

Faktory ovlivňující vlastnosti čerstvých sýrů vyrobených pomocí syrovátky a symbiotických kultur

Bc. Agáta Václavíková

Diplomová práce
2025



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická
Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Agáta Václavíková
Osobní číslo:	T23270
Studijní program:	N0721A210004 Technologie potravin
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Faktory ovlivňující vlastnosti čerstvých sýrů vyrobených pomocí syrovátky a symbiotických kultur

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část:

Čerstvé sýry.

Technologie výroby čerstvých sýrů.

Faktory ovlivňující vlastnosti vyrobených čerstvých sýrů.

II. Praktická část:

Výroba čerstvých sýrů.

Chemická a senzorická analýza vyrobených čerstvých sýrů.

Rheologické a texturní vlastnosti vyrobených čerstvých sýrů.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] 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
- [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: **1. ledna 2025**
Termín odevzdání diplomové práce: **9. května 2025**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Robert Gál, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 14. února 2025

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění bez ohledu na výsledek obhajoby;
- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- jedno vyhotovení diplomové práce v listinné podobě bude ponecháno Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně k uložení;
- 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 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, považují 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 na diplomové práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem řádně citoval(a); v případě publikace výsledků budu uveden(a) jako spoluautor;
- odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne

.....
podpis autora

ABSTRAKT

Teoretická část diplomové práce byla zaměřena na obecnou charakteristiku čerstvých sýrů včetně surovin potřebných pro jejich výrobu a druhy srážení, se kterými se lze při výrobě čerstvých sýrů nejčastěji setkat. Dále byla popsána technologie výroby vybraných čerstvých sýrů. Nakonec je věnována pozornost vybraným faktorům a jejich vlivu na finální vlastnosti čerstvých sýrů.

Cílem praktické části diplomové práce bylo vyrobit čerstvé sýry za použití vybraných faktorů a zjistit, jak tyto faktory ovlivňují fyzikálně-chemické a organoleptické vlastnosti čerstvých sýrů. Byly připraveny 4 vzorky lišící se přítomností syřidla a CaCl_2 a následně byla část vzorků solena v solné lázni po dobu 2 a 5 minut. U takto připravených vzorků byl také sledován vliv tří denního chladiřenského skladování.

Vzorky byly podrobeny fyzikálně-chemické analýze (pH, titrační kyselost, celkový obsah sušiny, barva, obsah soli, spreadability test a reologická analýza) a senzorické analýze.

Ze získaných výsledků bylo zjištěno, že skladování vede k signifikantnímu snížení roztíratelnosti, a tedy ke zvýšení tvrdosti i pevnosti, což koreluje se zvýšeným obsahem sušiny ve skladovaných vzorcích ($p \leq 0,05$). Použití syřidla vede k signifikantnímu zvýšení tvrdosti i pevnosti čerstvých sýrů ($p \leq 0,05$). Ke zvýšení pevnosti přispívá také přídavek CaCl_2 ($p \leq 0,05$). Vyšší pevnost byla pozorována také u vzorků s rostoucí dobou solení v solné lázni ($p \leq 0,05$). Kyselá chuť byla hodnocena jako intenzivnější u vzorků, které obsahovaly vyšší koncentraci NaCl ($p \leq 0,05$), avšak keřirová chuť byla u těchto vzorků potlačena. Nejlepší celkové hodnocení z hlediska senzorické analýzy získaly vzorky solené po dobu 2 minut, a proto se s ohledem na jejich chuťové vlastnosti i jiné sledované znaky jeví tato délka solení jako nejoptimálnější.

Přítomnost CaCl_2 a syřidla měla signifikantní dopad zejména na tvrdost, pevnost a tuhost vzorků, což bylo potvrzeno instrumentálními metodami i senzorickou analýzou, kde byl vzorek obsahující oba tyto faktory hodnocen jako nejpevnější. Použitá množství chloridu vápenatého a syřidla zároveň neovlivnila negativně chuťové vlastnosti sýrů, proto je možné je považovat za vhodná pro využití v potravinářské výrobě.

Klíčová slova: čerstvý sýr, keřirová kultura, syřidlo, chlorid vápenatý

ABSTRACT

The theoretical part of the thesis was focused on the general characteristics of fresh cheeses, including the raw materials needed for their production and the types of curdling most commonly encountered in the production of fresh cheeses. Furthermore, the production technology of selected fresh cheeses was described. Finally, attention is given to selected factors and their effect on the final characteristics of fresh cheese.

The aim of the practical part of the thesis was to produce fresh cheese using selected factors and to investigate how these factors affect the physicochemical and organoleptic properties of fresh cheese. Four samples were prepared differing in the presence of rennet and CaCl_2 and then some of the samples were salted in a salt brine for 2 and 5 minutes. The effect of three days of cold storage was also observed.

The samples were subjected to physico-chemical analysis (pH, titratable acidity, total solids content, colour, salt content, spreadability test and rheological analysis) and sensory analysis.

From the results obtained, it was found that storage leads to a significant decrease in spreadability and therefore to an increase in hardness and firmness, which correlates with an increase in dry matter content of the stored samples ($p \leq 0.05$). The use of rennet leads to a significant increase in hardness and firmness of fresh cheese ($p \leq 0.05$). The addition of CaCl_2 also contributed to the increase in firmness ($p \leq 0.05$). Higher firmness was also observed in samples with increasing the salting time ($p \leq 0.05$). The sour taste was judged to be more intense in samples containing higher NaCl concentration ($p \leq 0.05$), but the kefir taste was suppressed in these samples. The samples salted for 2 minutes had the best overall rating, and therefore this duration of salting appears to be the most optimal with respect to their taste characteristics and other observed traits.

The presence of CaCl_2 and rennet had a significant effect on the hardness, firmness and stiffness of the samples, which was confirmed by instrumental methods and sensory analysis, where the sample containing both of these factors was rated as the firmness. At the same time, the quantities of calcium chloride and rennet used did not adversely affect the flavour characteristics of the cheeses and can therefore be considered suitable for use in food production.

Keywords: fresh cheese, kefir culture, rennet, calcium chlorid

Ráda bych poděkovala své vedoucí diplomové práce Ing. Zuzaně Míškové, Ph.D za její cenné rady, odborné vedení a trpělivost. Poděkování patří také Ing. Tomášovi Grygerovi za výpomoc v laboratoři a jeho odborné rady. Dále bych chtěla poděkovat své rodině a blízkým za obrovskou podporu v průběhu celého studia.

OBSAH

ÚVOD.....	15
I TEORETICKÁ ČÁST	17
1 ČERSTVÉ SÝRY	18
1.1 DEFINICE ČERSTVÝCH SÝRŮ	18
1.2 TERMIZOVANÉ ČERSTVÉ SÝRY	18
1.3 SUROVINY PRO VÝROBU ČERSTVÝCH SÝRŮ	19
1.3.1 Mléko	19
1.3.2 Syrovátka.....	20
1.3.3 Kultury	20
1.3.4 Sůl	23
1.3.5 Koření.....	24
1.4 ZPŮSOBY SRÁŽENÍ PŘI VÝROBĚ ČERSTVÝCH SÝRŮ	24
1.4.1 Enzymaticky srážené sýry	25
1.4.2 Kysele srážené sýry	26
1.4.3 Kysele srážené sýry s přídavkem syřidla	27
1.4.4 Kombinace kyselého srážení a tepla	28
2 TECHNOLOGIE VÝROBY ČERSTVÝCH SÝRŮ	29
2.1 ČERSTVÉ SÝRY Z MLÉKA	29
2.1.1 Tvaroh	29
2.1.2 Smetanový sýr	30
2.1.3 Cottage sýr	30
2.1.4 Mascarpone	31
2.1.5 Panýr	31
2.1.6 Labneh.....	32
2.1.7 Labneh Ambaris	33
2.1.8 Queso blanco	34
2.2 ČERSTVÉ SÝRY ZE SYROVÁTKY	36
2.2.1 Ricotta	36
2.2.2 Anthotyros a Manouri	37
2.2.3 Urda.....	38
2.2.4 Anari.....	38
2.2.5 Requesón	39
2.2.6 Mesost a Messmör.....	39
3 VYBRANÉ FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ VLASTNOSTI ČERSTVÝCH SÝRŮ	41
3.1 VLIV PŘÍDAVKU SYŘIDLA	41
3.1.1 Druhy syřidel.....	42
3.2 VLIV PŘÍDAVKU CaCl_2	42
3.3 VLIV PŘÍDAVKU WPC	43
3.4 VLIV PŘÍDAVKU NaCl	44

3.4.1	Vliv NaCl na aktivitu enzymů	44
3.4.2	Vliv NaCl na texturní a reologické vlastnosti	45
3.4.3	Konzervační účinek NaCl	45
3.4.4	Vliv NaCl na chuťové vlastnosti sýrů	45
II	PRAKTICKÁ ČÁST	47
4	CÍL PRÁCE	48
5	MATERIÁL A METODY	49
5.1	SUROVINY	49
5.2	PŘÍSTROJE	51
5.3	VÝROBA MODELOVÝCH VZORKŮ	52
5.4	FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÁ ANALÝZA	53
5.4.1	Stanovení aktivní kyselosti	53
5.4.2	Stanovení titrační kyselosti	53
5.4.3	Stanovení celkového obsahu sušiny gravimetricky	54
5.4.4	Stanovení obsahu soli podle Mohra	55
5.4.5	Stanovení barvy	56
5.4.6	Stanovení roztíratelnosti	57
5.4.7	Reologická analýza	58
5.5	SENZORICKÁ ANALÝZA	60
5.6	STATISTICKÁ ANALÝZA	60
6	VÝSLEDKY A DISKUZE	61
6.1	FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÁ ANALÝZA MODELOVÝCH VZORKŮ	61
6.1.1	Vyhodnocení aktivní kyselosti	61
6.1.2	Vyhodnocení titrační kyselosti	63
6.1.3	Vyhodnocení celkového obsahu sušiny	64
6.1.4	Vyhodnocení barvy	66
6.1.5	Vyhodnocení celkového obsahu soli	70
6.1.6	Vyhodnocení Spreadability testu	72
6.1.7	Vyhodnocení reologických měření	76
6.2	SENZORICKÁ ANALÝZA	85
6.2.1	Vyhodnocení barvy	85
6.2.2	Vyhodnocení vůně	85
6.2.3	Vyhodnocení kyselé chuti	86
6.2.4	Vyhodnocení kefirové chuti	86
6.2.5	Vyhodnocení slané chuti	87
6.2.6	Vyhodnocení konzistence	87
6.2.7	Vyhodnocení celkového dojmu	87
	ZÁVĚR	90
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	93
	SEZNAM OBRÁZKŮ	106
	SEZNAM TABULEK	108
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	109

SEZNAM PŘÍLOH.....	110
---------------------------	------------

ÚVOD

Čerstvé sýry jsou pestrou a velmi populární skupinou sýrů s rozmanitou nabídkou na trhu. Mají široké využití a mohou se konzumovat samostatně nebo jako součást slaných či sladkých pokrmů (Fox et al., 2017). Čerstvé sýry jsou měkké nezrající sýry s lehce kyselou a nasládlou chutí (Pavunc, 2012). Jsou charakteristické vysokým obsahem vody (až 85 %), což je činí velmi náchylnými ke kažení (Fox et al., 2017).

Vyrábí se pomocí enzymatického nebo kyselého srážení (při pH 4,6-4,8), případně kombinací kyselého srážení a vysoké teploty. Biologické okyselování mléka je nejčastěji zajištěno mezofilními kulturami, konkrétně bakteriemi mléčného kvašení (BMK), a to především bakteriemi *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* a *Lactococcus lactis* subsp. *diacetylactis* (Ozturkoglu-Budak et al., 2021). Při fermentaci vzniká laktát, diacetyl a acetát, což jsou důležité sloučeniny, které tvoří výsledné aroma sýru (Lucey, 2011). Alternativou ke klasické mezofilní kultuře, která se využívá v sýraštví pro výrobu čerstvých sýrů, je symbiotická kefirová kultura, která je charakteristická symbiotickým vztahem mezi přítomnými organizmy (Stadie et al., 2013). Jedná se o vícekmennou kulturu, která se skládá z kvasinek (nejčastěji rodu *Kluyveromyces*, *Candida*, *Saccharomyces* či *Pichia*), bakterií mléčného kvašení (*Lactobacillus*, *Lactococcus* či *Leuconostoc*) a bakterií octového kvašení (Papavasiliou et al., 2008).

Syřidla jsou enzymatické preparáty tvořené převážně chymosinem, které se v minulosti získávaly z žaludku mláďat přežvýkavců, ale dnes se již našly způsoby, které tuto neudržitelnou metodu získávání nahrazují (García-Gómez et al., 2019). Syřidlo se podílí na tvorbě a pevnosti gelu (Law a Tamime, 2010), ale příliš vysoké koncentrace způsobují tvorbu hořkých peptidů, které negativně ovlivňují chuťové vlastnosti sýra (Fox et al., 2017). Pro podporu srážení se využívá také CaCl_2 , který urychluje a usnadňuje vznik sýřeniny a je využíván zejména u mlék se zhoršenými sýřicími vlastnostmi (Law a Tamime, 2010). Častý je také přídavek syrovátkového proteinového koncentrátu (WPC), který zvyšuje pevnost a kohezivnost výsledného sýra. Rovněž zvyšuje jeho nutriční hodnotu a výtěžnost (Hanafy et al., 2016).

Přestože se v dnešní době stále více řeší nadbytek sodíku ve stravě, tvoří sůl nenahraditelnou složku při výrobě sýrů. Kromě chuti se podílí na ovlivnění enzymatických a biochemických pochodů, které ovlivňují vlastnosti sýra. Významnou funkcí soli je také konzervace sýra. (Fox et al., 2017). V důsledku negativního působení sodíku na lidský

organismus se však objevují snahy alespoň částečně NaCl nahrazovat jinými látkami (Fosberg a Joyner, 2018). Dnes se při výrobě sýrů nejčastěji můžeme setkat s využitím KCl, u kterého je však vysoké riziko vzniku hořké chuti a zvýšení tvrdosti výsledného sýra (Gomes et al., 2011).

Experimentální část diplomové práce byla zaměřena na vývoj čerstvého sýra ze směsi mléka a syrovátky za použití keřirové kultury. Byl zkoumán vliv syřidla, CaCl_2 a délky solení na výsledné fyzikálně-chemické, reologické, texturní a organoleptické vlastnosti čerstvého sýra.

I TEORETICKÁ ČÁST

1 ČERSTVÉ SÝRY

Čerstvé sýry mají své kořeny v Chorvatsku, kde se tradičně vyráběly spontánní fermentací z nepasterovaného mléka (Pavunc, 2012). Dnes už se tyto sýry průmyslově vyrábějí koagulací bílkovin pasterovaného mléka, smetany nebo syrovátky pomocí okyselení, enzymatického srážení, nebo kombinace kyselého a sladkého srážení. Využívat se může také kyselé srážení v kombinaci s vysokou teplotou. Při okyselení dochází ke srážení bílkovin v důsledku snížení pH na hodnotu izoelektrického bodu kaseinu (pH 4,6 – 4,8). Během enzymatického srážení dochází účinkem syřidla k tzv. koagulaci. Vzhledem k tomu, že tento typ sýrů nevyžaduje zrání, je vhodný ke konzumaci bezprostředně po jeho vyrobení. Mezi nejznámější typy čerstvých sýrů patří například Mascarpone, Cottage či Ricotta. (Fox et al., 2017).

Čerstvé sýry se od tvrdých sýrů liší výrazně vyšší hodnotou aktivity vody, což je činí náchylnými k mikrobiálnímu kažení, a to především plísněmi a kvasinkami, které jsou vůči nižším hodnotám pH odolné. Údržnost čerstvých sýrů může být zajištěna například přidávkou ochranných bakteriálních kultur, a to zejména bakteriemi *Lactobacillus paracasei* či *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii*. Tento typ bakterií má schopnost svou přítomností inhibovat bakterie odpovědné za kažení čerstvých sýrů (Barukčić et al., 2021). Čerstvé sýry jsou mimo jiné náchylné ke kažení z toho důvodu, že na rozdíl od tvrdých sýrů neobsahují povrchovou kůrku a obsahují velké množství zbytkové laktózy (Lucey, 2011).

1.1 Definice čerstvých sýrů

Sýry jsou charakterizovány dle Vyhlášky č. 397/2016 Sb. o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. Sýrem je mléčný výrobek, který byl získán vysrážením mléčné bílkoviny z mléka působením syřidla nebo jiných vhodných koagulačních činidel, oddělením podílu syrovátky a následným prokysáním nebo zráním. Jako „čerstvý sýr“ se označují nezrající sýry, včetně nezrajících sýrů termizovaných. Dle konzistence a obsahu vody v tukuprosté hmotě sýra se čerstvé sýry nejčastěji řadí mezi měkké sýry, které dle Vyhlášky obsahují alespoň 67 % vody (Česko, 2016).

1.2 Termizované čerstvé sýry

Dle Vyhlášky 397/2016 Sb. se termizací rozumí tepelné ošetření mléčných výrobků při teplotách do 80 °C po dokončení kysacího procesu. Toto ošetření se provádí pro potlačení

nebo zastavení aktivity přítomné mikroflóry (Česko, 2016), čímž dojde k prodloužení trvanlivosti výrobků, aniž by byla negativně ovlivněna jejich chuť. Nejznámějším termizovaným sýrem v České republice je sýr „Lučina“, který se v Povltavských mlékárnách Sedlčany vyrábí již od roku 1981 (Kopáček a Československý svaz mlékárenský, 2008).

1.3 Suroviny pro výrobu čerstvých sýrů

1.3.1 Mléko

Mléko je celosvětově nejpoužívanější hlavní surovinou při výrobě sýrů. Kvalita mléka má vliv na vlastnosti výsledného sýra a je z velké části ovlivněna výživou dojnice. V praxi se často krmiva obohacují o nutričně výhodné látky, které následně přecházejí do mléka a vylepšují tak jeho celkový výživový profil. Nejčastěji je mléko tímto způsobem obohaceno o konjugovanou kyselinu linolovou. V případě volby nekvalitního krmiva k výživě dojnic však může dojít k negativnímu ovlivnění kvality mléka. Bylo zjištěno, že nekvalitní siláž je častým zdrojem sporotvorných anaerobů v mléce (tj. *Clostridium tyrobutyricum*), které jsou typicky zodpovědné za pozdní duření sýrů (problém u zrajících sýrů). Výslednou kvalitu mléka také ovlivňuje stádium laktace nebo konkrétní plemeno zvířete (Papademas a Bintsis, 2017).

Dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004 musí mléko pocházet ze zvířat v dobrém zdravotním stavu, které nevykazují žádné příznaky infekčního onemocnění. Vemeno musí být neporaněné, jelikož by mohlo být zdrojem infekce. Mléko nesmí být získáváno ze stád, ve kterých se vyskytuje tuberkulóza, brucelóza či jiné zoonózy. Toto Nařízení rovněž stanovuje mikrobiologické limity vztahující se na syrové a tepelně ošetřené kravské mléko určené pro výrobu mléčných výrobků. Mikrobiologické limity jsou prezentovány v Tabulce 1 (Nařízení EP a Rady č. 853/2004).

Tabulka 1 Mikrobiologické limity dané Nařízením č. 853/2004 pro syrové mléko určené k výrobě mléčných výrobků)

Druh mléka	Teplotní podmínky pro stanovení	Obsah mikroorganismů
Syrové kravské mléko	Obsah mikroorganismů při 30 °C (na ml)	≤ 300 000
Tepelně ošetřené kravské mléko		≤ 100 000

(Nařízení EP a Rady č. 853/2004)

Přestože se v obchodech setkáváme primárně se sýry z kravského mléka, své místo na trhu mají také sýry z kozího, ovčího mléka či dalších minoritních druhů mlék (García-Gómez et al., 2019).

1.3.2 Syrovátka

Syrovátka je vedlejším produktem vznikajícím při výrobě sýrů. Odděluje se ze sýřeniny po koagulaci kaseinových bílkovin v mléce způsobené vlivem syřidla. Jedná se o nažloutlou kapalinu obsahující až 94 % vody, která obsahuje většinu ve vodě rozpustných látek z mléka. Sušina syrovátky je z velké části tvořena laktózou, tedy mléčným cukrem. Dále jsou v ní obsaženy také proteiny, minerály, neproteinové dusíkaté látky a další minoritní složky, jako například lipidy (asi 0,05 %). Kromě zmíněných látek obsahuje syrovátka také enzymy a zbytkové množství startérových kultur pocházejících ze samotné výroby sýrů (Tsermoula et al., 2021).

Uvádí se, že až 90 % mléka, které vstupuje do zařízení jako surovina pro výrobu mléčných výrobků, se posléze stává syrovátkou (Buchanan et al., 2023). V roce 2020 bylo v Evropě vyprodukováno téměř 148 milionů tun mléka, a z toho byla téměř polovina použita pro výrobu sýrů. V roce 2020 bylo tedy v Evropě vyprodukováno zhruba 57 milionu tun syrovátky (Tsermoula et al., 2021).

Přestože se dnes syrovátka již hojně využívá jako surovina pro další zpracování do produktů, jako je například sýr Ricotta, stále se intenzivně hledají způsoby, jak tento vedlejší produkt využít co nejefektivněji. Vzhledem k rostoucí populaci, a tedy zvyšující se poptávce po potravinových zdrojích, je snaha o zpracovávání sekundárních produktů, jako je právě syrovátka, klíčová pro minimalizaci odpadu (Tsermoula et al., 2021).

1.3.3 Kultury

K výrobě čerstvých sýrů pomocí biologického okyselení se využívají mikrobiální kultury, jejichž hlavním úkolem je fermentace laktózy na kyselinu mléčnou a tvorba aroma. Typickými zástupci čerstvých sýrů, které se vyrábí kyselým srážením za použití bakteriálních kultur, jsou Cottage či smetanový sýr (Fox et al., 2017).

Mezofilní kultury

Mezofilní kultury se často využívají při výrobě sýrů jako tzv. startérové kultury, jejichž hlavním úkolem je snížení pH díky metabolismu laktózy, případně produkce CO₂ či aromatických látek (např. diacetyl nebo acetát) (Fox et al., 2017). Startérové kultury se také

účastní prvních fází zrání u zrajících sýrů (Blaya et al., 2018). Mezi mezofilní kultury nejčastěji patří bakterie mléčného kvašení (dále jen „BMK“) (Fox et al., 2017). Hlavními zástupci jsou zejména *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* a *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* (Ozturkoglu-Budak et al., 2021). Součástí kultur jsou také aromatvorné BMK, které využívají citrát za vzniku aromatických sloučenin. Tyto bakterie se nazývají citrát-pozitivní bakterie a jsou zodpovědné za tvorbu zejména diacetylu, acetátu či CO₂. Nadměrná produkce CO₂ zodpovídá za vadu zvanou „plovoucí sýřenina“, která je více probrána v kapitole 2.1.3. Hlavním zástupcem aromatvorných bakterií, které mají význam při výrobě sýrů, je Cit⁺ *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris* (Fox et al., 2017).

Startérové kultury se mohou přidávat do mléka před aplikací syřidla nebo současně. Výhodou přídavku kultur předem je snížení pH mléka v důsledku částečného vývinu kyselin. Snížení pH mléka je pro syřidlo výhodné, a napomáhá tak vzniku pevnějšího koagula (Lucey, 2011).

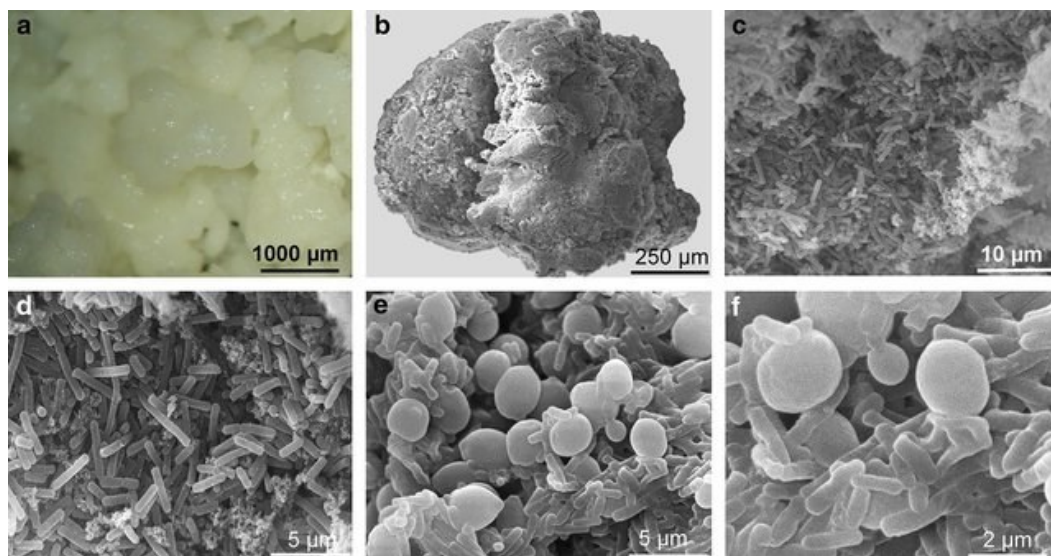
Mezofilní kulturou použitou v této práci je keřirová kultura. Je získávána smícháním vhodných bakterií izolovaných z keřirových zrn, a obsahuje tak přesně definované kmeny mikroorganismů. Mezi bakterie, které nejčastěji tvoří součást keřirové kultury patří *Lactococcus lactis*, leukonostoky, *Lactocaseibacillus lactis*, *Lactobacillus acidophilus* a *Levilactobacillus brevis*. Z kvasinek je to nejčastěji *Kluyveromyces marxianus* či *Kluyveromyces lactis* (Urbanová, 2015).

Symbiotické kultury

Symbióza byla poprvé definována v roce 1897 jako „společné soužití odlišných mikroorganismů“. V potravinářských výrobcích se zpravidla jedná o soužití, při kterém není žádný z organismů negativně ovlivněn (mutualismus nebo komenzalizmus). V rámci symbiotického společenství dochází k několika interakcím pomocí signálních molekul (tzv. quorum sensing) nebo proteinů či polysacharidů v rámci biofilmu. Častá je vzájemná výměna metabolitů, které organismy samy o sobě nedokážou vyprodukovat, tvorba metabolitů výhodných pro ostatní organismy, sekrece proteinů nebo přenos genů. Symbiotický vztah mezi bakteriemi se využívá zejména při výrobě kysaných mléčných výrobků nebo je součástí kynutého těsta (Stadie et al., 2013).

Typickým zástupcem symbiotické kultury jsou tzv. keřirová zrna, využívaná k výrobě keřiru, nápoje původem z Kavkazu ve střední Asii (Motaghi et al., 1997). Keřirová zrna jsou

charakteristická svým vzhledem připomínající malé růže kvěťáku, a to díky jejich krémové barvě a nepravidelnému tvaru (viz Obrázek 1). Jedná se o vícekmennou kulturu, která se skládá z kvasinek (nejčastěji rodu *Kluyveromyces*, *Candida*, *Saccharomyces* či *Pichia*), BMK (*Lactobacillus*, *Lactococcus* či *Leuconostoc*) a bakterií octového kvašení (Papavasiliou et al., 2008). Dle Dimitrellou et al. (2015) mohou laktobacily tvořit až 80 % keřirové kultury. Zmíněné mikroorganismy produkují kyselinu mléčnou, bakteriociny či antibiotika, čímž zabráňují kažení a rozvoji patogenních mikroorganismů. Součástí zrn jsou také proteiny a polysacharidy, produkty metabolické činnosti bakterií, které tvoří „obal“ mikrobioty, která je schovaná uvnitř (Cheng et al., 2024). Významným polysacharidem, který je často v souvislosti s keřírem skloňován, je tzv. keřiran. Jedná se o vysokomolekulární exopolysacharid produkovaný bakteriemi obsaženými v keřirových zrnech. Dle studií by měl mít keřiran několik pozitivních účinků na zdraví včetně protinádorové aktivity. Zaznamenány u něj byly také antimikrobní či antioxidační účinky (Simonelli et al. 2022).



Obrázek 1 Keřirová zrna bez zvětšení (a); povrch (b-d) a vnitřní část (e, f) zrna pod elektronovým mikroskopem; povrch zrna (c,d) dokazuje převahu bakterií v úzkém spojení s keříranem; vnitřní část zrna tvořena tyčinkami ve spojení s kvasinkami (e,f)

(Friques et al., 2015)

Přesné mikrobiologické složení keřirových zrn se může výrazně lišit v závislosti na jejich geografickém původu, kvalitě použitého mléka a podmínkách, ve kterých jsou zrna kultivována.

Dle studie, která byla zaměřená na identifikaci bakterií a kvasinek přítomných v keřirových zrnech je patrné, že nejzastoupenějšími jsou právě mléčné tyčinky (Motaghi et al., 1997). Výsledky této studie jsou prezentovány v Tabulce 2.

Tabulka 2 Mikrobiota keřirového zrna

	Mikroflóra	Množství na 1g keřirových zrn
Kvasinky	<i>Kluyveromyces marxianus</i>	1×10^5
	<i>Kluyveromoyces lactis</i>	1×10^4
	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	1×10^6
	<i>Saccharomyces fragilis</i>	1×10^5
Bakterie	<i>Lactobacillus keřiranofaciens</i>	1×10^9
	<i>Levilactobacillus brevis</i>	1×10^6
	<i>Lacticaseibacillus casei</i>	1×10^6
	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i>	1×10^6
	<i>Lactococcus lactis</i>	1×10^4
	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	1×10^5
	<i>Acetobacter aceti</i>	1×10^6

(Motaghi et al., 1997)

Symbiotického vztahu mezi organizmy se také využívá při výrobě kombuchy neboli čaje fermentovaného pomocí společenství bakterií a kvasinek (tzv. SCOBY – Symbiotic culture of bacteria and yeast) (Zailani a Adnan, 2022).

1.3.4 Sůl

Při výrobě sýrů je sůl nezbytnou složkou. Její hlavní funkcí je konzervace sýra a ovlivnění texturních a chuťových vlastností. Funkce NaCl při výrobě sýrů je blíže popsána v kapitole 3.4.

Při solení sýrů se nejčastěji využívá forma solení v solné lázni. Tento způsob solení je založen na přesunu Na^+ a Cl^- ze solného nálevu do sýra v důsledku osmotického tlaku. Aby došlo k vyrovnání koncentrací soli na obou stranách, dochází k odlučování vody ze sýra do nálevu. Koncentrace NaCl ve vodní lázni se pohybuje kolem 18-25 %. Množství soli absorbované sýrem se odvíjí od doby, po kterou je sýr uložen v lázni. V důsledku vyrovnávání vzájemné rovnováhy dochází k postupnému zpomalování nárůstu koncentrace soli ve hmotě sýra. Dalším faktorem, který výrazně ovlivňuje absorpci soli, je teplota. Množství absorbované soli může být zvýšeno o 30-50 % (podle velikosti a složení sýra), pohybuje-li se teplota solné lázně v teplotách mezi 4-25 °C. Zvýšením teploty dochází ke

zvýšení pohybu molekul. Difuzní koeficient a množství absorbované soli se zároveň zvyšuje s rostoucím obsahem vody v sýru (Fox et al., 2017).

Solení za sucha se využívá například při výrobě Cottage sýru, kdy je sýřenina rozemleta a spolu se solí je následně promíchána. Absorpce soli sýřeninou je výrazně rychlejší než při solení v solné lázni. Důvodem je rozemletí sýřeniny, čímž dojde ke zvětšení absorpčního povrchu sýra (Fox et al., 2017).

1.3.5 Koření

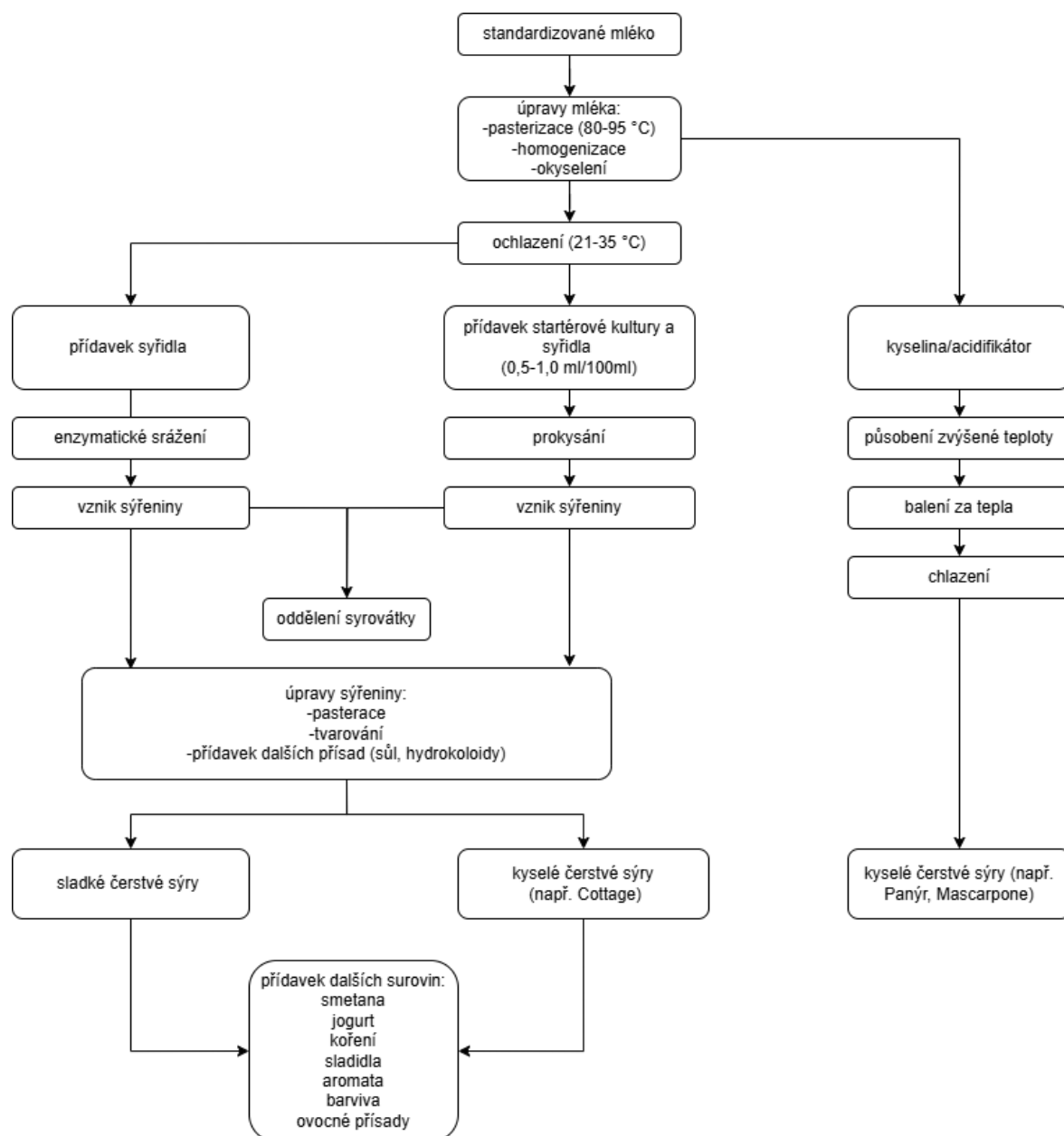
Čerstvé sýry jsou vhodným substrátem pro rozvoj bakterií, jako je *Listeria monocytogenes*. Snahou výrobců je zajistit bezpečnost a udržitelnost potravin uváděných na trh, a proto se často využívá nejrůznějších typů konzervantů, které tyto požadavky dokážou splnit (Lobacz et al., 2016).

