535. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00UOU1J1/industrial-biorefineries/sugar-starch-based-biorefineries>

PAPADEMAS, Photis et al., 2017. Whey Cheeses (Heat Coagulated). In: PAPADEMAS, Photis a Thomas BINTSIS, ed. *Global Cheesemaking Technology* [online]. Chichester, UK: John Wiley, s. 446-452 [cit. 2023-02-21]. ISBN 9781119046165. Dostupné z: doi:10.1002/9781119046165.ch13

PAPAIOANNOU, Georgia et al., 2007. Shelf-life of a Greek whey cheese under modified atmosphere packaging. *International Dairy Journal* [online]. 17(4), 358-364 [cit. 2023-02-18]. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/j.idairyj.2006.04.001

PASKAŠ, Snežana et al., 2019. Comparison of the Chemical Composition of Whey Cheeses: Urda And Ricotta. *Macedonian Veterinary Review* [online]. 42(2), 151-161 [cit. 2023-02-22]. ISSN 1857-7415. Dostupné z: doi:10.2478/macvetrev-2019-0020

PAVUNC, Andreja Leboš, Jasna NOVAK a Ksenija UROIĆ, 2012. Characterization and Application of Autochthonous Starter Cultures for Fresh Cheese Production. *Food Technology and Biotechnology* [online]. 50(2), 141-151 [cit. 2023-02-24]. ISSN 1330-9862. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/233894322_Characterization_and_Application_of_Autochthonous_Starter_Cultures_for_Fresh_Cheese_Production

PELEG, Micha, 2019. The instrumental texture profile analysis revisited. *Journal of Texture Studies* [online]. 50(5), 362-368 [cit. 2023-03-16]. ISSN 0022-4901. Dostupné z: doi:10.1111/jtxs.12392

PERRECHIL, F.A. a R.L. CUNHA, 2010. Oil-in-water emulsions stabilized by sodium caseinate: Influence of pH, high-pressure homogenization and locust bean gum addition. *Journal of Food Engineering* [online]. 97(4), 441-448 [cit. 2023-03-15]. ISSN 02608774. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfoodeng.2009.10.041

PIHUROV, Marina et al., 2021. Novel Insights for Metabiotics Production by Using Artisanal Probiotic Cultures. *Microorganisms* [online]. 9(11) [cit. 2023-03-05]. ISSN 2076-2607. Dostupné z: doi:10.3390/microorganisms9112184

PINTADO, M. E., A. C. MACEDO a F. X. MALCATA, 2001. Review: Technology, Chemistry and Microbiology of Whey Cheeses. *Food Science and Technology International* [online]. 7(2), 105-116 [cit. 2023-02-18]. ISSN 1082-0132. Dostupné z: doi:10.1177/108201320100700202

PIRES, Arona F et al., 2021. Use of ultrafiltrated cow's whey for the production of whey cheese with Kefir or probiotics. *Journal of the Science of Food and Agriculture* [online]. 101(2), 555-563 [cit. 2023-02-18]. ISSN 0022-5142. Dostupné z: doi:10.1002/jsfa.10667

POWELL, I.B., M.C. BROOME a G.K.Y. LIMSOWTIN, 2011. Cheese | Starter Cultures: General Aspects. In: *Encyclopedia of Dairy Sciences* [online]. Amsterdam: Elsevier, s. 552-558 [cit. 2023-02-14]. ISBN 9780123744074. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-374407-4.00066-2

PRADO, Maria R. et al., 2015. Milk kefir: composition, microbial cultures, biological activities, and related products. *Frontiers in Microbiology* [online]. 6 [cit. 2023-03-02]. ISSN 1664-302X. Dostupné z: doi:10.3389/fmicb.2015.01177

PRUDENCIO, Isabelle D. et al., 2008. Petit suisse manufactured with cheese whey retentate and application of betalains and anthocyanins. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 41(5), 905-910 [cit. 2023-02-18]. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2007.05.019

PUNIYA, Anil Kumar, ed., 2015. *Fermented Milk and Dairy Products* [online]. Boca Raton: CRC Press [cit. 2023-02-21]. ISBN 9780429071782. Dostupné z: doi:10.1201/b18987

