

Vliv vibrací na funkční vlastnosti modelových mléčných systémů

Bc. Tomáš Gryger

Diplomová práce
2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Tomáš Gryger
Osobní číslo: T22414
Studijní program: N0721A210004 Technologie potravin
Forma studia: Prezenční
Téma práce: Vliv vibrací na funkční vlastnosti modelových mléčných systémů

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

Mléčné výrobky – obecná charakteristika.

Hodnocení vybraných mléčných výrobků.

Vliv přepravy na vlastnosti mléčných výrobků.

II. Praktická část

Příprava modelových mléčných systémů.

Provedení vibrační analýzy a srovnání jejího vlivu na změnu vlastností mléčných systémů.

Zpracování výsledků, jejich diskuze a závěr.

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam doporučené literatury:

- [1] Lu, A., Wei, X., Cai, R., Xiao, S., Yuan, H. Modeling the effect of vibration on the quality of stirred yogurt during transportation. *Food Science and Biotechnology* (2020) 29(7): 889-896
- [2] Paternoster, A., Vanlandduyt, S., Springael, J., Braet, J. Vibration and shock analysis of specific events during truck and train transport of food products. *Food Packaging and Shelf Life* (2018) 15: 95-104
- [3] Salek, R. N., Černíková, M., Pachlová, V., Bubelová, Z., Konečná, V., & Buňka, F. Properties of spreadable processed Mozzarella cheese with divergent compositions of emulsifying salts in relation to the applied cheese storage period. *LWT* (2017), 77: 30-38

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Martin Stěnička, Ph.D.**
Centrum polymerních systémů

Datum zadání diplomové práce: **1. ledna 2024**
Termín odevzdání diplomové práce: **10. května 2024**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Robert Gál, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, 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 samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Cílem diplomové práce bylo vyhodnotit vliv mechanických vibrací na funkční vlastnosti modelových mléčných systémů – vzorků tvarohových sýrů s různým přídatkem hydrokoloidu pektinu. Tvarohový sýr do určité míry zastupuje výrobky typu cream cheese (CC), jejichž charakteristika, historicko-legislativní kontext a technologie byly popsány v teoretické části práce. Rovněž byla provedena rešerše problematiky vlivu vibrací, kterým jsou potraviny vystaveny během silniční a železniční přepravy a jejich deteriorativního účinku, zejména na mléčné výrobky. Praktická část zahrnovala výrobu modelových vzorků tvarohových sýrů s různým obsahem pektinu (stupeň esterifikace 68–76 %, koncentrace 0–1 % w/w). Vzorky byly chladírensky skladovány (6 ± 2 °C) a následně analyzovány 2. a 30. den od výroby. Provedena byla základní fyzikálně-chemická analýza (pH, sušina, a_w), analýza textury (TPA, roztíratelnost) a reologická měření. Vibrace obecně způsobovaly snížení hodnot tvrdosti a roztíratelnosti, což znamenalo nežádoucí změnu textury. Vzorky vykazovaly převažující elastický charakter, nicméně i zde se projevil negativní vliv vibrací. Ze zjištěných výsledků však bylo patrné, že obsah pektinu zásadně stabilizoval texturu vibrovaných vzorků.

Klíčová slova: tvarohový sýr, cream cheese, pektiny, vibrace, přeprava, texturní vlastnosti, viskoelastické vlastnosti

ABSTRACT

The aim of this diploma thesis was to evaluate the influence of mechanical vibrations on the functional properties of model milk systems – curd cheese samples with different addition of pectin hydrocolloid. Curd cheese to a certain extent represents products of the CC type, whose characteristics, historical-legislative context and technology were described in the theoretical part of the thesis. Attention was also paid to hydrocolloids, which are usually used in their production. Research was also carried out on the issue of the influence of vibrations to which food is exposed during road and rail transport, and their deteriorating effect, especially on dairy products. The practical part of the work included the production of model samples of curd cheeses with different pectin content (degree of esterification 68–76 %, concentration 0–1 % w/w). The samples were stored in a refrigerator (6 ± 2 °C) and subsequently analysed on the 2nd and 30th day. Basic physical-chemical analyses (pH, dry matter, a_w), textural analyses (TPA, spreadability) and rheological measurements were carried out. Vibrations generally caused a decrease in hardness and spreadability values, which meant an undesirable change in texture. The samples showed a predominant elastic character, however, the negative influence of vibrations was also evident from the results found that the pectin content essentially stabilized the texture of the vibrated samples

Keywords: Curd cheese, Cream cheese, Pectins, Vibrations, Transport, Textural properties, Viscoelastic properties

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Martinovi Stěničkovi, Ph.D., za odborné vedení, cenné rady a podnětné připomínky při realizaci mé diplomové práce. Poděkování rovněž patří doc. Ing. Richardosovi Nikolaosovi Salekovi, Ph.D. za odbornou pomoc při směřování této práce, užitečné rady a připomínky. Rád bych též poděkoval Ing. Anně Vincové za pomoc při výrobě modelových vzorků sýrů. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat mé rodině, která mě podporovala v průběhu celého studia.

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

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA SÝRŮ	12
1.1 DĚLENÍ A POPIS SÝRŮ	12
2 ČERSTVÉ SÝRY SRÁŽENÉ PŘEVÁŽNĚ KYSELE	17
2.1 ZÁKLADNÍ POPIS A PŘEHLED	17
2.2 TVAROH	18
3 ROZTÍRATELNÉ ČERSTVÉ SÝRY A CREAM CHEESE.....	20
3.1 NABÍDKA V ČESKU	20
3.2 VÝROBKY TYPU CREAM CHEESE	21
3.3 HISTORIE CREAM CHEESE	22
3.4 LEGISLATIVNÍ PŘEHLED.....	23
4 TECHNOLOGIE VÝROBKŮ TYPU CREAM CHEESE.....	26
4.1 SUROVINY	26
4.2 TECHNOLOGICKÉ OPERACE	26
4.2.1 Standardizace mléka.....	26
4.2.2 Pasterace mléka	27
4.2.3 Homogenizace mléka	27
4.2.4 Srážení mléka	28
4.2.5 Termizace	28
4.2.6 Zakoncentrování a zpracování tvarohoviny	28
4.2.7 Přídavek ochucujících složek	29
4.2.8 Balení a chlazení	29
4.2.9 Alternativní postupy.....	29
5 HYDROKOLOIDY POUŽÍVANÉ PŘI VÝROBĚ.....	31
5.1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA	31
5.2 KARUBIN (E 410)	31
5.3 PEKTINY (E 440)	32
5.4 KARAGENAN (E 407).....	33
6 VLIV PŘEPRAVY NA VLASTNOSTI MLÉČNÝCH VÝROBKŮ	34
6.1 PŘEPRAVA JAKO SOUČÁST POTRAVINOVÉHO ŘETĚZCE	34
6.2 VIBRACE A JEJICH PARAMETRY	35
6.3 VLIV VIBRACÍ NA MLÉČNÉ VÝROBKY	37
II PRAKTICKÁ ČÁST	39
7 CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE	40

8	MATERIÁL A METODIKA	41
8.1	VÝROBA MODELOVÝCH VZORKŮ.....	41
8.1.1	Suroviny	41
8.1.2	Postup výroby.....	43
8.2	VYSTAVENÍ MODELOVÝCH VZORKŮ VIBRACÍM	44
8.3	ZÁKLADNÍ FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÁ ANALÝZA	46
8.3.1	Stanovení pH.....	46
8.3.2	Stanovení obsahu sušiny	47
8.3.3	Stanovení aktivity vody.....	48
8.4	TEXTURNÍ PROFILOVÁ ANALÝZA A STANOVENÍ ROZTÍRATELNOSTI	49
8.5	REOLOGICKÁ MĚŘENÍ.....	53
9	VÝSLEDKY A DISKUZE.....	56
9.1	VIZUÁLNÍ ZHODNOCENÍ.....	56
9.2	VYHODNOCENÍ ZÁKLADNÍ FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ ANALÝZY	57
9.2.1	Vyhodnocení pH	57
9.2.2	Vyhodnocení obsahu sušiny.....	58
9.2.3	Vyhodnocení aktivity vody.....	59
9.3	VYHODNOCENÍ TEXTURNÍCH MĚŘENÍ	61
9.3.1	Vyhodnocení tvrdosti	61
9.3.2	Vyhodnocení relativní lepivosti	63
9.3.3	Vyhodnocení soudržnosti.....	65
9.3.4	Vyhodnocení pružnosti	66
9.3.5	Vyhodnocení gumovitosti	67
9.3.6	Vyhodnocení roztíratelnosti	68
9.4	VYHODNOCENÍ REOLOGICKÝCH MĚŘENÍ	69
9.4.1	Stanovení oblasti lineární viskoelastivity.....	69
9.4.2	Vyhodnocení vzorků	70
	ZÁVĚR	79
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	81
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	95
	SEZNAM OBRÁZKŮ	97
	SEZNAM TABULEK.....	99
	SEZNAM PŘÍLOH.....	100
	PŘÍLOHA P I: 2. DEN OD VÝROBY / NEVIBROVANÉ VZORKY	101
	PŘÍLOHA P II: 2. DEN OD VÝROBY / VIBROVANÉ VZORKY	102
	PŘÍLOHA P III: 30. DEN OD VÝROBY / NEVIBROVANÉ VZORKY.....	103
	PŘÍLOHA P IV: 30. DEN OD VÝROBY / VIBROVANÉ VZORKY.....	104

ÚVOD

Čerstvé sýry patří mezi oblíbené a jedny z historicky nejstarších skupin mléčných výrobků. Jedná se o sýry nezrající, které jsou určeny k okamžité spotřebě. Jsou charakteristické světlou barvou a kyselější chutí. Oproti sýrům zrajícím mají vyšší obsah vody, který limituje jejich údržnost. Proto jsou často termizovány, a poté chladírensky skladovány. [1, 2]

Čerstvé sýry mnohdy existují i ve svých variantách primárně určených k roztírání, např. na pečivo či jako surovina pro další výrobu. V Evropě byla poptávka po takových výrobcích patrná již od 16. století v Anglii, kde vznikal především smetanový sýr. Výrobek, který odstartoval celosvětovou popularitu roztíratelných sýrů pochází až z 2. poloviny 19. století z USA, kdy W. A. Lawrence přichází s Cream cheese. Ve sbírce Codex Alimentarius byl později zaveden Standard For Cream Cheese, který obsahuje základní popis a požadovaná rozpětí parametrů. Nicméně jejich pojetí je docela široké. K dostání jsou tak výrobky naplňující kodexový rozsah v různé míře, navíc s nutnou reflexí místních právních předpisů. Česká legislativa zná pouze sýr čerstvý a blíže nespecifikuje výrobky typu CC. Proto se lze v tuzemsku setkat hlavně s roztíratelnými variantami tvarohových a smetanových sýrů. Surovinová skladba CC často obsahuje hydrokoloidy – látky polysacharidové a bílkovinné povahy, které mají schopnost vázat vodu a tvořit gely. Ve složení produktů jsou běžně k nalezení karubin, karagenan a pektiny vystupující jako stabilizátory či zahušťovadla. [3–7]