Byliny a koření jsou velmi účinnými přírodními antioxidanty a konzervanty, a jsou tak skvělou alternativou k některým syntetickým přídatným látkám. Jejich antioxidační a konzervační vlastnosti jsou zajištěny díky přítomnosti esenciálních olejů a fenolických látek, které jsou v koření přítomny. Bylo zjištěno, že využití oregana a hřebíčku má vliv na inhibici oxidace lipidů během skladování, čímž se prodlužuje celková trvanlivost výrobku. Ačkoliv se často využívá i čerstvé koření, sušená forma vykazuje vyšší obsah fenolických látek. Při výrobě sýrů se často díky účinnému antimikrobnímu působení využívá česneku a pepře, avšak jejich antioxidační účinek je minimální (Josipović et al., 2015).

Kromě konzervačního působení koření také významně přispívá ke zlepšení chuti. Spolu s dalšími přísadami, jako jsou ořechy nebo ovoce, navíc umožňuje rozšíření nabídky na trhu, a podílí se tak na rostoucí popularitě čerstvých sýrů (Fox et al., 2017).

1.4 Způsoby srážení při výrobě čerstvých sýrů

Při výrobě čerstvých sýrů se využívá 2 hlavních způsobů srážení, které se následně mohou kombinovat vzájemně nebo s vyššími teplotami. Nejčastější způsoby výroby jsou znázorněny na Obrázku 2.



Obrázek 2 obecné schéma výroby čerstvých sýrů

(upraveno podle Fox et al., 2017)

1.4.1 Enzymaticky srážené sýry

Během tohoto procesu jsou tukové kapénky zachyceny v sýřenině, zatímco voda, laktóza, minerály a sérové bílkoviny se z větší části stávají součástí syrovátky. Princip sladkého srážení je založen na proteolytické aktivitě syřidla, které štěpí κ -kaseinovou frakci přítomnou v kaseinových micelách. Celý proces sladkého srážení se dá rozdělit na dvě fáze.

Primární fáze

Během této fáze dochází k enzymatické hydrolyze κ -kaseinové frakce, která je přítomná na povrchu kaseinové micely. Hydrofilní část této frakce (κ -kaseinmakropeptid) obsahuje negativní náboj a tvoří tzv. „hairy structure“ neboli vlasovou strukturu vlající na povrchu micely. Právě tato struktura zajišťuje díky stérickým jevům a elektrostatickému odpuzování stabilitu kaseinových micel a ochraňuje je tak před vysrážením. Úlohou syřidla je rozštěpení peptidové vazby mezi Phe¹⁰⁵-Met¹⁰⁶, které tvoří mimo jiné κ -kasein. Tím dojde k rozdělení κ -kaseinu na dvě části. Štěpením vzniká hydrofilní κ -kaseinmakropeptid, který je spolu se sérovými bílkovinami, vodou, laktózou a minerály součástí syrovátky. Během procesu hydrolyzy vzniká také hydrofobní a kladně nabitá část, známá jako para κ -kasein. Ten zůstává součástí kaseinových micel a setrvává tak v syřenině. Uvolněním κ -kaseinmakropeptidu dochází ke snižování zeta potenciálu kaseinových micel. V důsledku tohoto jevu dojde k oslabení odpudivých sil, což umožňuje těsnější přiblížení micel para κ -kaseinu. Rychlost hydrolyzy κ -kaseinu je úměrná množství syřidla. Optimální hodnota pH pro aktivitu syřidla je v rozmezí hodnot 5,5-5,3 (Britten a Giroux, 2022). Okyselení mléka na hodnotu nižší než 5,6 vede k urychlení tvorby gelu, ale snižuje jeho sílu a pevnost. Prudší snížení pH rovněž vede ke zvýšení retence chymosinu v syřenině (Li a Zhao, 2019).

Sekundární fáze

Během sekundární fáze dochází k agregaci micel destabilizovaných v první fázi. V momentě, kdy je rozštěpeno alespoň 80 % κ -kaseinu, dochází k agregaci micel pomocí hydrofobních interakcí a vápenatých můstků. Postupným shlukováním micel vzniká gelová síť s relativně velkými póry, které obsahují tukové kapénky a syrovátku. Rychlost srážení mléka je přímo úměrná teplotě mléka. Uvádí se, že se pro výrobu sýrů obvykle využívá srážecích teplot v rozmezí 30-35 °C. Pro podporu srážení a tvorbu pevného gelu se do mléka běžně přidávají vápenaté ionty, nejčastěji ve formě chloridu vápenatého (Britten a Giroux, 2022).

1.4.2 Kysele srážené sýry

Výrobě čerstvých sýrů pomocí kyselého srážení předchází úpravy mléka v podobě standardizace, pasterizace a případně homogenizace. Ošetřené mléko se následně inokuluje startérovou mezofilní kulturou a inkubuje se při teplotě 20-35 °C. Během inkubace dochází účinkem mléčných bakterií k přeměně laktózy na kyselinu mléčnou, která způsobuje snížení pH mléka, a tedy jeho sražení. Ke sražení kaseinových bílkovin dochází při dosažení tzv.

izoelektrického bodu (pH ~4,6), při kterém kaseinové micely ztrácí svůj záporný náboj a začnou se shlukovat. Doba i teplota inkubace se volí podle požadované finální konzistence. Při inkubaci za nižších teplot dochází k acidifikaci mléka pomaleji, a inkubace tedy probíhá po dobu 12-16 hod (tzv. long set). Při vyšších teplotách (~30 °C) dochází k okyselení mléka rychleji, doba inkubace je tedy obvykle zkrácena na 4-6 hod (tzv. short set) (Fox et al., 2017).

Okyselení hmoty pomocí startérových kultur se označuje jako biologické okyselování, při kterém bakterie metabolicky přeměňují laktózu na kyselinu mléčnou. Alternativou k biologickému kysání je přímé okyselení hmoty přidavkem organické kyseliny (např. kyselina citrónová) nebo okyselovače (glukono- δ -lakton), který ve vodném prostředí podléhá hydrolyze na kyselinu glukonovou. Metoda přímého okyselení je rychlejší, protože na rozdíl od biologického okyselení způsobí přidavek kyselin rychlejší snížení pH mléka (Fox et al., 2017).

Po inkubaci je hmota podrobena indukované synerezi, jejíž cílem je zvýšení celkového obsahu sušiny ve hmotě (Fox et al., 2017). Tento krok odlišuje výrobu čerstvých sýrů od výroby klasických jogurtů, při kterých nedochází k odstraňování syrovátky (Lucey, 2011). Mezi hlavní kroky patří krájení syřeniny, zahřívání, odstředování nebo využití gravitační síly pro odkapání. Tyto úkony vedou k narušení gelové struktury a uvolnění části syrovátky. Synereze může probíhat také spontánně v průběhu skladování, což spotřebitelé často mylně berou jako vadu výrobku. Uvolnění syrovátky však může konzumentům dokázat, že nebyla použita žádná aditiva pro zadržení syrovátky ve hmotě. Kyselé sýry typu tvaroh se po oddělení syrovátky a zakoncentrování již dále neupravují, a jedná se tak o sýry balené za studena. Naopak smetanový sýr je po zakoncentrování často podroben úpravám v podobě homogenizace, tepelného ošetření či přidavku hydrokoloidů. Tyto úpravy významně ovlivňují texturní vlastnosti, a mají tak výrazný vliv na celkovou kvalitu finálního produktu (Fox et al., 2017).

Kysele srážené sýry mají zpravidla jemnou a lehce nakyslou chuť. Na trhu je dnes k dispozici široká nabídka sýrů různých tvarů a chutí (Lucey, 2011). Přesto, že je většina kyselých sýrů vhodná k okamžité spotřebě, určité druhy sýrů mohou být ponechány krátkému zrání (Mcsweeney et al., 2017).

1.4.3 Kysele srážené sýry s přidavkem syřidla

Při výrobě sýrů pomocí kyselého srážení se může využít malé množství syřidla. Jeho přidavek není nezbytný, ale napomáhá k tvorbě pevnějšího gelu a minimalizaci ztrát

kaseinových bílkovin do syrovátky. Malé množství syřidla se využívá například při výrobě Cottage nebo tvrdého tvarohu (Fox et al., 2017).

1.4.4 Kombinace kyselého srážení a tepla

Sýry vyrobené kombinací kyselého srážení a tepla jsou malou, ale neméně důležitou skupinou čerstvých sýrů. Hlavním představitelem této skupiny je italský sýr Ricotta, odvozen od slova „ricottura“ (v přesném překladu „znovu ohřátí“) (Mcsweeney et al., 2017).

Tento typ sýrů se nejčastěji vyrábí ze syrovátky či směsi mléka a syrovátky, a byl pravděpodobně vyvinut z důvodu využití nutričně výhodných syrovátkových bílkovin. Tyto sýry se velmi často využívají jako ingredience do nejrozličnějších pokrmů (Fox et al., 2017).

2 TECHNOLOGIE VÝROBY ČERSTVÝCH SÝRŮ

Základem výroby čerstvých sýrů je srážení mléka za vzniku sýrového zrna, které se oddělí od syrovátky a následně se libovolně zformuje. Čerstvé sýry zpravidla nezrají, nebo jen velmi krátce, a proto jsou určeny k rychlé spotřebě. Výroba čerstvých sýrů pomocí různých druhů mlék, syrovátky a dalších surovin (koření, ořechy, ovocné či zeleninové přísady apod.) umožňuje získat produkty naprosto odlišných organoleptických vlastností (Kopáček a Československý svaz mlékárenský, 2008).

2.1 Čerstvé sýry z mléka

2.1.1 Tvaroh

Tvaroh je homogenní, lehce nakyslý sýr s hladkou a roztíratelnou konzistencí (Fox et al., 2017). Nejčastěji se vyrábí kombinací kyselého a sladkého srážení. Tvaroh je populární zejména v zemích Střední Evropy, kde je znám pod názvy Kvarg, Tvarog, Tworog či Sauermilchquark (Lucey et al., 2011). Největší popularitě se však těší v Německu, kde se jeho spotřeba pohybuje kolem 7 kg na osobu za rok. V Indii je výrobek podobný tvarohu znám pod názvem „Chakka“ (Fox et al., 2017).

Obvykle se vyrábí z odtučněného a pasterovaného mléka (72-85 °C po dobu 15 s), které je následně ochlazeno a inokulováno startérovou kulturou BMK. Zákysová kultura pro výrobu tvarohu je tvořena mezofilními BMK, a to zejména *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lc. cremoris*, *Leuconostoc* spp. a Cit+ kmeny *Lc. lactis* (Lucey et al., 2011). Pro zabránění uvolnění kaseinových bílkovin do syrovátky se do mléka při pH ~6,3 přidává také malé množství syřidla (Fox et al., 2017). Po dokončení fermentačního procesu je sýřenina promíchána a krátce zahřáta na 60 °C a rozdělena na tvaroh a vedlejší produkt, tedy syrovátku. Rozdělení se může provádět odstředěním nebo ultrafiltrací. Tradičním způsobem se separace provádí přes filtrační plátna nebo mušelinové sáčky. Pro stabilizaci tvarohu se může využít želatiny nebo hydrokoloidů, které plní funkci stabilizátoru (Lucey et al., 2011).

Vzhledem k tomu, že tvaroh obsahuje relativně velké množství vody (~82 %), nejedná se o sýr určený k dlouhodobému skladování. V důsledku mikrobiálního růstu, pokračující synereze nebo vzniku tzv. off-flavor (zejména hořké pachuti), lze tvaroh skladovat 2-4 týdny při teplotě kolem 8 °C. Údržnost tvarohu může být prodloužena přidávkou konzervantů, využitím modifikované atmosféry nebo termizací „rozbitého“ gelu před jeho separací (Fox et

al., 2017). Pro jeho neutrální chuť je možné ho kombinovat s nejrůznějšími surovinami (Lepesioti et al., 2021).

2.1.2 Smetanový sýr

Smetanový sýr je typickým zástupcem kyselé srážených sýrů. Má lehce nakyslou chuť s lehkou chutí po diacetylu. Výsledná konzistence může být buď tužší či naopak měkká a roztíratelná. Smetanový sýr je zpravidla vyráběn z pasterovaného, standardizovaného a homogenizovaného mléka. Předem upravené mléko je inokulováno mezofilní kulturou a ponecháno inkubaci. Vzniklá sýřenina je následně zahřívána pro uvolnění co největšího množství syrovátky. Největší podíl syrovátky je uvolněn při tzv. dehydrataci, která může být provedena odkapáním přes mušelínové vaky (tradiční metoda), na odstředivce či pomocí ultrafiltrace (Fox et al., 2017).

Pro rozšíření nabídky smetanových sýrů je možné přidávat koření, bylinky, či jiné ingredience. Smetanové sýry se také mohou vyrábět smícháním kyselých sýrů (ricotta, mascarpone, tvaroh) a následnou pasterací a homogenizací směsi. Tyto typy výrobků se po dokončení výroby balí za horka (Fox et al., 2017).

2.1.3 Cottage sýr

Cottage je charakteristický typ sýru, který se svou konzistencí výrazně liší od zbytku čerstvých sýrů. Je tvořen malými kousky sýra zalitými ve slaném smetanovém nálevu. Jeho chuť je smetanová až kyselá, jemně chutnající po diacetylu (Fox et al., 2017).

Cottage sýr se vyrábí z odstředěného homogenizovaného a pasterizovaného mléka, které je na začátku výrobního procesu inokulováno startérovou kulturou. Během fermentace vznikají aromatické látky, jako je diacetyl a acetát. Dochází také k produkci CO₂, který je při následovném zahřátí na ~50 °C odpařen, což může způsobovat vynášení vzniklé sýřeniny na povrch. Nadměrná produkce oxidu uhličitého představuje vadu zvanou jako „plovoucí sýřenina“, která snižuje výtěžnost. Sýřenina je v tomto případě velmi křehká a při krájení a praní se rozpadá. Aby k těmto vadám nedocházelo, je nutné zvolit mezofilní kultury o ideálním poměru kyselinotvorných a aromatvorných bakterií. V průmyslu se problém plovoucí sýřeniny často řeší tak, že se mléko inokuluje pouze kyselinotvornými koky. Absence aroma je poté vyřešena přímým přidavkem diacetylu do smetanového nálevu. Jakmile dojde ke snížení pH na hodnotu ~6,3, je pro podporu pevnosti gelu při krájení přidáváno syřidlo (<3 %). Hmota je následně zahřívána při teplotě v rozmezí 50-60 °C (Fox

et al., 2017). Při výrobě Cottage sýra se sýřenina krájí na 6-12 mm kousky a následně je zahřívána při teplotách do 30 °C pro podporu synereze. Po 20-30 minutách se sýřenina začne promíchávat, aby došlo k dalšímu uvolnění syrovátky (ASHRAE, 2022). Často se pokrájená sýřenina může zahřívát při vyšších teplotách, při kterých dojde k usmrcení mezofilních mikroorganismů, které by mohly způsobovat následnou postacidifikaci smetany (Johnson a Donnelly, 2013). Finální teplota sýřeniny se většinou pohybuje kolem 49-54 °C. Sýřenina se po oddělení od syrovátky propírá prací vodou. Po zchlazení se kousky sýřeniny zalijí smetanovým nálevem, který se skládá z nízkotučné smetany, soli a malého množství stabilizátoru (Ashrae, 2022). Nálev může být také obohacen o koření, oříšky či kousky zeleniny (HO, 2016).

Cottage sýr je bohatým zdrojem bílkovin (více než 10 % hmoty). Neobsahuje laktózu, což ho činí vhodným ke konzumaci pro lidi s laktózovou intolerancí. Kromě vysokého obsahu proteinů je však Cottage sýr také bohatým zdrojem soli, která je do smetanového nálevu přidávána ze senzorických a konzervačních důvodů. Z důvodu vysokého obsahu vody a proteinů je Cottage sýr nevhodný k dlouhodobému skladování. Jeho trvanlivost se pohybuje kolem 3 týdnů (HO, 2016).

2.1.4 Mascarpone

Mascarpone je velmi populárním sýrem využívaným zejména do sladkých pokrmů a dezertů. Je charakteristický svou jemnou a homogenní strukturou a lehce štiplavou chutí. Technologie výroby je velmi podobná technologii sýru Ricotta, avšak s tím rozdílem, že se do mléka na začátku procesu přidává smetana. Z tohoto důvodu je sýr Mascarpone více krémový než Ricotta. Pro koagulaci se rovněž využívají vyšší koagulační teploty, jelikož se zvýšením obsahu tuku ve hmotě se snižuje schopnost vedení tepla. V závěru výrobního procesu se sýřenina nasoluje, avšak výrazně méně než sýr Ricotta. Na závěr se sýr našlehá a přemístí do kulatých forem. Takto vyrobený sýr má trvanlivost 1-3 týdny (Fox et al., 2017).

2.1.5 Panýr

Panýr je čerstvý nasládlý sýr pevnější konzistence s lehce oříškovou chutí. Přestože se dnes povědomí o tomto sýru celosvětově rozšířilo, jedná se o tradiční sýr původem z Indie. Uvádí se, že až 5 % vyprodukovaného mléka v Indii se využívá právě k výrobě panýru (Kumar et al., 2014). Velká část populace se zde stravuje vegetariánsky, a to především z náboženských a kulturních důvodů. Dle studie z roku 2019 dodržuje v určitých regionech vegetariánskou stravu až 60 % populace (Orlich et al., 2019). Z tohoto důvodu je panýr díky své kompaktní

a houbovitě struktúře (viz Obrázek 3) často v Indické kuchyni vyhledáván jako náhražka masa (Kumar et al., 2014).



Obrázek 3 Panýr

(Between Kitchens, 2021)

Panýr může být vyroben i z kravského mléka, tradičně se však vyrábí z polotučného buvolího mléka, které je tepelně ošetřeno při $\sim 90\text{ }^{\circ}\text{C}$. Po jeho ochlazení je mléko přímo okyseleno za použití organických kyselin na $\text{pH} \sim 5.5$. Při těchto podmínkách dochází k agregaci proteinů, a tedy formaci gelu za současného uvolnění syrovátky. Dodržení správné hodnoty pH a teploty je klíčové pro získání produktu optimální konzistence (Fox et al., 2017). Sýřenina je následně oddělena od syrovátky nejčastěji lisováním nebo filtrací a vytvarována (Kumar et al., 2014). Působením zvýšeného tlaku na vytvarovaný sýr dojde k dalšímu odloučení syrovátky. Obsah vody se pohybuje nejčastěji kolem 60-80 % (Fox et al., 2017).

2.1.6 Labneh

Labneh je tradiční sýr pocházející ze zemí Blízkého východu. Tento sýr se může prodávat pod jinými názvy v závislosti na tom, odkud pochází. Nejčastěji se s ním můžeme setkat v Turecku („Suzme“), Bulharsku („Besa“) či Egyptě („Laban Zeer“) (Nsabimana et al., 2005).

Přestože je Labneh řazen mezi čerstvé sýry, jedná se spíše o koncentrovaný jogurt (Nsabimana et al., 2005). Je charakteristický svou jemnou, krémovou konzistencí a dobrou

roztíratelností (viz Obrázek 4). Jeho výroba spočívá v zahušťování nejčastěji plnotučného jogurtu přes plátěný sáček. V důsledku odkapávání syrovátky dochází k zakonzentrování kaseinových bílkovin, což vede k tvorbě kýžené polotuhé konzistence. Po dosažení požadovaného obsahu sušiny (>20 % hm.) je k sýru přidána sůl (obvykle 1-2 % NaCl) a je důkladně rozmíchána (Nsabimana et al., 2005). Po výrobě je sýr zchlazen a skladován v lednici po dobu maximálně dvou týdnů (Kamaly et al., 2023).



Obrázek 4 Labneh s kořením a olivovým olejem

(Bon Appétit, 2014)

Díky odkapání syrovátky je Labneh bohatým zdrojem bílkovin s nízkým obsahem sacharidů. Při dodržování zdravého životního stylu může konzumace fermentovaných potravin s nižším obsahem sacharidů sloužit jako prevence civilizačních onemocnění (Kamaly et al., 2023).

2.1.7 Labneh Ambaris

Labneh Ambaris je méně známý typ sýru Labneh, který se od něj liší technologií výroby. Jedná se o fermentovaný mléčný výrobek sýrového typu původem z Libanonu. Tradičně se Ambaris vyrábí na venkovech ze syrového kozího mléka, které se ponechá přirozené fermentaci v keramické nádobě (viz Obrázek 5) při teplotě kolem 30 °C po dobu 7-15 dní. Uvolněná syrovátka se v průběhu fermentace pravidelně odstraňuje, čímž se vytváří prostor pro další přídavek mléka a soli. Tento proces se opakuje, dokud není nádoba zcela naplněna vzniklým krémovým sýrem. K výrobě nejsou využity startérové kultury ani CaCl_2 na podporu srážecího procesu. Tradiční výroba obvykle začíná v březnu a trvá až 7 měsíců. Po

ukončení výrobního procesu je získán velmi koncentrovaný produkt granulovité konzistence, který se vyznačuje vysokou kyselostí a lehkou pikantností (Dimassi et al., 2020).



Obrázek 5 Labneh Ambaris v keramické nádobě před ukončením výrobního procesu

(The art of Ambarees, 2016)

Běžně se tento sýr konzumuje ihned nebo se z něj mohou vytvarovat větší kuličky, které se následně umístí do sklenice s rostlinným olejem, čímž se prodlouží jeho údržnost (Dimassi et al., 2020).

2.1.8 Queso blanco

Queso blanco je obecný název pro bílé, poloměkké sýry pocházející ze zemí Střední a Jižní Ameriky (viz Obrázek 6). Je znám pod různými lokálními názvy v závislosti na tom, v jaké zemi je vyroben. Jednotlivé sýry se pak liší svým tvarem, surovinovou skladbou, velikostí či způsobem výroby. Příkladem jsou sýry Queso Llanero či Queso de Cincho, které se vyrábějí kombinací kyselého srážení a vyšší teploty. Sladké srážení se naopak využívá při výrobě sýrů, jako jsou Queso de Matera či Queso Pasteurizado. U sýrů vyrobených kombinací kyselého srážení a teploty se využívá teplot dostatečně vysokých (80-90 °C) na to, aby došlo ke zvýšení jejich údržnosti v zemích s vyššími denními teplotami (Fox et al., 2017).

Obecně jsou sýry typu Queso Blanco krémové, bohatě prosolené sýry s vyšší kyselostí. Na rozdíl od tvarohu či Labneh mají nižší obsah vody (40-50 %). Obsah proteinů se pohybuje kolem 25 % a tuků zhruba 15 % (Fox et al., 2017). Toto složení zajišťuje dobrou

žvýkatelnost a zároveň sýr činí vhodný pro plátkování (The Quality of Foods and Beverages, 2012).



Obrázek 6 Queso blanco

(Regional acces, 2024)

- a) Výroba sýru Queso Blanco pomocí sladkého srážení začíná pasterací mléka při teplotě 72 °C po dobu 15 sekund. Následně se přidává mezofilní startérová kultura a syřidlo. Při teplotě kolem 35 °C dochází k tvorbě gelu, který se poté nakrojí a promíchává po dobu 30 min. Syrovátka uvolněná v důsledku synereze se nechá odkapat a vzniklá sýřenina se vytvaruje do požadovaného tvaru. Jednotlivě vytvarované kusy se naskládají na sebe, čímž dojde vlivem zvýšeného tlaku k uvolnění dalšího podílu syrovátky. Solení sýrů probíhá nejčastěji v solné lázni, přičemž cílený obsah soli je zhruba kolem 1,5 % (The Quality of Foods and Beverages, 2012).
- b) Výroba pomocí kyselého srážení v kombinaci s teplotou začíná tepelným ošetřením mléka při vyšších teplotách (~84 °C) pro částečnou denaturaci syrovátkových bílkovin. Snížení pH je v tomto případě zajištěno přidavkem organické kyseliny (nejčastěji kyseliny octové nebo citronové), ale výjimečně se pro tento účel využívá i bakterií mléčného kvašení. Cílem acidifikace je snížení pH na hodnotu ~5,3. V důsledku zvýšené teploty a nízkých hodnot pH dochází ke srážení kaseinových bílkovin za současného uvolňování syrovátky. Vzniklá sýřenina je oddělená od syrovátky a promíchána. Následuje solení za sucha, tvarování a stlačování pro snížení obsahu vody ve výrobku. Takto vyrobený sýr se poté vakuově zabalí a skladuje se při teplotě 6 °C po dobu až 3 měsíců (Fox et al., 2017). Při zvolení správné koncentrace kyselin a správné teploty dochází ke kompletní koagulaci

mléčných proteinů. Výsledkem je „vločkovitá“ struktura, která v sobě zachycuje molekuly tuku, ten zůstává v sířenině a nestává se tak součástí syrovátky (The Quality of Foods and Beverages, 2012).

Sloučeniny, které se podílí na výsledném aroma sýra jsou především acetaldehyd, aceton, isopropanol, kyselina propionová či máselná (Fox et al., 2017).

2.2 Čerstvé sýry ze syrovátky

Sýry vyráběné ze syrovátky jsou populární zejména ve Středozeří, kde jsou oblíbené pro svou specifickou chuť a vysokou nutriční hodnotu spojenou s nízkým obsahem tuku a soli. Z důvodu vysokého pH (~6,1), vysokého obsahu vody a nízkého obsahu soli jsou v aerobních podmínkách vhodným prostředím pro množení plísní, kvasinek a bakterií rodu *Enterobacteriaceae*. Častým řešením je skladování těchto sýrů ve vakuovém balení, kdy se doba údržnosti může prodloužit až čtyřnásobně (Papaioannou et al., 2007). Výroba čerstvých sýrů ze syrovátky spočívá v denaturaci syrovátkových proteinů teplotami mezi 88-92 °C (Bintsis a Papademas, 2023). Přestože se jedná o syrovátkové sýry, často se k výrobě používá také malé množství mléka, které zajišťuje vyšší výtěžnost. Srážení může být podpořeno přidáním vápenaté soli (Puniya, 2015).

2.2.1 Ricotta

Ricotta je tradiční sýr nejčastěji kónického tvaru, který je populární zejména v Jižní Itálii, kde je známo více než 30 různých druhů tohoto sýra. Dnes už se vyrábí také v jiných zemích Jižní Evropy, Portugalsku, Latinské Americe či USA. Svě ohromné popularitě se těší zejména díky jejímu všestrannému využití. Může být konzumována buď samostatně nebo být zakomponována do pokrmů, nejčastěji do těstovin nebo salátů. Má drobnou strukturu a jemnou, lehce nasládlou chuť (Akar, Altunel, 2022).

Tradičně se Ricotta vyrábí ze syrovátky, která zůstala jako vedlejší produkt po výrobě sýru Mozzarella nebo Provolone. K syrovátce se také přidává malé množství mléka. Směs se poté zahřívá na teplotu kolem 85-90 °C a pro podporu srážení se využívá acidifikačních činidel (např. ocet či citrónová šťáva). Vzniklá sraženina je převedena do forem obklopených ledovými krystaly, kde dojde k postupnému odstranění syrovátky (Akar, Altunel, 2022). Z důvodu velmi vysokého obsahu vody (~73 %) je Ricotta vhodná k okamžité spotřebě. Je velmi oblíbená jako ingredience při přípravě slaných pokrmů či dezertů (Fox et al., 2017).

2.2.2 Anthotyros a Manouri

Anthotyros

Anthotyros je Řecký sýr cylindrického tvaru (viz Obrázek 7), který se běžně vyrábí ze směsi ovčí a kozí syrovátky. Obsahuje relativně nízký obsah vody (~35 %), sušina obsahuje 55 % tuku a nízký obsah soli (Arvanitoyannis et al., 2011; Papademas et al., 2018). Vyrábí se zahříváním syrovátky na 90 °C. Při dosažení 70 °C se do syrovátky přidá sůl a případně malé množství kozího či ovčího mléka. Vzniklá sýřenina se sbírá do nerezových forem, ve kterých dochází k odkapání syrovátky. Sýr může být konzumován ihned v čerstvé formě nebo se může následně upravovat snížením obsahu vody a solením. Takto upravený sýr může být využíván na strouhání (Papademas et al., 2018).



Obrázek 7 Řecký syrovátkový sýr Anthotyros

(Anthotyros Cheese, 2017)

Manouri

Manouri je syrovátkový sýr, který se vyrábí pouze v Thesálii a Makedonii. Má hedvábnou strukturu a plnou chuť, která je často přirovnávána k sýru Feta (Akar, Altunel, 2022). Nejčastěji je prodáván ve válcovitém tvaru, jak je znázorněno na Obrázku 8. Vyrábí se z kozí a ovčí syrovátky a malého množství mléka. Syrovátka je zahřata na teplotu kolem 90 °C, při které se ponechá koagulovat po dobu 45 min. Sůl a mléko se nejčastěji přidává při teplotě kolem 70 °C (Papademas et al., 2018). Nejčastěji je konzumována s medem nebo se využívá jako surovina při výrobě nejrůznějších pokrmů (Akar, Altunel, 2022).



Obrázek 8 Řecký syrovátkový sýr Manouri

(Gaifyllia, 2019)

2.2.3 Urda

Urda je čerstvý sýr, se kterým se lze setkat ve všech zemích Balkánského poloostrova (Akar, Altunel, 2022). Urda má vločkovitou a písčitou konzistenci a jemnou, lehce nasládlou chuť. Vyrábí se postupným záhřevem kravské, kozí nebo ovčí syrovátky až na finální teplotu kolem 80 °C. V průběhu záhřevu se také přidává kozí či ovčí mléko a sůl. Hotové sýry se často solí za sucha po odkapání syrovátky. Urda je nejčastěji konzumována čerstvá nebo se může ponechat zrání po dobu jednoho měsíce (Pappa et al., 2016). Často se využívá také při výrobě cukrářských výrobků jako součást náplně do těsta (Akar, Altunel, 2022).

2.2.4 Anari

Anari je sýr cylindrického tvaru pocházející z Kypru (Papademas et al., 2018). Má vločkovitou a křehkou, lámavou strukturu (Akar, Altunel, 2022). Obsahuje zhruba 22 % tuku a 65 % vody. Na trhu je dostupný také v tvrdé formě, která se často využívá k nastrohání jako posyp například na těstoviny. Čerstvý Anari má slanou, lehce nasládlou a oříškovou chuť, proto je obvykle konzumován na snídani zalitý medem a posypaný ovocem (Papademas et al., 2018; Akar, Altunel, 2022).

Může se vyrábět pouze ze syrovátky nebo ze směsi syrovátky a kozího, ovčího či kravského mléka. Syrovátka (a popřípadě malé množství mléka) je zahřívána až na teplotu kolem 90 °C. Po 30 minutách zahřívání se začnou tvořit hrudky sýřeniny, které se následně namačkají do forem. Formy se umístí do lednice, kde dojde k odkapání syrovátky, aniž by současně došlo ke kažení (Papademas et al., 2018).

2.2.5 Requesón

Requesón je sýr známý zejména ve Španělsku a Portugalsku (zde pod názvem „Requeijo“). Dnes se nejčastěji vyrábí z kravské syrovátky. Má bílou barvu a lehce nasládlou chuť a svou texturou se velmi podobá sýru Ricotta. Vyrábí se zahříváním syrovátky při teplotě 90-100 °C za konstantního míchání po dobu 15 min. Vzniklá sýřenina se poté vloží do dřevěných či plastových forem na 3-4 hod pro zakoncentrování hmoty (Akar, Altunel, 2022).

2.2.6 Mesost a Messmör

Mesost a Messmör jsou syrovátkové sýry pocházející ze severního Švédska, kde se nejčastěji vyrábí z kravské syrovátky. Vyznačují se velmi sladkou chutí s lehce hořkým koncem. Výroba obou sýrů je totožná, vzájemně se liší pouze obsahem vody. Messmör, také nazýván jako „syrovátkové máslo“, obsahuje méně tuku než Mesost a je charakteristický svou měkkou a roztíratelnou konzistencí. Jeho konzistence je způsobena vyšším obsahem vody (30-35 %). Má světle hnědou barvu a nejčastěji se balí do plastových vaniček, podobně jako tradiční pomazánkové. Mesost je spíše tvrdší a krájitelný. Obsah vody v tomto sýru se pohybuje kolem 20 %. Má charakteristicky nažloutlou barvu a nejčastěji se prodává v bločcích určených na krájení (Papademas et al., 2018). Oba sýry jsou znázorněny na Obrázku 9.