Queso de Burgos, 2023. In: *Taste Atlas* [online]. AtlasMedia [cit. 2023-02-22]. Dostupné z: <https://www.tasteatlas.com/queso-de-burgos>

RADHAKRISHNA, K., 2012. *Recent trends in soft beverages edited by L Jagan Mohan Rao and K Ramalakshmi, Woodhead Publishing India Pvt. Ltd., New Delhi*. Journal of Food Science and Technology [online]. 49(2), 252-253 [cit. 2023-03-04]. ISSN 0022-1155. Dostupné z: doi:10.1007/s13197-011-0593-8

RADOVSKIY, Boris a Bagdat TELTAYEV. Relaxation Modulus and Complex Modulus. Viscoelastic Properties of Asphalts Based on Penetration and Softening Point [online]. Cham: Springer International Publishing, 2018, 2018-11-13, s. 41-72 [cit. 2020-03-18]. Structural Integrity. DOI: 10.1007/978-3-319-67214-4_3. ISBN 978-3-319-67213-7. Dostupné z: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-67214-4_3

Revista latinoamericana de microbiología: Manufacture of a beverage from cheesewhey using "tea fungus" fermentation [online], 2003. 45(1-2) [cit. 2023-02-24]. ISSN 0034-9771. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/6733592_Manufacture_of_a_beverage_from_cheesewhey_using_tea_fungus_fermentation

RICCIARDI, Emilio Francesco et al., 2020. Novel Technologies for Preserving Ricotta Cheese: Effects of Ultraviolet and Near-Ultraviolet–Visible Light. *Foods* [online]. 9(5) [cit. 2023-02-20]. ISSN 2304-8158. Dostupné z: [doi:10.3390/foods9050580](https://doi.org/10.3390/foods9050580)

ROBINSON, R. K., Carl A. BATT a P. D. PATEL, c2000. *Encyclopedia of food microbiology*. 1-3. San Diego: Academic Press. ISBN 978-0-12-227070-3.

ROP, Otakar, Pavel VALÁŠEK a Ignác HOZA, 2005. *Teoretické principy konzervace potravin I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati. ISBN 80-7318-339-0.

RYAN, Michael P. a Gary WALSH, 2016. The biotechnological potential of whey. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology* [online]. 15(3), 479-498 [cit. 2023-02-13]. ISSN 1569-1705. Dostupné z: [doi:10.1007/s11157-016-9402-1](https://doi.org/10.1007/s11157-016-9402-1)

SALEK, Richardos N., František BUŇKA a Michaela ČERNÍKOVÁ, 2022. The use of different cheese sources in processed cheese. In: *Processed Cheese Science and Technology* [online]. Cambridge: Elsevier, s. 79-113 [cit. 2022-10-25]. ISBN 9780128214459. Dostupné z: [doi:10.1016/B978-0-12-821445-9.00010-8](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821445-9.00010-8)

SALVATORE, E. et al., 2014. Effect of whey concentration on protein recovery in fresh ovine ricotta cheese. *Journal of Dairy Science* [online]. 97(8), 4686-4694 [cit. 2023-02-20]. ISSN 00220302. Dostupné z: [doi:10.3168/jds.2013-7762](https://doi.org/10.3168/jds.2013-7762)

SARMENTO, Érika Gomes et al., 2019. Effect of probiotic bacteria in composition of children's saliva. *Food Research International* [online]. 116, 1282-1288 [cit. 2023-02-18]. ISSN 09639969. Dostupné z: [doi:10.1016/j.foodres.2018.10.017](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.017)

SATIR, Gulcin a Zeynep B. GUZEL-SEYDIM, 2016. How kefir fermentation can affect product composition?. *Small Ruminant Research* [online]. 134, 1-7 [cit. 2023-04-14]. ISSN 09214488. Dostupné z: doi:10.1016/j.smallrumres.2015.10.022

SERHAN, Mireille, Jessy MATTAR a Liliane DEBS, 2016. Concentrated yogurt (Labneh) made of a mixture of goats' and cows' milk: Physicochemical, microbiological and sensory analysis. *Small Ruminant Research* [online]. 138, 46-52 [cit. 2023-02-16]. ISSN 09214488. Dostupné z: doi:10.1016/j.smallrumres.2016.04.003