Textura je jednou z rozhodujících sensorických vlastností, která se podílí na kvalitě a přijatelnosti potravin. Její změny mohou nastat v důsledku přepravy. Fáze přepravy s sebou nese požadavky na zachování kvality potravin, které mohou být obzvlášť během silniční nebo železniční dopravy vystaveny mechanickým vibracím, otřesům a přetížením. Moderní dopravní prostředky disponují účinnými systémy tlumící tyto nežádoucí vlivy, avšak zcela je neeliminují. Doposud byly publikovány práce zabývající se touto problematikou především u náchylných potravin, jako jsou ovoce a zelenina, pivo, vejce či majonéza. Mléčné výrobky jsou ve studiích zastoupeny téměř výhradě jogurty, u kterých byl popsán negativní vliv vibrací při výrobě (srážení) i přepravě. Autoři zmiňují trhliny a praskliny ve hmotě, vyšší míru uvolňování syrovátky a snížení celkového skóre při sensorické analýze. [8–14]

Tato diplomová práce se zaměřuje na tvarohové sýry s různým obsahem pektinu, které jsou vystaveny simulovaným vibracím. Sledován byl jak samotný vliv vibrací, tak i stabilizační funkce různé koncentrace pektinu. Na vzorcích byly provedeny základní fyzikálně-chemické, texturní a reologické analýzy. Zohledněn byl také faktor 30denního skladování.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA SÝRŮ

Sýry se řadí do velmi rozmanité skupiny mléčných výrobků, k jejichž výrobě se využívá fermentační aktivita mikroorganismů. Vedle sýrů sem spadají zejména jogurty, zakysaná mléka, smetany, podmáslí a syrovátky nebo kefíry. [2]

Sýr je obecně definován a popsán ve standardu General Standard For Cheese sbírky Codex Alimentarius. Ve shodě se standardem je česká vyhláška č. 397/2016 Sb. o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. Vyhláška pod pojmem sýr rozumí mléčný výrobek vyrobený vysrážením mléčné bílkoviny z mléka působením syřidla nebo jiných vhodných koagulačních činidel, oddělením podílu syrovátky a následným prokysáním nebo zráním. [6, 15]

1.1 Dělení a popis sýrů

V sýrařství se uplatňuje řada rozličných pohledů na třídění sýrů. Mezi ty nejběžnější patří dělení podle:

- **druhu výchozí suroviny**

Existují sýry z kravského, ovčího, kozího mléka či z ostatních druhů mlék anebo z jejich směsí. Zastoupení na trhu mají také sýry, které nejsou vyráběny výhradně z mléka. Ze syrovátky nebo směsi syrovátky s mlékem se vyrábí sýry syrovátkové. Běžné jsou též sýry smetanové nebo tvarohové. Samostatnou skupinou jsou sýry tavené, které vznikají zpracováním přírodních sýrů.

- **způsobu srážení mléka**

Jde o sýry sladké, kyselé, se smíšeným srážením či srážené kyselí v kombinaci s vysokou teplotou. Uvedené typy tvoří dle vyhlášky skupinu přírodních sýrů.

Sladké sýry se vyrábí enzymatickým srážením mléka s využitím koagulačního činidla nebo syřidla. Po destabilizaci kaseinových micel nastává jejich vysrážení a vzniká sýřenina, která má chuť nekyselou, resp. mléčně sladkou. Kyselina mléčná vzniká až v průběhu dalšího zpracování, kdy sýřenina prokysává činností mikroorganismů. Sladké sýry tvoří velkou a rozmanitou skupinu, do které náleží většina známých a nejvíce konzumovaných sýrů.

Naopak kyselé sýry vznikají kyselým srážením mléka za účasti mikroorganismů, které produkují kyselinu mléčnou, nebo přímým okyselením mléka. Pokles pH mléka na hodnotu izoelektrického bodu kaseinů způsobuje změny ve struktuře micel a vyrovnání jejich nábojů,

což vede k jejich vysrážení. Kyselé sýry představují historicky nejstarší skupinu sýrů. Typickými představiteli v českém prostředí jsou tvarohy, které lze řadit i do skupiny sýrů se smíšeným srážením, podobně jako některé měkké sýry. Nejznámějším zástupcem sýrů srážených kombinací vysoké teploty a nízkého pH je Mascarpone, který se vyrábí ze smetany jejím přímým okyselením. [1, 2]

- **podle obsahu tuku v sušině**

Zde je třeba respektovat znění vyhlášky, která obsah tuku v sušině (TVS) v % w/w stanoví podle Rovnice 1, podle čehož sýry následně dělí v Tabulce 1.

$$\text{TVS} = \frac{\text{hmotnost tuku [g]}}{100 - \text{hmotnost vody [g]}} \cdot 100 \quad (1)$$

Tabulka 1: Dělení přírodních sýrů podle TVS. [6]

Kategorie sýru	TVS [% w/w]
Vysokotučný	nejméně 60,0
Plnotučný	nejméně 45,0 a méně než 60,0
Polotučný	nejméně 25,0 a méně než 45,0
Nízkotučný	nejméně 10,0 a méně než 25,0
Odtučněný	méně než 10,0
Vysokotučný	nejméně 60,0

- **podle konzistence ve vztahu k obsahu vody v tukuprosté hmotě sýru**

Toto dělení je také součástí vyhlášky. Obsah vody v tukuprosté hmotě sýru (WTPH) v % w/w je dán Rovnicí 2. Sýry se pak rozdělují podle Tabulky 2.

$$\text{WTPH} = \frac{\text{hmotnost vody [g]}}{100 - \text{hmotnost tuku [g]}} \cdot 100 \quad (2)$$

Tabulka 2: Dělení přírodních sýrů podle konzistence ve vztahu k WTPH. [6]

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

- **podle zrání**

V nejobecnějším smyslu jsou sýry buď čerstvé nebo zrající.

Čerstvé sýry jsou nezrající sýry, které jsou určeny ke konzumaci ihned po výrobě. Sýry mohou být nesolené i solené. Jejich charakter se liší dle způsobu a délky srážení mléka. Delší proces srážení vede k drobnějšímu sýru podobnému tvarohu. Kratším srážením se docílí pevnější a soudržnější textury. Čerstvé sýry se vyznačují jemně nakyslou mléčnou chutí a vůní. Trvanlivost čerstvých sýrů se obvykle prodlužuje termizací. [1]

Zrající sýry jsou rozsáhlou a velmi pestrou skupinou sýrů. Zráním se zde rozumí biochemické a fyzikální procesy, které nastávají po prokysání sýrů. Dochází ke komplexním změnám struktury a složení hmoty sýru působením přítomných enzymů. Vytváří se sensoricky aktivní látky, formuje se vzhled a textura, což se konečně odráží na osobitém charakteru sýru. Délka zrání je různá a pohybuje se od několika dnů (např. Hermelín), týdnů (Niva, Blaťácké zlato) až měsíců (Ementál, Moravský bochník). U některých tvrdých a extra tvrdých sýrů (Parmazán, Gran Moravia) lze dobu zrání počítat i na více než rok. Zrání probíhá u sýrů měkkých, poloměkkých, polotvrdých, tvrdých a extra tvrdých. [2, 16]

Polotvrdé sýry lze dále třídit podle technologických operací na sýry lisované (Eidam, Gouda, Madeland), nelisované (Tylžský sýr), sýry s mletou sýřeninou (Čedar) a sýry pařené (Kaškaval, Korbáčik). U tvrdých sýrů švýcarského typu se sleduje tvorba ok (Ementál, Primátor), ale jsou zde i další zástupci tvrdých sýrů bez ok (Moravský bochník, Gruyère), stejně tak extra tvrdé sýry s charakteristickou zrnitou strukturou (Parmazán, Gran Moravia). Další kategorie sýrů mohou zrát pod mazem (Romadur, dezertní sýry), v chladu (Blaťácké zlato) nebo v solném nálevu (Balkánský sýr, Feta). [17]

Mezi zrající sýry neopomenutelně spadají i plísňové sýry. Jedná se o skupinu měkkých až polotvrdých sýrů, u kterých se na procesu zrání podílí kulturní plíseň, především rod *Penicillium*. Plíseň se účastní rozkladu bílkovin a mléčného tuku, čímž se utváří žádoucí konzistence a aroma sýrů. Základní postup výroby je podobný jako u měkkých sýrů, navíc je provedeno zaočkování plísňovou kulturou. Podle lokalizace a charakteru plísňového nárůstu se rozdělují sýry s plísní na povrchu (Hermelín, Camembert, Brie), s plísní v těstě (Niva, Roquefort, Gorgonzola) a sýry dvoupříšňové (Vltavín, Bavaria Blue). [1, 2, 16, 17]

Kromě skupiny přírodních sýrů rozlišuje vyhláška ještě sýry, které byly upraveny tavením, a zavádí tak skupinu „tavený sýr“. Základní surovinou pro výrobu tavených sýrů jsou přírodní sýry a další složky mléčného (např. máslo, smetana, kaseináty) a nemléčného původu (např. ochucující složky a hydrokoloidy). Hladká a homogenní struktura je dána tavením, což je proces zahřívání a míchání surovin s tavicími solemi (zejména fosforečnany a citronany) za sníženého tlaku. Tavicí soli zde vystupují jako emulgační činidla podporující emulgační aktivitu kaseinových bílkovin. Tavené sýry lze dále rozdělit podle konzistence na sýry s lomem, roztíratelné, krémovité a s tekutou konzistencí. [18]

Dále existuje „tavený sýrový výrobek“, kterým se rozumí mléčný výrobek, který je tepelně ošetřen tavením, obsahuje více než 5 % w/w laktózy, a v němž sýr tvoří nejméně 50 % w/w sušiny. Pro pojem „tavený mléčný výrobek“ je stanoven pouze požadavek na obsah laktózy více než 5 % w/w. [6]

Tvaroh je ve vyhlášce uveden jako samostatný druh. Definice blíže uvádí, že jde o nezrající sýr získaný kyselým srážením, nebo u kterého převládá kyselé srážení nad srážením pomocí syřidla. Čerstvým sýrům převážně sráženým kyselé je věnována následující kapitola. [6]

Zde je pouze uvedeno požadované legislativní dělení tvarohu, jak přibližují Tabulky 3 a 4.

Tabulka 3: Členění tvarohu na skupiny a podskupiny. [6]

Druh	Skupina	Podskupina
Tvaroh	měkký nebo odtučněný nízkotučný nebo jemný polotučný tučný	termizovaný
	tvrdý	

Tabulka 4: Dělení tvarohu podle konzistence a TVS. [6]

Tvaroh	TVS [% w/w]
Tučný	nejméně 38,0
Polotučný	15,0 až 25,0
Nízkotučný nebo jemný	nejvíce 15,0
Odtučněný nebo měkký nebo tvrdý	nejvíce 5,0

Systém, jakým jsou sýry ve vyhlášce členěny je uveden v Tabulce 5.