Obrázek 9 Syrovátkové sýry Mesost (vpravo) a Messmör (vlevo)

(Papademas et al., 2018)

Výroba spočívá v zahřátí syrovátky, kdy dochází k odpaření významného podílu vody. Pro zabránění krystalizace laktózy musí být směs neustále míchána. Jako zdroj mléčného tuku

může být v této fázi přidáno malé množství mléka. Při výrobě Messmör je směs následně homogenizována. Karamelizovaná hmota je umístěna do forem a ponechána tuhnout. Z důvodu záhřevu syrovátky při vysokých teplotách jsou sýry prakticky prosté veškerých bakterií. Oba sýry se často vyrábí s přídavkem železa, čímž je zvýšena jejich nutriční hodnota (Papademas et al., 2018).

3 VYBRANÉ FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ VLASTNOSTI ČERSTVÝCH SÝRŮ

Výsledná textura čerstvých sýrů je ovlivněna celou řadou faktorů. Kromě obsahu syřidla, CaCl_2 , WPC či soli má na finální texturu vliv například také teplota pasterace mléka. Dle Bonczar et al. (2001) má teplota pasterace největší vliv na výtěžnost sýra, což je způsobeno denaturací syrovátkových bílkovin. Autor uvádí, že čím vyšší teplota při pasteraci mléka byla použita, tím intenzivnější byl proces tvorby komplexů vedoucích k vyšší výtěžnosti. Naopak sýry z nepasterovaného mléka obsahovaly méně vody, avšak více dusíkatých látek i vápníku. Výsledkem byla pevnější a tvrdší struktura (Bonczar et al., 2001).

3.1 Vliv přídavku syřidla

Syřidlem je enzymatický preparát složený převážně z chymosinu a/nebo dalších proteáz příp. lipáz, které jsou schopny srážet mléko za vzniku gelu. Chymosin je kyselá proteáza s největší aktivitou při pH 2-4 (Fox et al., 2017). Snížením pH dochází ke snížení odpudivých sil mezi kaseinovými micelami a k podpoře solubilizace fosforečnanu vápenatého (Giroux et al., 2022). Při výrobě sýrů představuje chymosin až 90 % syřicí aktivity mléka, zbylých 10 % je nejčastěji způsobeno pepsinem. Pro výrobu sýrů je vhodný zejména kvůli jeho specifitě štěpit pouze určité kaseinové vazby a jeho mírné proteolytické aktivitě (Fox et al., 2017).

Koncentrace syřidla ovlivňuje viskozitu a pevnost gelu. Vyšší koncentrace syřidla vede k rychlejší agregaci a vyššímu stupni hydrolýzy κ -kaseinu (Law a Tamime, 2010). Bylo zjištěno, že využití rekombinantního chymosinu vede k rychlejšímu vzniku silného gelu než při použití mikrobiálního syřidla. Chování mléka při srážení je však silně ovlivněno stádiem laktace, stravou a zdravotním stavem dojnice. Intenzita syření je přímo úměrná koncentraci syřidla, avšak příliš vysoké koncentrace mohou vést ke vzniku hořkých peptidů, které jsou při výrobě nežádoucí (Fox et al., 2017; Lucey et al., 2011).

Obecně platí, že množství syřidla přidaného do mléka je přímo úměrné jeho množství v syřenině, což pak následně ovlivňuje zrácí proces a míru proteolýzy. Množství použitého syřidla se odvíjí od výsledku, jehož chceme dosáhnout, ale obecně je potřeba takové koncentrace, aby během 30-40 min došlo ke koagulaci mléka. Typický přídavek syřidla při výrobě čerstvých sýrů je 30-60 RU nebo 0,5-1,0 ml syřidla na 100 l mléka. Při výrobě Cottage se doporučuje zhruba 2% přídavek (Fox et al., 2017).

3.1.1 Druhy syřidel

V minulosti se chymosin získával ze žaludku přežvýkavců, ale později se z etických a ekonomických důvodů začaly hledat udržitelnější alternativy. Dnes už existuje několik druhů syřidel pocházejících z různých zdrojů, které jsou do určité míry schopny nahradit funkci žaludečního chymosinu (Fox et al., 2017).

V současné době je nejvyužívanější tzv. FPC chymosin (fermentation-produced chymosin), který je získáván pomocí biotechnologií a GMO. Tato metoda se ukázala jako velmi efektivní cesta, jak získat chymosin s identickými vlastnostmi. Dnes se FPC využívá k výrobě více než 50 % sladkých sýrů. Jeho využití se obzvlášť doporučuje při výrobě tvrdých sýrů, které vykazují až o 40 % vyšší tvrdost než při použití syřidla rostlinného původu (García-Gómez et al., 2019). K výrobě sýrů se mohou využívat také mikrobiální či rostlinná syřidla (Law a Tamime, 2010). Nejčastějšími bakteriálními producenty jsou *Rhizomucor miehei*, *R. pusillus* nebo *Cryphonectria parasitica* (Fox et al., 2017). Přesto, že vykazují relativně vysokou proteolytickou aktivitu, najde se pro ně využití například při výrobě ementálu. Mezi rostlinné producenty syřidla patří například Artyčok kardový. Jejich využití není tak časté, ale významným pozitivem je jejich vhodnost pro vegetariány nebo pro lidi vyrazující určité potraviny z náboženských důvodů (Halal, Košer). Termální stabilita výše zmíněných syřidel se zvyšuje s klesajícím pH (Fox et al., 2017). Využití nevhodných syřidel s příliš vysokou proteolytickou aktivitou může vést k tvorbě hořkých peptidů a vyšší lámavosti sýrů (Law a Tamime, 2010).

3.2 Vliv přídavku CaCl_2

Přídavek CaCl_2 se obvykle pohybuje v rozmezí mezi 0-40 g CaCl_2 na 100 l mléka. S rostoucí koncentrací chloridu vápenatého se zvyšuje pevnost a tvrdost sýra, avšak příliš vysoké koncentrace mohou způsobit hořkost nebo vést ke snížení pevnosti gelu v důsledku snížení iontové síly (Law a Tamime, 2010; Bonczar et al., 2001).

Chlorid vápenatý se přidává do mléka pro urychlení a usnadnění vzniku sýřeniny. V důsledku jeho přídavku je vápník navázán na kaseinové micely, čímž dojde ke snížení odpuzivých sil a podpoře hydrofobních interakcí. Dále pak přispívá ke snížení pH, čímž podporuje funkci syřidla, a napomáhá tak k urychlování sekundární fáze enzymatického sýření. Často se využívá pro zlepšení srážlivosti a pevnosti gelu, zejména u mléka se špatnou sýřicí schopností. Zhoršená schopnost přeměňovat mléko v gel může být způsobena nízkým

obsahem vápníku nebo proteinů, vysokými hodnotami pH, pozdním stádiem laktace nebo vysokými teplotami při záhřevu (Law a Tamime, 2010).

Dle Sedaghati a Kavand (2023) vede přidavek chloridu vápenatého také ke zvýšení výtěžnosti. Důvodem je zvýšení počtu vazeb mezi kaseinovými a sérovými bílkovinami, a lepší retence tuku (Sedaghati a Kavand, 2023; Giroux et al., 2022).

Chlorid vápenatý se také může přidávat do solanky pro prevenci vzniku měkké a slizké struktury sýra, která vzniká v důsledku přechodu vápníku z hmoty sýra do solné lázně (Law a Tamime, 2010).

3.3 Vliv přídavku WPC

Koncentrát syrovátkových bílkovin (dále jen „WPC“) obsahuje přibližně 80 % bílkovin, a je tak skvělým způsobem, jak zvýšit nutriční hodnotu sýrů (Míšková et al., 2024). Dle Bintsis a Papademas (2023) mají syrovátkové bílkoviny vyšší nutriční hodnotu než kaseiny. WPC je kromě bílkovin také zdrojem laktózy, tuku a popelovin (Hanafy et al., 2016). Koncentrát se obvykle získává ze sladké syrovátky ($\text{pH} > 6$), která vzniká jako vedlejší produkt při výrobě sladkých sýrů (Bintsis a Papademas, 2023). Syrovátka je nejčastěji upravená pomocí ultrafiltrace, popřípadě diafiltrace, která se využívá pro zvýšení obsahu bílkovin (Míšková et al., 2024).

Přidavek WPC má významný vliv na hodnoty aktivní a titrační kyselosti, obsah celkové sušiny a výslednou stabilitu gelu. Kromě výše zmíněných vlastností ovlivňuje také texturní vlastnosti.

Ve studiích bylo pomocí reologické analýzy bylo jisté, že vzorky s přídavkem WPC vykazují vyšší pevnost, tvrdost, gumovitost a kohezivnost než vzorky bez přídavku koncentráту (Míšková et al., 2024; Hanafy et al., 2016). Přítomnost syrovátkového koncentráту se však negativně projevila na výsledcích senzorické analýzy, kde většina hodnotitelů zaznamenala přítomnost nepříjemné pachuti (Míšková et al., 2024). Dle Hanafy et al. (2016) měl přidavek WPC pozitivní vliv na chuťové vlastnosti sýrů, avšak přidavek vyšší než 4 % WPC již ovlivňoval chuť negativně.

Při výrobě tzv. „non-fat“ čerstvých sýrů bylo zjištěno, že přidavek WPC je přímo úměrný výtěžnosti. Ovlivnění aktivní a titrační kyselosti bylo zaznamenáno pouze při přídavcích vyšších než 4 % WPC (Hanafy et al., 2016).

3.4 Vliv přídavku NaCl

Zvýšený příjem soli ve stravě je nežádoucí, jelikož se podílí na vzniku civilizačních onemocnění, jako je zvýšený krevní tlak nebo osteoporóza. Přestože sýry nejsou pro většinu lidí hlavním zdrojem soli, mohou významně přispívat ke zvyšování denního příjmu tohoto prvku. Například Cottage sýr obsahuje přibližně 800 mg sodíku na porci (225 g), přičemž většina pochází ze smetanového dresinku (Fosberg a Joyner, 2018). Uvádí se, že průměrný člověk denně přijme až trojnásobek denního doporučeného příjmu sodíku. Problémem z hlediska zdraví je právě přítomnost sodíku v molekule, proto se dnes objevují snahy výrobců jeho obsah v sýrech snížit částečnou náhradou za jiný prvek. Nejslibnější je využití KCl, nevýhodou je však jeho hořká chuť, která vzniká při použití nadměrného množství (Fox et al., 2017). V roce 2011 byla na téma substituce NaCl provedena studie, ve které bylo zjištěno, že částečná náhrada NaCl za KCl významně zvyšuje tvrdost výsledného sýra (Gomes et al., 2011).

Přítomnost soli ovlivňuje kromě chuti i enzymatické a biochemické pochody, které vedou ke změně texturních vlastností sýra. Zároveň napomáhá ke konzervaci sýrů, čímž dochází ke zlepšení mikrobiologické stability a prodloužení údržnosti. Absorpce soli hmotou sýra je ovlivněna zejména obsahem vody a způsobem solení (Fox et al., 2017). Dle Giroux et al. (2022) má vliv také obsah proteinů v mléce. Bylo zjištěno, že při zvýšení obsahu proteinů z 3,2 % na 4 % dochází ke snížení absorpce soli hmotou sýra.

3.4.1 Vliv NaCl na aktivitu enzymů

Nízké koncentrace NaCl (<2 %) mají stimulační účinek na plasmin, koncentrace vyšší než 10 % však aktivitu této proteázy inhibují. Tento endogenní enzym hydrolyzuje β -kasein za vzniku stabilnějších γ -kaseinů, které ovlivňují organoleptické vlastnosti výsledného sýra (Fox et al., 2017). Dle studie z roku 2019 došlo u vzorků Panýru s obsahem 1,2 % NaCl k potlačení lipolytické aktivity. Naopak u vzorků s 0,8 % NaCl lipolýza potlačena nebyla (Malodia et al., 2019).

U zrajících sýrů mají vysoké koncentrace NaCl negativní vliv na průběh zrání. Důvodem je inhibice části enzymů, které se podílejí na zracím procesu. Při nízkých koncentracích NaCl se však častěji vyskytují vady sýra, jako například hořkost (Fox et al., 2017).

3.4.2 Vliv NaCl na texturní a reologické vlastnosti

Přídavek soli rovněž ovlivňuje reologické vlastnosti sýra a jeho chování při deformaci. Má dopad na jeho žvýkatelnost, pružnost a krájitelnost. S rostoucím obsahem NaCl ve hmotě se zvyšuje tvrdost a pevnost sýra (Fox et al., 2017). Důvodem je transport vody ze sýra do nálevu, čímž dochází k navrácení osmotické rovnováhy (Giroux et al., 2022). Přídavkem soli zároveň může být podpořena hydratace para-kaseinů a změna jejich konformace umožňující pevnější vzájemné vazby. Kromě toho sůl ovlivňuje chování sýra při tepelném zpracování. Příkladem je Mozzarella, která může obsahovat 0,7-3,5 % NaCl ve hmotě. Absence nebo naopak příliš vysoký přídavek soli má vliv na její viskozitu a chování při tepelném opracování. (Fox et al., 2017; Rowney et al., 2004).

3.4.3 Konzervační účinek NaCl

Spolu s požadovaným pH, redoxním potenciálem a vodní aktivitou napomáhá sůl ke konzervaci sýrů. Zvýšený obsah soli vede ke snížení aktivity vody, což je žádoucí z hlediska údržnosti (Fox et al., 2017). Důkazem je studie z roku 2019, která zkoumala účinek soli na údržnost Panýru. Při použití 1,2 % NaCl došlo ve srovnání s nižšími koncentracemi k výraznému prodloužení údržnosti sýra a zachování jeho přijatelných organoleptických vlastností (Malodia et al., 2019). Sůl zvyšuje osmotický tlak vodné fáze sýra, který způsobuje dehydrataci bakteriálních buněk, vedoucí k pozastavení jejich růstu nebo jejich usmrcení. Obecně lze říct, že nízké koncentrace NaCl korelují s vyšším obsahem vody v sýru a naopak (Fox et al., 2017).

Aby nedošlo k předčasné inhibici startérových kultur přidaných do mléka, provádí se solení většinou až po vytvarování sýrů. Existují však výjimky (např. sýr Domiati), při jejíž výrobě se sůl přidává do mléka ještě před fermentací (Malodia et al., 2019). Před počátkem fermentace se však doporučuje takový přídavek NaCl, který ještě může podporovat srážení. Příliš vysoké koncentrace by mohli srážení zpomalovat (Law a Tamime, 2010).

3.4.4 Vliv NaCl na chuťové vlastnosti sýrů

Další funkcí soli její pozitivní ovlivnění chuťových vlastností sýra, což oceňuje převážná většina konzumentů. Sýry bez obsahu soli mají mdlou chuť a vodnatou konzistenci. Uvádí se, že přídavkem alespoň 0,8 % NaCl by se dalo těmto vadám předejít (Fox et al., 2017). Senzorický panel v rámci studie z roku 2019 vyhodnotil, že vzorky Panýru s 1,2 % NaCl jsou chuťově přijatelnější než vzorky s 0,8 % NaCl (Malodia et al., 2019). Stejných výsledků

bylo dosaženo ve studii z roku 2018, kdy byly hodnoceny vzorky smetanového nálevu pro výrobu Cottage sýru. Většina hodnotitelů preferovala vzorky s 2,2 % NaCl, zatímco vzorek s 0,73 % NaCl hodnotitelé označili jako nevýrazný a bez chuti (Fosberg (Damiano) a Joyner (Melito), 2018).

II PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL PRÁCE

Cílem práce bylo zjistit vliv vybraných faktorů na finální vlastnosti čerstvých sýrů.

Pro splnění tohoto cíle bylo potřeba splnit následující dílčí kroky:

- vyrobit vzorky čerstvých sýrů za využití jednotlivých faktorů
- vyrobené sýry podrobit:
 - fyzikálně-chemické analýze
 - reologická a profilová texturní analýza, aktivita vody, celkový obsah sušiny, obsah soli, aktivní a titrační kyselost, vyhodnocení barvy
 - senzorické analýze
- získané výsledky vyhodnotit, okomentovat v diskuzi a formulovat závěr diplomové práce.

5 MATERIÁL A METODY

5.1 Suroviny

Pro výrobu modelových vzorků byly použity následující suroviny:

Čerstvé mléko plnotučné (3,9 % tuku)

- Značka: Olma
- Výrobce: OLMA, a.s. provoz Zábřeh Na Nové 2, 789 01 Zábřeh, Česká republika
- Výživová hodnota: Viz Tabulka 3

Tabulka 3 Výživové údaje čerstvého plnotučného mléka na 100 g

Energetická hodnota	279 kJ/66 kcal
Tuky	3,9 g
- z toho nenasycené mastné kyseliny	2,5 g
Sacharidy	4,6 g
- z toho cukry	4,6 g
Bílkoviny	3,3 g
Sůl	0,1 g



Obrázek 10 Mléko použité pro výrobu modelových vzorků

(Mléko Selské, b.r.)

Sušená syrovátka (max. 1,5 % tuku)

- Značka: Mogador
- Výrobce: Mogador s. r. o., Tř. T. Bati 1664, 765 02 Otrokovice
- Výživové údaje: Viz Tabulka 4

Tabulka 4 Výživové údaje sušené syrovátky na 100 g

Energetická hodnota	1341 kJ/337 kcal
Tuky	1 g
- z toho nenasycené mastné kyseliny	0,7 g
Sacharidy	70 g
- z toho cukry	70 g
Bílkoviny	12 g
Sůl	1,7 g

Kefírová kultura

- Značka: Chr. Hansen (Viz Obrázek 11)
- Výrobce: Chr. Hansen GmbH, 10-12 Boege Alle, DK-2970 Hoersholm, Dánsko
- Složení kultury: *Debaryomyces hansenii*, *Lactococcus cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Leuconostoc*, *Streptococcus thermophilus*



Obrázek 11 Kefírová kultura Zn. Chr. Hansen použita pro výrobu modelových vzorků

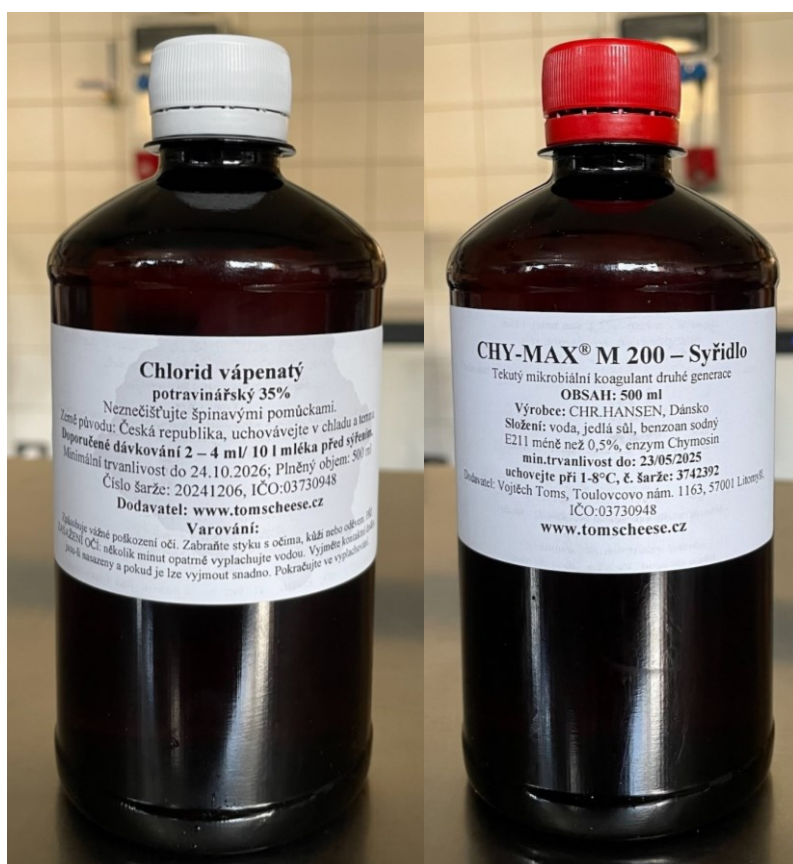
(vlastní)

Chlorid vápenatý 35%

- Dodavatel: Vojtěch Toms (Tomscheese)
- Viz Obrázek 12

Syřidlo CHY-MAX M 200

- Dodavatel: Vojtěch Toms (Tomscheese)
- Výrobce: CHR. HANSEN (Dánsko)
- Složení: viz Obrázek 12



Obrázek 12 Chlorid vápenatý a syřidlo použité pro výrobu čerstvých sýrů

(vlastní)

5.2 Přístroje

- pH meter Foodcare HI 99161 (Hanna Instruments, USA)
- Sušárna VENTICELL, BMT (BMT Medical Technology)
- Texture Analyser Ta.XT Plus (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, UK)

- Smykový reometr Kinexus Pro+ (NETZSCH-Gerätebau GmbH, Německo)
- Automatický titrátor SI Analytics TitroLine 7000 (Xylem Analytics Germany GmbH, Weilheim, Německo)
- Automatický titrátor Titronic (Schott Instruments)
- Analytické váhy PLJ 1200-3A (Kern, Německo)
- UltraScan VIS Spektrofotometr (HunterLab, USA)

5.3 Výroba modelových vzorků

Výrobě modelových vzorků předcházela sterilizace všech potřebných předmětů v autoklávu. Následně byl připraven 5% roztok syrovátky tak, že se vypočítané množství sušené syrovátky smíchalo s mírně ohřátou destilovanou vodou. Připravený roztok syrovátky i mléko byly ošetřeny zvlášť pasterací při 90 °C po dobu 10 minut. Oba systémy, tj. mléko:syrovátka, byly následně ještě za horka smíchány v poměru 3:1 a přelity do sterilních fermentačních nádob. Celkem byly takto připraveny 4 systémy, každý o objemu 3 l. Po vychladnutí obsahu nádob na 28 ± 2 °C byly do tří systémů následně přidány faktory, viz Tabulka 5, přičemž první vzorek sloužil jako kontrola, neobsahoval tedy přídavek chloridu vápenatého ani syřidla.

Tabulka 5 faktory a jejich množství přítomné v jednotlivých vzorcích

vzorek	CaCl₂ [1,2 ml]	Syřidlo [48 µl]
A	X	X
B	✓	X
C	X	✓
D	✓	✓

Obsah nádob byl následně zaočkován kefirovou kulturou v množství 0,03 g na 1 l směsi. Zaočkováná směs byla uložena do termostatu a při 30 ± 2 °C byla ponechána inkubaci po dobu 16 h. Následující den byla sýřenina pokrájena sterilním nožem na krychle o velikosti 4x4 cm. Pokrájená sýřenina se ponechala 1 h při pokojové teplotě za účelem synereze. Následně byla sýřenina dávkována do vydezinfikovaných forem vyplněných sýrařskými plachetkami. Naplněné formy byly skladovány v lednici při 4 °C do dalšího dne, kdy byly sýry nasoleny v solné lázni a podrobeny fyzikálně-chemické a senzorické analýze.

Solná lázeň, ve které byly sýry soleny, měla koncentraci 25 % NaCl. Každý ze čtyř vzorků byl solen 0, 2 a 5 minut, přičemž část sýrů byla analyzována tentýž den a druhá část byla uložena do lednice a skladována do třetího dne.

5.4 Fyzikálně-chemická analýza

Analýza všech šarží modelových vzorků byla provedena ihned po dokončení solení (0.den) a následně také 3. den po výrobě.

5.4.1 Stanovení aktivní kyselosti

Aktivní kyselost je definována jako záporný dekadický logaritmus vodíkových iontů. Vyjadřuje vzájemný vztah mezi vodíkovými ionty (H^+) a hydroxidovými anionty (OH^-) v roztoku. Aktivní kyselost se uvádí v jednotkách pH, a to konkrétně na stupnici od 0-14 (Nielsen, 2017). Hodnota pH 7 odpovídá neutrálnímu roztoku, přičemž vyšší hodnoty značí zásadité prostředí, hodnoty nižší pak kyselé prostředí. Z hlediska technologie jsou potraviny rozděleny na technologicky kyselé ($pH < 4$), technologicky málo kyselé ($pH = 4$) a technologicky nekyselé ($pH > 4$) (McGlynn, 2016). Hodnoty pH jsou velmi důležitým faktorem, který ovlivňuje přežívání patogenních mikroorganismů. Dle McGlynn (2016) je kritická hodnota pH 4,6, při které jsou již spory *Clostridium botulinum* usmrceny.

Postup

Před zahájením měření bylo potřeba pH-metr nakalibrovat příslušnými standardy. Každá šarže byla následně měřena čtyřikrát, pokaždé v jiném místě vzorku. Mezi každým vpichem byla sonda pH-metru důkladně opláchnuta destilovanou vodou. Prezentované výsledky jsou aritmetickým průměrem ze všech čtyř měření s příslušnou směrodatnou odchylkou.

5.4.2 Stanovení titrační kyselosti

Titrační neboli celková kyselost umožňuje stanovit obsah veškerých kyselin v testovaném vzorku. Titrační kyselost je užitečným parametrem, pomocí kterého lze určit vliv kyselin na výslednou chuť produktu. Titrační kyselost je dána spotřebou NaOH o koncentraci 0,25 mol/l potřebného k neutralizaci kyselin přítomných ve vzorku. Konec titrace je nejčastěji zaznamenán pomocí změny zbarvení roztoku, a to díky přidavku acidobazického indikátoru. V případě, že je změna barvy obtížně detekovatelná, využívá se titrace potenciometrická, ve které je bod ekvivalence zaznamenán prudkou změnou hodnoty pH (Nielsen, 2017). Jednotky titrační kyselosti se liší v závislosti na použité metodě. V tomto výzkumu se

pracuje s jednotkami °SH (Soxhlet-Henkela), ale časté jsou také stupně Thorner (°Th) nebo Dornic (°D) (Mullan, 2020).

Postup

K měření titrační kyselosti byl použit automatický titrátor s využitím potenciometrické titrace. Před zahájením měření byl přístroj nakalibrován příslušnými standardy s pH 4 a 7. Následně bylo do kádinky odváženo $20 \pm 0,01$ g vzorku a důkladně rozmícháno v 60 ml destilované vody. Pomocí magnetického míchadla byl vzorek důkladně homogenizován. Tlačítkem “start” byla zahájena automatická titrace suspenze až do momentu dosažení bodu ekvivalence. Mezi každou titrací byla sonda důkladně opláchnuta destilovanou vodou. Jako odměrný roztok pro titraci byl použit roztok NaOH o přesné koncentraci $0,2497 \text{ mol/l} \pm 0,002 \text{ mol/l}$. Výsledky jsou průměrem ze tří měření pro každý vzorek.

Na základě spotřeby odměrného roztoku byla následně vypočtena hodnota titrační kyselosti daného vzorku dle rovnice 1:

$$TK = \frac{100 \cdot V_{NaOH}}{m_{vz.}} [\text{°SH}] \quad (1)$$

Kde: V_{NaOH} – objem odměrného roztoku 0,25M NaOH spotřebovaného při titraci [ml],

$m_{vz.}$ – navážka syru použitá pro stanovení [g].

5.4.3 Stanovení celkového obsahu sušiny gravimetricky

Celkový obsah sušiny je hmotnostním podílem látek, které zůstaly součástí vzorku po jeho úplném vysušení (Kleckarová, 2014).

Pro stanovení celkového obsahu sušiny bylo postupováno dle normy ČSN EN ISO 5534 (571003), která udává jednotný postup pro stanovení sušiny v sýrech a tavených sýrech. Do předem zvážené kovové misky obsahující křemenný písek bylo odváženo 3 g příslušného vzorku, který byl následně skleněnou tyčinkou důkladně promíchán s pískem. Miska spolu se vzorkem a skleněnou tyčinkou byla umístěna do vyhřáté sušárny o teplotě $102 \pm 2 \text{ °C}$, přičemž sušení vzorku probíhalo až do konstantního úbytku hmotnosti (přibližně 5 h). Po vysušení byly misky přesunuty do exsikátoru, aby došlo k jejich vychladnutí na laboratorní teplotu, a to bez současného nasátí okolní vlhkosti. Poté byly misky opět zváženy. Všechna vážení byla provedena na analytických vahách s přesností na 4 desetinná místa. Pro každý vzorek byl celkový obsah sušiny stanoven třikrát, přičemž prezentované výsledky jsou průměrem ze všech tří měření s příslušnou směrodatnou odchylkou.

Výpočet celkového obsahu sušiny byl proveden dle rovnice 2:

$$w_s = \left(\frac{m_3 - m_1}{m_2} \right) \cdot 100 \% \quad (2)$$

Kde: w_s – obsah sušiny [%],

m_1 – hmotnost misky se vzorkem před sušením [g],

m_2 – hmotnost navážky vzorku [g],

m_3 – hmotnost misky se vzorkem po vysušení [g].

5.4.4 Stanovení obsahu soli podle Mohra

Metoda stanovení obsahu soli podle Mohra je pojmenována po německém chemikovi Karlu Friedrich Mohrovi. Princip metody spočívá ve stanovení chloridových iontů v roztoku zkoumané látky titrací dusičnanem stříbrným za použití chromanu draselného jako indikátoru. Nejprve dochází postupným přidávkem odměrného roztoku ke vzniku sraženiny chloridu stříbrného. Jakmile dojde ke zreagování veškerých chloridových iontů v roztoku, přebytečné ionty stříbra pak reagují s chromanovými ionty za vzniku červenohnědé sraženiny chromanu stříbrného, který indikuje konec titrace (Sezey a Adun, 2019).

Postup

Nejprve bylo do kádinky naváženo $10 \pm 0,01$ g vzorku. Navážka byla kvantitativně převedena do odměrné baňky o objemu 250 ml. Do baňky bylo následně přidáno 100 ml destilované vody, předem zahřáté na teplotu 60-70 °C. Obsah baňky byl důkladně promíchán a za občasného míchání se nechal 30 min louhovat. Pro usnadnění následné filtrace bylo provedeno vyčeření pomocí Carrezových činidel. Nejprve bylo přidáno 5 ml činidla Carrez I a poté za současného míchání 5 ml činidla Carrez II. Vyčeřený roztok vzorku byl vytemperován na teplotu 20 °C a následně byla baňka doplněna destilovanou vodou po rysku. Obsah baňky byl opět promíchán a poté filtrován přes suchý filtr do suché kádinky. Do titrační baňky bylo odpipetováno 25 ml filtrátu, ke kterému bylo poté přidáno 50 ml destilované vody. Takto připravený vzorek byl neutralizován NaOH o koncentraci 0,25 mol/l do světle růžového zbarvení. K zneutralizovanému vzorku byl poté přidán 1 ml 5% roztoku chromanu draselného. Vzorek byl následně titrován odměrným roztokem dusičnanu stříbrného o koncentraci 0,1 mol/l do hnědočerveného zbarvení. Titrace každého vzorku byla provedena třikrát a výsledkem je průměr z těchto tří provedených titrací.

Ze spotřeby odměrného roztoku byl vypočten obsah NaCl dle rovnice 3:

$$m_{NaCl} = a \cdot c \cdot M_{NaCl} \cdot 10^{-3} \quad (3)$$

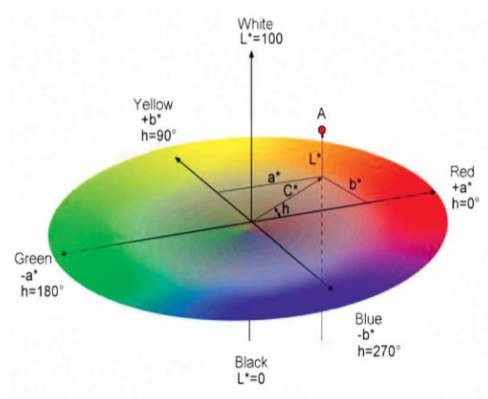
Výsledek byl poté přepočten na obsah NaCl ve vzorku v % (w/w) dle rovnice 4:

$$X = \frac{m_{NaCl}}{m_n} \cdot 100 \quad (4)$$

Kde: a – spotřeba odměrného roztoku dusičnanu stříbrného [ml]

5.4.5 Stanovení barvy

Barvu potravin lze určovat pomocí subjektivních (senzorická analýza) či objektivních (instrumentální analýza) metod. Nevýhodou využití senzorické analýzy (nejen) pro stanovení barvy je variabilita lidského vnímání, což může vést k odlišným výsledkům mezi jednotlivci. Instrumentální analýza umožňuje bližší a přesnější specifikaci barvy pomocí řady číselných stupnic ve 3D barevném prostoru, a dokáže tak odlišit vzorky, které jsou mezi sebou pouhým okem nerozlišitelné. Při instrumentálním stanovení barvy se nejčastěji využívá barevného prostoru CIE (viz Obrázek 13), který umožňuje specifikaci barvy v parametrech L^* , a^* a b^* . Parametr L^* představuje jas (světlost) vzorku na stupnici od 0–100 (kde: 0 = černá; 100 = bílá/průhledná). Souřadnice a^* udává spektrum od zelené ($-a^*$) po červenou ($+a^*$) barvu a souřadnice b^* udává spektrum od modré ($-b^*$) po žlutou barvu ($+b^*$) (Brühl a Unbehend, 2021; Kuehni, c2005). Barva předmětu je dána frekvencí světla. Mají-li dva předměty rozdílnou frekvenci, vnímáme je jako dvě odlišné barvy. Rychleji vibrující elektromagnetické vlny (s kratší vlnovou délkou) vedou ke vnímání modré barvy, zatímco vlny s pomalejší vibrací (s delší vlnovou délkou) vedou ke vnímání červené barvy (Subhanová, 2022).