SCHULZ-COLLINS, D. a B. SENGE, 2004. Acid- and acid/rennet-curd cheeses part A: Quark, cream cheese and related varieties. In: Major Cheese Groups [online]. Amsterdam: Elsevier, s. 301-328 [cit. 2022-10-11]. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. ISBN 9780122636530. Dostupné z: doi:10.1016/S1874-558X(04)80049-6

SIEUWERTS, Sander et al., 2008. Unraveling Microbial Interactions in Food Fermentations: from Classical to Genomics Approaches. *Applied and Environmental Microbiology* [online]. 74(16), 4997-5007 [cit. 2023-03-02]. ISSN 0099-2240. Dostupné z: doi:10.1128/AEM.00113-08

SILVA, Pedro Henrick Teles da et al., 2018. QUARK CHEESE PRODUCED WITH KEFIR AND AGAVE INULIN. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR* [online]. 21(3) [cit. 2023-03-23]. ISSN 1982-1131. Dostupné z: doi:10.25110/arqvet.v21i3.2018.7337

SKIBSTED, Leif H., Jens RISBO a Mogens L. ANDERSEN, 2010. *Chemical deterioration and physical instability of food and beverages - 6.2.2 Measurement of Water Activity*. [online]. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press [cit. 2023-03-14]. Woodhead Publishing in food science, technology, and nutrition, no. 186. ISBN 978-1-84569-495-1. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt008HR405/chemical-deterioration/measurement-water-activity>

SOLOWIEJ, B., et al., 2007. Effect of pH on rheological properties and meltability of processed cheese analogs with whey products. *Polish journal of food and nutrition sciences* [online]. 57(3), p. 125-128 [cit. 2023-04-04]. Dostupné z: <https://agro.icm.edu.pl>

SONG, Bo et al., 2023. Preparation and quality assessment of processed cream cheese by high hydrostatic pressure combined thermal processing and spore-induced germination. *Journal of Food Engineering* [online]. 341 [cit. 2022-11-14]. ISSN 02608774. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfoodeng.2022.111319

STADIE, Jasmin et al., 2013. Metabolic activity and symbiotic interactions of lactic acid bacteria and yeasts isolated from water kefir. *Food Microbiology* [online]. 35(2), 92-98 [cit. 2023-03-02]. ISSN 07400020. Dostupné z: doi:10.1016/j.fm.2013.03.009

Starter cultures for fermented dairy products: Sourdough Chr.Hansen eXact Kefir-2 (100U), c2022. In: *Pro-syr* [online]. Jaroslavl [cit. 2023-03-10]. Dostupné z: <https://pro-syr.ru/kislomolochnye-zakvaski/hansen-kefir-2-100u/>

SURBER, Georg et al., 2021. Cream cheese made with exopolysaccharide-producing *Lactococcus lactis*: Impact of strain and curd homogenization pressure on texture and syneresis. *Journal of Food Engineering* [online]. 308 [cit. 2022-11-14]. ISSN 02608774. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfoodeng.2021.110664

Sýry sladkého sýrařství: Čerstvé sýry, c2023. In: *Inovace VOV: portál inovace vyššího odborného vzdělávání* [online]. Praha: ČVUT [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://www.vovcr.cz/odz/tech/315/page20.html>

SZAFRAŇSKA, Jagoda O., Siemowit MUSZYŃSKI a Bartosz G. SOŁOWIEJ, 2020. Effect of whey protein concentrate on physicochemical properties of acid casein processed cheese sauces obtained with coconut oil or anhydrous milk fat. *LWT* [online]. 127 [cit. 2023-04-14]. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2020.109434

SZCZESNIAK, Alina Surmacka, 2002. Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference* [online]. 13(4), 215-225 [cit. 2023-03-16]. ISSN 09503293. Dostupné z: doi:10.1016/S0950-3293(01)00039-8

ŠILHÁNKOVÁ, Ludmila, 2002. *Mikrobiologie pro potravináře a biotechnology*. Vyd. 3. Praha: Academia. ISBN 80-200-1024-6.