Tabulka 5: Členění sýru na druh, skupiny a podskupiny dle vyhlášky 397/2016 Sb. [6]

Druh	Skupina	Podskupina
Sýr	přírodní	čerstvý
		zrající
		zrající pod mazem
		zrající v celé hmotě
		s plísní na povrchu
		s plísní uvnitř hmoty
		dvouplísňový
		v solném nálevu, bílý
		pařený
		extra tvrdý (ke strouhání)
		tvrdý
		polotvrdý
		poloměkký
		měkký
	roztíratelný	
tavený	s lomem	
	tavený sýrový výrobek	
	tavený mléčný výrobek	
	syrovátkový	

Výše uvedené dělení sýrů není vyčerpávající a má za úkol spíše vyzdvihnout bohatost této skupiny potravin. Přístup k sýrům se v čase proměňuje a je možné se v současné době setkat také se sýry uzenými, sušenými, lyofilizovanými nebo převedenými do práškové podoby. [16, 19]

Alternativu k sýrům, zejména taveným, mohou být sýrové imitace a analogy. Mléčné složky zde mohou být částečně nebo zcela nahrazeny nemléčnou složkou rostlinného původu, výsledkem čehož je mnohdy pozměněný flavour takových výrobků. Předností je nižší obsah cholesterolu. [20]

2 ČERSTVÉ SÝRY SRÁŽENÉ PŘEVÁŽNĚ KYSELE

Jelikož se tato diplomová práce zabývá tvarohovým sýrem, je užitečné se blíže zaměřit na užší skupinu nezrajících sýrů, a sice na ty srážené převážně kyselé.

2.1 Základní popis a přehled

Existuje řada takových sýrů, přičemž obecnými rozpoznávacími znaky jsou světlá barva, nakyslá až kyselá chuť a fakt, že se konzumují čerstvé, tj. bez předešlého zrání. Tyto sýry obvykle nemají kůru a zahrnují širokou škálu tvarů a hmotností. Čerstvé kyselé sýry (ČKS) se liší od jogurtů a jiných kysaných mléčných výrobků tím, že je u nich po srážení odstraněno značné množství syrovátky. Výroba ČKS je nyní vysoce mechanizována s rozšířeným používáním procesů zahrnující odstředivé separátory syrovátky, membránové filtrace nebo automatizovaná zařízení na promývání sraženiny. [17]

Nejznámějšími příklady ČKS jsou Cottage, Quarg (čili tvaroh) a CC. Tyto sýry mají svůj prapůvod v evropských zemích a získávají se zpravidla smíšeným srážením mléka za účasti koagulačních enzymů. V Latinské Americe se lze setkat s produkty Queso Blanco označující různé čerstvé „bílé“ sýry, jejichž konkrétní typ se liší podle regionu. Kyselé srážení mléka zde může být kombinováno i se zvýšenou teplotou. Do výčtu se řadí také syrovátkové sýry Ricotta a Ricottone nebo smetanový sýr Mascarpone, u kterých je zmíněné kombinované srážení typické. Jiným zástupcem kyselé/tepelně sráženého sýru může být asijský Panner. [21]

Ve srovnání se zrajícími sýry mají ČKS obecně nižší obsah sušiny, tedy tuku a bílkovin, avšak vyšší obsah kyseliny mléčné. Hodnoty pH se u typických sýrů srážených zcela kyselé pohybují kolem 4,6. U sýrů srážených v kombinaci s vyšší teplotou bývá pH vyšší. S kyselostí souvisí i skutečnost, že většina vápníku je rozpuštěna během srážení a odstraněna se syrovátkou, proto mají ČKS nižší obsah vápníku než sýry sladké. [22]

S ohledem na relativně vysoký obsah vody se u ČKS očekává její vysoká aktivita, která obecně nabývá rozmezí 0,98–0,99. ČKS jsou potraviny s omezenou dobou použitelnosti, proto musí být uchovávány při chladírenských teplotách. V opačném případě je jejich bezpečnost ohrožena zejména růstem kvasinek a plísní. [23, 24]

Technologie ČKS se liší způsobem odvodnění sýřeninového gelu, promývacími kroky, způsobem natučnění a typem struktury sraženiny. Například u sýru Cottage je žádoucí obsah hrudek, u jiných sýrů je hmota spíše kompaktní. Obsah tuku lze upravit i po odloučení

syrovátky na rozdíl od sýrů sladkých. ČKS jsou součástí receptur mnohých slaných a sladkých pokrmů. Samostatně se mohou mísit s ovocem, kořením, bylinkami nebo jinými potravinami. [17, 21]

Na Obrázku 1 (strana 19) je uvedeno obecné schéma znázorňující technologické operace uplatňované při výrobě čerstvých sýrů. Detailnější popis je součástí následujících kapitol.

2.2 Tvaroh

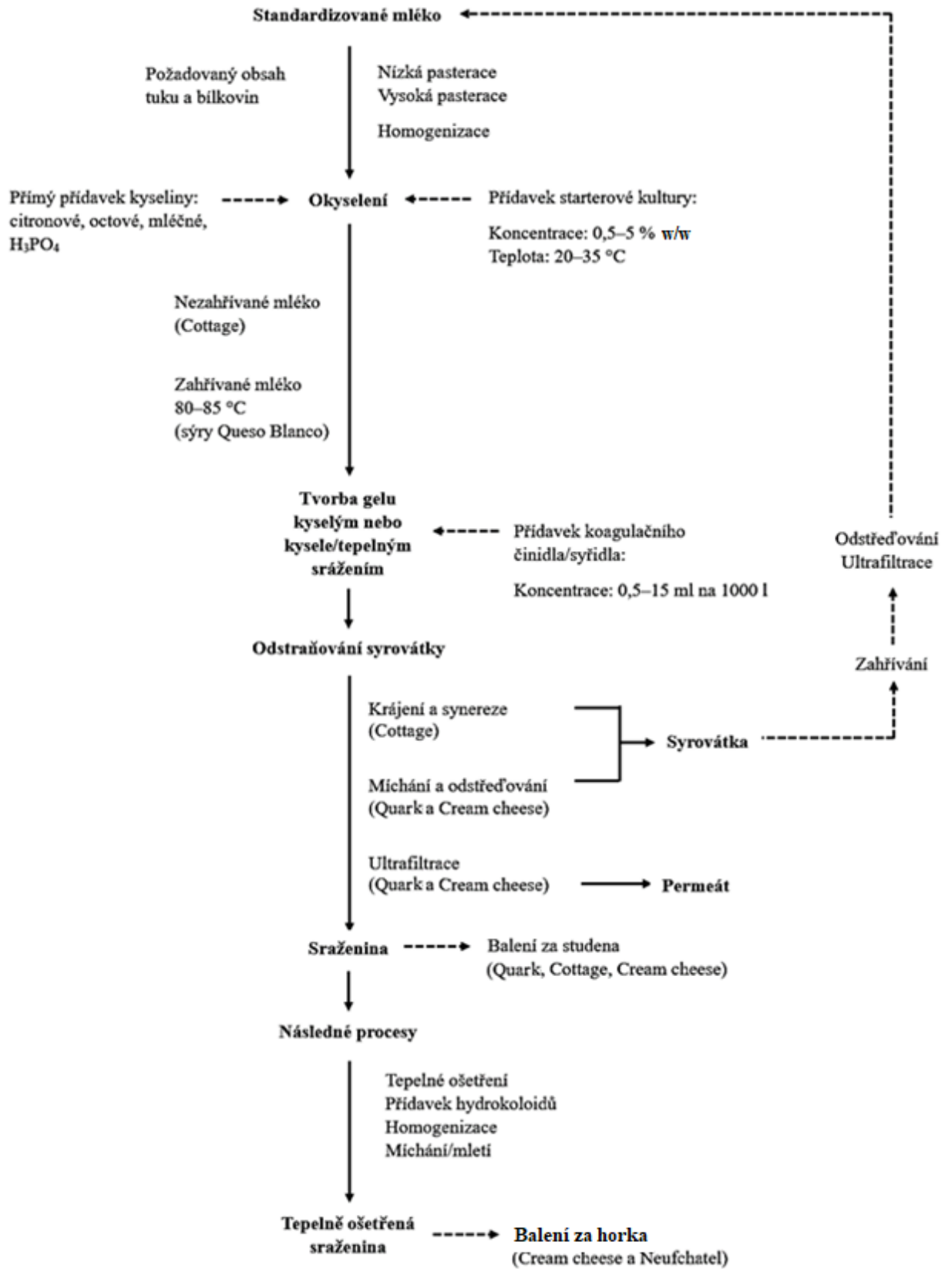
Tvaroh je spojován se zeměmi střední a východní Evropy, kde se těší největší oblibě. České země mají dlouholetou tradici s výrobou a zpracováním tvarohu, nicméně jeho počátek sahá až do doby kamenné, do oblasti severně od Alp. V Německu je tvaroh znám pod názvem Quark, v Rakousku Topfen a ve východoevropských zemích je označován slovem tvarog. Anglicky psaná literatura využívá výraz Quark¹ či Curd cheese. [22, 25]

Kadlec a kol. tvaroh popisují jako sraženinu z plnotučného, částečně odstředěného nebo odstředěného mléka bez podstatné části syrovátky s čistou mírně nakyslou chutí. V Česku se produkuje několik typů tvarohů. Tvaroh tvrdý (na strouhání) je výsledkem ryze kyselého srážení. Průmyslový tvaroh se spotřebovává na výrobu dalších kyselých sýrů, např. olomouckých tvarůžků. Tvrdé tvarohy mají obsah sušiny kolem 32 % w/w. [16, 25, 26]

Dalším typem jsou tvarohy měkké s různým obsahem tuku, které jsou mj. surovinou pro výrobou tvarohových sýrů a dalších výrobků typu CC. Typické je využití syřidlových enzymů při srážení mléka. Při obvyklé odstředivkové produkci určené k přímé spotřebě je vstupní surovinou odstředěné mléko a natučňování probíhá až u zakoncentrovaného tvarohu, aby se předešlo ztrátám tuku v syrovátce. Alternativou jsou také moderní filtrační metody, které principiálně vychází z původního způsobu filtrace v látkových pytlích (tvarožnicích). Sušina tvarohu se dle technologie pohybuje v rozmezí 17–25 % w/w. [21, 22, 25, 26]

Přehled hlavních typů tvarohů uzavírá tzv. termotvaroh, u něhož se při srážení využívají kromě mezofilní i termofilní kultury. Tvarohovina se před odstředěním termizuje. Z termotvarohu se dále vyrábí natučnělé tvarohy s TVS kolem 40 % w/w, ochucené dezerty se smetanou (termixy) nebo pomazánky. [19, 22]

¹ Pojem „Quark“ je obecnější anglické označení pro tvaroh a blízké příbuzné produkty. Tento pojem je také použit na následujícím Obrázku 1, jenž byl převzat a upraven z anglicky psaného zdroje [22].