Obrázek 13 trojrozměrný barevný prostor CIE L^* a^* b^*

(Peker et al., 2021)

Postup

Stanovení barvy čerstvých sýrů bylo provedeno při laboratorních podmínkách na spektrofotometru UltraScan PRO (viz Obrázek 14) s využitím trojrozměrného barevného prostoru CIE $L^* a^* b^*$ (viz Obrázek 13). Před zahájením měření byl přístroj nakalibrován pomocí černého ($L^* = 0$) a bílého ($L^* = 100$) standardu. Během měření spektrofotometr vysílá světlo o různých vlnových délkách a analyzuje množství světla odraženého od vzorku, což umožňuje získat jednotlivé hodnoty souřadnic. Vzorek byl rovnoměrně nanesen do plastového víčka. Případné přebytečné množství bylo odstraněno a povrch byl následně co nejdokonaleji zarovnan. Každý vzorek byl měřen ve třech opakováních a získaná data byla pomocí barevného prostoru CIE $L^* a^* b^*$ vyhodnocena.

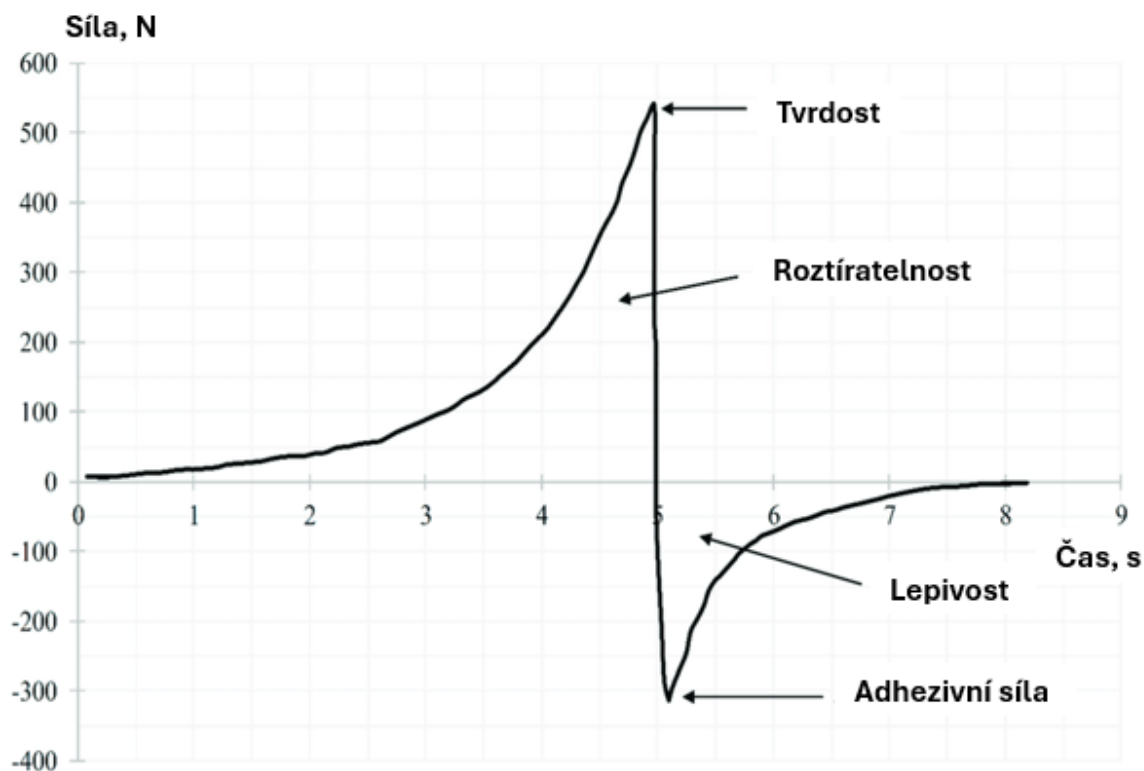


Obrázek 14 Spektrofotometr UltraScan PRO Hunter Lab

(High-end colorimeter, 2025)

5.4.6 Stanovení roztíratelnosti

Pomocí tzv. spreadability testu byla zjištěna roztíratelnost, tvrdost a lepivost vzorků čerstvých sýrů. Roztíratelnost je vlastnost materiálu, která je dána silou potřebnou k překonání třecích sil při roztírání zvoleného materiálu. Ke stanovení se využívá plastové sondy kónického tvaru, která penetruje do předem zvolené hloubky vzorku. Tato sonda tedy měří sílu, která je potřebná k penetraci vzorku (Brighenti et al., 2008). Na Obrázku 15 je znázorněn graf, který je získán měřením roztíratelnosti. Plocha v horní části grafu znázorňuje roztíratelnost vzorku, vrchol (tzv. pík) křivky pak představuje jeho tvrdost. Z grafu lze také vyčíst lepivost, která je znázorněna plochou v záporné části grafu.



Obrázek 15 Graf získaný stanovením roztíratelnosti

(upraveno podle Maslii et al., 2020)

Postup

Stanovení bylo provedeno na analyzátoru textury TA.XT Plus. Do plastových nádob (tzv. female) určených speciálně pro stanovení roztíratelnosti bylo nanášeno potřebné množství vzorku a případné přebytečné množství bylo odstraněno. Do vrchní části přístroje byla našroubována kónická sonda (tzv. male) a důkladně utažena. Na pracovní plochu přístroje pod sondou byla umístěna nádoba se vzorkem. Po zahájení měření byl vzorek penetrován kónickou sondou pod úhlem 45°. Penetrace probíhala rychlostí 1,0 mm/s do hloubky 2 mm. Získaná data byla dále analyzována v softwaru Texture Exponent Lite. Každá šarže byla měřena třikrát, přičemž výsledky byly vyjádřeny jako aritmetický průměr se směrodatnou odchylkou ze všech tří měření.

5.4.7 Reologická analýza

Reologická analýza je vhodnou metodou pro zjištění viskoelastických vlastností čerstvých sýrů, jelikož mají jak viskózní, tak i elastický charakter. Tato metoda je založena na řízené deformaci modelového vzorku působením stresu a jeho následné pozorování chování při toku látek. Informace o viskoelastických vlastnostech modelového vzorku jsou získány

formou elastického a ztrátového modulu pružnosti. Elastický modul pružnosti (G') odráží míru elasticity vzorku a je dán poměrem maximálního smykového napětí k maximální deformaci složek ve fázi. Ztrátový modul (G'') pak odráží míru viskozity daného vzorku. Je-li $G' > G''$, materiál se podobá spíše pevné látce. Je-li však $G' < G''$, dojde k viskóznímu rozptýlení energie použité k deformaci materiálu, a chování vzorku je tak spíše podobné kapalině. Pomocí rovnice 5 je možné stanovit tzv. úhel fázového posunu ($\tan \delta$), který poskytuje informaci o elasticitě vzorku. Čím je jeho hodnota vyšší, tím je elasticita vzorku nižší (Fox et al., 2017; Tunick, 2010).

$$\tan \delta = \frac{G''}{G'} \quad (5)$$

Nicméně pro analýzu čerstvých sýrů byl použit tzv. komplexní modul pružnosti (G^*), který lze vypočítat dle níže uvedeného vztahu (6). Komplexní modul pružnosti vyjadřuje odpor analyzovaného vzorku vůči deformaci, a poskytuje tak informaci o celkové tuhosti analyzovaného vzorku.

$$G^* = \sqrt{(G')^2 + (G'')^2} \quad (6)$$

Postup

Reologické měření bylo provedeno pomocí dynamického smykového reometru Kinexus Pro+ (Obrázek 16). Pro stanovení bylo využito geometrie deska–deska o průměru 35 mm se štěrbinou o šířce 1 mm. Měření bylo provedeno ve frekvenčním rozsahu 0,1 – 100,0 Hz při teplotě $20,0 \pm 0,1$ °C. Amplituda smykového napětí byla nastavena na 20,0 Pa, aby měření probíhalo v oblasti lineární viskoelasticity.



Obrázek 16 Dynamický smykový reometr Kinexus Pro+

(Netzsch, 2025)

Nejprve bylo na spodní statickou desku naneseno dostatečné množství vzorku, které bylo následně horní oscilující deskou přitlačeno za vzniku 1mm štěrbinu vyplněné vzorkem. Případné přebytečné množství, které bylo vlivem tlaku vytlačeno do stran, bylo před měřením odstraněno. Vzorek byl po dobu měření namáhán a za konstantních podmínek byl zaznamenáván elastický (G') a ztrátový (G'') modul pružnosti. Z těchto dvou modulů byl následně vypočítán komplexní modul pružnosti (G^*) a úhel fázového posunu δ . Každá šarže vzorku byla na reometru proměřena dvakrát, a to nultý i třetí den od výroby.

5.5 Senzorická analýza

Na senzorické analýze se podílelo 10 hodnotitelů expertů, kteří u modelových vzorků čerstvých sýrů hodnotili pomocí 5 bodové stupnice parametry jako jsou: barva, vůně konzistence, kyselá a keřirová chuť a na závěr i celkový dojem výrobku.

5.6 Statistická analýza

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

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

6 VÝSLEDKY A DISKUZE

Analýza modelových vzorků byla provedena na Ústavu technologie potravin na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně.

V této části diplomové práce jsou prezentovány a okomentovány výsledky:

- fyzikálně-chemické analýzy:
 - měření aktivní kyselosti,
 - stanovení titrační kyselosti,
 - stanovení celkového obsahu sušiny,
 - stanovení barvy,
 - stanovení celkového obsahu soli,
 - stanovení roztíratelnosti,
 - reologických měření.
- Senzorické analýzy.

6.1 Fyzikálně-chemická analýza modelových vzorků

6.1.1 Vyhodnocení aktivní kyselosti

Hodnoty pH byly měřeny u každé šarže vzorku čtyřikrát, přičemž výsledky prezentovány na Obrázku 17 jsou průměrem všech čtyř měření s příslušnou směrodatnou odchylkou.

U nesolených vzorků byl statisticky významný rozdíl ($p \leq 0,05$) nalezen pouze mezi vzorkem B (pH 4,38), a vzorkem A (pH 4,18). Ostatní nesolené vzorky se mezi sebou významně nelišily. Dle těchto výsledků by se dalo očekávat, že přídavek chloridu vápenatého může způsobovat snížení kyselosti. Ve studiích je však často zmiňováno, že jeho přídavek může kyselost spíše zvyšovat (Bringe a Kinsella, 1993), což neodpovídá výsledkům získaným v tomto experimentu. Snížení pH přídavkem chloridu vápenatého podporuje aktivitu použitého syřidla (Law a Tamime, 2010). Fox et al. (2017) dokonce uvádí, že přídavek CaCl_2 v množství 0,2 g/l může vést ke snížení pH o 0,05 – 0,1.

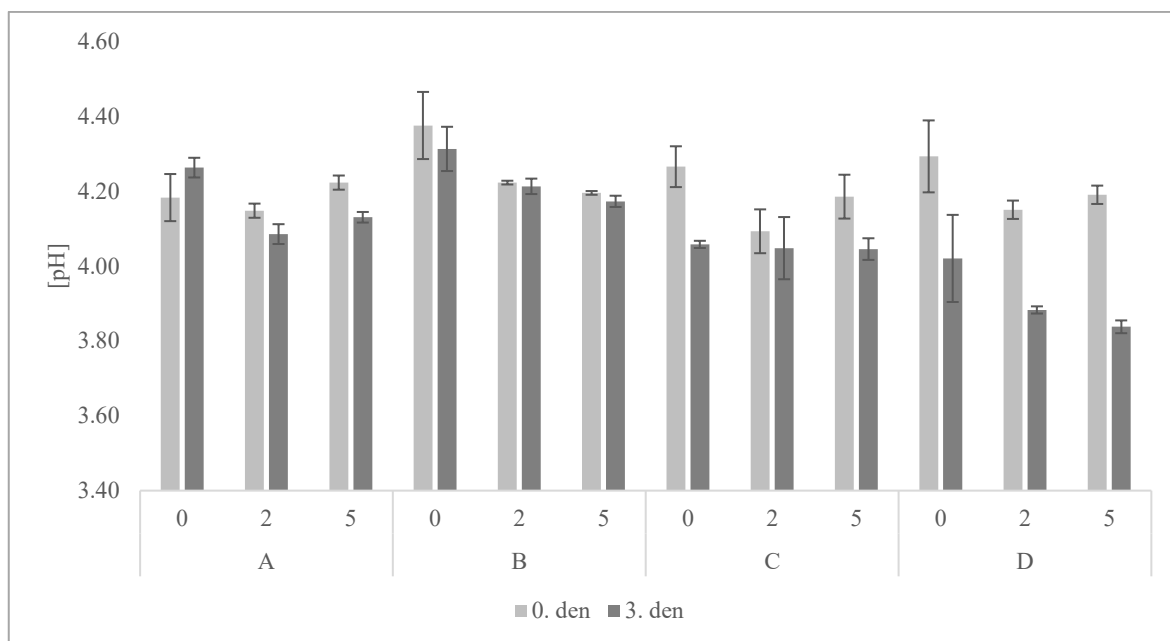
V důsledku solení došlo u většiny vzorků k poklesu hodnot pH. U vzorku B, C a D došlo k výraznému snížení pH ($p \leq 0,05$), a to už po dvou minutách v solné lázni. Pouze u vzorku A, který neobsahoval žádný z faktorů, zůstala hodnota aktivní kyselosti přibližně

stejná ($p > 0,05$). Výsledky se shodují se studií z roku 2007, kde bylo zaznamenáno snížení pH sýrů, které byly soleny 0,8M roztokem NaCl. Snížení pH je pravděpodobně způsobeno výměnou iontů H^+ navázaných na kaseiny za ionty Na^+ , pocházejících ze soli. Ionty H^+ se uvolní do roztoku a mohou tak ovlivňovat výsledné pH sýra (Bansal et al., 2007). Jiná studie naopak uvádí, že zvýšení koncentrace NaCl v sýrech typu gouda mělo za následek zvýšení pH (Guinee, 2004).

Ve výzkumu z roku 2020, ve kterém byl zkoumán vliv různých koncentrací soli na pH sýrů, nebylo potvrzeno, že by solení sýrů mělo výrazný vliv na jejich hodnoty aktivní kyselosti. Hodnoty pH čerstvých sýrů se pohybovaly kolem $4,68 \pm 0,10$ bez ohledu na koncentraci lázně i dobu solení. Dokonce sýry, které nebyly soleny vůbec, měly totožné hodnoty pH jako sýry solené ve 20% lázni po dobu 15 minut (Němečková et al., 2020). Možným vysvětlením rozdílných výsledků může být odlišný technologický postup použitý při výrobě sýrů. V uvedené studii byly sýry po výrobě ještě převráceny, čímž došlo k odkapání značného množství syrovátky, a tedy navýšení obsahu sušiny. Sůl ze solné lázně pak do sýru pronikala méně ochotně, a nedošlo tedy k výraznému navýšení jejího obsahu v sýrech, a tím i k možnému ovlivnění pH.

V průběhu skladování došlo u většiny vzorků ke snížení hodnot pH. Největší snížení bylo zaznamenáno u vzorků C a D, které obsahovaly přísadek syřidla. K poklesu pH u těchto vzorků došlo jak u nesolených, tak u těch, které byly soleny 2 a 5 min. S výjimkou vzorku C soleného 2 minuty se jednalo o signifikantní pokles ($p \leq 0,05$). Výsledky se shodují se studií, ve které byl zkoumán vliv substituce NaCl za KCl a přísadek argininu na fyzikálně-chemické vlastnosti čerstvého portugalského sýru Minas. Sýr byl vyroben z pasterovaného mléka, které bylo zaočkováno smetanovou (*Lactococcus lactis*) a probiotickou kulturou (*Lactobacillus acidophilus*). K zaočkovanému mléku byl následně přidán chlorid sodný a syřidlo. Hodnoty pH všech šarží modelových vzorků v průběhu skladování rapidně klesly. Ihned po výrobě se pH vzorků pohybovalo kolem 5,58 a během 14denního skladování tato hodnota klesla na 5,15 (Felicio et al., 2016). Duarte et al. (2023) uvádí, že snižování pH v průběhu skladování je způsobeno pokračující metabolickou aktivitou bakterií přítomných v sýrech. Není-li čerstvý sýr termizován, produkují tyto mikroorganismy nadále metabolity, nejčastěji však kyselinu mléčnou, která způsobuje okyselení hmoty sýra.

Nejmenší vliv skladování na pH byl zaznamenán u vzorku B, který obsahoval pouze přísadek chloridu vápenatého. U tohoto vzorku nebyl zaznamenán signifikantní pokles hodnoty pH ($p > 0,05$).



Obrázek 17 Výsledky stanovení aktivní kyselosti u vzorků čerstvých sýrů

6.1.2 Vyhodnocení titrační kyselosti

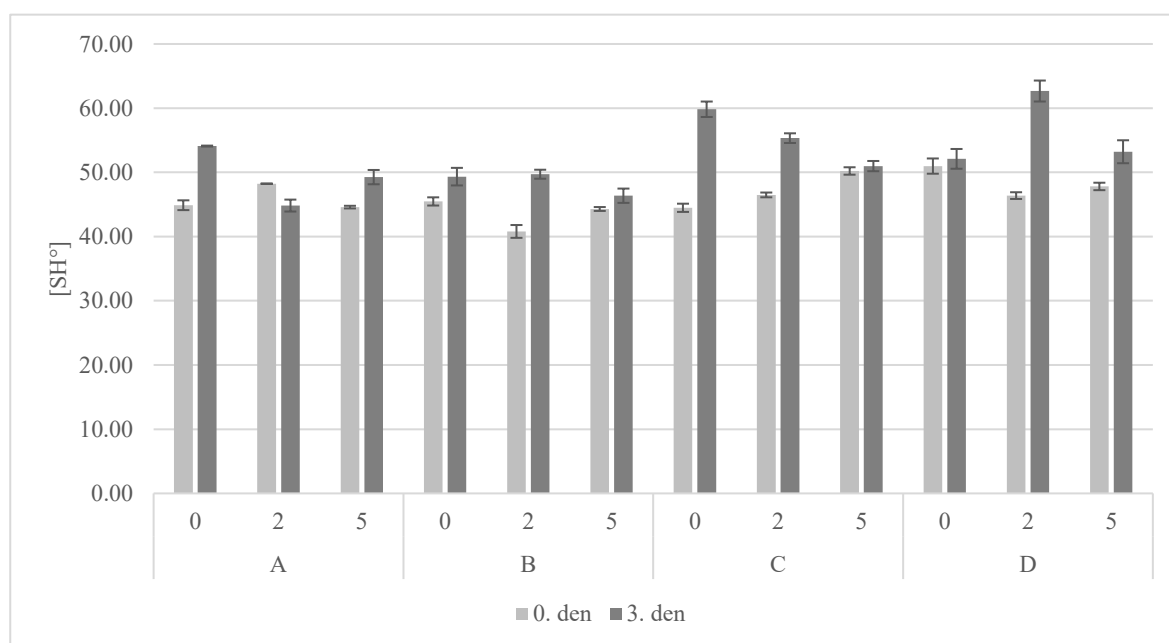
Zatímco aktivní kyselost udává okamžitou informaci o koncentraci vodíkových iontů (H^+) v prostředí, titrační kyselost reflektuje celkový obsah kyselin včetně těch, které jsou vázané na pufrý (Makarijoski a Najdovski, 2024).

Výsledky stanovení titrační kyselosti v jednotkách Soxhlet – Henkela [SH°] jsou uvedeny na Obrázku 18. V průběhu skladování byl téměř u všech vzorků zaznamenán nárůst v hodnotách titrační kyselosti, což koreluje s poklesem pH. Výsledky se shodují se studií z roku 2020, ve které byl zkoumán vliv O_2 , N_2 a CO_2 v průběhu skladování na fyzikálně-chemické a texturní vlastnosti čerstvých sýrů. Ve vzorku, který byl skladován za přístupu vzduchu, došlo v průběhu 4 týdnů k výraznému zvýšení hodnot titrační kyselosti. Autor dodává, že u vzorku, který nebyl balen v modifikované atmosféře, došlo k největšímu nárůstu, což je způsobeno silným rozvojem mikroorganismů, které produkují organické kyseliny a jiné metabolity (Alwazeer et al., 2020). Největší nárůst v hodnotách titrační kyselosti byl zaznamenán u vzorků C a D, což koreluje s výsledky stanovení pH na Obrázku 17.

Zvýšení koncentrace soli nemělo na změnu hodnoty titrační kyselosti jednoznačný vliv. Největší nárůst byl zaznamenán u vzorku C, kdy varianta solená 5 minut měla až o 5 $^\circ SH$ vyšší hodnotu titrační kyselosti než nesolená varianta. U jiných vzorků nebyl pozorován jednoznačně rostoucí ani klesající trend, proto lze usuzovat, že koncentrace soli neměla na

hodnoty titrační kyselosti čerstvých sýrů vliv. Podobné závěry uvádí také Němečková et al. (2020), která nezaznamenala změnu v hodnotách titrační kyselosti ani při zvýšení koncentrace soli.

Přídavek chloridu vápenatého či syřidla výrazně neovlivnil hodnoty titrační kyselosti. Vzorky C a D, které obsahují syřidlo, vykazují vyšší hodnoty titrační kyselosti ve srovnání s kontrolním vzorkem, ale nejedná se však o statisticky významný rozdíl ($p > 0,05$). Výsledky tedy nesouhlasí s výsledky studie, ve které přídavek chloridu vápenatého (150 ppm) vedl ke snížení hodnoty titrační kyselosti poloměkkeho bílého sýra (Ocak et al., 2014).



Obrázek 18 Výsledky stanovení titrační kyselosti u vzorků čerstvých sýrů [SH°]

6.1.3 Vyhodnocení celkového obsahu sušiny

Čerstvé sýry jsou specifické velmi vysokým obsahem vody (>65 %) v porovnání s jinými sýry. Z tohoto důvodu jsou náchylné k mikrobiálnímu kažení, a to převážně plísněmi a kvasinkami, které jsou k nižším hodnotám pH čerstvých sýrů odolné. Prodloužení údržnosti může být zajištěno přidavkem ochranných bakteriálních kultur nebo využitím aktivních obalů (vakuové balení, balení v modifikované atmosféře) (Barukčic et al., 2021).

Na základě výsledků prezentovaných na Obrázku 19 by se dalo říct, že všechny testované vzorky čerstvých sýrů splňují požadavek na měkké sýry daný Vyhláškou č. 397/2016 Sb. a tedy, že neobsahují méně než 67 % vody (Česko, 2016).

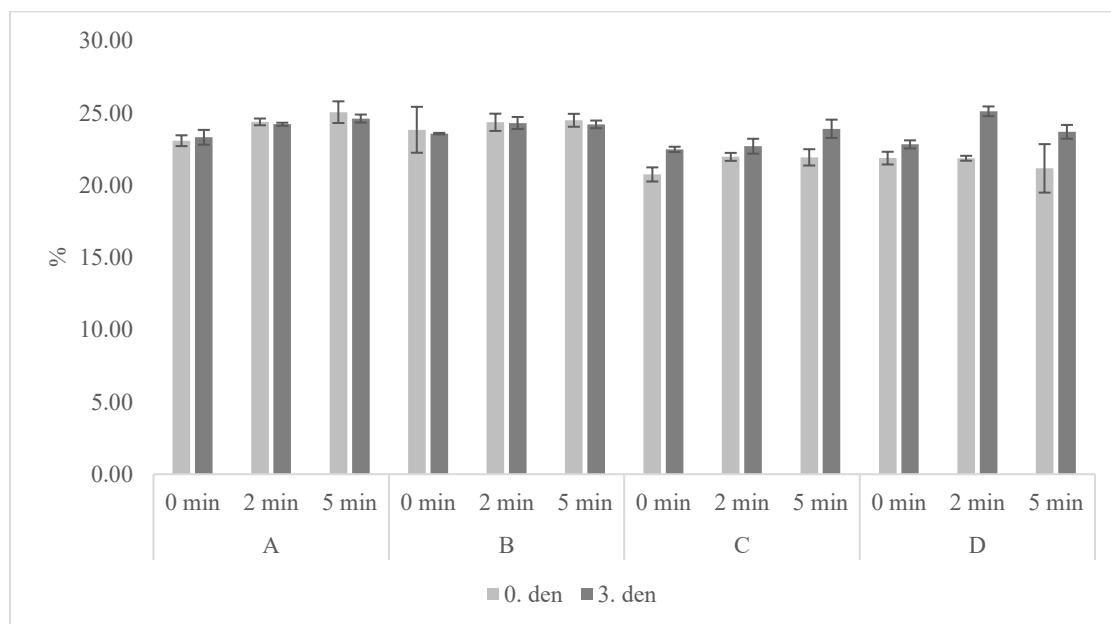
V den výroby se celkový obsah sušiny všech měřených vzorků pohyboval v rozmezí 21,16 – 25,05 %. Z Obrázku 19 je jasné vidět, že přídavek syřidla měl vliv na snížení

celkového obsahu sušiny. V porovnání s kontrolním vzorkem se obsah sušiny pohyboval v signifikantně nižších hodnotách ($p \leq 0,05$). Toto zjištění je částečně potvrzeno studií z roku 2014, kde byly zkoumány různé koncentrace syřidla na fyzikálně-chemické a organoleptické vlastnosti bílého sýra ve slaném nálevu (sýr typu Feta). V této studii vedlo zvýšení koncentrace syřidla k mírnému snížení obsahu sušiny po 7 dnech skladování (Lavasani, 2014). Tento trend naopak vyvrací Guven et al. (2008), který zkoumal vliv koncentrace syřidla na fyzikálně-chemické vlastnosti sýru Halloumi. V rámci této studie bylo zjištěno, že zvýšení koncentrace syřidla vede k nižší výtěžnosti, nižšímu obsahu vody, a tedy i vyššímu obsahu sušiny. Snížení množství přidaného syřidla o 0,2 g/kg mělo přímý vliv na snížení obsahu sušiny, a to více než o 3 %.

U většiny vzorků došlo během třídenního skladování ke zvýšení celkového obsahu sušiny, a to na hodnoty v rozmezí 22,48 – 25,11 %. Celkový obsah sušiny ve vzorcích A a B se v průběhu 3 dnů zvýšil minimálně, zatímco u vzorků C a D došlo téměř ve všech případech ke statisticky významnému nárůstu ($p \leq 0,05$). Důvodem je pravděpodobně vyloučení většího množství syrovátky během skladování než u vzorků A a B, které syřidlo neobsahovaly. K největšímu nárůstu došlo u vzorku D, ve kterém se během skladování zvýšil obsah sušiny o přibližně 2,5 %. Přídavek pouze chloridu vápenatého tedy neměl na celkový obsah sušiny významný vliv, ale v kombinaci se syřidlem přispěl k signifikantnímu zvýšení tohoto parametru ($p \leq 0,05$).

Na Obrázku 19 je zřetelný nárůst obsahu sušiny v důsledku solení v solné lázni, ale ze statistického hlediska není tento rozdíl považován za významný ($p > 0,05$). Od rostoucího trendu se odchyluje vzorek D, u něhož došlo se zvyšující se dobou solení ke snížení obsahu sušiny ($p > 0,05$). Důvodem je pravděpodobně částečný odchod vápníku z hmoty sýra do solanky, což vedlo k příjmu vody z lázně a tvorbě měkčí, rozbředlé struktury (Law a Tamime, 2010). Toto vysvětlení však neodpovídá výsledkům reologické ani senzorické analýzy, kde bylo zaznamenáno zvýšení pevnosti s rostoucí dobou v solné lázni. Pro zabránění nechtěnému úniku vápníku z hmoty sýra je možným řešením přídavek vápníku ve formě CaCl_2 do solné lázně (Law a Tamime, 2010). K tomuto jevu dochází především při zvolení příliš nízkých koncentrací solné lázně ($< 10\% \text{ NaCl}$) či krátké doby solení (Fox et al., 2017). Snížení obsahu sušiny zaznamenal také Kaya (2002), jehož studie byla založena na zkoumání vlivu různých koncentrací solné lázně na fyzikálně-chemické vlastnosti tureckého sýra Gaziantep. Při využití solné lázně o koncentraci 5, 10 a 15 % NaCl došlo

k nežádoucímu příjmu vody z lázně, a tudíž i snížení obsahu sušiny. K zakoncentrování hmoty sýra došlo až při využití solné lázně o koncentraci vyšší než 15 % NaCl.



Obrázek 19 Výsledky stanovení celkového obsahu sušiny u vzorků čerstvých sýrů v %

Aby došlo k výraznějším změnám v obsahu sušiny, bylo by potřeba prodloužit dobu pobytu sýrů v solné lázni. V tomto případě by však byly sýry nepoživatelné, proto byly zvoleny krátké expoziční časy. Řešením je použití solné lázně o nižší koncentraci soli (avšak stále vyšší než 10 %), což by současně umožnilo prodloužit dobu pobytu sýrů v solné lázni bez zhoršení jejich chuťových vlastností (Fox et al., 2017).

Ve výzkumu z roku 2020 byly měřeny fyzikálně-chemické vlastnosti čerstvých sýrů solených metodou solné lázně o různých koncentracích. Presentované výsledky nenaznačují žádnou korelaci mezi koncentrací soli a celkovým obsahem sušiny ve hmotě sýra, a to ani v případech, kdy došlo vlivem pobytu v solné lázni k téměř 1% navýšení obsahu soli ve hmotě (Němečková et al., 2020).

6.1.4 Vyhodnocení barvy

Barva sýrů je dána primárně použitým druhem mléka. Mléčné výrobky, které byly vyrobeny za použití kravského mléka, zpravidla vykazují vyšší intenzitu žlutého zbarvení než produkty z jiných druhů mléka. Důvodem je přechod karotenoidů z krmiva dojnice do mléka. Přirozeně žluté zbarvení je zřetelné také například u másla (Fox, 2004). Přirozeně žlutá barva mléčných produktů, která může některé konzumenty odpuzovat, však může být minimalizována přidávkou dalších surovin. Guiné et al. (2017) zkoumal vliv přidavku

bobulovitého ovoce na barvu čerstvých sýrů. V diskuzi uvedl, že zakomponováním malin a borůvek do hmoty sýra došlo ke snížení světlosti a intenzity žluté barvy za současného zvýšení intenzity červeného zbarvení.

Barva modelových vzorků sýrů byla měřena instrumentálně za použití spektrofotometru. Pro stanovení bylo využito trojrozměrného barevného prostoru CIE $L^*a^*b^*$. Měřen byl parametr L^* , který odráží světlost měřeného vzorku na stupnici od 0 (černá) do 100 (bílá). Dále byla měřena souřadnice a^* , která představuje spektrum zelené až červené barvy a souřadnice b^* , která představuje spektrum modré až žluté barvy (Kuehni, c2005).

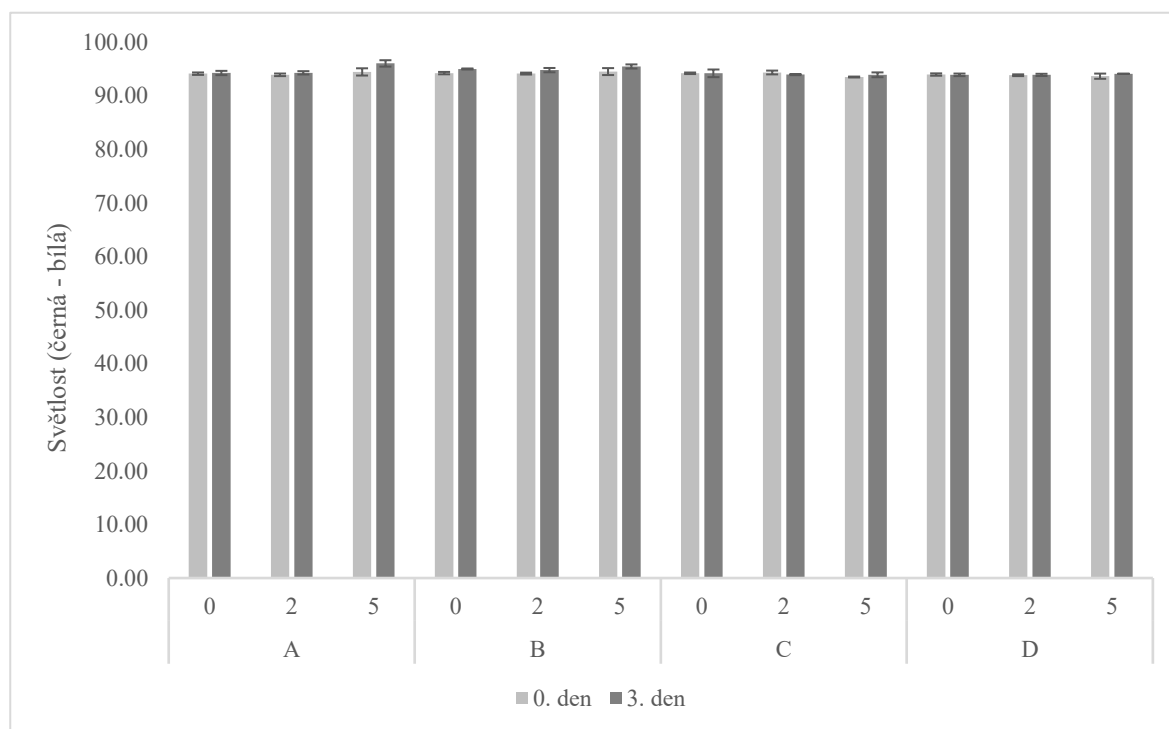
V Tabulce 6 jsou prezentovány průměrné hodnoty pro jednotlivé parametry. Již na první pohled je viditelné, že se mezi vzorky nenachází výrazné rozdíly a všechny souřadnice se pohybují v podobných hodnotách.