TABILO-MUNIZAGA, Gipsy a Gustavo V. BARBOSA-CÁNOVAS, 2005. Rheology for the food industry. *Journal of Food Engineering* [online]. 67(1-2), 147-156 [cit. 2023-03-15]. ISSN 02608774. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfoodeng.2004.05.062

TADEU DA VEIGA CORREIA, Vinícius et al., 2022. Tannin-sorghum flours in cream cheese: Physicochemical, antioxidant and sensory characterization. *LWT* [online]. 154 [cit. 2022-11-14]. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2021.112672

TEIXEIRA LOPES, Maria Micheline, Maria do Carmo PASSOS RODRIGUES a Ana Maria SOUZA DE ARAÚJO, 2018. Influence of Expectation Measure on the Sensory

Acceptance of Petit Suisse Product. *Journal of Food Science* [online]. 83(3), 798-803 [cit. 2023-02-18]. ISSN 00221147. Dostupné z: doi:10.1111/1750-3841.14067

TELEKY, Bernadette-Emőke, Gheorghe Adrian MARTĂU a Dan Cristian VODNAR, 2020. Physicochemical Effects of *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus casei* Cocultures on Soy–Wheat Flour Dough Fermentation. *Foods* [online]. 9(12) [cit. 2023-03-05]. ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods9121894

THABET, Habib M. et al., 2014. Evaluation of the effects of some plant derived essential oils on shelf life extension of Labneh. *Merit Research Journals* [online]. 2(1), 008-014 [cit. 2023-02-16]. ISSN 2354-2527. Dostupné z: <http://www.meritresearchjournals.org/fst/index.htm>

Titrateable acidity in milk and yogurt, 2020. In: *Metrohm* [online]. Praha [cit. 2023-03-13]. Dostupné z: https://www.metrohm.com/cs_cz/applications/application-notes/aa-t-001-100/an-t-132.html

TOMAR, Oktay et al., 2020. The effects of kefir grain and starter culture on kefir produced from cow and buffalo milk during storage periods. *Food Science and Technology* [online]. 40(1), 238-244 [cit. 2023-04-14]. ISSN 1678-457X. Dostupné z: doi:10.1590/fst.39418

TUNICK, Michael H., 2011. Food Texture Analysis in the 21st Century. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 59(5), 1477-1480 [cit. 2023-03-16]. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/jf1021994

UPADHYAY, Rituja a Jianshe CHEN, 2020. Rheology and tribology assessment of foods. In: *Biopolymer-Based Formulations* [online]. Elsevier, s. 697-715 [cit. 2023-04-03]. ISBN 9780128168974. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-816897-4.00028-X

VASILJEVIC, Todor, 2022. Probiotic Cultures in Cheese and Yogurt. In: *Encyclopedia of Dairy Sciences* [online]. Elsevier, s. 472-488 [cit. 2023-04-14]. ISBN 9780128187678. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-818766-1.00163-X

VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ, 2009. *Chemie potravin*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS. ISBN 978-80-86659-17-6.

VIDIGAL, Márcia Cristina Teixeira Ribeiro et al., 2012. Effect of whey protein concentrate on texture of fat-free desserts: sensory and instrumental measurements. *Food Science and*

Technology [online]. 32(2), 412-418 [cit. 2023-04-04]. ISSN 1678-457X. Dostupné z: doi:10.1590/S0101-20612012005000047

VUKIĆ, Dajana et al., 2022. Antioxidative capacity of fresh kombucha cheese fortified with sage herbal dust and its preparations. *Journal of Food Science and Technology* [online]. 59(6), 2274-2283 [cit. 2023-02-24]. ISSN 0022-1155. Dostupné z: doi:10.1007/s13197-021-05241-y

VUKIĆ, Vladimir et al., 2021. The application of kombucha inoculum as an innovative starter culture in fresh cheese production. *LWT* [online]. 151 [cit. 2023-02-24]. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2021.112142

WU, Chung-Shiuan, Jia-Hsin GUO a Mei-Jen LIN, 2020. Stability Evaluation of pH-Adjusted Goat Milk for Developing Ricotta Cheese with a Mixture of Cow Cheese Whey and Goat Milk. *Foods* [online]. 9(3) [cit. 2023-02-20]. ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods9030366