Obrázek 1: Obecné schéma výroby čerstvých sýrů srážených kyselé a kyselé/tepelně. [22, upraveno]

3 ROZTÍRATELNÉ ČERSTVÉ SÝRY A CREAM CHEESE

3.1 Nabídka v Česku

Předmětné tvarohové sýry jsou v Česku známy především pro svoji roztíratelnou konzistenci za současného zachování určitého tvarohového charakteru. Samotný název „tvarohový sýr“ má za cíl zdůraznit, že daný výrobek obsahuje převážně tvaroh. I když je tvaroh jednou z kategorií čerstvých sýrů, je takové označení přípustné, neboť vyhláška 397/2016 Sb. definuje tvaroh jako samostatný druh. Spotřebitel je tudíž blíže informován o charakteru takového výrobku. Na Obrázku 2 je patrné, že konkretizace názvu obdobných výrobků (nejen tvarohových sýrů) je mezi výrobci běžná. Za povšimnutí stojí také skutečnost, že některé výrobky s volně vykládaným názvem (zde žervé) mohou být značeny odlišně dle obsahu hlavní složky. [6]



termizovaný tvarohový sýr



čerstvý smetanový sýr termizovaný



tvarohový sýr pasterovaný



čerstvý tvarohový sýr, termizovaný

čerstvý sýr ze smetany,
pasterovanývysokotučný měkký nezrající sýr,
pasterovaný

Obrázek 2: Přehled vybraných produktů s konkretizovaným názvem. [27, 28]

3.2 Výrobky typu Cream cheese

S ohledem na obecnou charakteristiku a technologii skupiny čerstvých sýrů je možné předpokládat, že jejich nemalý podíl, případně jejich různé verze jsou primárně určeny k roztírání. Pro velkou část takových výrobků lze zavést pojem „cream cheese“. Toto označení lze chápat různě. Roli může hrát místní legislativa, snaha o zjednodušení pojmenovávání podobných produktů nebo různý překlad tohoto sousloví. Nicméně opěrný, globálně akceptovaný dokument zabývající se CC je Standard For Cream Cheese sbírky Codex Alimentarius. Širší význam při výkladu CC odráží i popis ve standardu, který uvádí že jde o měkký, roztíratelný, nezrající sýr bez kůry, který je zároveň v souladu se skupinovým standardem pro nezrající sýry včetně čerstvého sýru a všeobecným standardem pro sýry. [5]

Základní složkové požadavky pro CC jsou shrnuty v Tabulce 6.

Tabulka 6: Požadavky na složení – Standard For Cream Cheese. [5]

Parametr	Min. obsah [% w/w]	Max. obsah [% w/w]	Referenční obsah [% w/w]
TVS	25	Bez omezení	60 až 70
WTPH	67	–	Není specifikováno
Sušina	22	Omezeno dle WTPH	Není specifikováno

Výrobky typu CC mají bílou až světle žlutou barvu. Struktura je roztíratelná a hladká až mírně zrnitá. Chuť a aroma odráží použité suroviny a nachází se ve spektru smetanové až mléčně nakyslé. Sýr poskytuje adekvátní matici pro přidání ochucujících složek (bylinek, sušené zeleniny, šunky) nebo nášleh pomocí dusíku. Možnosti použití CC jsou odvozeny od jeho roztíratelnosti a mezi nejznámější z nich patří mazání pečiva, příprava dresinků nebo výroba pomazánek a dezertů (např. cheese cake). [4, 5, 29]

3.3 Historie Cream Cheese

Doklady o výrobě roztíratelných čerstvých sýrů sahají až do 16. století, do Tudorovské Anglie, kdy byly výsadou spíše bohatší třídy obyvatel. Hlavní surovinou byla smetana, která byla srážena a dochucována. V průběhu doby se výroba vyvíjela a smetana byla více nahrazována mlékem. Roztíratelný smetanový sýr, který lze považovat za předchůdce jeho současné podoby pochází z období 1870–1880. Zdokumentovaný je pokus newyorského mlékaře W. A. Lawrence, který při snaze vyrobit tamější variantu sýru Neufchâtel, přidal vyšší množství smetany, čímž docílil lepší roztíratelnosti a bohatší chuti. Za zmínku stojí, že americký Neufchâtel má asi o třetinu méně tuku a vyšší obsah vody než Cream cheese². [3, 30]



Obrázek 3: Neufchâtel – původně francouzský drobný sýr s plísní na povrchu. [4, 31]

W. A. Lawrence výrobek nazval Cream cheese a jeho továrna byla první, která ho začala od roku 1875 vyrábět ve velkém měřítku. V roce 1880 se do podnikání připojil obchodník A. L. Reynolds, který pod názvem „Philadelphia Cream cheese“ tyto výrobky prodával. Ač výroba stále probíhala v newyorském Chesteru, bylo při pojmenování využito tehdy dobré pověsti Philadelphie, známé vysoce kvalitními mléčnými farmami. Společnost prošla v průběhu let několika změnami a obchodní značka byla v roce 1903 prodána společnosti Phenix Cheese Company. Výroba sýru se na počátku 20. století soustředila v severní oblasti Severní Ameriky. V roce 1928 nastalo důležité sloučení s Kraft Cheese Company.

² Označení „Cream cheese“ s velkým počátečním písmenem je pojmenování konkrétního výrobku, jehož historie je v této kapitole popisována. Pro výrobky typově odpovídající definici ve „Standard For Cream Cheese“ sbírky Codex Alimentarius je určeno označení „cream cheese“ s malým počátečním písmenem a je nahrazováno zkratkou „CC“.

Cream cheese se v 1. polovině 20. století etabloval v amerických domácnostech a restauracích jako oblíbený roztíratelný krémový sýr.

Se zdokonalováním technologií, jejich modernizací a rostoucí popularitou Philadelphia Cream cheese od 70. let expandovala na středoamerický a zejména západoevropský trh. Zanedlouho se objevily varianty ochucené, zprvu česnekem, pažitkou a bylinkami. Dnes Kraft Heinz Co. a Mondelēz International, pocházející z Kraft Foods, zdědili ikonickou značku Philadelphia a odborné znalosti a jsou hlavními výrobci Cream cheese. Dalšími světovými výrobci jsou Arla Foods, Fonterra, Karwendel, Hochland, Franklin Foods nebo Lactalis. [4, 21, 30]

Stručná historie společnosti Philadelphia nebyla zmiňována samoučelně, neboť právě ona byla hlavním hybatelem na poli produkce tohoto typu sýru ve 20. letech 20. století, tedy v době, kdy se v USA ustanovil první federální standard pro Cream cheese, který orámoval základní požadavky a v obecnějším znění mohly být jeho principy přejaty i do standardu sbírky Codex Alimentarius. [29]

3.4 Legislativní přehled

Vývoj právních předpisů ohledně roztíratelných čerstvých sýrů je zprvu spjat s americkým Cream cheese, jakožto nejstarší průmyslově vyráběným produktem tohoto typu. Standard identity v USA byl vydán již roku 1921 a ustavoval, že Cream cheese je nezrající sýr vyrobený postupem Neufchâtel z plnotučného mléka obohaceného smetanou, s TVS nejméně 65 % w/w. V následujícím desetiletí, s poptávkou po hladší a roztíratelnější konzistenci, zvýšili výrobci obsah tuku. Ve 40. letech nastala úprava standardu, který požadoval nejméně 33 % w/w tuku a nejvýše 55 % w/w vlhkosti. Mléko muselo být pasterované, dále byly povoleny další mléčné suroviny (odstředěné mléko, smetana, kondenzované a sušené mléko nebo jeho součásti) a hydrokoloidy. Současné znění standardu je pod § 133.133, resp. § 133.134 (pro ochucenou verzi) dokumentováno ve sbírce Code of Federal Regulations (CFR). Standardizovaný postup vyžaduje srážení mléka činností mlékařských kultur nebo koagulačního činidla. Jelikož je Cream cheese v USA chápán pouze jako jeden z možných typů čerstvých roztíratelných sýrů, uvádí CFR zvlášť standardy pro další takové produkty. Obdobný systém mají i některé další země, jako např. Kanada. [29, 32]

V zemích Evropské unie (EU) se označování roztíratelných čerstvých sýrů odvíjí od místní legislativy. Neexistuje společný unijní dokument charakterizující jednotlivé skupiny sýrů,

ovšem lze se setkat s produkty v režimech jakosti EU, které mají oporu v *nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1151/2012 o režimech jakosti zemědělských produktů a potravin*.

Cílem režimů jakosti je chránit názvy specifických produktů a propagovat jedinečné vlastnosti vyplývající z jejich zeměpisného původu či tradiční technologie. Názvům produktů je možné udělit označení uvedené na Obrázku 4. Pro úplnost lze zmínit i možnost zvláštního označení pro produkty z horských oblastí nebo ostrovů, jejich zastoupení je však malé. [33]



Obrázek 4: Označení pro výrobky z režimů jakosti EU. [33, upraveno]

Z roztíratelných čerstvých sýrů mají uvedená označení např. řecký Galotyri (CHOP), portugalský Travia da Beira Baixa (CHOP), slovenská Bryndza (CHZO) nebo italská Ricotta (ZTS). [34]

V Česku je v platnosti již vícekrát zmíněná *vyhláška č. 397/2016 Sb. o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje*, která je prováděcím předpisem *zákona č. 110/1997 Sb. o potravinách a tabákových výrobcích*. Dle názvosloví vyhlášky v § 14 je pro diskutované výrobky dostačující druhové označení „sýr“. Syrovátkový sýr je třeba upřesnit názvem skupiny. Strohé pojmenování přírodních sýrů je však možné dále upřesnit názvem podskupiny „čerstvý“ a zároveň i podle konzistence (např. měkký). Přípustné je rozvinutí názvu podle převládající složky (např. tvarohový, smetanový). Kromě toho mohou výrobci uplatnit přívlástek podle TVS (např. vysokotučný). Ostatně informace o obsahu tuku (nebo TVS) a sušiny musí být uvedeny. U tvarohu, který je formálně vyčleněn jako samostatný druh, je podle § 15 výrobce povinován uvádět druh, tedy „tvaroh“ a skupinu poukazující na konzistenci a TVS (např. měkký, jemný či tvrdý). [6]

Pro sýry i tvarohy platí společná povinnost uvádět případnou použitou ochucující složku. U čerstvých sýrů se často na konci výrobního procesu provádí tepelné ošetření, což musí být zmíněno v názvu výrobku. O povaze tepelného ošetření (např. pasteraci) rozhoduje *nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu*. Nicméně čerstvé sýry jsou nejčastěji termizované podle definice ve vyhlášce. Vzhledem k povaze čerstvých sýrů se jedná o potraviny značené datem použitelnosti a je nutné při jejich skladování, přepravě a uvádění na trh dodržovat vyhláškou dané rozmezí teplot 2–8 °C. [6, 35]

Při výrobě roztíratelných čerstvých sýrů se mohou využívat schválené potravinářské přídatné látky. Jejich kompletní výčet je uveden v příloze II *nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 o potravinářských přídatných látkách*. Pro kategorii „nezrající sýry“ je dovoleno přidávat látky skupiny I–III a několik dále určených. K výrobkům v kategorii „syrovátkové sýry“ mohou být přidány pouze látky skupiny II a také několik dále určených. Přídatné látky a jejich skupiny jsou často doplněny o omezení a výjimky upřesňují jejich použití. Pro výrobce je důležitá informace o maximálním množství přídatné látky, které je v nařízení uváděno v jednotkách mg/kg (mg/l) nebo slovy *quantum satis*, čili v postačujícím množství. Použité přídatné látky musí být uvedeny ve složení v opisné formě (např. pektiny) nebo pod E-kódem (tedy E 440). [36]