Tabulka 6 Výsledky stanovení barvy u vzorků čerstvých sýrů

měření	vzorek	solení [min]	L^*		a^*		b^*	
			průměr	±	průměr	±	průměr	±
0. den	A	0	94.10	0.23	-0.85	0.08	8.73	0.34
		2	93.89	0.24	-0.76	0.12	8.45	0.47
		5	94.43	0.67	-0.81	0.04	8.78	0.47
	B	0	94.21	0.22	-0.81	0.05	8.45	0.19
		2	94.12	0.18	-0.75	0.07	8.51	0.49
		5	94.49	0.65	-0.68	0.03	8.91	0.42
	C	0	94.17	0.14	-0.87	0.07	9.13	0.17
		2	94.32	0.35	-0.61	0.11	8.87	0.88
		5	93.48	0.09	-0.64	0.01	9.08	0.24
	D	0	93.94	0.22	-0.65	0.02	9.62	0.42
		2	93.81	0.16	-0.64	0.08	9.52	0.29
		5	93.64	0.49	-0.69	0.05	9.35	0.43
3. den	A	0	94.23	0.40	-0.63	0.06	9.16	0.15
		2	94.26	0.31	-0.54	0.03	9.19	0.17
		5	96.02	0.60	-0.62	0.04	9.98	0.06
	B	0	94.98	0.09	-0.77	0.09	9.12	0.06
		2	94.76	0.40	-0.70	0.09	9.27	0.11
		5	95.45	0.39	-0.60	0.06	9.70	0.22
	C	0	94.17	0.71	-0.58	0.07	9.87	0.39
		2	93.93	0.11	-0.64	0.01	9.38	0.09
		5	93.89	0.45	-0.61	0.09	9.53	0.32
	D	0	93.89	0.24	-0.68	0.09	9.28	0.25
		2	93.87	0.21	-0.65	0.07	9.37	0.13
		5	94.08	0.02	-0.63	0.03	9.37	0.01

Světlost vzorků je prezentována na Obrázku 20. Je na první pohled zřejmé, že žádný z faktorů neměl na tento parametr vliv. Hodnoty světlosti vzorků se pohybují v rozmezí 93,84 – 96,02. Faktor solení světlost vzorků nijak neovlivnil, jelikož není viditelný rostoucí ani klesající trend. Ve studii z roku 2002 byl sledován vliv koncentrace solné lázně na fyzikálně-chemické vlastnosti sladkého sýru Gaziantep. V rámci této studie bylo zjištěno, že solná lázeň vede z krátkodobého hlediska ke snížení intenzity bílé barvy, přičemž s rostoucí dobou pobytu sýru v lázni intenzita bílé barvy opět roste. Rovněž bylo zjištěno, že solná lázeň o koncentraci vyšší než 15 % NaCl neměla na intenzitu bílé barvy žádný vliv. Autor zároveň zmiňuje, že se jeho výsledky neshodují s výsledky jiné studie, kde došlo se zvýšením koncentrace solné lázně (17 – 23 % NaCl) ke zvýšení intenzity oxidace lipidů, což vedlo ke změně barvy (Kaya, 2002).

Skladování ani přídavek syřidla či CaCl_2 neměl na světlost vzorků vliv, jelikož u žádného ze zmíněných faktorů nebyl zaznamenán rostoucí či klesající trend.

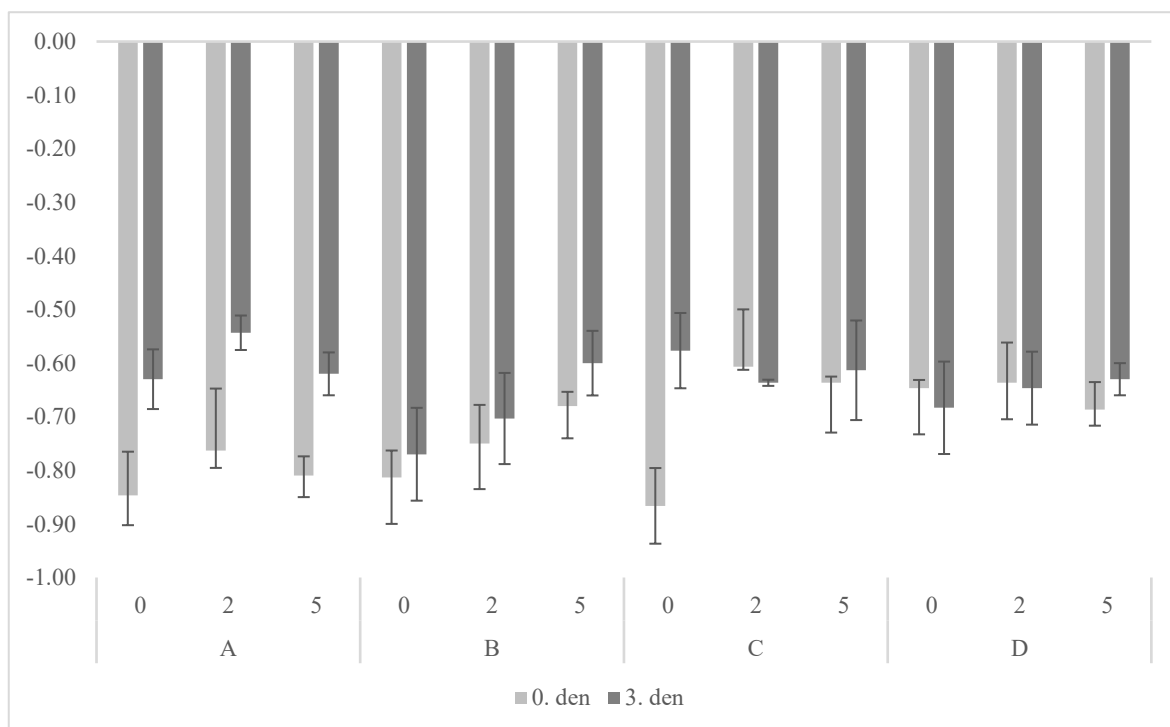


Obrázek 20 Výsledky stanovení parametru L^* (světlosti) u vzorků čerstvých sýrů

Z dat zobrazených na Obrázku 21 je jasné, že všechny vzorky spadají do zelené oblasti spektra, jelikož byly naměřeny záporné hodnoty. Z analyzovaných vzorků vykazoval v den výroby zelenou barvu nejintenzivněji vzorek C v nesolené variantě.

Vliv skladování na intenzitu zelené barvy se projevilo u vzorku A a B, u kterých je jasně viditelný klesající trend. Statisticky významný pokles v průběhu skladování však byl zaznamenán pouze u vzorku A ($p \leq 0,05$).

Ukázalo se, že solení nemělo vliv na změnu intenzity zeleného zbarvení. Vlivem solení došlo pouze k minimálním změnám v hodnotách parametru a^* , přičemž ani tyto hodnoty nevykazovaly jasně rostoucí či klesající trend.

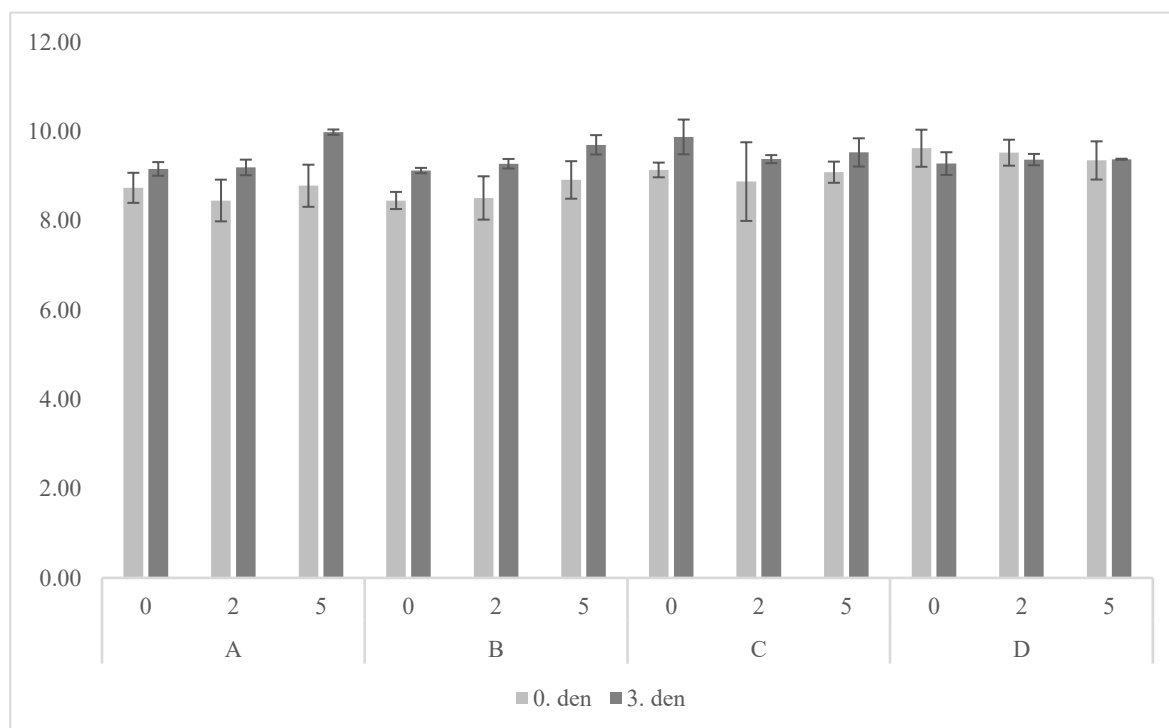


Obrázek 21 Výsledky stanovení zeleno-červené složky a^* u vzorků čerstvých sýrů

Z hlediska parametru b^* spadají všechny vzorky do žluté oblasti spektra, jelikož se jedná o kladné hodnoty. Intenzita žluté barvy byla obecně vyšší u vzorků C a D, nejednalo se však o statisticky významný rozdíl ($p > 0,05$). U všech vzorků (s výjimkou vzorku D) došlo po skladovacím procesu ke zvýšení hodnoty parametru b^* , a tedy ke zvýšení intenzity žluté barvy, ale nejednalo se však o signifikantní nárůst ($p > 0,05$). K největšímu nárůstu došlo u vzorku A soleného 5 minut, a to z hodnoty 8,78 na 9,98. Důvodem je zvýšení mikrobiologické aktivity, což způsobuje postupný rozpad shluků kaseinových micel a proteinových membrán, které dosud obklopovaly tukové kuličky, čímž původně skrytá žlutá barva β -karotenu začne být viditelná. V důsledku tohoto procesu, kdy kasein kvůli svému rozpadu již neodráží bílé světlo tak intenzivně, se barva sýru mění a začíná dominovat žlutý tón. Tento efekt je způsoben odhalením karotenů a riboflavinu, které byly dříve skryté právě kaseinem a proteinovou membránou tukových kuliček. Zvýšení intenzity žluté barvy je také

úzcce spojeno se zvýšením obsahu sušiny v čerstvých sýrech (Alwazeer et al., 2020). U vzorku D naopak došlo k mírnému, avšak statisticky nevýznamnému snížení tohoto parametru ($p>0,05$).

Solení vzorků mělo na žlutou barvu vzorků zanedbatelný vliv, a solené varianty se tak od nesolených významně nelišily ($p>0,05$).



Obrázek 22 Výsledky stanovení modro-žluté složky b^* u vzorků čerstvých sýrů

6.1.5 Vyhodnocení celkového obsahu soli

Sůl hraje při výrobě sýrů nenahraditelnou roli. Kromě pozitivního vlivu na chuťové vlastnosti sýrů má také konzervační účinek, a jakožto zdroj sodíku se mimo jiné podílí na regulaci krevního tlaku. Obsah soli v sýrech se obvykle pohybuje mezi 0,5 – 7 % NaCl v závislosti na typu sýru (Guinee, 2004). Němečková et al. (2020) uvádí, že pro solení v solné lázni se nejčastěji využívá lázeň o koncentraci 18-23 % NaCl.

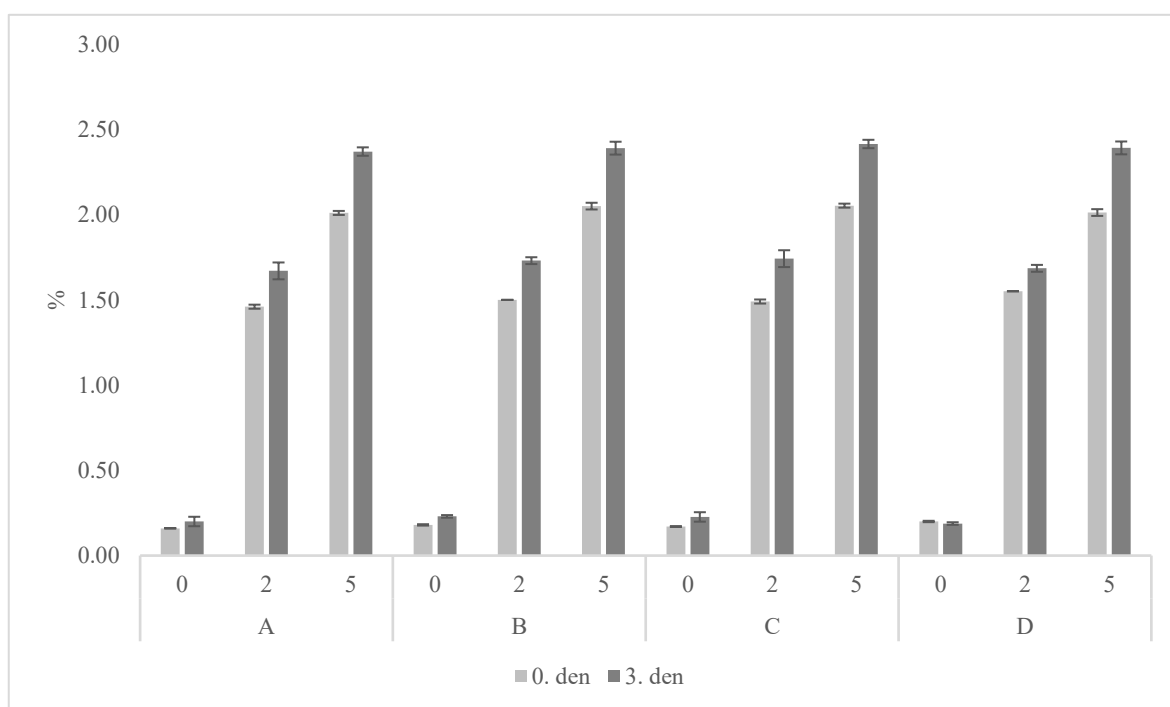
Obsah soli ve vzorcích čerstvého sýra byl stanoven titrační metodou podle Mohra. Výsledky prezentovány na Obrázku 23 jsou průměrem ze tří stanovení s příslušnou směrodatnou odchylkou.

Dle výsledků je zřejmé, že v průběhu tří denního skladování došlo k nárůstu obsahu soli ve hmotě sýra, u některých vzorků až o 0,38 %. Možným vysvětlením je difúze soli z povrchu sýra do středu hmoty, což vedlo k rovnoměrnějšímu rozprostření soli ve hmotě

sýra. K tomuto jevu běžně dochází u všech typů sýrů solených v solné lázni a rychlost rozprostření soli v celé hmotě závisí na několika faktorech. Guinee (2004) uvádí, že doba potřebná pro kompletní rozprostření NaCl v sýru se pohybuje od 7 dní až do několika měsíců (v tomto případě se však pochopitelně již nejedná o čerstvé sýry). Odchytku mohl také způsobit odběr vzorků z jiného místa, ve kterém byl vlivem difúzních procesů jiný obsah soli. Nárůst obsahu soli může mít také spojitost se zvýšením celkového obsahu sušiny ve vzorku v průběhu skladování (viz kapitola 6.1.3).

Prodloužení doby pobytu sýrů v solné lázni vedlo ke zvýšení obsahu soli ve hmotě sýra. Dle výsledků je však patrné, že s prodloužením doby solení zároveň klesá množství soli, které sýr dokáže vstřebat. Množství soli absorbované v prvních dvou minutách solení je téměř trojnásobně vyšší než množství soli absorbované po 5 minutách v solné lázni. Důvodem je postupné vyrovnávání koncentrace soli mezi oběma prostředími (Guinee, 2004). Tento jev byl zaznamenán také ve studii Výzkumného Ústavu mlékárenského z roku 2020. Sýry solené ve 20% lázni po dobu 5 minut absorbovaly přibližně 0,7 % NaCl, zatímco sýry solené po dobu 15 minut vstřebaly o pouhých 0,30 % NaCl více, a to i přesto, že doba pobytu lázni byla prodloužena třikrát (Němečková et al. 2020).

Dle výsledků je patrné, že přídavek syřidla či chloridu vápenatého neměl na absorpci soli vliv, protože se koncentrace soli ve všech vzorcích téměř neliší ($p > 0,05$).



Obrázek 23 Vyhodnocení obsahu soli ve vzorcích čerstvých sýrů v %

6.1.6 Vyhodnocení Spreadability testu

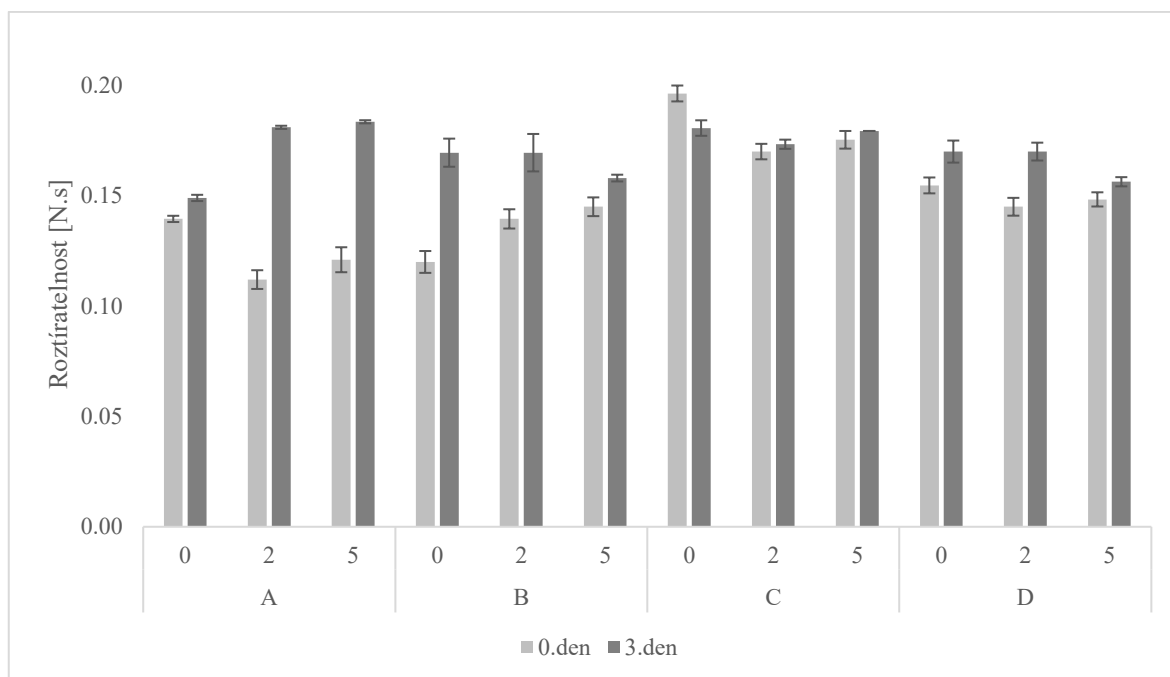
Vyhodnocení roztíratelnosti

Roztíratelnost udává informaci o tom, jak lehce a rovnoměrně lze materiál deformovat a rozetřít (Ranilović et al., 2020). Je dána smykovou prací, která je potřebná k deformaci vzorku. Obecně platí, že čím vyšší síla je k této deformaci nutná, tím nižší je roztíratelnost vzorku (Eminoğlu, 2024). Jedná se o hlavní texturní parametr především smetanových sýrů (Ranilović et al., 2020).

Na základě výsledků prezentovaných na obrázku 24 je zřejmé, že skladování mělo výrazný vliv na roztíratelnost čerstvých sýrů. S výjimkou vzorku C v nesolené variantě došlo u všech ostatních vzorků ke snížení tohoto parametru, a tedy ke zvýšení síly potřebné k rozetření vzorku. Nejvýraznější zvýšení hodnot bylo v důsledku skladování zaznamenáno u kontrolního vzorku soleného po dobu 2 a 5 minut. U ostatních vzorků byl pokles roztíratelnosti méně výrazný.

Faktor solení a koncentrace soli ve hmotě sýra neměla na roztíratelnost čerstvých sýrů jednoznačný vliv. U většiny vzorků (s výjimkou vzorku B) došlo při dvouminutovém solení ke zvýšení roztíratelnosti ($p \leq 0,05$). Po 5 minutách v solné lázni se však míra roztíratelnosti opět snížila, což do určité míry koreluje s parametrem tvrdosti.

Dle studie, ve které byl zkoumán vliv použité kultury na texturní vlastnosti tvarohů, koreluje tvrdost vzorků s jejich roztíratelností. Vzorky tvarohů, které byly měkčí, vykazovaly zároveň vyšší míru roztíratelnosti, což bylo potvrzeno i v tomto experimentu. Podle autora má keřirová kultura pozitivní vliv na roztíratelnost čerstvých sýrů, ale zároveň způsobuje oslabení textury sýra. Hodnota smykové práce byla v den výroby více než dvakrát nižší než u zbývajících dvou vzorků vyrobených v rámci této studie. Autor tento vliv přisuzuje přítomnosti exopolysacharidů produkovaných keřirovou kulturou, které podporují zadržování vody ve struktuře sýra. Exopolysacharidy tímto následně přispívají k tvorbě měkčí, jemnější a krémovější konzistence. Se zvyšující se dobou skladování zároveň došlo, podobně jako v tomto experimentu, ke zvýšení odporu hmoty vůči průniku sondy, což poukazuje na snížení roztíratelnosti (Eminoğlu, 2024).



Obrázek 24 Výsledky stanovení roztíratelnosti u vzorků čerstvých sýrů [N.s]

Vyhodnocení tvrdosti

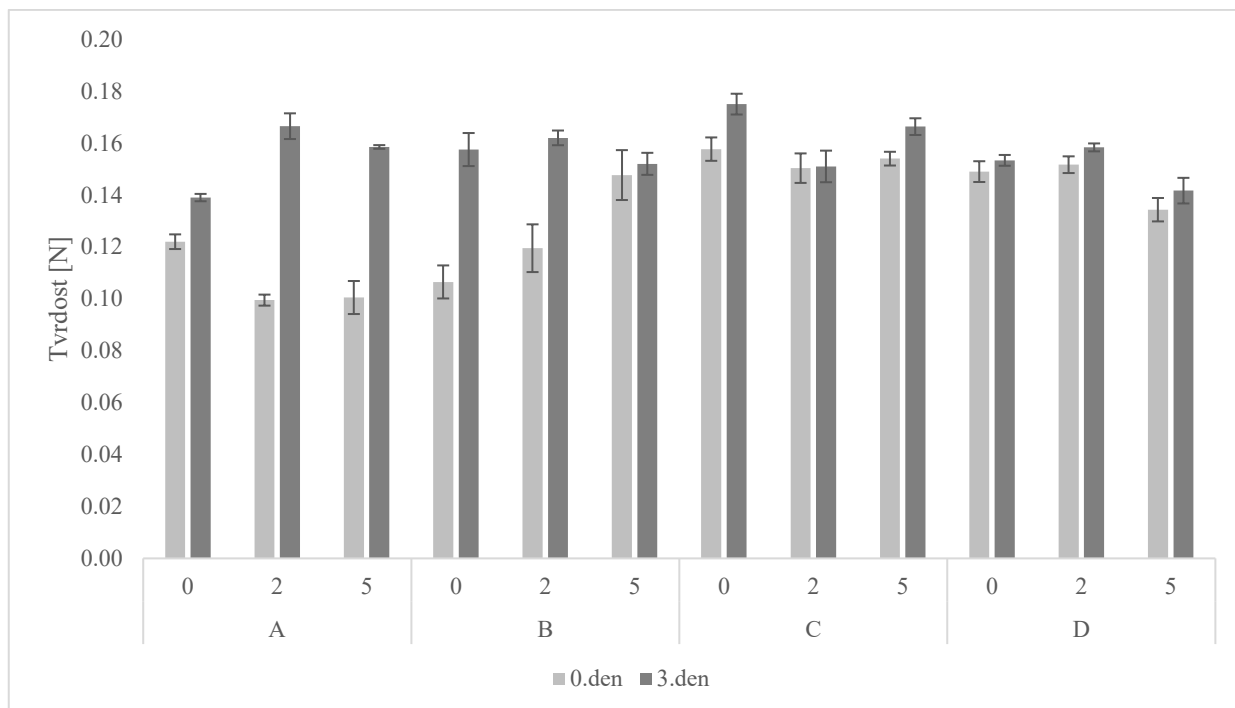
Výsledky stanovení tvrdosti modelových vzorků jsou znázorněny na Obrázku 25. Funkcí CaCl_2 při výrobě sýrů je tvorba pevnějšího gelu, čímž přispívá ke zvýšení tvrdosti (Fox et al., 2017). Tato skutečnost byla analýzou potvrzena, avšak pouze u solených variant, kdy došlo u vzorku B k významnému zvýšení tvrdosti ($p \leq 0,05$) ve srovnání se vzorkem A, který přídavek chloridu vápenatého neobsahoval. Zároveň je dle Obrázku 25 zřejmé, že se účinek CaCl_2 na zvýšení tvrdosti v kombinaci se syřidlem výrazně zesiluje.

U všech vzorků došlo během skladování ke zvýšení tohoto parametru, přičemž signifikantní nárůst byl zaznamenán u vzorků A a B ($p \leq 0,05$). Tyto výsledky korespondují s výsledky jiné studie, ve které byl rovněž zaznamenán nárůst tvrdosti tvarohových sýrů během skladování, což autor přisuzuje vyloučení syrovátky, a tedy částečné dehydrataci vzorků (Barukčić et al., 2021). Pro zabránění vlhkostních ztrát je řešením využití vhodného způsobu balení, nejlépe vakuového. Nejvýraznější nárůst byl pozorován u vzorku A, a to u variant solených 2 a 5 minut, což koreluje se sníženou roztíratelností, jak je znázorněno na Obrázku 23. Po třech dnech skladování vykazovaly nejvyšší tvrdost zpravidla vzorky solené po dobu 2 minut, s výjimkou vzorku C, který dosáhl nejvyšší tvrdosti u nesolené varianty.

Z grafu je rovněž patrné, že přítomnost syřidla přispěla k významnému zvýšení tvrdosti ($p \leq 0,05$) v porovnání se vzorkem A, který syřidlo neobsahoval a vykazoval nejnižší hodnoty tohoto parametru. To potvrzuje také Gierczynski et al. (2007) ve své studii týkající se vlivu

tvrdosti na vnímání aroma čerstvých sýrů. Přídavek syřidla a následné zvýšení jeho koncentrace vedlo v obou v případech ke zvýšení tvrdosti ve srovnání se vzorkem, který syřidlo neobsahoval.

U většiny vzorků vedlo solení v solné lázni spíše ke snížení tvrdosti, což bylo doprovázeno zvýšenou lepivostí a roztíratelností. Největší pokles tvrdosti byl pozorován při solení po dobu 2 minut. To je pravděpodobně způsobeno odvodem vápníku z hmoty sýra do solné lázně, což následně vedlo k měknutí sýra (tento jev je blíže popsán v kapitole 6.1.3.) (Law a Tamime, 2010). Po 5 minutách v solné lázni se tvrdost opět zvýšila, ale nedosáhla již takových hodnot jako u nesolených vzorků. Výjimkou byl vzorek B, u kterého delší doba solení vedla k vyšší tvrdosti. Snížení tvrdosti v důsledku solení však neodpovídá výsledkům reologické analýzy, kde téměř u všech vzorků došlo k viditelnému zvýšení jejich pevnosti i tuhosti s rostoucí dobou v solné lázni. Nejednoznačná korelace mezi obsahem soli a tvrdostí je v souladu se studií z roku 2000, ve které rovněž nebyl zjištěn vliv vyšší koncentrace soli v sýrech na jejich výslednou tvrdost. Autor zároveň zmiňuje, že toto zjištění neodpovídá výsledkům jiné studie, ve které byl zjištěn nárůst tvrdosti sýru Cheddar v důsledku zvýšení koncentrace soli ve hmotě. Tento nesoulad lze s vysokou pravděpodobností přičíst rozdílným koncentracím soli použitým v jednotlivých studiích (Wendin et al., 2000). V jiné studii vedla redukce obsahu soli ve smetanových sýrech k významnému zvýšení tvrdosti (Ranilović et al., 2020). Výsledky prezentované v uvedených studiích však nelze plně replikovat s výsledky obdrženými v tomto experimentu, jelikož byla použita jiná metoda solení, což může mít značný vliv na výsledky měření.



Obrázek 25 Výsledky stanovení tvrdosti u vzorků čerstvých sýrů [N]

Vyhodnocení adhezivity

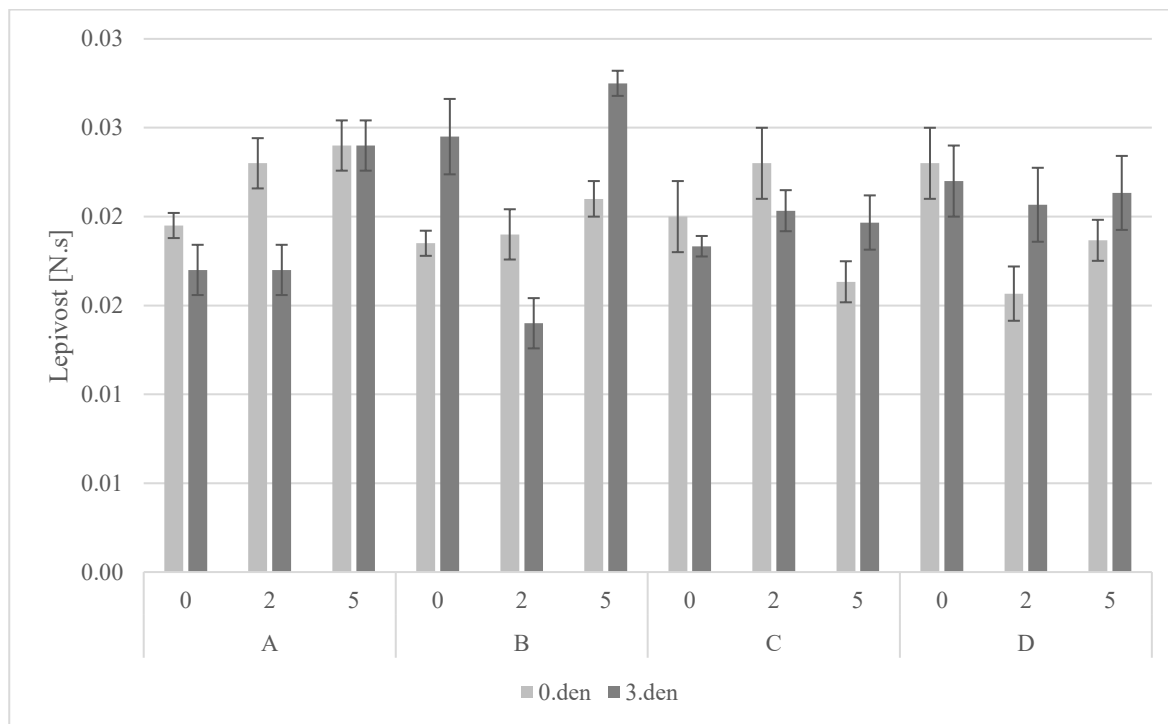
Adhezivita je dána prací adheze, která je vyjádřena jako plocha negativního píku při návratu pohyblivé horní sondy do výchozí polohy, a vyjadřuje míru přilnavosti vzorku na povrch sondy. Míra lepidlosti byla nejvyšší u vzorku B soleného po dobu 5 minut. Hodnota práce potřebné k odtržení sondy od tohoto vzorku činila 0,028 N.s a statisticky významně se tak lišil od ostatních vzorků ($p \leq 0,05$).

Z výsledků vyplývá, že solení mělo z hlediska lepidlosti vliv pouze na vzorky A a B, u kterých došlo s prodloužením doby solení k nárůstu tohoto parametru. Naproti tomu u vzorků C a D, které obsahovaly přísádek syřidla, nebyl pozorován jednoznačný vztah mezi délkou solení a mírou lepidlosti.

Vliv doby skladování na lepidlost byla zaznamenána pouze u vzorku A, jehož lepidlost se v průběhu skladování snížila. Zvýšení lepidlosti v čase bylo pozorováno u vzorků B, C a D, nejčastěji u vzorků solených po dobu 5 minut. U nesolených vzorků a těch, které byly soleny po dobu 2 minut, byly změny mezi 0. a 3. dnem nekonzistentní a bez jednoznačného trendu.

Dle Eminoğlu (2024) vykazovaly vzorky tvarohu vyrobené pomocí keřirové kultury nižší lepidlost než vzorky vyrobené pomocí mezofilní aromatické a mezofilní homofermentativní kultury. Po 28 dnech skladování došlo u těchto vzorků k mírnému

zvýšení tohoto parametru, zatímco u tvarohů vyrobených pomocí jiných kultur se lepivost snížila. Krátkodobější skladování (14 dní) však vedlo ke snížení lepivosti u všech tří vzorků (Eminoğlu, 2024).