YADAV, Jay Shankar Singh et al., 2015. Cheese whey: A potential resource to transform into bioprotein, functional/nutritional proteins and bioactive peptides. *Biotechnology Advances* [online]. 33(6), 756-774 [cit. 2023-02-13]. ISSN 07349750. Dostupné z: doi:10.1016/j.biotechadv.2015.07.002

YAZICI, F. a A. AKGUN, 2004. Effect of some protein based fat replacers on physical, chemical, textural, and sensory properties of strained yoghurt. *Journal of Food Engineering* [online]. 62(3), 245-254 [cit. 2023-04-05]. ISSN 02608774. Dostupné z: doi:10.1016/S0260-8774(03)00237-1

ZAJŠEK, KATJA, MITJA KOLAR a ANDREJA GORŠEK, 2011. Characterisation of the exopolysaccharide kefiran produced by lactic acid bacteria entrapped within natural kefir grains. *International Journal of Dairy Technology* [online]. 64(4), 544-548 [cit. 2023-03-03]. ISSN 1364727X. Dostupné z: doi:10.1111/j.1471-0307.2011.00704.x

ZIGERLIG, Claudio, c2023. Water in diary products with special reference on cheese production. In: *Pedak: meettechniek* [online]. Lachen [cit. 2023-03-30]. Dostupné z: <https://www.pedak.nl/wp-content/uploads/2021/03/Aw-cheese.pdf>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

a_w Aktivita vody

B. Bifidobacterium

BMK Bakterie mléčného kvašení

CaCl_2 Chlorid vápenatý

ČMK Čisté mlékařské kultury

G^* Komplexní modul pružnosti

G' Elastický modul pružnosti

G'' Ztrátový modul pružnosti

GDL Glukono-6-delta-lakton

Lb. Lactobacillus

Lc. Lactococcus

Lcb. Lacticaseibacillus

Lmb. Limosilactobacillus

Lntb. Lentilactobacillus

Lpb. Lactiplantibacillus

Lvb. Levilactobacillus

NaCl Chlorid sodný (kuchyňská sůl)

S:M Syrovátka:mléko

TK Titrační kyselost

WPC Syrovátkový proteinový koncentrát

WPI Syrovátkový proteinový izolát

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Schéma výroby čerstvých sýrů; upraveno podle Fox et al., 2017.....	20
Obrázek 2 Labneh s olivovým olejem (Homemade Labneh, 2017).....	25
Obrázek 3 Burgos (Queso de Burgos, 2023).....	26
Obrázek 4 Mysost (Brunost: Norwegian Brown Cheese, 2012).....	29
Obrázek 5 Fermentace glukózy (A) homofermentativní metabolismus (Embden-Meyerhoffova dráha; (B) heterofermentativní metabolismus (fosfoketolázová dráha) (Teleky, Martau a Vodnar, 2020).....	32
Obrázek 6 Kefírová zrna (a) a zrna pořízená rastrovacím elektronovým mikroskopem (SEM) v řezu při zvětšení 4000x (b), povrch zrn při zvětšení 10000x (Pihurov et al., 2021).....	36
Obrázek 7 Kombucha (Crum, LaGory a Katz, 2016).....	39
Obrázek 8 Kefírová kultura Chr. Hansen (Starter cultures for fermented dairy products, c2022).....	45
Obrázek 9 Schéma výroby čerstvých sýrů.....	49
Obrázek 10 pH metr Foodcare HI 99161.....	50
Obrázek 11 Water Activity meter AquaLab.....	53
Obrázek 12 HAAKE RheoStress 1 Thermo Fisher Scientific.....	55
Obrázek 13 Zobecněná instrumentální křivka texturního profilu; upraveno podle Szczesniak, 2002.....	56
Obrázek 14 TA.XTplus Stable Micro Systems Ltd.....	56
Obrázek 15 Srovnání konzistence vzorků při optimalizaci.....	60
Obrázek 16 Srovnání pH [-] vzorků čerstvých sýrů po fermentaci.....	63
Obrázek 17 Srovnání TK [°SH] vzorků čerstvých sýrů.....	63
Obrázek 18 Závislost elastického (G' ; Pa) a ztrátového (G'' ; Pa) modulu pružnosti na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-100 Hz) u vzorku S:M 0,25:0,75.....	67
Obrázek 19 Závislost elastického (G' ; Pa) a ztrátového (G'' ; Pa) modulu pružnosti na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-100 Hz) u vzorku S:M 0,25:0,75 + WPC.....	67
Obrázek 20 Závislost komplexního modulu pružnosti (G^* ; Pa) na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-100 Hz) u vzorků čerstvých sýrů.....	68
Obrázek 21 Závislost komplexní viskozity (Komplexní viskozita; Pa·s) na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-100 Hz) u vzorků čerstvých sýrů.....	68
Obrázek 22 Obrázek 24 Tvrdost [N] vzorků čerstvých sýrů.....	70
Obrázek 23 Kohezivnost [-] vzorků čerstvých sýrů.....	70
Obrázek 24 Přílnavost [N·s] vzorků čerstvých sýrů.....	71
Obrázek 25 Gumovitost [N] vzorků čerstvých sýrů.....	71
Obrázek 26 Medián hodnocených organoleptických vlastností.....	74