4 TECHNOLOGIE VÝROBKŮ TYPU CREAM CHEESE

4.1 Suroviny

Mezi základní suroviny pro výrobu produktů typu CC patří mléko a smetana spolu s čistými mlékařskými kulturami. Využívají se mezofilní kultury zahrnující *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lc. lactis* subsp. *lactis* var. *diacetylactis*, *Lc. cremoris*, *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris* nebo subsp. *dextranicum*. Koagulační činidla (syřidla) mají význam hlavně u výrobků založených na tvarohu. Z přídatných látek regulujících kyselost se uplatňují např. kyselina mléčná nebo citronová, přičemž u sýrů srážených přímým okyselením je role kyseliny zásadní. Dále se používají zahušťovadla a stabilizátory (např. karubin, pektiny či karagenan). Stabilita sýru může být navýšena také mléčnými bílkoviny. Vždy přítomná jedlá sůl upravuje slanost sýru. Atraktivita výrobku bývá někdy podpořena našleháním dusíku do hmoty sýru, který se stane nadýchanější. Uvedené suroviny jsou běžné u tuzemských roztíratelných tvarohových a smetanových sýrů. [4, 27, 28]

4.2 Technologické operace

Technologie výrobků typu CC se ve světě odlišuje podle místní legislativy, zavedených postupů, použitých surovin a zařízení a v neposlední řadě podle požadavků spotřebitelů. Níže popisované operace se pojí s výrobou zahrnující kravské mléko a smíšené srážení. Výroba obecně obnáší standardizaci, homogenizaci a tepelné ošetření mléka, jeho srážení a následnou termizaci, zakoncentrování a další zpracování tvarohoviny až do konečné stabilizované, případně ochucené podoby sýru, který je balen a chlazen. [29]

4.2.1 Standardizace mléka

Standardizace je nezbytnou operací, která má za cíl upravit složení mléka. Jen tak je možné vyrábět konečný produkt o stejném složení, vlastnostech a výtěžnosti. Známý obsah složek v mléku je zásadní v plánování dalších výrobních kroků. Standardizuje se obsah tuku a bílkovin v mléku, resp. jeho sušina. Tučnost mléka se ovlivňuje přidávkou smetany. Například mléko pro americký Cream cheese je standardizováno na obsah tuku 8–16 % w/w. Podíl bílkovin se upravuje koncentráty mléčných a syrovátkových bílkoviny, sušeným odstředěným mlékem nebo sušenou syrovátkou. [4, 37]

4.2.2 Pasterace mléka

Primárním úkolem tepelného ošetření s pasteračním účinkem je usmrcení vegetativních forem patogenních mikroorganismů (např. rody *Mycobacterium* a *Salmonella*), dále jsou inaktivovány technologicky nežádoucí mikroorganismy a enzymy. Pasterace je ovlivněna vícero faktory, jako jsou složení, pH anebo viskozita mléka, přičemž je třeba navolit odpovídající kombinaci teploty a výdrže působící v pasteru. Typově se obvykle jedná o paster trubkový nebo deskový, který se skládá z regeneračních a chladicích sekcí, termosekce a výdržníku. [38]

Při výrobě čerstvých sýrů se využívá především nízká pasterace, tedy kombinace teplot 72–75 °C po dobu 15–20 s. Ošetření vysokou pasterací (až 90–95 °C po dobu sekund až minut) způsobuje vyšší míru denaturace β -laktoglobulinu, který se váže na kaseiny. Následné zvýšení izoelektrického bodu kaseinů urychluje jejich kyselé srážení, nicméně sraženina poté váže vyšší množství hydratační vody, což může být kontraproduktivní. Vysoká pasterace není vhodná také z důvodu snižování specifické hmotnosti kaseinových micel a jejich ztrát v syrovátce při odstředivkovém zpracování. [16, 21]

4.2.3 Homogenizace mléka

Průměr tukových kuliček v mléku je možné zmenšit, a zvětšit tak jejich specifický povrch. Menší kuličky jsou poté potaženy kaseinem a syrovátkovými bílkoviny a podílí se na tvorbě sraženiny. Mléko vstupující do homogenizátoru se přehřívá na teplotu 55–65 °C. Vlastní proces se odehrává v homogenizační hlavě, kde mléko pod tlakem 10–25 MPa protéká úzkým ventilem. Vlivem smykových sil se tukové kuličky protahují do vláken, která přechází v řetízky a drobné shluky (viskolizace). Po průchodu se útvary náhlým poklesem rychlosti a účinkem vířivého pohybu rozpadají a rozptylují v médiu (mikronizace). Velikost výsledných tukových kuliček se pohybuje pod 1 μm . Homogenizace může být jednostupňová nebo dvoustupňová a podle své intenzity má vliv i na kaseinové micely. Význam homogenizace spočívá v omezení ztrát tuku při následné separaci syrovátky. Zabudováním jemnější tukové disperze dochází ke zvýšení tuhosti sraženiny, což nemusí být pro roztíratelné sýry vždy žádoucí. Tento efekt je však důležitý pro CC za studena balený, u kterého se sraženina dále neupravuje. [22, 38–40]

4.2.4 Srážení mléka

U výrobků typu CC se sraženina získává více či méně modifikovaným procesem jako měkký tvaroh. Standardizované a upravené mléko se ochladí na teplotu 20–24 °C a provede se zaočkování startovací mezofilní kulturou v množství 0,5–1,2 % w/w. Kultury kromě kyseliny mléčné produkují i sensoricky aktivní látky. Možností je přidavek nasyceného roztoku CaCl_2 , jakožto zdroje iontů Ca^{2+} , napomáhající srážení. Následuje 2–4h předkysání, které je završeno aplikací pepsinového syřidla (2–20 ml/1 000 l). Inkubace probíhá až do kyselosti 22–24 °SH, kdy je vzniklý gel krájen a ponechán dále kysat po dobu 14–18 h do 36–40 °SH. Pojmem gel se rozumí heterogenní systém tvořený trojrozměrnou sítí vysrážených kaseinových bílkovin se zabudovanými tukovými kuličkami. V pórech gelu je zachycen tekutý podíl – syrovátka. [21, 26, 40]

4.2.5 Termizace

Před dalším zpracováním je rozmíchaný gel podroben termizaci. Technologický význam termizace spočívá v utlumení aktivity bakterií mléčného kvašení, čímž se ukončuje proces kysání. Ošetření zahrnuje teploty okolo 65 °C s výdrží několika sekund. Benefitem je prodloužení použitelnosti výsledného produktu, což zvyšuje jeho kvalitu v očích spotřebitelů. Termizace nedosahuje účinnosti pasterace, a nezajišťuje tak mikrobiální nezávadnost, proto je předcházející pasterace mléka nezbytností. [1, 38]

4.2.6 Zakoncentrování a zpracování tvarohoviny

Tradičně byla syrovátka z gelové sraženiny odváděna pomocí látkových pytlů, tzv. tvarožníků. Ty jsou v moderních výroбах nahrazeny rentabilnějšími odstředivkami pracujícími až při 85 °C. Odstředěná syrovátka může být tepelně upravena a získaná denaturovaná bílkovina z ní přidána do vstupního syrového mléka (Obrázek 1). Je možné se setkat se zapojením ultrafiltrace nebo podobných, často patentovaných metod. Po zakoncentrování je horká tvarohovina zchlazena na 10–20 °C, poté je přimíchávána sůl (0,5–1 % w/w), stabilizátory a zahušťovadla. Za studena balený sýr má použitelnost 2–3 týdnů při chladírenských teplotách. U sýru baleného za horka se tvarohovina smíchá se solí a přídatnými látkami za teplot 70–85 °C v míchací nádobě se stíraným povrchem, tak se podpoří dispergace a hydratace dodaných stabilizátorů. Zahřívání navíc snižuje viskozitu, což usnadňuje míchání a čerpání produktu. V technologii se v pokročilých fázích výroby může provádět také homogenizace (často při 12–15 MPa). Takto se získá požadovaná

jemnější a krémovitá konzistence. Horký sýr se přečerpává do dávkovacího zařízení a balí se za horka. Doba použitelnosti zde činí asi 3 měsíce při 4–8 °C. [4, 21, 22, 29]

4.2.7 Přídavek ochucujících složek

Před balením se do sýrové hmoty můžou přidávat ochucující složky, zejména se jedná o pažitku, cibuli, bylinky či šunku. Podoba složek bývá pastovitá, což usnadňuje její přimíchávání do osoleného stabilizovaného sýru. Je-li cílem nadýchaná, vzdušná konzistence, je možné sýr našlehat dusíkem. [4, 21]

4.2.8 Balení a chlazení

Nastavené množství produktu je pomocí plnicí hlavy dávkováno do plastových obalů následně uzavřených hliníkovým víčkem, často v ochranné atmosféře. Z hygienických důvodů probíhá dávkování a balení za aseptických podmínek. Negativním jevem je uvolňování syrovátky z konečného produktu. Předcházet tomu lze zmíněnými přísadami stabilizátorů. Při balení je pak třeba dbát na rychlé zchlazení. Dynamika chlazení je ovlivněna faktory jako je struktura výrobku, velikost balení nebo způsob paletizace, který rozhoduje o proudění chladicího vzduchu. [1, 4, 41]

4.2.9 Alternativní postupy

V literatuře jsou popsány i méně obvyklé či experimentální přístupy k výrobě CC. Jsou-li využívány ke komerční produkci, musí přirozeně splňovat místní legislativu, což dále potvrzuje zmiňovanou variabilitu těchto produktů.

Například v zemích, kde není dostupné tekuté mléko, je možné používat sušené mléčné suroviny. Patentovány jsou také standardizované sypké směsi, které jsou po rekonstrukci a úpravě teploty přímo očkované startovací kulturou. [37]

Při záměru vyrábět produkt typu mascarpone se přistupuje k přímému okyselení. Hammelehle uvádí, že v obecnější rovině lze bakteriální mléčné kvašení nahradit vhodným přísadkou kyseliny mléčné nebo citronové v souladu se schopností přítomných kaseinů se za daných podmínek srážet. [42]

Namísto klasické sýrařské technologie lze přistoupit ke smíchání již dostupných výrobků z mléka (tvarohu, smetany či podmásli), mléka, vody a sypkých složek (hydrokoloidů a soli), případně ochucujících složek. Míchání všech surovin se provádí v termomixérech, tudíž s volitelným teplotním režimem. Následovat může homogenizace a balení za horka.

Výhodou této směšovací metody je přesná regulace obsahu sušiny, a možnost současné termizace sýrové směsi. Nízké nároky na prostorovou a přístrojovou vybavenost činí tuto metodu vhodnou i pro experimentální účely. [22, 43]

5 HYDROKOLOIDY POUŽÍVANÉ PŘI VÝROBĚ

Modelové vzorky v této práci byly stabilizovány pektinem, který patří do skupiny přídatných látek obecně označovaných jako hydrokoloidy.