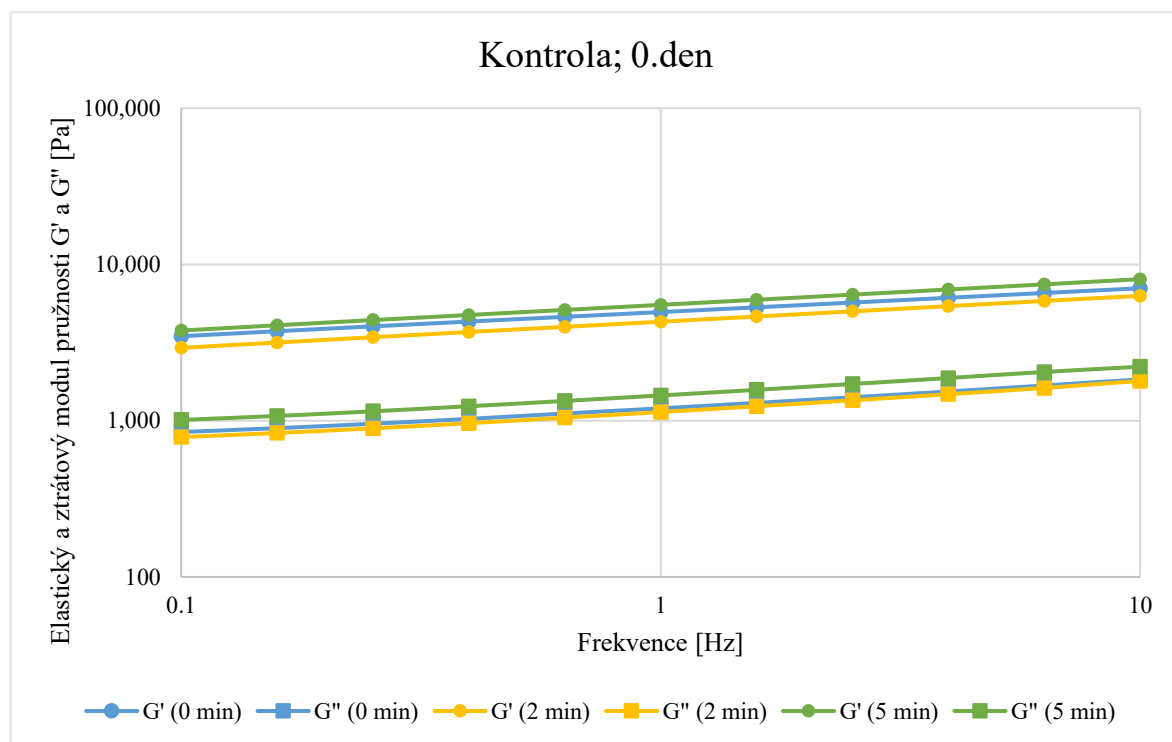


Obrázek 26 Výsledky stanovení roztíratelnosti u vzorků čerstvých sýrů [N.s]

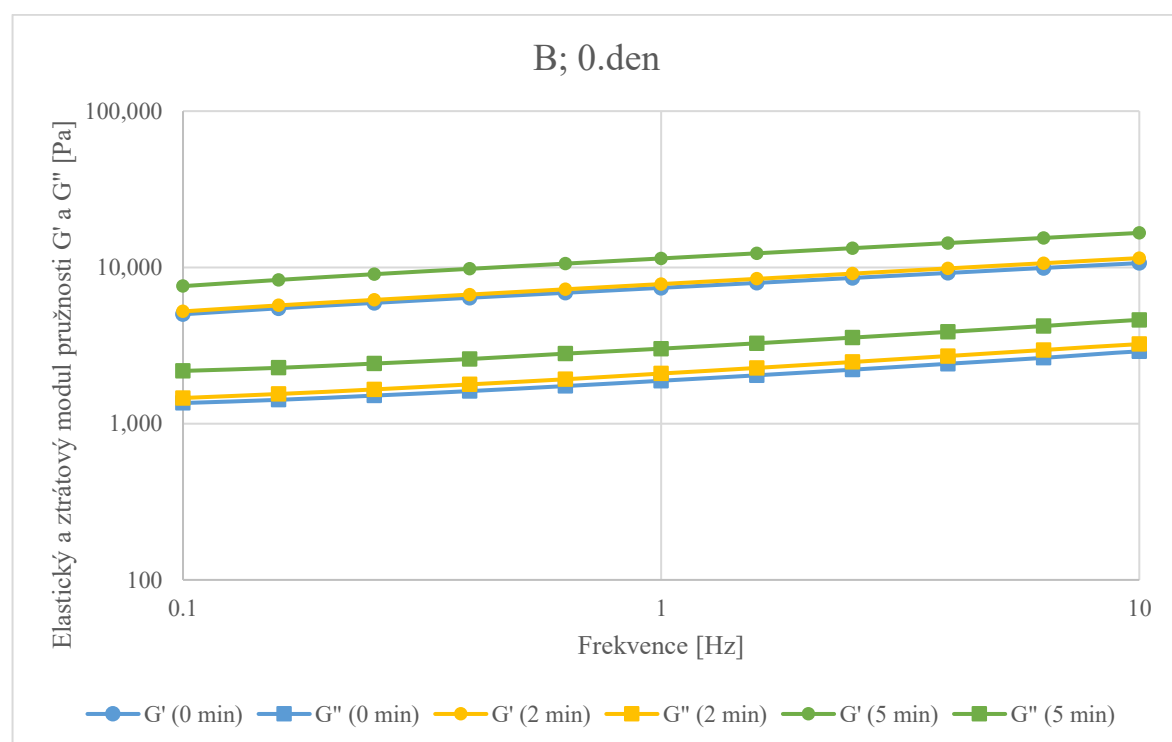
6.1.7 Vyhodnocení reologických měření

Reologická analýza byla pro každý vzorek provedena 0. a 3. den od výroby. Každá šarže byla měřena dvakrát, přičemž prezentované křivky jsou sestaveny z průměrných hodnot. Měřením byly získány hodnoty elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti při frekvencích 0,1 – 100,0 Hz. Z důvodu lepší přehlednosti vyhodnocení výsledků byl v níže uvedených grafech omezen frekvenční rozsah na 0,1 – 10,0 Hz. Z hodnot elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti byl následně vypočítán komplexní modul pružnosti (G^*), díky kterému byl zjištěn celkový odpor vzorků vůči deformaci. Amplituda smykového napětí byla nastavena a reometrem udržována při 20,0 Pa.

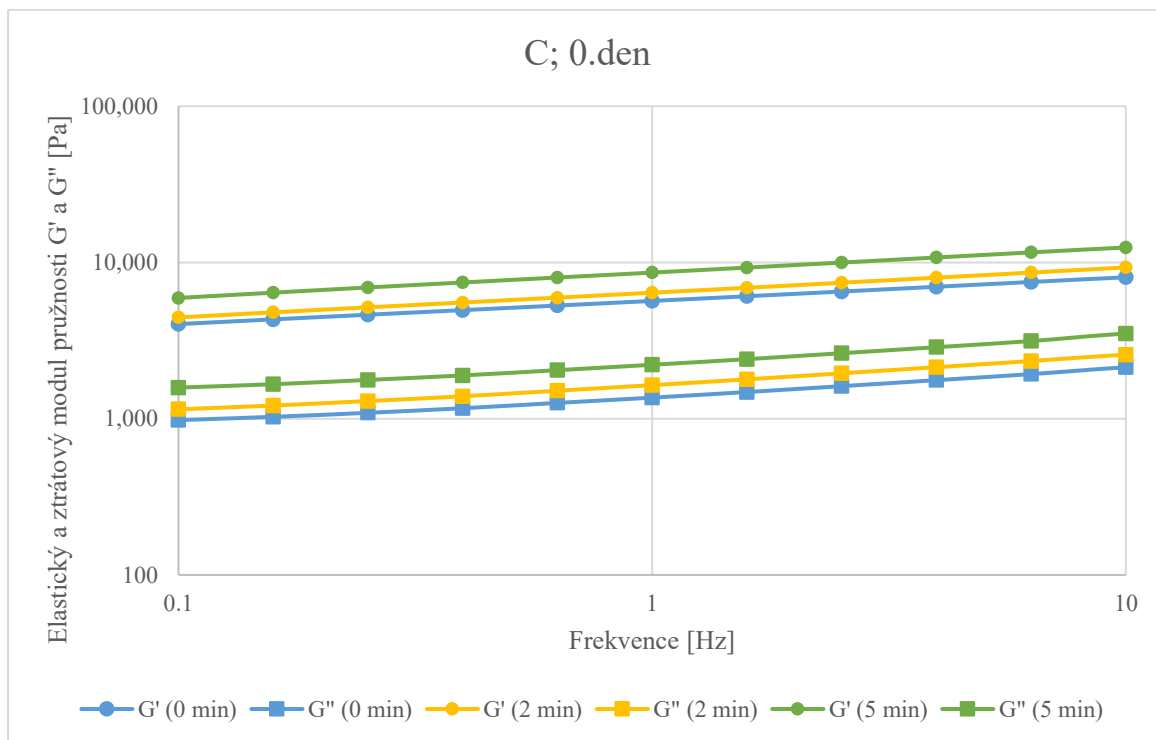
Na následujících grafech (viz Obrázek 27-30) je zaznamenán vývoj elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti vzorků v den výroby. Součástí grafu jsou křivky samostatně pro nesolené vzorky a pro vzorky solené po dobu 2 a 5 minut.



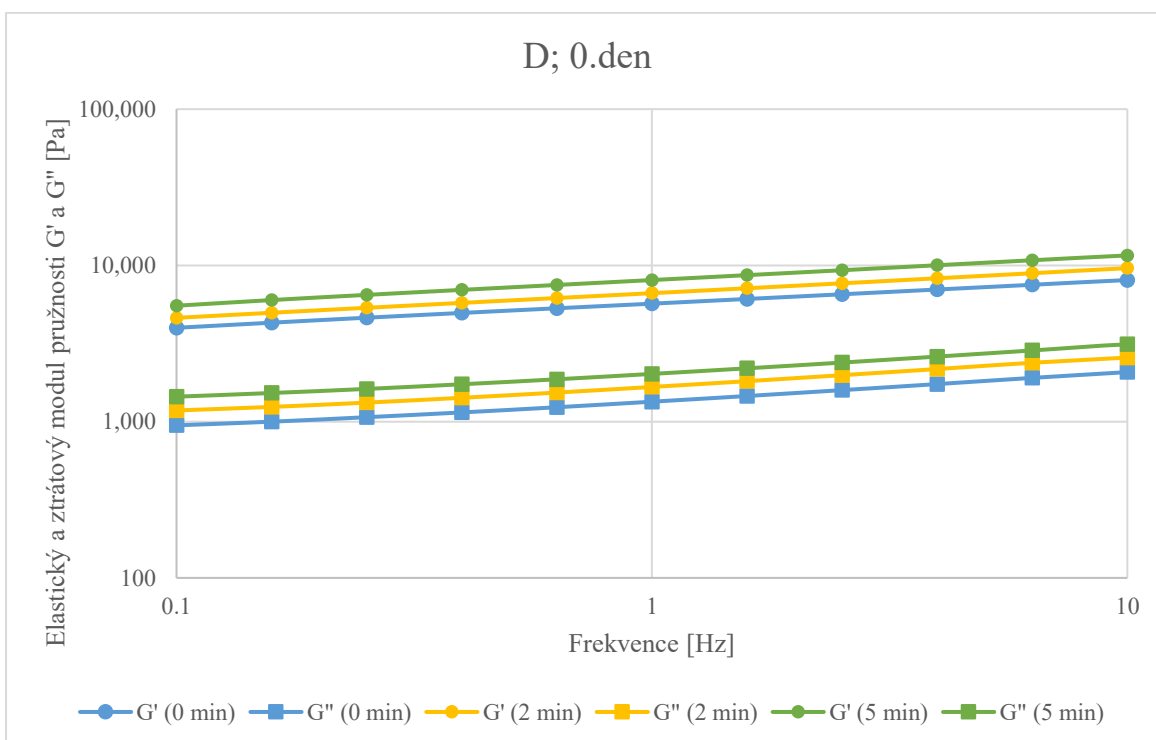
Obrázek 27 Závislost Elastického (G') a Ztrátového (G'') modulu pružnosti na frekvenci pro kontrolní vzorek; měření v den výroby



Obrázek 28 Závislost Elastického (G') a Ztrátového (G'') modulu pružnosti na frekvenci pro kontrolní vzorek; měření v den výroby



Obrázek 29 Závislost Elastického (G') a Ztrátového (G'') modulu pružnosti na frekvenci pro kontrolní vzorek; měření v den výroby



Obrázek 30 Závislost Elastického (G') a Ztrátového (G'') modulu pružnosti na frekvenci pro kontrolní vzorek; měření v den výroby

Na základě výše uvedených grafů je zřejmé, že ve všech vzorcích dominovala elastická složka nad viskózní ($G' > G''$), a to v celém frekvenčním rozsahu. Na základě tohoto zjištění

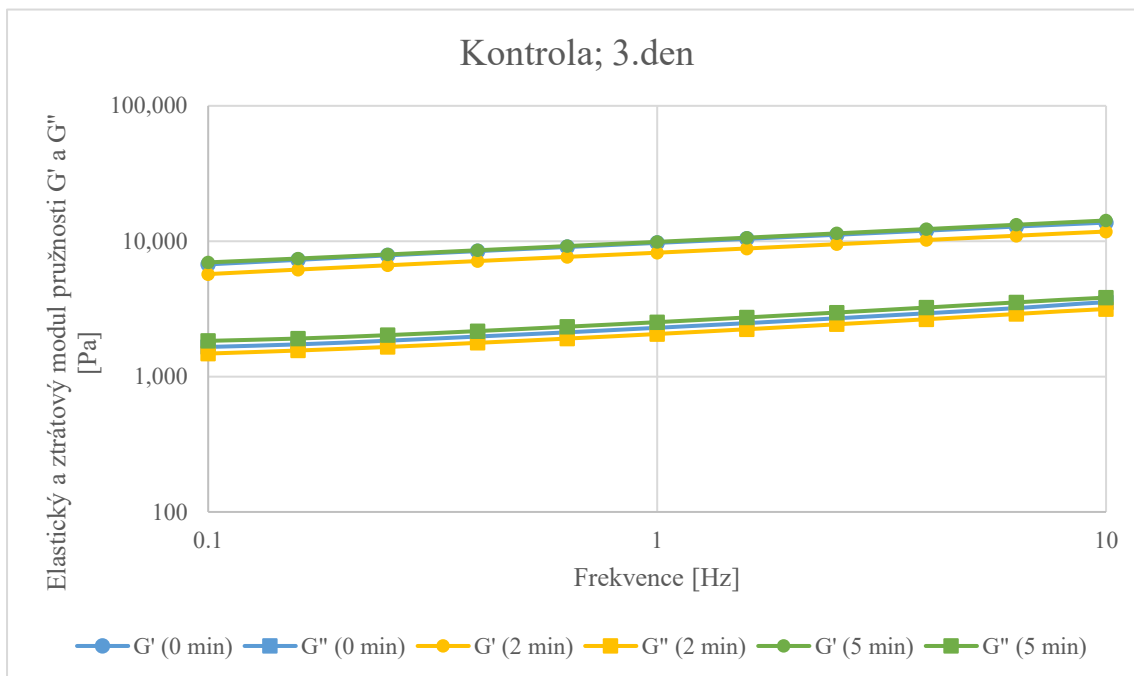
lze tedy konstatovat, že se vzorky chovaly jako pevná látka. Zároveň je viditelné, že s rostoucí frekvencí se průběh funkce posouvá k vyšším hodnotám. Kromě kontrolního vzorku došlo ve všech ostatních případech s rostoucí dobou solení k nárůstu elastického modulu pružnosti (G'), což jasně poukazuje na fakt, že s rostoucí koncentrací soli v sýrech roste jejich pevnost. Tuto skutečnost lze vysvětlit přítomností faktorů (chloridu vápenatého a syřidla), které zvyšují hustotu bílkovinné sítě, a tedy pevnost gelu. Kontrolní vzorek žádný z těchto faktorů neobsahoval, a jeho slabý gel tak nebyl schopen zachytit sůl ze solného roztoku v takovém množství jako ostatní vzorky.

Guo et al. (2011) zkoumal vliv přídavku soli na mikrostrukturu sladkého čerstvého sýra. Ve své studii poznamenal, že sýry s přídavkem NaCl ve hmotě měly hustější proteinovou síť. Uvádí, že vyšší koncentrace soli napomáhá zachovat integritu této sítě díky hydrofobním a elektrostatickým interakcím, které probíhají jak uvnitř proteinových agregátů, tak mezi nimi. Hustější a kompaktnější proteinová matrice se u vzorků se zvýšeným obsahem soli projevila zvýšením hodnot elastického modulu pružnosti, a to až o 2 250 Pa, což odpovídá výsledkům prezentovaným v tomto experimentu (Guo et al., 2011). U vzorku bez přídavku soli byla ve zmíněné studii při referenční hodnotě frekvence oscilace 1,0 Hz naměřena hodnota elastického modulu (G') 16 710 Pa, což je více než trojnásobek ve srovnání s kontrolním vzorkem bez přídavku soli z tohoto experimentu (4 956 Pa). Tento rozdíl jasně poukazuje na fakt, že sladké sýry, tedy sýry vyrobené pomocí syřidla, mají výrazně pevnější strukturu než sýry kyselé (Guo et al., 2011).

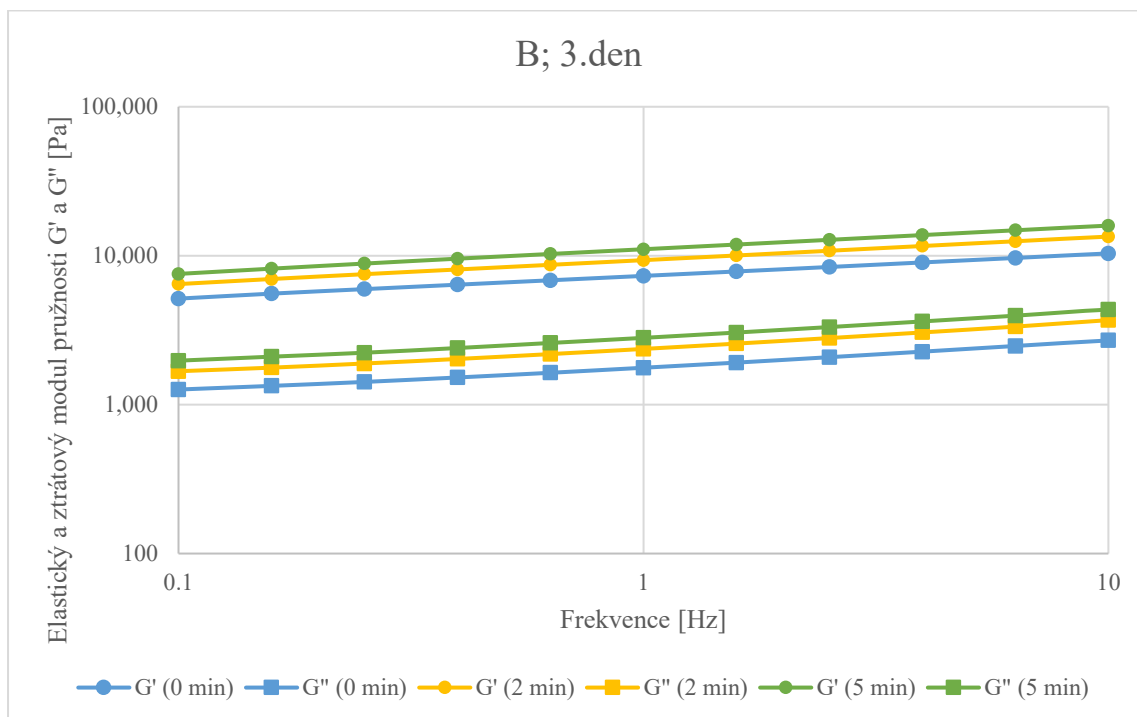
Na Obrázku 28 je v porovnání s Obrázkem 27 patrný nárůst hodnot elastického modulu pružnosti (G'), který je připisován přídavku CaCl_2 . Nejvýraznější nárůst byl pozorován u vzorku soleného po dobu 5 minut, a to o 5 897 Pa. Pastorino et al. (2003) zkoumali vliv přídavku vápníku na reologické vlastnosti sýru mozzarella, přičemž přídavky CaCl_2 se u jednotlivých vzorků pohybovaly v rozmezí 300–1600 mg/100 g. Vyšší koncentrace chloridu vápenatého vedly ke zvýšené agregaci para-kaseinu, snížení obsahu vlhkosti a lineárnímu nárůstu pevnosti sýra.

Syřidlo se často přidává do kyselých tvarohů za účelem zpevnění hmoty sýra a zabránění ztrát kaseinu do syrovátky, jak zmiňuje Schulz-Collins a Senge (2004). I minimální přídavek syřidla krátce po přídavku bakteriálních kultur napomáhá k tvorbě hrubší sítě, a tedy pevnější struktury, což bylo potvrzeno i v tomto experimentu (Schulz-Collins a Senge, 2004).

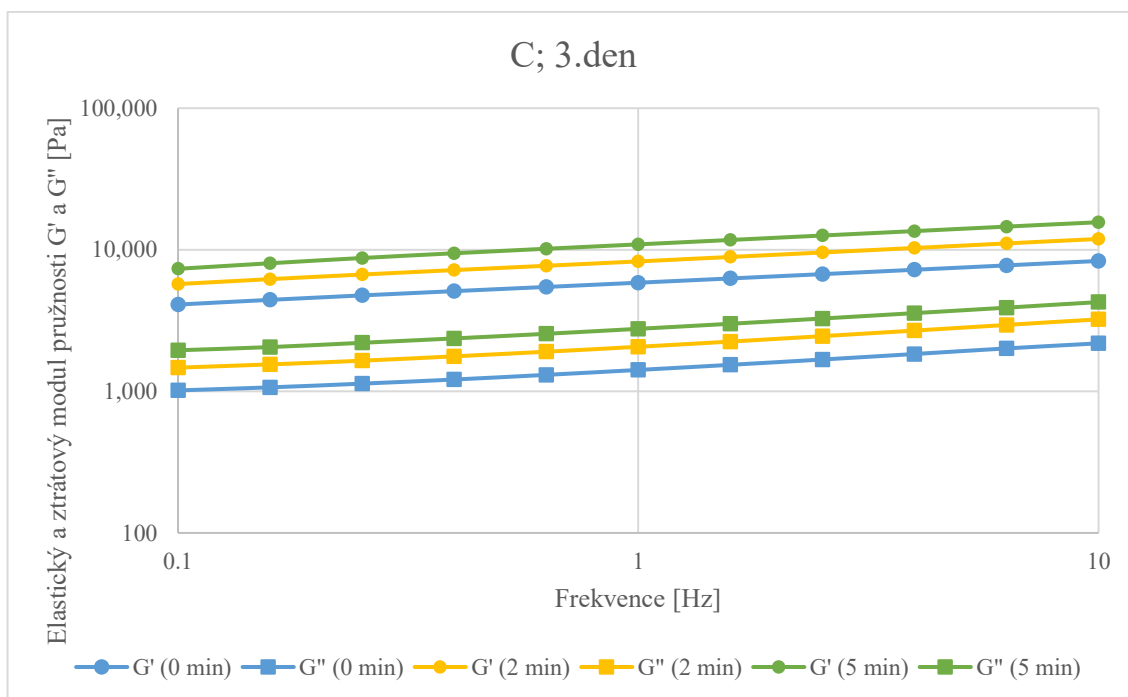
V níže uvedených grafech (Obrázek 31-34) je znázorněn průběh křivek elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti u jednotlivých vzorků po třech dnech chladírenského skladování.



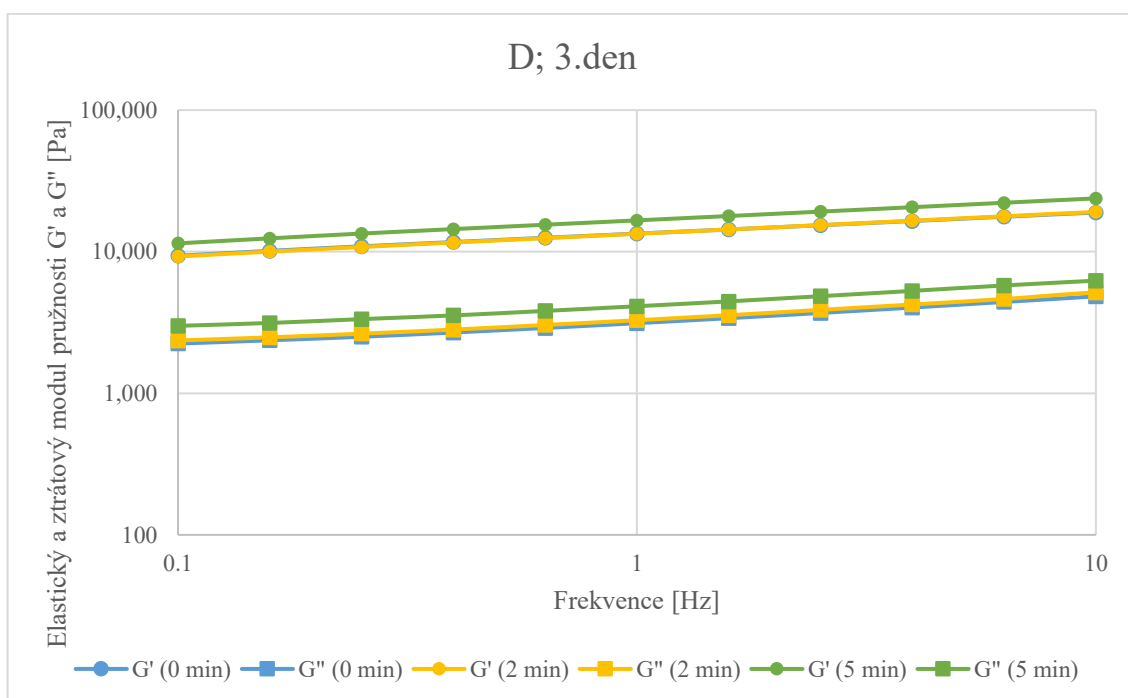
Obrázek 31 Závislost Elastického (G') a Ztrátového (G'') modulu pružnosti na frekvenci pro kontrolní vzorek; měření po 3 dnech skladování



Obrázek 32 Závislost Elastického (G') a Ztrátového (G'') modulu pružnosti na frekvenci pro kontrolní vzorek; měření po 3 dnech skladování



Obrázek 33 Závislost Elastického (G') a Ztrátového (G'') modulu pružnosti na frekvenci pro kontrolní vzorek; měření po 3 dnech skladování



Obrázek 34 Závislost Elastického (G') a Ztrátového (G'') modulu pružnosti na frekvenci pro kontrolní vzorek; měření po 3 dnech skladování

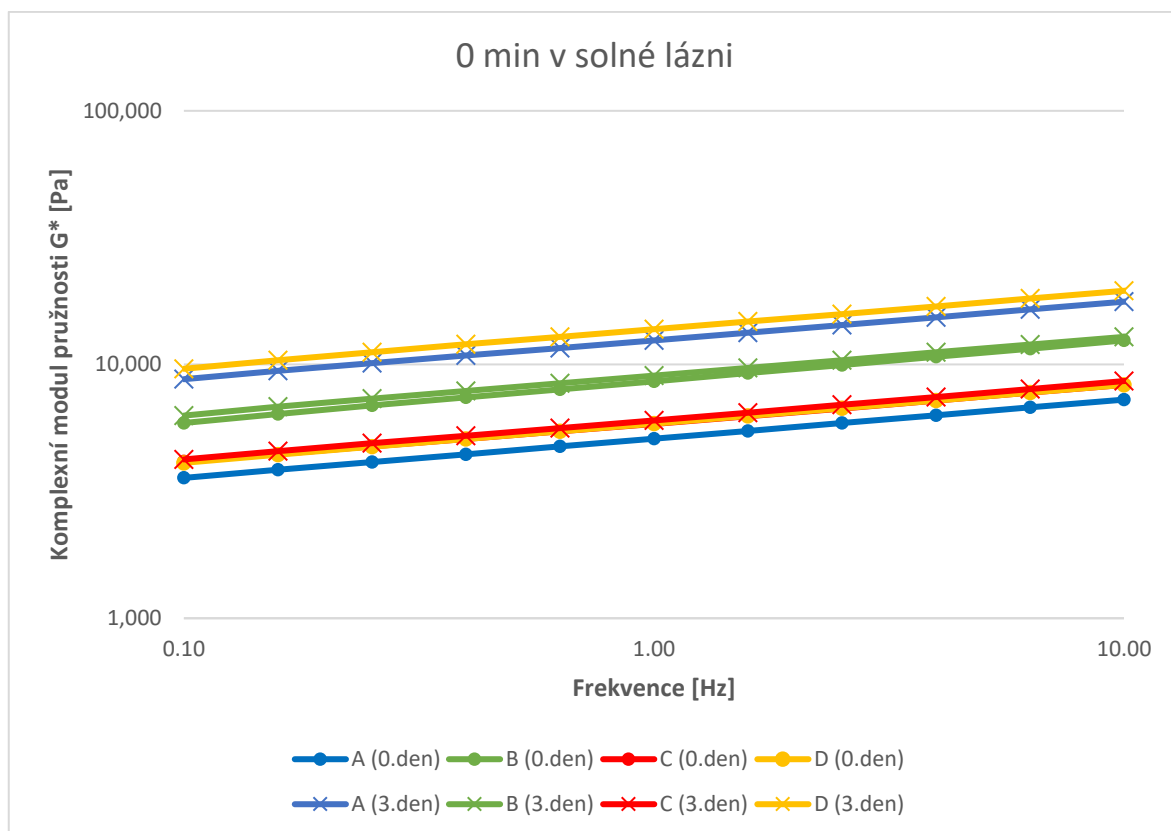
Již na první pohled je viditelné, že se křivka elastického modulu pružnosti (G') pohybuje ve vyšších hodnotách, což naznačuje zvýšení pevnosti hmoty v důsledku skladovacího procesu. Nejvyšší hodnoty G' vykazoval vzorek D, konkrétně jeho varianta solená po dobu 5 minut. Hodnota G' během tří dnů stoupla z 8 055 Pa na 16 640 Pa a pevnost tohoto vzorku se tedy

zvýšila více než dvakrát. Důvodem je pravděpodobně snížení obsahu vody, která funguje jako změkčovadlo proteinové sítě a činí tak sýr náchylnější k deformaci (Fox et al., 2017).

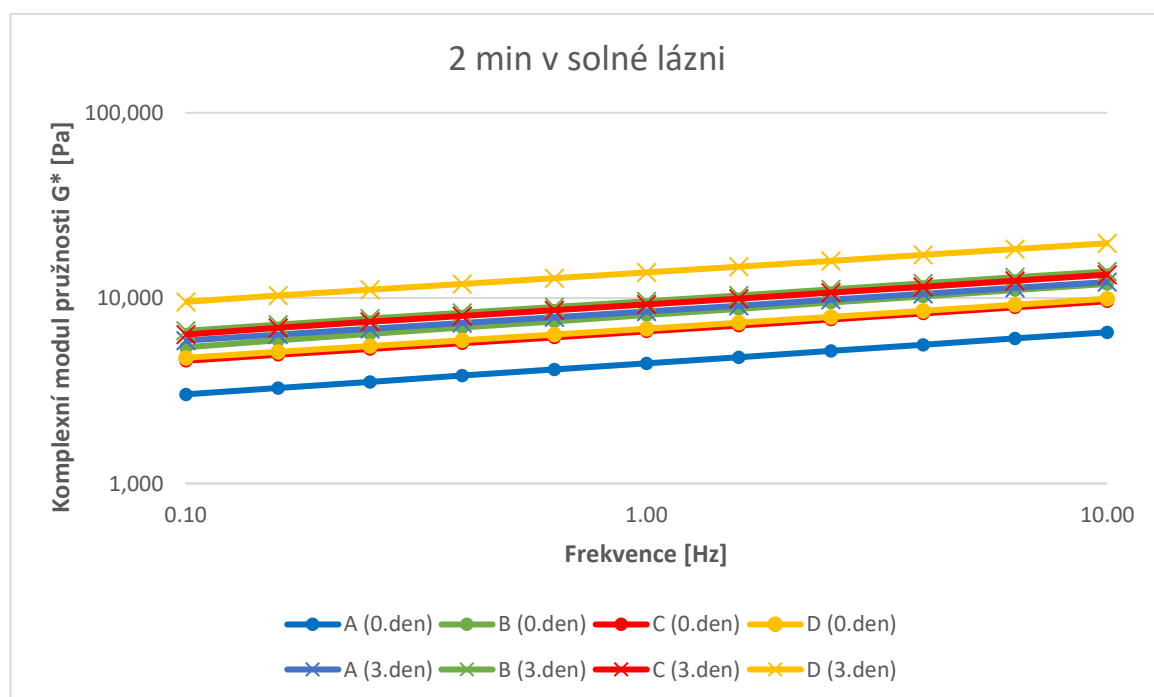
K podobným závěrům dospěli vědci ve studii zaměřené na vliv přídavku *L. acidophilus* a *L. casei* na fyzikálně-chemické a reologické vlastnosti tvarohových sýrů. Během prvních 7 dnů skladování došlo k významnému zvýšení pevnosti ($p \leq 0,05$), což autor přisuzuje pokračujícím interakcím mezi kaseinovými částicemi, které způsobují zesílení proteinové matrice. U sýrů, které po výrobě obsahují živé mikroorganismy a aktivní enzymy, je tento vývoj běžný, protože během skladování dochází k postupné reorganizaci bílkovinné sítě (Soltanzadeh et al., 2019). Toto zjištění však neodpovídá výsledkům studie z roku 2011, kde nebyl pozorován vliv skladování na hodnoty elastického modulu pružnosti (G') (Guo et al., 2011).

Po třídním skladování se také ukázalo, že faktor solení nejvíce ovlivnil vzorek C, kde jsou znatelné největší vzdálenosti mezi jednotlivými křivkami elastického modulu pružnosti (G').