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Charakteristika některých důležitých kultivačních bakterií (Bylund, 1995)	35
Tabulka 2 Druhy bakterií izolovaných z různých kefirových zrn (Robinson, Batt a Patel, c2000)	37
Tabulka 3 Druhy bakterií izolovaných z různých kefirových zrn (Robinson, Batt a Patel, c2000)	37
Tabulka 4 Druhy kvasinek izolovaných z různých kefirových zrn (Robinson, Batt a Patel, c2000)	38
Tabulka 5 Přehled mikroorganismů ve SCOBY (Revista latinoamericana de microbiología, 2003; Radhakrishna, 2012; Martínez Leal et al., 2018).....	40
Tabulka 6 Výživové údaje čerstvého plnotučného mléka	43
Tabulka 7 Výživové údaje sušené syrovátky.....	44
Tabulka 8 Výživové údaje syrovátkového koncentrátu.....	45
Tabulka 9 Složení kefirové kultury Chr. Hansen	46
Tabulka 10 Poměr surovin pro výrobu vzorků	47
Tabulka 11 Časový průběh pH systémů bez WPC	58
Tabulka 12 Časový průběh pH systémů s WPC	59

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Dotazník pro sensorické hodnocení čerstvých sýrů

PŘÍLOHA P I: DOTAZNÍK PRO SENZORICKÉ HODNOCENÍ ČERSTVÝCH SÝRŮ

Zkouška barvy, vůně, sladké a kyselé chuti, celkového dojmu

Vzorek	Barva	Vůně	Kyselá chuť	Kefírová chuť	Konzistence	Celkový dojem
1						
2						

Vzorek č. 1 – bez WPC

Vzorek č. 2 – s WPC

Barva

- 1 – zcela nevyhovující, nepřijatelná
- 2 – neuspokojivá, nedostatečná, téměř nevyhovující
- 3 – dobrá, ještě vyhovující
- 4 – velmi dobrá, vyhovující
- 5 – výborná

Vůně

- 1 – nepříjemná, neharmonická, zcela nevyhovující
- 2 – téměř nepříjemná, téměř nevyhovující
- 3 – dobrá, příjemná, ještě vyhovující
- 4 – dosti příjemná, harmonická, vyhovující
- 5 – velmi příjemná, výborná, harmonická, velmi vyhovující

Kyselá chuť

- 1 – nekyselá
- 2 – málo kyselá
- 3 – středně kyselá
- 4 – více kyselá
- 5 – kyselá

Kefírová chuť

- 1 – nepříjemná, neharmonická, zcela nevyhovující
- 2 – téměř nepříjemná, téměř nevyhovující
- 3 – dobrá, příjemná, ještě vyhovující
- 4 – dosti příjemná, harmonická, vyhovující
- 5 – velmi příjemná, výborná, harmonická, velmi vyhovující

Konzistence

- 1 – nevyhovující
- 2 – uspokojivá
- 3 – dobrá
- 4 – velmi dobrá
- 5 – výborná

Celkový dojem

1 – nedostatečný

2 – uspokojivý

3 – dobrý

4 – velmi dobrý

5 – výborný