5.1 Obecná charakteristika

Jedná se o vysokomolekulární látky z řad polysacharidů a bílkovin, které se do potravin běžně přidávají za účelem jejich zahušťování (zvyšování viskozity), želírování, dále ke stabilizaci pěn, emulzí a disperzí. Význam hydrokoloidů je dán jejich vysokou vazností vody a schopností mnoha z nich tvořit trojrozměrné gelové struktury při relativně nízkém zastoupení v surovinové skladbě. Koncentrace se obvykle pohybují v rozmezí 0,5–1 % w/w. V kontextu CC byla již zmíněna jejich pozitivní funkce při zabránění úniku syrovátky během skladování. Důležitá je role hydrokoloidů ve stabilizaci a úpravě texturních vlastností, jako jsou tvrdost či lepivost. Dalším možným použitím je náhrada tuku v nízkotučných variantách CC. [7, 44, 45]

Použití hydrokoloidů je regulováno *nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 o potravinářských přídatných látkách*, které v příloze II pro nezrající sýry uvádí řadu rostlinných gum, mikrobiálních polysacharidů, extraktů z mořských řas a modifikovaných škrobů majících vlastnosti hydrokoloidů. Maximální množství se v drtivé většině řídí principem *quantum satis*. Ve složení tuzemských sýrů typu CC se nejčastěji vyskytují hydrokoloidy karubin, pektiny a karagenan. Některé výrobky se stabilizují koncentráty mléčných a syrovátkových bílkovin, které nejsou přídatnými látkami. [7, 27, 28, 36]

5.2 Karubin (E 410)

Tato látka je známa též jako karobová guma, karobin nebo anglicky Locust Bean Gum (LBG). Jedná se o vlákninu získanou ze semen stromu rohovníku obecného (*Ceratonia siliqua*). Chemická struktura karubinu je tvořena lineárním řetězcem mannopyranosylů, které jsou částečně rozvětveny galaktopyranosylem. Karubin je rozpustný v horké vodě. Samotný nevytváří gely, avšak se používá jako zpevňující složka agaru, karagenanu a xanthanu. V mléčných výrobcích je karubin stabilizátorem textury a zahušťovadlem. Mimo CC bývá obsažen v mražených dezertech, nízkotučných jogurtech a dresincích, také v majonézách, džemech a masných výrobcích. Díky vaznosti vody se přidává také do pekařských výrobků. [46, 47]

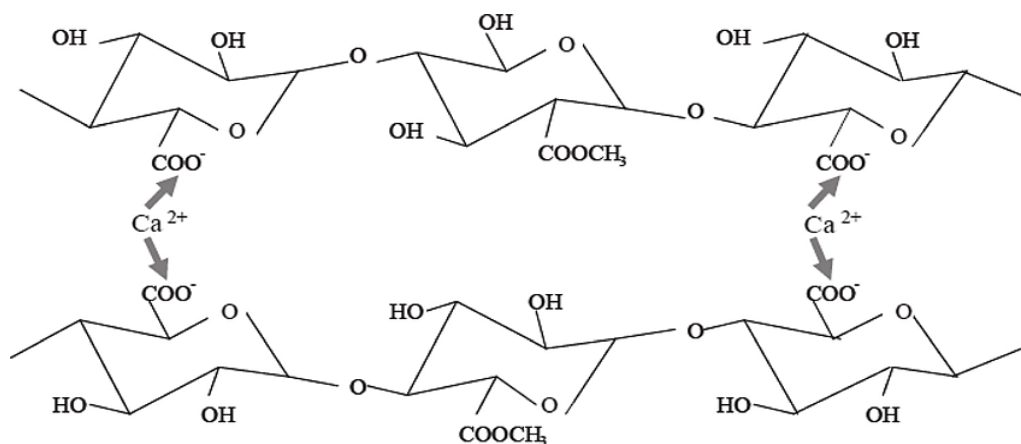
5.3 Pektiny (E 440)

Označení pektiny náleží heteropolysacharidům tvořených převážně kyselinou α -D-galakturonovou, jejími methylestery, vápenato-hořečnatými solemi a amidy. Menší část molekuly zaujímá také rhamnóza a postranní řetězce obsahující např. galaktózu a arabinózu. Pektiny se běžně vyskytují v rostlinných pletivech, kde se účastní hospodaření s vodou. Jejich role je známa především u ovoce (jablka, citrusy), které při zrání měkne vlivem změny rozpustnosti pektinů. Pektinové gely se uplatňují v mnoha potravinách. Plní tam funkci želírující, stabilizační, zahušťovací nebo plnicí. Z chemického pohledu mohou být pektiny esterifikovány zcela (neutrální), z části (kyselé) nebo vůbec (pektinové kyseliny). [48, 49]

Podle stupně esterifikace methanolem se dále dělí na:

- Vysokomethoxylované (> 50 % esterifikovaných skupin). Gelovatění probíhá prostřednictvím hydrofobních interakcí a vodíkových vazeb mezi pektinovými řetězci. Důležitý je vysoký obsah refraktometrické sušiny (> 55 % w/w) a nízké pH (3,2–3,6). Oba faktory se významně podílí na rychlosti tuhnutí a síle gelu. Pro aplikaci jsou typické džemy, ovocné pomazánky nebo želé.
- Nízkomethoxylované (< 50 % esterifikovaných skupin). Tvorba gelu je řízena především interakcí s dostupnými vápenatými ionty, které propojují sousední pektinové řetězce. Síla gelu se zvyšuje s rostoucí koncentrací vápníku. Přípustné je širší rozmezí pH zahrnující i neutrální oblast. Využívají se spíše při výrobě mléčných gelů, dezertů či džemů s nízkým obsahem cukrů. [49]

Význam iontů Ca^{2+} při gelovatění znázorňuje Obrázek 5.



Obrázek 5: Zjednodušený mechanismus gelovatění nízkomethoxylovaného pektinu. [50]

Gel se v mléčných výrobcích nejčastěji tvoří pomocí nízkomethoxylovaných pektinů, protože je v prostředí dostatek vápenatých iontů. Zařadit sem lze např. mléčné dezerty a některé kysané výrobky, u kterých pektiny upravují texturu a viskozitu. V kyselých mléčných výrobcích (např. jogurtech či zakysaných nápojích) jsou používány vysokomethoxylované pektiny, které stabilizují bílkovinné disperze. Detailnějším studiem interakcí pektinu a kaseinu ve zředěných systémech okyseleného mléka se zabývali Tuinier a kol. a Marozienne & de Kruif, kteří prokázali elektrostatickou podstatu jejich vzájemné adsorpce. Konkrétně zmiňují přitažlivé působení mezi karboxylátovými anionty pektinu a kladně nabitými aminokyselinovými zbytky kaseinu, přičemž k adsorpci dochází při hodnotách $\text{pH} < 5$. [51–53]

Hodnoty pH, koncentrace pektinů a stupeň jejich esterifikace a amidace spolu s výrobním procesem jsou považovány za rozhodující faktory ovlivňující interakce pektin-kasein, a tím i stabilitu kysaných mléčných nápojů. Kombinace faktorů dává prostor k využívání různých druhů pektinů. Ve výrobcích typu CC vystupují jako stabilizátory a zahušťovadla. [45, 49]

5.4 Karagenan (E 407)

Ač je karagenan v legislativě pojmenován v jednotném čísle, jedná se o skupinu látek. Jsou to lineární sulfatované polysacharidy, které se získávají extrakcí z červených mořských řas. Karagenany plní stavební a strukturní funkci v řasových stélkách zejména rodů *Chondrus*, *Gigartina* a *Euchema*. Velmi podobného původu a složení jsou látky furcellaran a agar. Extrakce karagenanů probíhá v horkém alkalickém roztoku, čímž vznikají jejich sodné soli, které jsou dále okyseleny HCl, nakonec je produkt sušen nebo srážen rozpouštědly. Potravinářsky nejpoužívanější jsou ι -karagenan, κ -karagenan a λ -karagenan, které se liší strukturou vzniklých gelů. Vzhledem k interakci karagenanu s bílkovinami může stabilizovat, zahušťovat a želírovat širokou škálu mléčných výrobků, mezi něž se řadí nápoje a koktejly, zmrzliny nebo mléčné dezerty. Ostatně v Irsku je tradičně používán ke ztužování domácích mléčných dezertů. Kyselé mléčné výrobky (měkký sýry a jogurty) jsou obecně nevhodné pro stabilizaci karagenanem, jelikož vznikají nestabilní agregáty. Avšak směsi s vhodnými poměry karagenanu a galaktomannanu (např. karubinu) účinně zabraňují separaci syrovátky, a navíc produktu propůjčují hladkou krémovou konzistenci. Další průmyslové využití zahrnuje cukrovinky, džemy, pečivo či masové konzervy. Taktéž bývá obsažen ve výrobcích pro redukční diety jako plnidlo. [54–56]

6 VLIV PŘEPRAVY NA VLASTNOSTI MLÉČNÝCH VÝROBKŮ

6.1 Přeprava jako součást potravinového řetězce

Přeprava je neoddelitelným článkem potravinového řetězce, i když se povětšinou jedná o neproduktivní proces. Podle toho, kde se přeprava odehrává, ji lze rozdělit na vnitřní a vnější. Je-li materiál přepravován ve vymezeném prostoru podniku, jde o přepravu vnitřní. Vstupy a výstupy se zde pohybují na krátkou vzdálenost a materiál (surovina, polotovary či výrobek) je zpravidla veden nejrůznějšími typy dopravníků, které jsou součástí dobře kontrolovaného výrobního procesu. Naopak vnější přeprava zajišťuje propojování vzdálených článků potravinového řetězce (prvovýroba, výroba, skladování), přičemž je nezdědkou nutné překonávat i stakilometrové vzdálenosti. [57]

Na přepravu potravin lze využít všechny druhy dopravy, které využívají svoje dopravní sítě. Z hlediska technické konstrukce dopravních sítí a tomu odpovídajících dopravních prostředků, lze druhy dopravy dělit na silniční, železniční, vodní, leteckou a námořní. Ve střední Evropě je přeprava potravin a surovin realizována především silniční (návěsovou) a železniční dopravou. [58]

Bezpečnost potravin během přepravy je součástí normovaných programů nezbytných předpokladů, které tvoří základ pro systémy HACCP³ a jsou navázány na tzv. hygienický balíček evropských nařízeních. Důraz je zde kladen na stav dopravních prostředků a kontejnerů způsobilých pro potravinářské využití. Při užším pohledu na mléčné výrobky, jakožto potraviny s omezenou použitelností vyžadující uchovávání při chladírenských teplotách lze připomenout také *Dohodu o mezinárodních přepravách zkazitelných potravin a specializovaných prostředcích určených pro tyto přepravy* (zkratka ang. ATP⁴), s významem i mimo EU. [59–61]

Na kvalitu, resp. vlastnosti přepravovaných potravin má vliv vícero faktorů. Kromě zmíněného teplotního (a vlhkostního) režimu a hygieny prostor to jsou také vlivy mechanické. Převážené produkty jsou během cesty vystavovány přetížením, otřesům a vibracím, které mají mnohdy zásadní negativní vliv na jejich texturu a senzorické hodnocení.