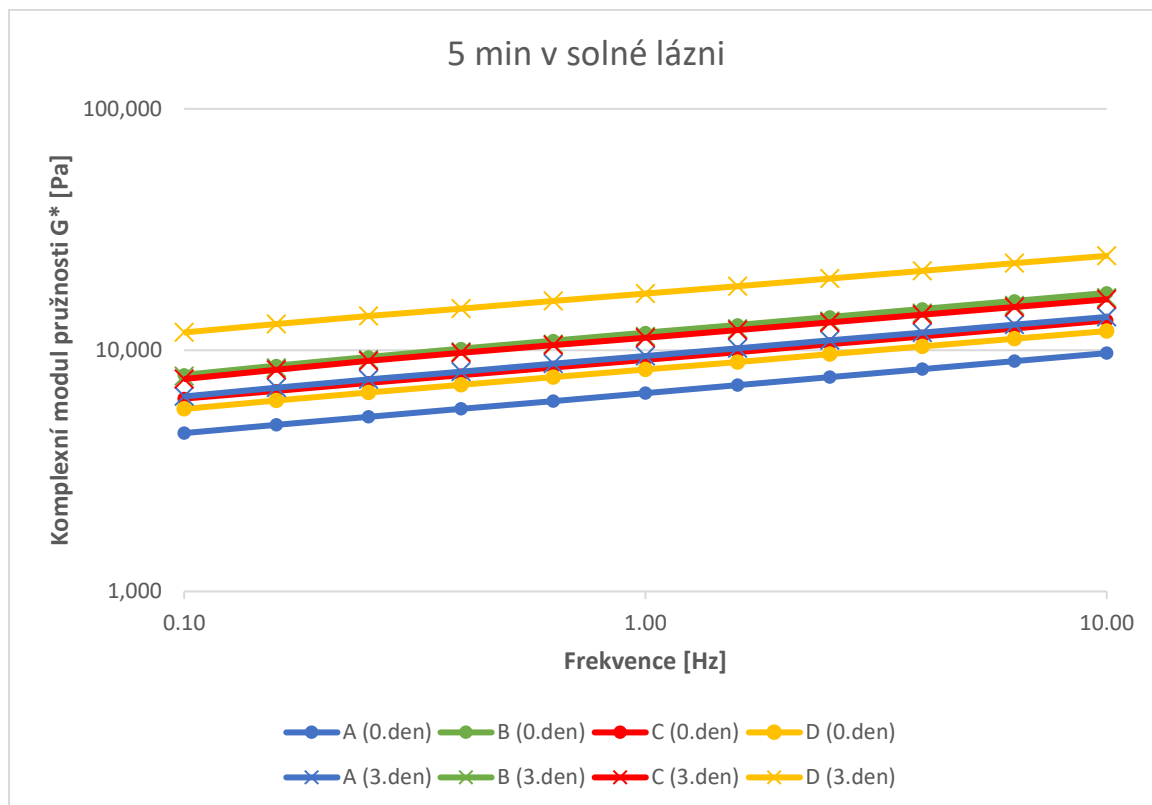
Viskoelastické vlastnosti modelových vzorků čerstvých sýrů byly hodnoceny také pomocí komplexního modulu pružnosti (G^*), který byl vypočten z elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti. Komplexní modul pružnosti udává odolnost vzorku vůči deformaci a platí, že vyšší hodnota G^* značí větší tuhost vzorku. Vypočtené hodnoty pro každou frekvenci jsou znázorněny pomocí grafu na Obrázku 35-37.



Obrázek 35 Závislost komplexního modulu pružnosti (G^* ; Pa) na frekvenci (Hz) u vzorků čerstvých sýrů



Obrázek 36 Závislost komplexního modulu pružnosti (G^* ; Pa) na frekvenci (Hz) u vzorků čerstvých sýrů



Obrázek 37 Závislost komplexního modulu pružnosti (G^* ; Pa) na frekvenci (Hz) u vzorků čerstvých sýrů

Na Obrázku 35 je viditelné, že skladování mělo největší vliv na zvýšení tuhosti u vzorku A a D. Hodnota komplexního modulu pružnosti G^* při frekvenci 1,0 Hz vrostla v obou případech o více než 7 kPa. Naproti tomu pevnost vzorků B a C zůstala po celou dobu skladování téměř beze změn.

U vzorků solených po dobu 2 minut (Obrázek 36) vykazoval po 3 dnech skladování nejvyšší tvrdost vzorek D. Jeho hodnota G^* dosáhla 13 700 Pa, a tento vzorek se tak statisticky významně lišil od ostatních vzorků ($p \leq 0,05$). V den výroby však nejvyšších hodnot G^* dosahoval vzorek B (8 096 Pa).

Vzorky solené po dobu 5 minut obecně vykazovaly výrazně vyšší míru tuhosti ve srovnání s těmi, které byly soleny pouze 2 minuty. Tento jev pravděpodobně souvisí s tím, že 2 minuty v solné lázni je příliš krátká doba na to, aby došlo k významným změnám v mikrostruktuře sýra a projevům osmotického tlaku vedoucím ke zvýšení tuhosti sýra. Nejvíce se tuhost zvýšila u vzorku D, kdy hodnota G^* vzrostla z 8 304 Pa v den výroby na 17 140 Pa po třech dnech skladování. Tento vzorek se tak statisticky významně lišil od ostatních vzorků ($p \leq 0,05$).

U vzorku A a B vedlo krátkodobé, dvouminutové solení ke snížení tuhosti ve srovnání s nesoleným variantami. Vzorky solené po dobu 5 minut však vykazovaly vyšší tuhost převyšující i nesolené vzorky. U vzorků C a D byl výrazný nárůst tuhosti zaznamenán již po 2 minutách v solné lázni.

6.2 Senzorická analýza

Organoleptické vlastnosti čerstvých sýrů byly hodnoceny pomocí senzorické analýzy, které se zúčastnilo 10 hodnotitelů expertů. Byly sledovány znaky:

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

Senzorický panel hodnotil výše uvedené znaky pomocí 5bodové stupnice, viz Senzorický dotazník v příloze I. Výsledky senzorické analýzy jsou prezentovány na Obrázku 38–40.

6.2.1 Vyhodnocení barvy

Mezi vzorky čerstvých sýrů nebyl nalezen statisticky významný rozdíl v barvě ($p > 0,05$). Všechny vzorky byly označeny jako „slabě smetanově bílé“, což odpovídá použitým surovinám. Na základě těchto výsledků by se tedy dalo říct, že žádný z faktorů (koncentrace soli, přídavek syřidla, přídavek CaCl_2 a skladování) neměl na vnímání barvy vliv, což odpovídá výsledkům ze stanovení barvy pomocí spektrofotometru. Pomocí instrumentální metody měření barvy byly zjištěny malé rozdíly v barvě, které však lidské oko není schopno zachytit.

6.2.2 Vyhodnocení vůně

Mezi vzorky čerstvých sýrů nebyl nalezen statisticky významný rozdíl ve vůni ($p > 0,05$). Vůně u všech vzorků byla označena jako „velmi intenzivní smetanová a kefirová“, což

odpovídá použité surovinové skladbě. Důležité je rovněž zmínit, že intenzita vůně nebyla ovlivněna přidavkem chloridu vápenatého ani syřidla, ani solením či skladováním. Všichni hodnotitelé zároveň popisovali chuť vzorků jako velmi příjemnou, aromatickou, přičemž tento vjem je připisován zejména aplikaci keřirové kultury, jejíž bakterie produkují díky vysoké proteolytické aktivitě široké spektrum aromatických sloučenin. Mezi hlavní sloučeniny podílející se na tvorbě keřirového aroma patří zejména estery a organické kyseliny, dále pak alkoholy či laktony (Dimitrellou et al., 2015).

6.2.3 Vyhodnocení kyselé chuti

Z hlediska vnímání kyselé chuti byl mezi jednotlivými vzorky nalezen statisticky významný rozdíl ($p \leq 0,05$), přičemž hodnotitelé označovali vzorky jako málo kyselé až kyselé. Skladovací proces či přidavek syřidla nebo CaCl_2 neměl na vnímání kyselé chuti jednoznačný vliv. Všichni hodnotitelé však zaznamenali určitou souvislost kyselé chuti s obsahem soli v sýrech. Bylo zjištěno, že vyšší koncentrace soli v sýrech vede ke zvýšení intenzity kyselé chuti, což potvrzuje také nižší pH těchto vzorků. Sýry, které byly v solné lázni soleny po dobu 5 minut, a obsahovaly tedy kolem 2 % soli, byly hodnoceny jako nejvíce kyselé. Ke stejnému závěru dospěl také Wendin et al. (2000) ve své studii týkající se smetanových sýrů (tzv. cream cheese). Breslin (1996) zmiňuje, že u gelů vyrobených za použití syrovátkového proteinu byla kyselá chuť vnímána intenzivněji ve vzorcích, které obsahovaly přidavek soli. Autor dodává, že kombinace kyselých a slaných komponent v podprahových koncentracích vede ke sčítání jejich účinků.

6.2.4 Vyhodnocení keřirové chuti

Keřirová chuť je nejčastěji charakterizována jako „kvasinková“, přičemž tato chuť je doprovázena šumivým nebo perlivým pocitem, který je způsoben uvolňováním zachyceného CO_2 v ústech (Farnworth, 2003). Keřirová chuť byla obecně nejintenzivněji vnímána u kontrolního vzorku, který hodnotitelé nejčastěji označovali jako vzorek se středně intenzivní keřirovou chutí. Na základě Obrázku 39 a 40 je patrné, že zvýšená koncentrace soli způsobuje potlačení vnímání keřirové chuti, jelikož u vzorků solených po dobu 5 minut byla keřirová chuť nejčastěji označována jako málo intenzivní. U většiny vzorků zůstala intenzita keřirové chuti v průběhu skladování zachována, u malé části vzorků však došlo ke snížení intenzity tohoto vjemu.

6.2.5 Vyhodnocení slané chuti

Vnímání slané chuti korelovalo s koncentrací soli v jednotlivých vzorcích. Všechny nesolené vzorky byly dle očekávání označeny jako neslané. Vzorky solené po dobu 2 minut, které obsahovaly kolem 1,50 % soli, byly označovány jako středně slané, přičemž po uplynutí skladovacího procesu byly tyto vzorky označeny jako více slané. Vzorky solené po dobu 5 minut, které obsahovaly kolem 2,0 % soli, byly nejčastěji označovány jako více slané, přičemž vzorky A a B byly po třech dnech skladování označeny jako velmi slané. Tato hodnocení souhlasí s výsledky titračního stanovení obsahu soli, kdy v průběhu skladování došlo u všech solených vzorků k navýšení obsahu soli. U vzorků solených po dobu 2 minut se obsah soli zvýšil zhruba o 0,20 %, u vzorků solených po dobu 5 minut dokonce o 0,40 %. Zvýšení intenzity vnímání slané chuti lze pravděpodobně přičíst postupnému rozprostření soli v objemu sýra, což následně vedlo k intenzivnějšímu vjemu slanosti. Hodnotitelé však zároveň komentovali, že ani po třech dnech skladování nedošlo ke kompletnímu a rovnoměrnému rozprostření soli, neboť okraje sýru byly výrazně slanější než jeho střed, který byl pouze mírně slaný. Na základě výsledků senzorické analýzy lze zároveň dodat, že přídavek syřidla a CaCl_2 neměl vliv na vnímání intenzity slané chuti, jelikož mezi vzorky nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl ($p > 0,05$).

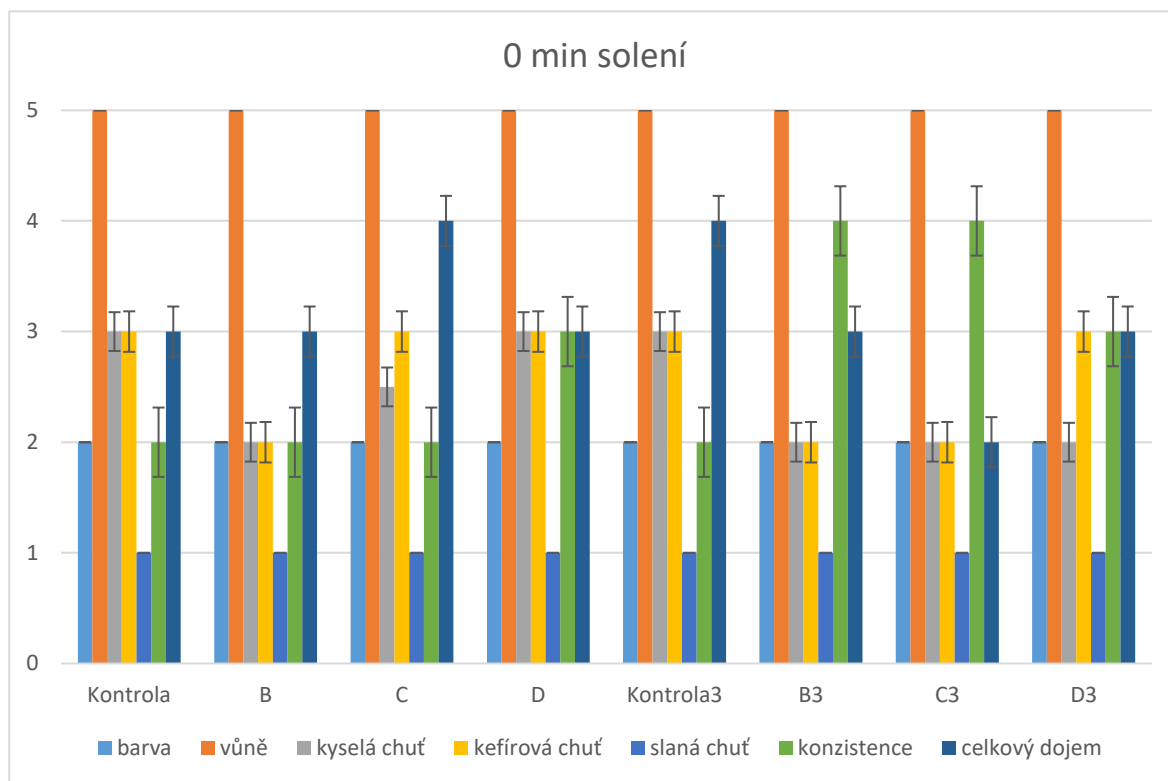
6.2.6 Vyhodnocení konzistence

Nejvýraznější rozdíl v tuhosti vzorků způsoben skladováním je viditelný na Obrázku 38. Zároveň byl pozorován rozdíl mezi nesolenými vzorky a těmi solenými 5 minut, což je v souladu s výsledky texturní a reologické analýzy uvedenými v kapitolách 6.2 a 6.3. Všechny vzorky byly hodnoceny jako měkké až tuhé, avšak stále roztíratelné. Svou konzistencí tedy odpovídaly tvarohu či smetanovému sýru, což byl také původní záměr výrobního procesu. Nejvyšší tuhost ve srovnání s ostatními vzorky vykazoval vzorek D, čímž byla potvrzena hypotéza, že syřidlo v kombinaci s chloridem vápenatým pozitivně ovlivňuje pevnost čerstvých sýrů.

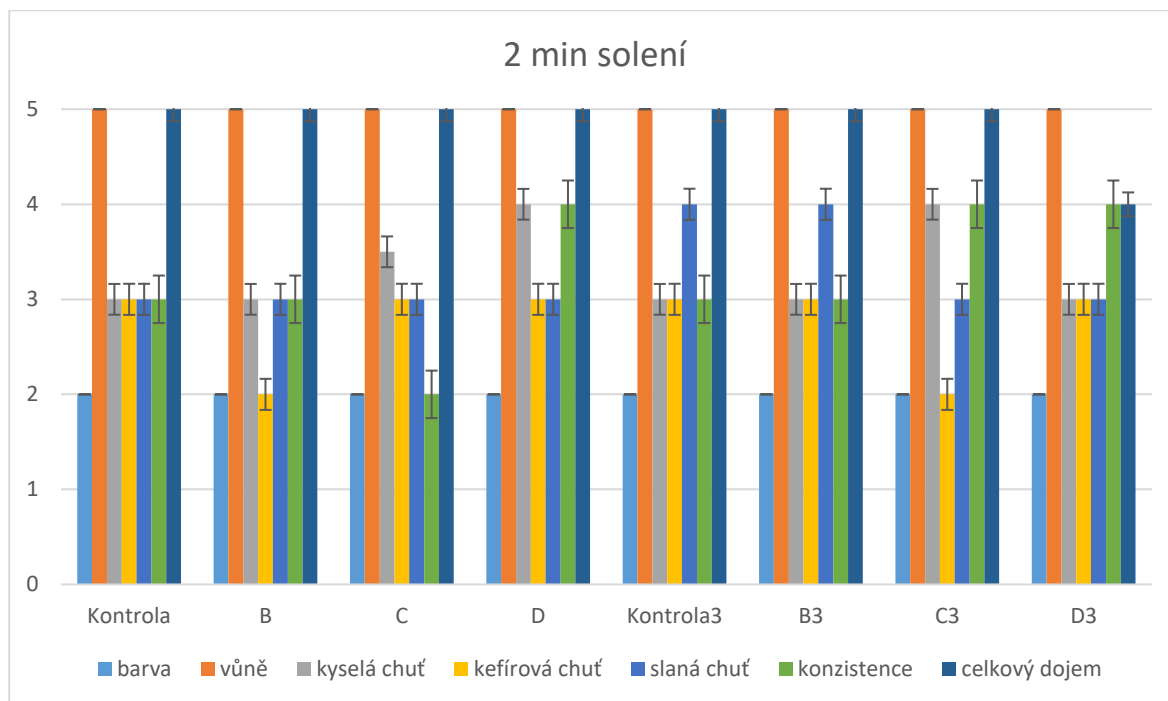
6.2.7 Vyhodnocení celkového dojmu

Z níže uvedených grafů je patrné, že sýry solené 2 minuty, a tedy obsahem soli kolem 1,50 % byly vyhodnoceny jako nejlepší. Naopak nejhůře byly hodnoceny vzorky solené po dobu 5 minut. Tyto vzorky byly nejčastěji ohodnoceny jako „uspokojivé“ až „dobré“ a to přes fakt, že vykazovaly nejvyšší pevnost. Hodnotitelům u těchto vzorků nejvíce vadila příliš slaná chuť. Nesolené vzorky byly hodnoceny o něco lépe než vzorky solené 5 minut, avšak

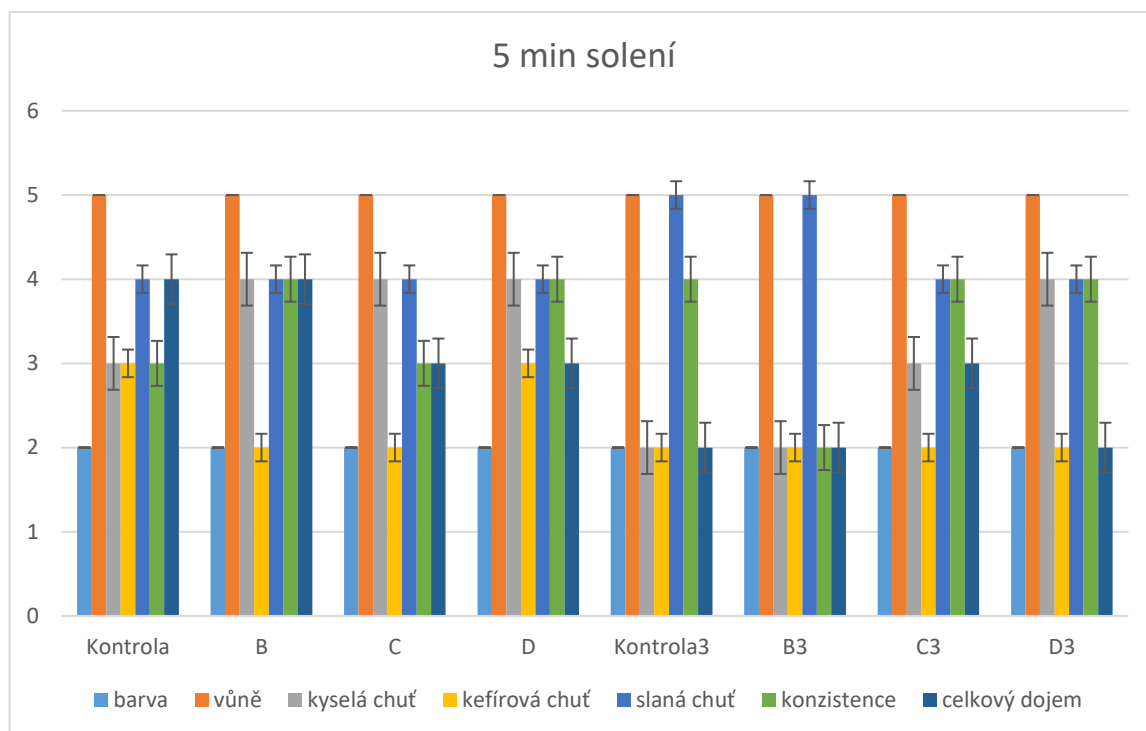
někteří hodnotitelé naopak vytýkali absenci slané chuti. Tyto vzorky byly hodnotiteli přirovnávány k řeckému jogurtu nebo výrobku Skyr.



Obrázek 38 Výsledky senzorní analýzy čerstvých sýrů 0. a 3. den; 0 minut v solné lázni (vzorky označené číslem 3 reprezentují vzorky, které prošly skladovacím procesem)



Obrázek 39 Výsledky senzorní analýzy čerstvých sýrů 0. a 3. den; 2 minuty v solné lázni (vzorky označené číslem 3 reprezentují vzorky, které prošly skladovacím procesem)



Obrázek 40 Výsledky senzoričké analýzy čerstvých sýrů 0. a 3. den; 5 minut v solné lázni (vzorky označené číslem 3 reprezentují vzorky, které prošly skladovacím procesem)

ZÁVĚR

V teoretické části diplomové práce byly charakterizovány čerstvé sýry včetně surovin potřebných pro jejich výrobu a druhy srážení, se kterými se lze při výrobě čerstvých sýrů nejčastěji setkat. Dále byla u vybraných čerstvých sýrů popsána technologie jejich výroby. V poslední kapitole byly charakterizovány jednotlivé faktory a jejich vliv na fyzikálně-chemické a organoleptické vlastnosti čerstvých sýrů.

Praktická část diplomové práce se zabývala výrobou modelových vzorků čerstvých sýrů za použití vybraných faktorů a následnou fyzikálně-chemickou a senzorickou analýzou těchto vzorků. Fyzikálně-chemická analýza zahrnovala stanovení pH, titrační kyselosti, celkového obsahu sušiny, barvy a obsahu soli. Dále byl proveden tzv. spreadability test a následně také reologická analýza.

Solení sýrů po dobu 2 minut způsobilo snížení pH, přičemž u tří ze čtyř vzorků se jednalo o statisticky významný pokles ($p \leq 0,05$). Skladování také vedlo ke snížení pH, přičemž u většiny vzorků se jednalo o statisticky významný pokles ($p \leq 0,05$). Toto pozorování lze přičíst pokračující metabolické aktivitě bakterií přítomných v sýrech, jelikož vzorky nebyly po výrobním procesu termizovány. Výsledky titrační kyselosti částečně odpovídají stanovení pH. U většiny vzorků došlo v průběhu skladování ke statisticky významnému zvýšení titrační kyselosti ($p \leq 0,05$).

Přídavek syřidla vedl k signifikantnímu snížení celkového obsahu sušiny ve srovnání s kontrolním vzorkem ($p \leq 0,05$). U téměř všech vzorků obsahujících syřidlo zároveň došlo během skladovacího procesu k výraznému odvodu syrovátky, což vedlo k signifikantnímu zvýšení celkového obsahu sušiny u těchto vzorků ($p \leq 0,05$). Solení sýrů mělo za následek zvýšení obsahu sušiny, nejednalo se však o statisticky významný rozdíl ($p > 0,05$).

Faktor solení, přídavek CaCl_2 či syřidla neměl vliv na barvu sýrů ($p > 0,05$). Intenzita žlutého zbarvení byla v důsledku skladování signifikantně snížena pouze u vzorku A ($p \leq 0,05$). Skladování vedlo naopak ke zvýšení intenzity žlutého zbarvení, což lze přisoudit rozpadu shluků kaseinových micel. V důsledku jejich rozpadu došlo k odhalení karotenů a riboflavinu, a začal v sýrech tedy dominovat žlutý tón. Tento nárůst však nebyl statisticky významný ($p > 0,05$).

Z hlediska obsahu soli došlo u všech vzorků v průběhu skladování ke statisticky významnému zvýšení koncentrace NaCl ($p \leq 0,05$), u některých vzorků až o 0,38 %. Tuto

skutečnost lze přičíst částečné dehydrataci sýrů, a tedy snížení jejich hmotnosti, což vedlo ke zvýšení procentuálního podílu soli na celkovou hmotnost sýra.

Roztíratelnost čerstvých sýrů se snižovala s dobou skladování, kdy pro jejich rozetření bylo potřeba větší síly. Tento výsledek koreluje s parametrem tvrdosti, kdy v důsledku skladovacího procesu došlo ke zvýšení tvrdosti u všech vzorků. Statisticky významný nárůst ($p \leq 0,05$) tvrdosti byl však zaznamenán pouze u vzorků, které neobsahovaly syřidlo. Zároveň bylo zjištěno, že ve srovnání s kontrolním vzorkem vykazovaly sýry obsahující syřidlo signifikantně vyšší tvrdost ($p \leq 0,05$). Míra lepivosti byla zvýšena s dobou solení, avšak pouze u vzorků neobsahující syřidlo. Jako nejvíce lepivý byl právě vzorek B solený po dobu 5 minut.

Reologickou analýzou byly stanoveny viskoelastické vlastnosti vzorků čerstvých sýrů. S výjimkou kontrolního vzorku došlo u všech vzorků ke zvýšení pevnosti s rostoucí dobou pobytu v solné lázni ($p \leq 0,05$). Vzorky solené 5 minut tedy vykazovaly vyšší tuhost než vzorky solené pouze 2 minuty. Sůl v sýrech totiž napomáhá zachovat integritu proteinové sítě díky hydrofobním a elektrostatickým interakcím, což se projevuje právě zvýšením pevnosti sýra. Zároveň bylo zjištěno, že přídavek CaCl_2 i syřidla také vede k vyšším hodnotám elastického modulu pružnosti, a tedy ke zvýšení pevnosti ($p \leq 0,05$). Statisticky významný nárůst pevnosti byl také pozorován v důsledku skladování ($p \leq 0,05$).

Na základě senzorické analýzy byly vyhodnoceny organoleptické vlastnosti modelových vzorků čerstvých sýrů. Z hlediska barvy a vůně se mezi sebou jednotlivé vzorky nelišily ($p > 0,05$). Kyselá chuť byla u solených vzorků hodnocena jako intenzivnější, což je potvrzeno také nižším pH těchto vzorků ve srovnání s nesolenými vzorky. Keřirová chuť byla u solených vzorků ve srovnání s nesolenými hodnocena jako méně intenzivnější, přítomnost soli tedy vede k potlačení vnímání keřirové chuti. Vzorky analyzované po skladovacím procesu byly vyhodnoceny jako více slané ($p \leq 0,05$), což lze přičíst částečnému rozprostření soli v objemu sýra. Z hlediska konzistence byly všechny vzorky označeny jako měkké až tuhé, avšak stále roztíratelné a svou konzistencí tedy odpovídaly tvarohu. Z hlediska celkového dojmu byly nejlépe hodnoceny všechny vzorky solené po dobu 2 minut, a proto se s ohledem na jejich chuťové vlastnosti i jiné sledované znaky jeví tato délka solení jako neoptimálnější.

Na základě všech provedených analýz lze pro výrobu doporučit vzorky C a D, které vykazovaly ideální texturní a reologické vlastnosti pro výrobu čerstvého tvarohového sýra určeného pro balení do vaničky.

V návaznosti na tuto práci by bylo dále vhodné sledovat vliv termizace na finální vlastnosti čerstvých sýrů a následně sledovat případné změny těchto vlastností v průběhu skladování. Dále by bylo vhodné otestovat jiné koncentrace solné lázně a doby solení, případně využít jiné alternativy solení, jelikož 2minutové solení v solné lázni může být v praxi obtížně proveditelné.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

AKAR, Taner, ALTUNEL, Eda (ed.), 2022. *A review of the World's Whey Chesees*. Online. Gecekitaplığı. ISBN 978-625-430-562-7. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/>. [cit. 2025-02-13].

ALWAZEER, Duried; TAN, Kadir a ÖRS, Betül, 2020. Reducing atmosphere packaging as a novel alternative technique for extending shelf life of fresh cheese. Online. *Journal of Food Science and Technology*. Roč. 57, č. 8, s. 3013-3023. ISSN 0022-1155. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04334-4>. [cit. 2025-04-12].

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. 2022 *ASHRAE® Handbook - Refrigeration*. Online. SI. USA: ASHAE, 2022. ISBN 978-1-955516-08-2. Dostupné z: <https://app.knovel.com/kn>. [cit. 2024-11-24].

Anthotyros Cheese, 2017. Online. In: Christakis. Dostupné z: <http://www.patrialeta.com/index.php/products/anthotyros>. [cit. 2025-02-13].

ARVANITOYANNIS, Ioannis S.; KARGAKI, Georgia K. a HADJICHRISTODOULOU, Christos, 2011. Effect of three MAP compositions on the physical and microbiological properties of a low fat Greek cheese known as “Anthotyros.” Online. *Anaerobe*. Roč. 17, č. 6, s. 295-297. ISSN 10759964. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2011.04.007>. [cit. 2025-02-11].

BANSAL, Nidhi; FOX, Patrick F. a MCSWEENEY, Paul L. H., 2007. Factors Affecting the Retention of Rennet in Cheese Curd. Online. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2007-10-01, roč. 55, č. 22, s. 9219-9225. ISSN 0021-8561. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/jf0711105p>. [cit. 2025-04-08].

BARUKČIĆ, Irena; KEŠKIĆ, Marta; LISAK JAKOPOVIĆ, Katarina; KARLOVIĆ, Sven a BOŽANIĆ, Rajka, 2021. Effect of selected starter cultures on production, properties and shelf life of fresh type cheese. Online. *Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam*. 2021-01-20, roč. 15, č. 3-4. ISSN 18477461. Dostupné z: <https://doi.org/10.31895/hcptbn.15.3-4.4>. [cit. 2025-01-22].

Between kitchens, 2021. Online. In: How to make Indian Cottage Cheese Paneer. 9.8. 2021, 2024. Dostupné z: <https://www.flyingfourchette.com/2019/04/11/saag-paneer-cheese-in-creamy-spiced-greens/>. [cit. 2025-02-01].

BINTSIS, Thomas a PAPADEMAS, Photis, 2023. Sustainable Approaches in Whey Cheese Production: A Review. Online. *Dairy*. Roč. 4, č. 2, s. 249-270. ISSN 2624-862X. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/dairy4020018>. [cit. 2025-02-10]

BLAYA, J.; BARZIDEH, Z. a LAPOINTE, G., 2018. Symposium review: Interaction of starter cultures and nonstarter lactic acid bacteria in the cheese environment. Online. *Journal of Dairy Science*. Roč. 101, č. 4, s. 3611-3629. ISSN 00220302. Dostupné z: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13345>. [cit. 2025-02-19].

Bon Appétit, 2014. Online. In: Spices Labneh. Dostupné z: <https://www.bonappetit.com/recipe/spiced-labneh>. [cit. 2025-02-01].

BONCZAR, G.; WALCZYCKA, M.; GAMRAT, M.; JANIEC, J. a SZPAK, B., 2001. The influence of some factors on texture of fresh cheese. Online. *Electronic journal of Polish agricultural universities*. Roč. 2001, č. 4, s. 1-7. ISSN 1505-0297. Dostupné z: <http://www.ejpau.media.pl/articles/volume4/issue2/food/art-07.pdf>. [cit. 2025-02-01].

BRESLIN, Paul A.S., 1996. Interactions among salty, sour and bitter compounds. Online. *Trends in Food Science & Technology*. Roč. 7, č. 12, s. 390-399. ISSN 09242244. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(96\)10039-X](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(96)10039-X). [cit. 2025-04-16].

BRIGHENTI, M.; GOVINDASAMY-LUCEY, S.; LIM, K.; NELSON, K. a LUCEY, J.A., 2008. Characterization of the Rheological, Textural, and Sensory Properties of Samples of Commercial US Cream Cheese with Different Fat Contents. Online. *Journal of Dairy Science*. Roč. 91, č. 12, s. 4501-4517. ISSN 00220302. Dostupné z: <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1322>. [cit. 2025-04-01].

BRINGE, N.A. a KINSELLA, J.E., 1993. Calcium chloride, temperature, preheat treatments and pH affect the rate of acid-induced aggregation of casein. Online. *Food Hydrocolloids*. Roč. 7, č. 2, s. 113-121. ISSN 0268005X. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(09\)80163-X](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(09)80163-X). [cit. 2025-04-08].

BRITTEN, Michel a GIROUX, Hélène J. Rennet coagulation of heated milk: A review. Online. *International Dairy Journal*. 2022, roč. 124. ISSN 09586946. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105179>. [cit. 2024-11-30]

BRÜHL, Ludger a UNBEHEND, Günter, 2021. Precise Color Communication by Determination of the Color of Vegetable Oils and Fats in the CIELAB 1976 (L * a * b *)

Color Space. Online. *European Journal of Lipid Science and Technology*. Roč. 123, č. 7. ISSN 1438-7697. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/ejlt.202000329>. [cit. 2025-04-04].