³ Zkratka HACCP (ang. Hazard Analysis and Critical Control Points) náleží systému analýzy rizika a stanovení kritických kontrolních bodů v rámci zajištění bezpečnosti potravin. [59]

⁴ Zkratka ATP (ang. Agreement on the International Carriage of Perishable Foodstuffs and on the Special Equipment to be used for such Carriage) je v praxi používaná častěji. [61]

Kromě předmětných mléčných výrobků byly účinky vibrací studovány u ovoce a zeleniny, u nichž nastávalo mechanické poškození a následné změny barvy [8, 10], lahvované pivo vykazovalo vyšší zákal a zhoršené aroma [11], u vajec nastávalo porušení vnitřních struktur [12], u majonézy byla snížena stabilita emulze [13] anebo v případě smažených bramborových lupínků nastaly změny ve vnitřní atmosféře balení v důsledku porušení bariérových vlastností testovaného obalového materiálu [62]. S požadavkem na zvyšování kvality potravinářských výrobků je vyvíjen tlak na vývoj stávajících i inovativních přepravních systémů, které by eliminovaly či alespoň snižovaly uvedená mechanická zatížení při přepravě potravin. [8, 9]

6.2 Vibrace a jejich parametry

Vibrace jsou při silniční (návěsové) a železniční dopravě ovlivněny několika faktory, jako jsou typ dopravního prostředku a jeho konfigurace, rychlost, stupeň zatížení, povrch vozovky apod. K dočasnému, ale šokovému navýšení intenzity vibrací dochází vlivem otřesů při přejezdu nerovnostmi (výmoly, pražce, spoje) či během nakládky. Vzhledem k přirozenému výskytu zdrojů otřesů je zásadní jejich efektivní tlumení, které je ovlivněno zejména typem odpružení dopravního prostředku, jeho konstrukcí a zatížením a v případě vozidel také stavem pneumatik. [63]

Z fyzikálního hlediska jsou vibrace mechanická kmitání tělesa. Kmitání je obvykle charakterizováno frekvencí, tedy počtem kmitů za jednotku času. Jednotkou frekvence je 1 Hz.. Naopak doba vykonání jednoho kmitu se nazývá perioda (jednotka 1 s). Největší absolutně vzatá velikost okamžité výchylky kmitajícího tělesa se pak označuje jako amplituda kmitání.

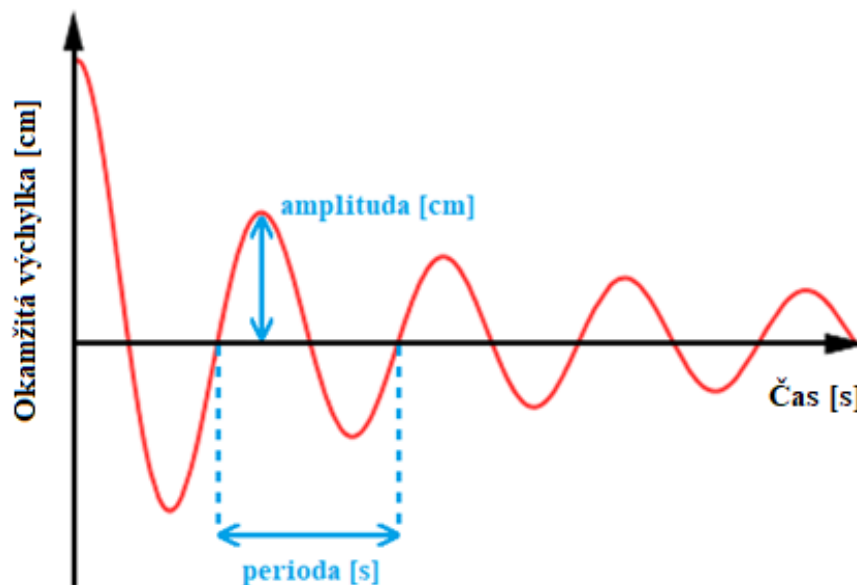
Kmitání lze rozdělit na:

- Periodické – kmity se opakují po určitém časovém intervalu. Je-li grafem závislosti okamžité výchylky na čase sinusoida, jde o kmity harmonické. V jiných případech je periodické kmitání anharmonické.
- Aperiodické – nejedná se o periodický pohyb. Lze sem zařadit např. přímočarý pohyb.

Podle změny energie v čase se kmitání popisuje jako:

- Netlumené – nedochází ke ztrátě energie kmitů.
- Tlumené – část energie kmitů se ztrácí v důsledku odporu prostředí nebo tření, což vede k postupnému zmenšování amplitudy. Každé reálné kmitání je tlumené a pro zachování jeho amplitudy je nutné dodávat vnější energii. [64, 65]

Výše zmíněné charakteristiky kmitání jsou ilustrovány na Obrázku 6.

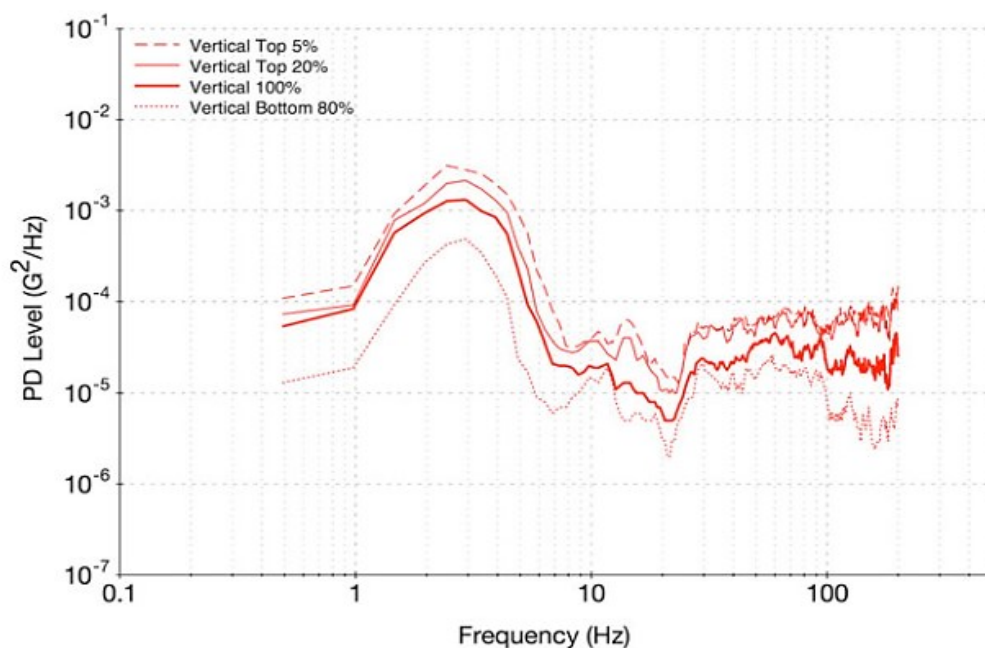


Obrázek 6: Popis vybraných veličin u tlumeného periodického harmonického kmitání. [66, upraveno]

Kmity se mohou skládat, přičemž výsledný kmitavý pohyb je obecně určen vektorovým součtem jednotlivých kmitavých dějů. Při skládání je důležitá znalost dalších parametrů jako je fáze, úhlová rychlost či linearita kmitů. Reálné buzené systémy mají navíc tendenci kmitat s větší amplitudou, působí-li na ně vnější síly o tzv. rezonanční frekvenci. Tyto síly mohou být velmi malé, nicméně jejich energie je v systému uchovávána, čímž se rezonance v čase zvyšuje. Situace může dospět až do stavu, který působí poškození či destrukci systému. Proto musí být rezonance při konstrukci dopravních prostředků a jejich používání pod kontrolou. [64, 65]

V praxi se pro popis vibrací, kterým je zkoumaný objekt vystaven, využívá výkonová spektrální hustota (zkratka ang. PSD⁵). Tato veličina představuje rozložení energie ve spojitém spektru vibračních frekvencí. Jednotkou PSD je obvykle W/Hz, avšak při analýze náhodných vibrací se častěji používá čtverec zrychlení, tedy g^2/Hz . Pro posouzení parametrů obalového materiálu, pokud jde o jeho pevnost a ochranu, kterou potravíně poskytuje, je k dispozici norma ČSN EN ISO 13355 (77 0646). Zkouška popsaná normou věrně napodobuje náhodné vertikální vibrace působící na přepravní balení či manipulační jednotky. Norma je taktéž použitelná k hodnocení vlivu na potraviny, jak zmiňují Paternoster a kol. ve své publikaci. Součástí normy jsou orientační profily PSD pro simulování silniční přepravy v Evropě a Japonsku. [57, 63]

Podoba profilu, převzatá z práce Böröcze a Singhta, je zobrazena na Obrázku 7.



Obrázek 7: PSD profil vibrací při železniční přepravě ve střední Evropě. [68]

6.3 Vliv vibrací na mléčné výrobky

Zkoumání vlivu vibrací na vybrané mléčné výrobky bylo předmětem některých vědeckých publikací. Nicméně dosud nebyla publikována žádná relevantní studie tohoto vlivu na výrobky typu CC. Níže uvedené práce obsahují informace o současném stavu studia této problematiky zejména u jogurtů.

⁵ Zkratka PSD (ang. Power Spectral Density) je překládána jako „výkonová spektrální hustota“.

Richmond a kol. studovali stabilitu set-type nízkotučného bílého jogurtu při simulovaných přepravních podmínkách s ohledem na sekundární balení a stohování. Porovnávány byly šarže s a bez použití stabilizátoru (1 % w/w, směs škrobu a želatiny). Kontejnery se stohovanými výrobky byly podrobeny vibracím v rozsahu 3–40 Hz tak, aby byla nalezena rezonanční frekvence pro maximální zesílení amplitudy (zde 11 a 22 Hz). Vady textury vyvolané vibracemi zahrnovaly synerezi a popraskanou nebo zcela narušenou jogurtovou hmotu (gel). Nejmarkantnější poškození bylo pozorováno v horních vrstvách stohů. Jako nejúčinnější způsob ochrany produktů bylo zjištěno sekundární přebalování jednotlivých kontejnerů stretch folií. Při následné 10denní skladovací zkoušce byly u vibrovaného nestabilizovaného jogurtu měřitelné objemy uvolněné syrovátky, zatímco kontrolní nevibrované vzorky vykazovaly synerezi minimální či žádnou. Důležitost stabilizátoru byla potvrzena u jogurtu, který ani po vibracích nevykazoval synerezi. [69]

Lu a kol. provedli studii stirred-type jogurtu bez stabilizátorů vystaveného vibracím. Také zde se jednalo o simulaci přepravy. Zajímavostí této práce bylo použití modelu umělé neuronové sítě při zpracování dat. Frekvence vibrací byla nastavena na 40, 100 nebo 160 ot./min po dobu 0, 2, 4 nebo 6 h. Výsledky ukázaly, že s rostoucí dobou a otáčkami rostla titrační kyselost, avšak viskozita a schopnost zadržovat vodu se snížily v různé míře. Tvrdost klesala s vyšší intenzitou vibrací, což dle autorů souviselo s oslabením vnitřní struktury jogurtu. Vzorky vystavené vibracím 6 h byly podrobeny senzorické analýze, která vykazovala postupný pokles celkového skóre ve vztahu ke zvyšující se frekvenci vibrací. [14]