BUCHANAN, Dominic; MARTINDALE, Wayne; ROMEIH, Ehab a HEBISHY, Essam. Recent advances in whey processing and valorisation: Technological and environmental perspectives. Online. *International Journal of Dairy Technology*. 2023, roč. 76, č. 2, s. 291-312. ISSN 1364-727X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12935>. [cit. 2024-11-24]

DIMASSI, Ossama; ISKANDARANI, Youmna; AFRAM, Michel; AKIKI, Raymond a RACHED, Mohamed, 2020. Production and physicochemical properties of labneh anbaris, a traditional fermented cheese like product, in Lebanon. Online. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*. Roč. 5, č. 3, s. 509-516. ISSN 24561878. Dostupné z: <https://doi.org/10.22161/ijeab.53.3>. [cit. 2025-01-29].

DIMITRELLOU, Dimitra; KANDYLIS, Panagiotis; KOURKOUTAS, Yiannis; KOUTINAS, Athanasios A. a KANELLAKI, Maria, 2015. Cheese Production Using Kefir Culture Entrapped in Milk Proteins. Online. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. Roč. 176, č. 1, s. 213-230. ISSN 0273-2289. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s12010-015-1568-4>. [cit. 2025-02-24].

DUARTE, Ricardo V.; LOPES-DA-SILVA, José A.; GOMES, Ana M.; DELGADILLO, Ivonne; BARBA, Francisco J. et al., 2023. Improving fresh cheese shelf-life through hyperbaric storage at variable room temperature. Online. *Journal of Food Science*. Roč. 88, č. 1, s. 391-402. ISSN 0022-1147. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16393>. [cit. 2025-04-09].

EMINOĞLU, Gökçe, 2024. THE IMPACT OF STARTER CULTURES ON QUARK TYPE CHEESE PRODUCTION. Online. *Gıda*. 2024-10-10, roč. 49, č. 5, s. 791-804. ISSN 1300-3070. Dostupné z: <https://doi.org/10.15237/gida.GD24060>. [cit. 2025-04-17].

FARNWORTH, Edward R. (ed.), 2003. *Handbook of fermented functional foods*. Functional foods and nutraceuticals series. Boca Raton: CRC. ISBN 0-8493-1372-4. Dostupné také z: http://www.foodnetbase.com/ejournals/books/book_summary/summary.asp?id=4768.

FELICIO, T.L.; ESMERINO, E.A.; VIDAL, V.A.S.; CAPPATO, L.P.; GARCIA, R.K.A. et al., 2016. Physico-chemical changes during storage and sensory acceptance of low sodium probiotic Minas cheese added with arginine. Online. *Food Chemistry*. Roč. 196, s. 628-637.

ISSN 03088146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.102>. [cit. 2025-04-09].

FOSBERG (DAMIANO), Hannah a JOYNER (MELITO), Helen S., 2018. The impact of salt reduction on cottage cheese cream dressing rheological behavior and consumer acceptance. Online. *International Dairy Journal*. Roč. 79, s. 62-72. ISSN 09586946. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2017.12.008>. [cit. 2025-02-03].

FOX, P. F. (ed.), 2004. *Cheese: chemistry, physics and microbiology*. Volume 1, General aspects. 3rd ed. Boston, MA: Elsevier Academic Press. ISBN 0-12-263652-X.

FOX, Patrick F.; GUINEE, Timothy P.; COGAN, Timothy M. a MCSWEENEY, Paul L. H. *Fundamentals of Cheese Science*. Online. Boston, MA: Springer US, 2017. ISBN 978-1-4899-7679-6. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9>. [cit. 2024-11-23]

FRIQUES, Andreia G. F.; ARPINI, Clarisse M.; KALIL, Ieda C.; GAVA, Agata L.; LEAL, Marcos A. et al. Chronic administration of the probiotic kefir improves the endothelial function in spontaneously hypertensive rats. Online. *Journal of Translational Medicine*. 2015, roč. 13, č. 1. ISSN 1479-5876. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s12967-015-0759-7>. [cit. 2024-11-25].

GAIFYLLIA, Nancy, 2019. *All About Greek Manouri Cheese*. Online. In: The spruce eats. Dostupné z: <https://www.thespruceeats.com/manouri-greek-cheese-1705634>. [cit. 2025-02-13].

GARCÍA-GÓMEZ, Belén; VÁZQUEZ-ODÉRIZ, M^a Lourdes; MUÑOZ-FERREIRO, Nieves; ROMERO-RODRÍGUEZ, M^a Ángeles a VÁZQUEZ, Manuel, 2019. Interaction between rennet source and transglutaminase in white fresh cheese production: Effect on physicochemical and textural properties. Online. *LWT*. Roč. 113. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108279>. [cit. 2025-02-03].

GIERCZYNSKI, Isabelle; LABOURÉ, Helene; SÉMON, Etienne a GUICHARD, Elisabeth, 2007. Impact of Hardness of Model Fresh Cheese on Aroma Release: In Vivo and in Vitro Study. Online. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2007-04-01, roč. 55, č. 8, s. 3066-3073. ISSN 0021-8561. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/jf0633793>. [cit. 2025-04-16].

GIROUX, Hélène J.; LEMAIRE, Noémie a BRITTEN, Michel, 2022. Effect of cheese composition and cheese-making conditions on salt and moisture transfer during brining.

Online. *International Dairy Journal*. Roč. 129. ISSN 09586946. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2022.105325>. [cit. 2025-02-03].

GOMES, A.P.; CRUZ, A.G.; CADENA, R.S.; CELEGHINI, R.M.S.; FARIA, J.A.F. et al., 2011. Manufacture of low-sodium Minas fresh cheese: Effect of the partial replacement of sodium chloride with potassium chloride. Online. *Journal of Dairy Science*. Roč. 94, č. 6, s. 2701-2706. ISSN 00220302. Dostupné z: <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3774>. [cit. 2025-02-02].

GUINÉ, Raquel P. F.; CORREIA, Paula M. R.; LEITÃO, Soraia E. B. a GONÇALVES, Fernando J. A., 2017. Evaluation of Colour in a Newly Developed Food Product: Fresh Cheese with Red Fruits. Online. *Journal of Scientific and Engineering Research*. Roč. 2017, s. 1-8. ISSN 2394-2630. Dostupné z: [Researchgate.net](https://www.researchgate.net). [cit. 2025-04-11].

GUINEE, T P, 2004. Salting and the role of salt in cheese. Online. *International Journal of Dairy Technology*. Roč. 57, č. 2-3, s. 99-109. ISSN 1364-727X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2004.00145.x>. [cit. 2025-04-08].

GUO, Ling; VAN HEKKEN, Diane L.; TOMASULA, Peggy M.; SHIEH, James a TUNICK, Michael H., 2011. Effect of salt on the chemical, functional, and rheological properties of Queso Fresco during storage. Online. *International Dairy Journal*. Roč. 21, č. 5, s. 352-357. ISSN 09586946. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2010.12.009>. [cit. 2025-04-18].

GUVEN, M.; CADUN, C.; KARACA, O.B. a HAYALOGLU, A.A., 2008. INFLUENCE OF RENNET CONCENTRATION ON RIPENING CHARACTERISTICS OF HALLOUMI CHEESE. Online. *Journal of Food Biochemistry*. Roč. 32, č. 5, s. 615-627. ISSN 01458884. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.2008.00187.x>. [cit. 2025-04-10].

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. 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, High-end colorimeter. Online. In: HunterLab. Dostupné z: <https://hunterlab.co.uk/products/spectrophotometers/ultrascan-pro/>. [cit. 2025-04-04].

HO, Thao M; HOWES, Tony a BHANDARI, Bhesh R. Methods to extend the shelf-life of cottage cheese – a review. Online. *International Journal of Dairy Technology*. 2016, roč. 69, č. 3, s. 313-327. ISSN 1364-727X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12309>. [cit. 2024-11-24].

CHENG, Tiantian; ZHANG, Tuo; ZHANG, Pengmin; HE, Xiaowei; SADIQ, Faizan Ahmed et al. The complex world of kefir: Structural insights and symbiotic relationships. Online. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2024, roč. 23, č. 4. ISSN 1541-4337. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13364>. [cit. 2024-11-24]

JOHNSON, Mark E. a DONNELLY, Catherine W., 2013. Mesophilic and Thermophilic Cultures Used in Traditional Cheesemaking. Online. *Microbiology Spectrum*. 2013-10-31, roč. 1, č. 1. ISSN 2165-0497. Dostupné z: <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.CM-0004-2012>. [cit. 2025-01-31].

JOSIPOVIĆ, Renata; MEDVEREC KNEŽEVIĆ, Zvonimira; FRECE, Jadranka; MARKOV, Ksenija; KAZAZIĆ, Snježana et al., 2015. Nutrition Quality and Microbiological Safety of Novel Cottage Cheese. Online. *Food Technology and Biotechnology*. Roč. 53. ISSN 13309862. Dostupné z: <https://doi.org/10.17113/ftb.53.04.15.4029>. [cit. 2025-02-14].”

KAMALY, K.M.; KEBARY, , K.M.K; HUSSAIN, , S.A; ZAHRAN, Hend a BADAWI, , Khadega R., 2023. PRODUCTION OF FUNCTIONAL LABNEH SUPPLEMENTED WITH MUSHROOM (AGARICUS BISPORUS) POWDER. Online. *Menoufia Journal of Food and Dairy Sciences*. 2023-05-01, roč. 8, č. 2, s. 15-29. ISSN 2735-3486. Dostupné z: <https://doi.org/10.21608/mjfds.2023.204270.1001>. [cit. 2025-01-29].

KAYA, S, 2002. Effect of salt on hardness and whiteness of Gaziantep cheese during short-term brining. Online. *Journal of Food Engineering*. Roč. 52, č. 2, s. 155-159. ISSN 02608774. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00098-X](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00098-X). [cit. 2025-04-11].

KLECKEROVÁ, Andrea, 2014. *CHEMIE POTRAVIN*. Online. Webhost.mendelu.cz. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty/files/23/23-chemie_potravin_laboratorni_cviceni_isbn.pdf. [cit. 2025-04-02].

KOPÁČEK, Jiří a , Českomoravský svaz mlékarenský, 2008. Čerstvé sýry – nejrozmanitější sýrová kategorie. Online. *Potravinářská Revue*. Roč. 2008, č. 2, s. 1-5. Dostupné z: http://laktoscollection.cz/storage/1245169107_sb_cerstve-syry.pdf. [cit. 2025-02-25].

KUEHNI, Rolf G., c2005. *Color: an introduction to practice and principles*. 2nd ed. Hoboken: Wiley-Interscience. ISBN 0-471-66006-X.

KUMAR, Sunil; RAI, D. C.; NIRANJAN, K. a BHAT, Zuhair F., 2014. Paneer—An Indian soft cheese variant: a review. Online. *Journal of Food Science and Technology*. Roč. 51, č. 5, s. 821-831. ISSN 0022-1155. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0567-x>. [cit. 2025-01-31].

LAVASANI, A.R. Shahab, 2014. Effect of Different Concentrations of Rennet on Some Parameters of White Brine Cheese. Online. *Advances in environmental biology*. Roč. 2014, č. 8 (13), s. 235-238. Dostupné z: <https://www.aensiweb.net/AENSIWEB/aeb/aeb/August%202014/235-238.pdf>. [cit. 2025-04-10].

LAW, Barry A. a TAMIME, A. Y. (ed.), 2010. *Technology of cheesemaking*. Druhé vydání. Society of Dairy Technology book series. Chichester: Wiley-Blackwell. ISBN 978-1-4051-8298-0.

LEPESIOTI, Sofia; ZOIDOU, Evangelia; LIOLIOU, Dionysia; MOSCHOPOULOU, Ekaterini a MOATSOU, Golfo, 2021. Quark-Type Cheese: Effect of Fat Content, Homogenization, and Heat Treatment of Cheese Milk. Online. *Foods*. Roč. 10, č. 1. ISSN 2304-8158. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods10010184>. [cit. 2025-01-30]

LI, Quanyang a ZHAO, Zhengtao, 2019. Acid and rennet-induced coagulation behavior of casein micelles with modified structure. Online. *Food Chemistry*. Roč. 291, s. 231-238. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.04.028>. [cit. 2025-02-17].

LOBACZ, Adriana; ZULEWSKA, Justyna a KOWALIK, Jaroslaw, 2016. The Analysis of the Behaviour of *Listeria Monocytogenes* in Fresh Cheeses with Various Spices During Storage. Online. *Procedia Food Science*. Roč. 7, s. 80-84. ISSN 2211601X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2016.02.092>. [cit. 2025-02-14].

LUCEY, J.A. Cheese | Acid- and Acid/Heat Coagulated Cheese. Online. In: *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Elsevier, 2011, s. 698-705. ISBN 9780123744074. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00083-2>. [cit. 2024-11-23].

MAKARIJOSKI, Borche a NAJDOVSKI, Blagojche, 2024. MONITORING OF ACTIVE AND TITRATABLE ACIDITY IN WHITE BRINED CHEESE DURING RIPENNING

PERIOD. Online. *Journal of Agriculture and Plant Sciences*. Roč. 22, č. 2, s. 39-43. ISSN 25454447. Dostupné z: <https://doi.org/10.46763/JAPS2422239m>. [cit. 2025-04-14].

MALODIA, HK a BENIWAL, BS, 2019. Enhancement of shelf life of paneer by surface salt treatment. Online. *Indian Journal of Dairy Science*. 2019-6-24, roč. 72, č. 3, s. 292-296. ISSN 24542172. Dostupné z: <https://doi.org/10.33785/IJDS.2019.v72i03.008>. [cit. 2025-02-03].

MASLII, Yuliia; RUBAN, Olena; KASPARAVICIENE, Giedre; KALVENIENE, Zenona; MATERIENKO, Anna et al., 2020. The Influence of pH Values on the Rheological, Textural and Release Properties of Carbomer Polacril® 40P-Based Dental Gel Formulation with Plant-Derived and Synthetic Active Components. Online. *Molecules*. Roč. 25, č. 21. ISSN 1420-3049. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules25215018>. [cit. 2025-04-01].

MCGLYNN, William, 2016. The Importance of Food pH in Commercial Canning Operations. Online. *Food technology fact sheet*. Roč. 2016, s. 1-8. ISSN 405-744-6071. Dostupné z: <https://openresearch.okstate.edu/server/api/core/bitstreams/537e93e8-18ab-4a8a-b88f-bafc8a2ae383/content>. [cit. 2025-03-31].

MCSWEENEY, Paul L.H.; OTTOGALLI, Giorgio a FOX, Patrick F. Diversity and Classification of Cheese Varieties: An Overview. Online. In: *Cheese*. Elsevier, 2017, s. 781-808. ISBN 9780124170124. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00031-4>. [cit. 2024-11-23].

MÍŠKOVÁ, Zuzana; HUSAROVÁ, Tereza; LAZÁRKOVÁ, Zuzana; KRATOCHVÍLOVÁ, Alena; BUŇKOVÁ, Leona et al., 2024. Mléko a sýry: Vliv přídavku koncentráту syrovátkových bílkovin na vybrané funkční vlastnosti čerstvých sýrů s využitím keřírové kultury. Online. In: . Praha-Dejvice: VŠCHT a Česká potravinářská společnost ČSVTS, 25.1.2024, s. 15-16. Dostupné z: <https://cps.vscht.cz/files/uzel/51027/0001~800MjjcyMDKJL84vzSjKqwQA.pdf?redirected>. [cit. 2025-02-07].

Mléko Selské, b.r.. Online. In: OLMA. Olma. Dostupné z: <https://www.olma.cz/cs/produkty/mleko-selske>. [cit. 2025-03-16].

MOTAGHI, M.; MAZAHARI, M.; MOAZAMI, N.; , E.M.; GOLTAPPEH, E.M. et al. Kefir production in Iran. Online. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 1997, roč.

1997, č. 13, s. 579-591. Dostupné z: <https://doi.org/10.1023/A:1018577728412>. [cit. 2024-11-25].

MULLAN, W.M.A, 2020. *Dairy science*. Online. Calculator for converting between Soxhlet Henkel degrees, Thörner degrees, Dornic degrees and percentage lactic acid milk titratable acidity measurements. Dostupné z: <https://www.dairyscience.info/index.php>. [cit. 2025-04-01].

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004 ze dne 29. dubna 2004, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu. In: <https://european-union.europa.eu>. 2004, s. 76.

NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) č. 853/2004: ze dne 29. dubna 2004, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu, 2004. In: Eur-Lex.

NĚMEČKOVÁ, Irena; ŠVANDRLÍK, Zdeněk; HAVLÍKOVÁ, Šárka a FOREJT, Jan, 2020. Reformulace čerstvých netermizovaných sýrů snižováním obsahu soli. Online. Č. vol. 31, article 2, s. 1-5. Dostupné z: mlekarskelisty.cz. [cit. 2025-04-08].

Netzsch, 2025. Online. NETZSCH, proven excellence. Dostupné z: <https://analyzing-testing.netzsch.com/cs/produkty/reometry>. [cit. 2025-04-06].

NIELSEN, S. Suzanne (ed.), [2017]. *Food analysis*. 5. vydání. Food science text series. Cham: Springer. ISBN 978-3-319-45774-1. Dostupné z: <https://doi.org/978-3-319-45776-5>.

NSABIMANA, CONSOLATE; JIANG, BO a KOSSAH, RIMA, 2005. Manufacturing, properties and shelf life of labneh: a review. Online. *International Journal of Dairy Technology*. Roč. 58, č. 3, s. 129-137. ISSN 1364-727X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2005.00205.x>. [cit. 2025-01-29]

OCAK, E.; ANDIÇ, S. a TUNÇTÜRK, Y., 2014. The Effect of Homogenization, CaCl₂ Addition and Pasteurization on White Cheese and Whey Composition. Online. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*. 2014-03-01, roč. 24, č. 1, s. 70-78. ISSN 1308-7576. Dostupné z: <https://doi.org/10.29133/yyutbd.235918>. [cit. 2025-04-14].

ORLICH, Michael J; CHIU, Tina H T; DHILLON, Preet K; KEY, Timothy J; FRASER, Gary E et al., 2019. Vegetarian Epidemiology: Review and Discussion of Findings from Geographically Diverse Cohorts. Online. *Advances in Nutrition*. Roč. 10, s. S284-S295. ISSN 21618313. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/advances/nmy109>. [cit. 2025-01-31].

OZTURKOGLU-BUDAK, Sebnem; AKAL, H. Ceren a TÜRKMEN, Nazlı, 2021. Use of kefir and buttermilk to produce an innovative quark cheese. Online. *Journal of Food Science and Technology*. Roč. 58, č. 1, s. 74-84. ISSN 0022-1155. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04516-0>. [cit. 2025-02-17].

PAPADEMAS, Photis a BINTSIS, Thomas (ed.), 2017. *Global Cheesemaking Technology*. Online. Wiley. ISBN 9781119046158. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/9781119046165>. [cit. 2025-01-22].

PAPADEMAS, Photis; BINTSIS, Thomas; ALICHANIDIS, Efstathios a ARDÖ, Ylva, 2018. Whey Cheeses (Heat Coagulated). In: BINTSIS, Thomas a ARDÖ, Ylva. *Global Cheesemaking Technology: Cheese Quality and Characteristics*. John Wiley, s. 446-451. DOI: 10.1002/9781119046165.ch13.

PAPAIOANNOU, Georgia; CHOULIARA, Irene; KARATAPANIS, Andreas E.; KONTOMINAS, Michael G. a SAVVAIDIS, Ioannis N., 2007. Shelf-life of a Greek whey cheese under modified atmosphere packaging. Online. *International Dairy Journal*. Roč. 17, č. 4, s. 358-364. ISSN 09586946. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2006.04.001>. [cit. 2025-02-10].

PAPAVASILIOU, G.; KOURKOUTAS, Y.; RAPTI, A.; SIPSAS, V.; SOUPIONI, M. et al. Production of freeze-dried kefir culture using whey. Online. *International Dairy Journal*. 2008, roč. 18, č. 3, s. 247-254. ISSN 09586946. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2007.09.005>. [cit. 2024-11-25].

PAPPA, Eleni C.; SAMELIS, John; KONDYLI, Efthymia a PAPPAS, Athanasios C., 2016. Characterisation of Urda whey cheese: Evolution of main biochemical and microbiological parameters during ripening and vacuum packaged cold storage. Online. *International Dairy Journal*. Roč. 58, s. 54-57. ISSN 09586946. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.12.016>. [cit. 2025-02-12].

PASTORINO, A.J.; RICKS, N.P.; HANSEN, C.L. a MCMAHON, D.J., 2003. Effect of Calcium and Water Injection on Structure-Function Relationships of Cheese. Online. *Journal of Dairy Science*. Roč. 86, č. 1, s. 105-113. ISSN 00220302. Dostupné z: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73589-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73589-9). [cit. 2025-04-19].

PAVUNC, Andreja Leboš; NOVAK, Jasna; KOS, Blazenka; UROIC, Ksenija a ŠUŠKOVIC, Mariana Blazic. Characterization and Application of Autochthonous Starter Cultures for Fresh Cheese Production. Online. *Food Technology and Biotechnology*. 2012,

roč. 2012, s. 141-151. ISSN 1330-9862. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/>. [cit. 2024-11-24].

PEKER, Huseyin; KUCUKTUVEK, Mustafa; ALTAY, Caglar; GUNDUZ, Ahmet; BAYSAL, Ergun et al., 2021. The Effect of Artificial Weathering on Surface Properties of Thermally Modified Oriental Beech Wood. Online. *Drvna industrija*. 2021-07-22, roč. 72, č. 3, s. 273-278. ISSN 18471153. Dostupné z: <https://doi.org/10.5552/drvind.2021.2020>. [cit. 2025-04-04].

PUNIYA, Anil Kumar (ed.), 2015. *Fermented Milk and Dairy Products*. Online. CRC Press. ISBN 9780429071782. Dostupné z: <https://doi.org/10.1201/b18987>. [cit. 2025-02-12].

Queso Blanco 5#, 2024. Online. In: Regional acces. Dostupné z: <https://www.regionalaccess.net/product/queso-blanco-5/>. [cit. 2025-02-01]

RANILOVIĆ, Jasmina; SLAČANAC, Vedran; CVETKOVIĆ, Tanja; PRIMORAC, Ljiljana; GAJARI, Davorka et al., 2020. Physico-chemical properties, spreadability and consumer acceptance of low-sodium cream cheese. Online. *Mljekarstvo*. 2020-01-08, roč. 70, č. 1, s. 13-27. ISSN 18464025. Dostupné z: <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2020.0101>. [cit. 2025-04-16].

ROWNEY, Michelle K; ROUPAS, Peter; HICKEY, Malcolm W a EVERETT, David W, 2004. Salt-induced structural changes in 1-day old Mozzarella cheese and the impact upon free oil formation. Online. *International Dairy Journal*. Roč. 14, č. 9, s. 809-816. ISSN 09586946. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.02.004>. [cit. 2025-02-03].

SEDAGHATI, marjaneh a KAVAND, Reyhaneh, 2023. Symbiotic Ricotta Cheese with Inulin and CaCl₂: Its Physicochemical, Rheological, Microbial and Sensory Characteristics. Online. *Elsevier*. Roč. 2023, s. 7-12. Dostupné z: <https://doi.org/10.2139/ssrn.4379999>. [cit. 2025-02-05].

SCHULZ-COLLINS, D.; SENGE, B., 2003. Part A: Quark, Cream Cheese and. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Volume 2: Major Cheese Groups*, 301.

SIMONELLI, N.; GAGLIARINI, N.; MEDRANO, M.; PIERMARIA, J. A. a ABRAHAM, A. G. Kefiran. Online. In: OLIVEIRA, Joaquim Miguel; RADHOUANI, Hajer a REIS, Rui L. (ed.). *Polysaccharides of Microbial Origin*. Cham: Springer International Publishing, 2022, s. 99-116. ISBN 978-3-030-42214-1. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/978-3-030-42215-8_6. [cit. 2024-11-25]

SOLTANZADEH, Maral; PEIGHAMBARDoust, Seyed Hadi a HESARI, Javad, 2019. Application of back extrusion in rheological evaluation of quark cheese: effect of probiotic strain type and storage time on sensorial and textural characteristics. Online. *Journal of food science and technology*. Roč. 2019, č. 16 (87), article volume 16, s. 209-223. Dostupné z: <https://fsct.modares.ac.ir/article-7-26449-en.html>. [cit. 2025-04-19]

STADIE, Jasmin; GULITZ, Anna; EHRMANN, Matthias A. a VOGEL, Rudi F., 2013. Metabolic activity and symbiotic interactions of lactic acid bacteria and yeasts isolated from water kefir. Online. *Food Microbiology*. Roč. 35, č. 2, s. 92-98. ISSN 07400020. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.03.009>. [cit. 2025-02-18].

SUBHANOVÁ, Iva, 2022. *Spektrofotometrie*. Online. Dostupné z: <https://ulbld.lf1.cuni.cz/file/5360/uvod.pdf>. [cit. 2025-04-04].

The Art of Ambarees, 2014. Online. In: 365 Days. Dostupné z: <https://365daysoflebanon.com/2016/04/03/the-art-of-ambarees/>. [cit. 2025-02-01].

The Quality of Foods and Beverages VI: Chemistry and Technology, 2012. Online. Elsevier. ISBN 9780323149440. Dostupné z: <https://shop.elsevier.com/books/the-quality-of-foods-and-beverages-v1/charalambous/978-0-12-169101-1>. [cit. 2025-01-31].

TSERMOULA, Paraskevi; KHAKIMOV, Bekzod; NIELSEN, Jacob Holm a ENGELSEN, Søren Balling. WHEY - The waste-stream that became more valuable than the food product. Online. *Trends in Food Science & Technology*. 2021, roč. 118, s. 230-241. ISSN 09242244. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.08.025>. [cit. 2024-11-26]

TUNICK, Michael H., 2010. Activation energy measurements in rheological analysis of cheese. Online. *International Dairy Journal*. Roč. 20, č. 10, s. 680-685. ISSN 09586946. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2010.03.010>. [cit. 2025-04-07].

Vyhláška č. 397/2016 Sb.: o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, 2016. In: Sbírka zákonů. 162/2016.

WENDIN, K; LANGTON, M; CAOUS, L a HALL, G, 2000. Dynamic analyses of sensory and microstructural properties of cream cheese. Online. *Food Chemistry*. Roč. 71, č. 3, s. 363-378. ISSN 03088146. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00200-4](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00200-4). [cit. 2025-04-16].

ZAILANI, Nurliyana Sofiya a ADNAN, Azila, 2022. SUBSTRATES AND METABOLIC PATHWAYS IN SYMBIOTIC CULTURE OF BACTERIA AND YEAST (SCOBY)

FERMENTATION: A MINI REVIEW. Online. Jurnal Teknologi. 2022-08-21, roč. 84, č. 5, s. 155-165. ISSN 2180-3722. Dostupné z: <https://doi.org/10.11113/jurnalteknologi.v84.18534>. [cit. 2025-02-18].

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Kefírová zrna bez zvětšení (a); povrch (b-d) a vnitřní část (e, f) zrna pod elektronovým mikroskopem; povrch zrna (c,d) dokazuje převahu bakterií v úzkém spojení s kefiranem; vnitřní část zrna tvořena tyčinkami ve spojení s kvasinkami (e,f).....	22
Obrázek 2 obecné schéma výroby čerstvých sýrů	25
Obrázek 3 Panýr.....	32
Obrázek 4 Labneh s kořením a olivovým olejem	33
Obrázek 5 Labneh Ambaris v keramické nádobě před ukončením výrobního procesu	34
Obrázek 6 Queso blanco	35
Obrázek 7 Řecký syrovátkový sýr Anthotyros	37
Obrázek 8 Řecký syrovátkový sýr Manouri	38
Obrázek 9 Syrovátkové sýry Mesost (vpravo) a Messmör (vlevo)	39
Obrázek 10 Mléko použité pro výrobu modelových vzorků	49
Obrázek 11 Kefírová kultura Zn. Chr. Hansen použita pro výrobu modelových vzorků....	50
Obrázek 12 Chlorid vápenatý a syřidlo použité pro výrobu čerstvých sýrů	51
Obrázek 13 trojrozměrný barevný prostor CIE L* a* b*	56
Obrázek 14 Spektrofotometr UltraScan PRO Hunter Lab.....	57
Obrázek 15 Graf získaný stanovením roztíratelnosti	58
Obrázek 16 Dynamický smykový reometr Kinexus Pro+	60
Obrázek 17 Výsledky stanovení aktivní kyselosti u vzorků čerstvých sýrů.....	63
Obrázek 18 Výsledky stanovení titrační kyselosti u vzorků čerstvých sýrů [SH°]	64
Obrázek 19 Výsledky stanovení celkového obsahu sušiny u vzorků čerstvých sýrů v %...66	
Obrázek 20 Výsledky stanovení parametru L* (světlosti) u vzorků čerstvých sýrů	68
Obrázek 21 Výsledky stanovení zeleno-červené složky a* u vzorků čerstvých sýrů.....	69
Obrázek 22 Výsledky stanovení modro-žluté složky b* u vzorků čerstvých sýrů	70
Obrázek 23 Vyhodnocení obsahu soli ve vzorcích čerstvých sýrů v %	71
Obrázek 24 Výsledky stanovení roztíratelnosti u vzorků čerstvých sýrů [N.s.].....	73
Obrázek 25 Výsledky stanovení tvrdosti u vzorků čerstvých sýrů [N]	75
Obrázek 26 Výsledky stanovení roztíratelnosti u vzorků čerstvých sýrů [N.s.].....	76
Obrázek 27 Závislost Elastického (G') a Ztrátového (G'') modulu pružnosti na frekvenci pro kontrolní vzorek; měření v den výroby	77
Obrázek 28 Závislost Elastického (G') a Ztrátového (G'') modulu pružnosti na frekvenci pro kontrolní vzorek; měření v den výroby	77
Obrázek 29 Závislost Elastického (G') a Ztrátového (G'') modulu pružnosti na frekvenci pro kontrolní vzorek; měření v den výroby	78

Obrázek 30 Závislost Elastického (G') a Ztrátového (G'') modulu pružnosti na frekvenci pro kontrolní vzorek; měření v den výroby.....	78
Obrázek 31 Závislost Elastického (G') a Ztrátového (G'') modulu pružnosti na frekvenci pro kontrolní vzorek; měření po 3 dnech skladování.....	80
Obrázek 32 Závislost Elastického (G') a Ztrátového (G'') modulu pružnosti na frekvenci pro kontrolní vzorek; měření po 3 dnech skladování.....	80
Obrázek 33 Závislost Elastického (G') a Ztrátového (G'') modulu pružnosti na frekvenci pro kontrolní vzorek; měření po 3 dnech skladování.....	81
Obrázek 34 Závislost Elastického (G') a Ztrátového (G'') modulu pružnosti na frekvenci pro kontrolní vzorek; měření po 3 dnech skladování.....	81
Obrázek 35 Závislost komplexního modulu pružnosti (G^* ; Pa) na frekvenci (Hz) u vzorků čerstvých sýrů	83
Obrázek 36 Závislost komplexního modulu pružnosti (G^* ; Pa) na frekvenci (Hz) u vzorků čerstvých sýrů	83
Obrázek 37 Závislost komplexního modulu pružnosti (G^* ; Pa) na frekvenci (Hz) u vzorků čerstvých sýrů	84
Obrázek 38 Výsledky senzorické analýzy čerstvých sýrů 0. a 3. den; 0 minut v solné lázni (vzorky označené číslem 3 reprezentují vzorky, které prošly skladovacím procesem).....	88
Obrázek 39 Výsledky senzorické analýzy čerstvých sýrů 0. a 3. den; 2 minuty v solné lázni (vzorky označené číslem 3 reprezentují vzorky, které prošly skladovacím procesem).....	88
Obrázek 40 Výsledky senzorické analýzy čerstvých sýrů 0. a 3. den; 5 minut v solné lázni (vzorky označené číslem 3 reprezentují vzorky, které prošly skladovacím procesem).....	89

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Mikrobiologické limity dané Nařízením č. 853/2004 pro syrové mléko určené k výrobě mléčných výrobků)	19
Tabulka 2 Mikrobiota keřirového zrna	23
Tabulka 3 Výživové údaje čerstvého plnotučného mléka na 100 g.....	49
Tabulka 4 Výživové údaje sušené syrovátky na 100 g	50
Tabulka 5 faktory a jejich množství přítomné v jednotlivých vzorcích	52
Tabulka 6 Výsledky stanovení barvy u vzorků čerstvých sýrů	67

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

BMK Bakterie mléčného kvašení

WPC Whey Protein Concentrate

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Senzorické hodnocení čerstvých sýrů

PŘÍLOHA P I: SENZORICKÉ HODNOCENÍ ČERSTVÝCH SÝRŮ

vzorek	barva	vůně	kyselá chuť	kefírová chuť	slaná chuť	konzistence	celkový dojem

Barva:

- 1 – bílá
- 2 – slabě smetanově bílá
- 3 – smetanová
- 4 – slabě žlutá
- 5 – žlutá

Vůně:

- 1 – velmi slabá, téměř neznatelná, smetanová a kefírová vůně
- 2 – slabá smetanová a kefírová vůně
- 3 – středně intenzivní smetanová a kefírová vůně
- 4 – intenzivní smetanová a kefírová vůně
- 5 – velmi intenzivní smetanová a kefírová vůně

Kyselá chuť:

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

Kefírová chuť:

- 1 – neznatelná
- 2 – málo intenzivní
- 3 – středně intenzivní kefírová chuť
- 4 – intenzivní kefírová chuť
- 5 – velmi intenzivní kefírová chuť

Slaná chuť:

- 1 – neslaná
- 2 – málo slaná
- 3 – středně slaná
- 4 – více slaná
- 5 – velmi slaná

Konzistence:

- 1 – příliš měkký
- 2 – měkký
- 3 – středně tuhý, roztíratelný
- 4 – tuhý, ještě roztíratelný
- 5 – velmi tuhý, neroztíratelný

Celkový dojem:

- 1 – nedostatečný
- 2 – uspokojivý
- 3 – dobrý
- 4 – velmi dobrý
- 5 – vynikající