Kromě deteriorativního působení během přepravy mohou vibrace negativně ovlivnit strukturu jogurtu během fermentace. Walstra a kol. zmiňují narušováním tvorby bílkovinné sítě, což vede k defektům textury. Temme a kol. zjistili, že vibrace generované čerpadly, motory míchadel, strojními zařízeními i procesy Clean-in-place (CIP) se šíří do fermentačních nádrží. [70, 71]

Körzendörfer a kol. vyvinuli experimentální uspořádání pro studium vlivu vibrací během fermentace stirred-type jogurtu v reálných podmínkách. Vibrace vedly k zrnitému vzhledu, což autoři rozpracovali v dalších studiích. Pomocí analýzy obrazu odhalili, že vibrace uvádějí inkubovanou mléčnou směs do vertikálních pohybů, což vede k nucené agregaci bílkovin a lokálním zlomeninám ve vytvořeném gelu. Jogurty obsahující tyto kompaktní částice dále vykazovaly nižší viskozitu a schopnost zadržovat vodu, a tudíž vyšší náchylnost k synerezi během skladování. Tato zjištění mohou být relevantní také pro příbuzné kysané mléčné výrobky, stejně tak i pro smíšeně srážené sýry (např. výrobky typu CC). [72, 73]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

7 CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Hlavním cílem diplomové práce bylo zjišťování vlivu vibrací na funkční vlastnosti tvarohových sýrů s různým obsahem pektinu. Pro dosažení tohoto cíle a obsáhnutí zkoumané problematiky byla diplomová práce rozdělena na teoretickou a praktickou část.

Teoretická část poskytuje gradující literární rešerši týkající se:

- Dělení sýrů a jejich obecné charakteristiky.
- Zaměření na čerstvé sýry s profilací výrobků typu CC, včetně jejich historicko-legislativního kontextu a technologie výroby.
- Seznámení s hydrokoloidy a bližším popisem jejich relevantních zástupců (karubinu, pektinů a karagenanu).
- Zahrnutí přepravy jakožto zdroje nežádoucích vibrací, základního popisu vibrací a zmapování poznatků o jejich vlivu na některé mléčné výrobky.

Praktická část práce obsahuje dílčí cíle, zahrnující:

- Výrobu modelových vzorků sýru termomixérovým způsobem se zvoleným obsahem sušiny a TVS s přídatkem pektinu v koncentracích 0,00; 0,50; 0,75 a 1,00 % w/w.
- Vystavení modelových vzorků vibracím za kontrolovaných podmínek 24 h od výroby.
- Chladírenské skladování a odběr vzorků pro účely analýz.
- Provedení vybraných analýz modelových vzorků 2. a 30. den od výroby. Mezi vybrané analýzy byla zařazena základní fyzikálně-chemická analýza zahrnující stanovení pH, obsahu sušiny a aktivity vody, dále texturní analýza a reologická měření.
- Zpracování a vyhodnocení získaných výsledků, jejich diskuzi a formulaci závěrů.

8 MATERIÁL A METODIKA

8.1 Výroba modelových vzorků

Počáteční fáze experimentu obnášela výrobu modelových vzorků tvarohových sýrů. Výroba probíhala v laboratoři technologie výroby mléčných výrobků Ústavu technologie potravin, Fakulty technologické Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně (ÚTP).

8.1.1 Suroviny

Na výrobu modelových vzorků byly použity následující suroviny.

- **Tvaroh tučný** s obsahem sušiny min. 28 % w/w a obsahem tuku min. 11 % w/w
Výrobce: Jaroměřická mlékárna a.s., Jaroměřice nad Rokytnou, Česko. [74]

Použité balení je ilustrováno na Obrázku 8.



Obrázek 8: Jaroměřický tučný tvaroh 250 g. [74]

- **Zakysaná smetana** („Crème fraîche“) s obsahem sušiny min. 40 % w/w a obsahem tuku min. 36 % w/w. Výrobce: BOHEMILK a.s., Opočno, Česko. [75]

Použité balení je ilustrováno na Obrázku 9.



Obrázek 9: Crème fraîche zakysaná smetana 1 kg. [75]

- **Pitná voda** ze skupinového vodovodu Zlín (ÚV Tlumačov). Dodavatel: Vodárna Zlín a.s., Zlín, Česko. [76]
- **NaCl** s obsahem sušiny 99,5 % w/w, jodidovaná. Výrobce: K+S Czech Republic, a.s., Olomouc, Česko.
- **Pektin** (Pectin Classic CD 202) s obsahem sušiny 99,5 % w/w, se stupněm esterifikace 68–76 %, původem z citrusů. Výrobce: Herbstreith & Fox GmbH & Co. KG Pektin-Fabriken, Neuenbürg, Německo. [77]

Surovinová skladba všech šarží je shrnuta v Tabulce 7.

Tabulka 7: Surovinová skladba vyrobených šarží.

Suroviny	Koncentrace pektinu [% w/w]			
	0,00 (kontrola)	0,50	0,75	1,00
Surovinová skladba [% w/w]				
Tvaroh tučný	61,31	60,81	60,56	60,31
Zakysaná smetana	34,54	34,54	34,54	34,54
Pitná voda	3,11	3,11	3,11	3,11
NaCl	1,04	1,04	1,04	1,04
Pektin	–	0,50	0,75	1,00

8.1.2 Postup výroby

Surovinová skladba byla navržena tak, aby ve výsledných vzorcích bylo dosaženo obsahu sušiny 34 % w/w a TVS 60 % w/w. Požadovaná množství surovin pro výrobu každé šarže byla napřed navážena podle surovinové skladby (Tabulka 7) do mísy, resp. kádinek. Navažování probíhalo na laboratorních vahách s přesností na 2 desetinná místa.

Tvaroh spolu se zakysanou smetanou byly nejprve mechanicky rozmělněny v termomixéru Vorwerk Thermomix TM6 (výrobce: Vorwerk & Co. Thermomix GmbH, Wuppertal, Německo) (Obrázek 10), při 2 000 ot./min po dobu 1 min. Následně byly přidány zbývající suroviny (pitná voda, NaCl a pektin) a bylo provedeno mixování při 3 100 ot./min za současného zahřívání. Cílová teplota zpracování byla nastavena na 80 °C s dobou výdrže 10 min. Teplota směsi byla sledována externím teploměrem s akceptovatelným rozmezím ± 2 °C, podle čehož byla manuálně řízena intenzita zahřívání termomixéru. Byly vyrobeny šarže vzorků s koncentrací pektinu 0,00 (kontrola); 0,50; 0,75 a 1,00 % w/w.

Horká hmota byla poté nalita do 100g laminovaných hliníkových kelímků (kónický tvar, výška 26,8 mm, průměr horní 81,1 mm, průměr spodní 68,9 mm), které byly uzavřeny hliníkovými víčky pomocí uzavírací jednotky NovaSeal (výrobce: NIROSTA, s.r.o., Chlumec nad Cidlinou, Česko).

Od každé šarže sýrů bylo vyrobeno 9–10 ks kelímkových vzorků. Hmotnost jednoho vzorku se pohybovala v rozmezí 65–70 g. Vzorky byly označeny a ponechány k vychladnutí za laboratorní teploty 22 ± 1 °C, poté byly skladovány v chladicím boxu při teplotě 6 ± 2 °C.



Obrázek 10: Vorwerk Thermomix TM6. [78]

8.2 Vystavení modelových vzorků vibracím

Následná fáze experimentu, která vyžadovala speciální vibrační zařízení, byla provedena v laboratoři Centra polymerních systémů (Univerzitní institut, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně).

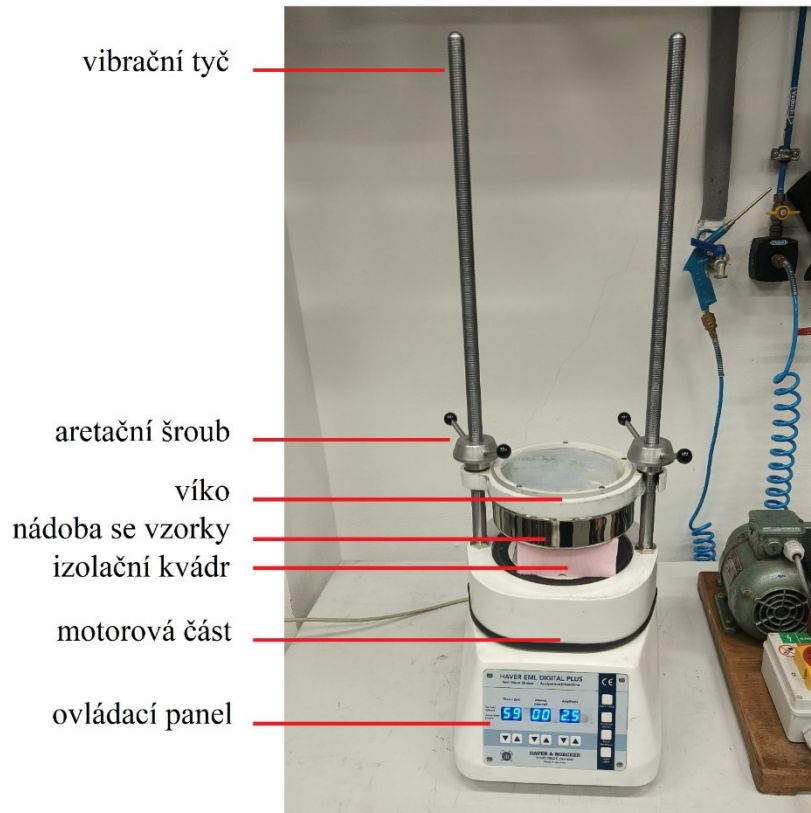
Po uplynutí 24 h od výroby byly vzorky (v počtech 3 ks od každé šarže) šetrně přeneseny v termotašce do laboratoře, přičemž byly chlazeny gelovými sáčky Hot-Cold (značka: GymBeam) vytemperovanými na 6 ± 2 °C. Přeprava trvala přibližně 15 min (po skončení experimentu byla přeprava vzorků zpět do chladicího boxu ÚTP realizována stejným způsobem).

Hliníkové kelímky se vzorky byly vloženy do nádoby spolu s dalšími gelovými sáčky tak, aby byla během experimentu udržována teplota vzorků 6 ± 2 °C. Obsah nádoby byl zajištěn polystyrenovými výplněmi, poté byla uzavřená nádoba aretována pomocí šroubů k tyčím generátoru vibrací Test Sieve Shaker HAVER EML 200 Digital Plus T (výrobce: Haver & Boecker OHG, Oelde, Německo). Nádoba byla navíc od motorové části generátoru izolována polystyrenovým kvádrem. Celkové sestavení je dokumentováno na Obrázcích 11 a 12.

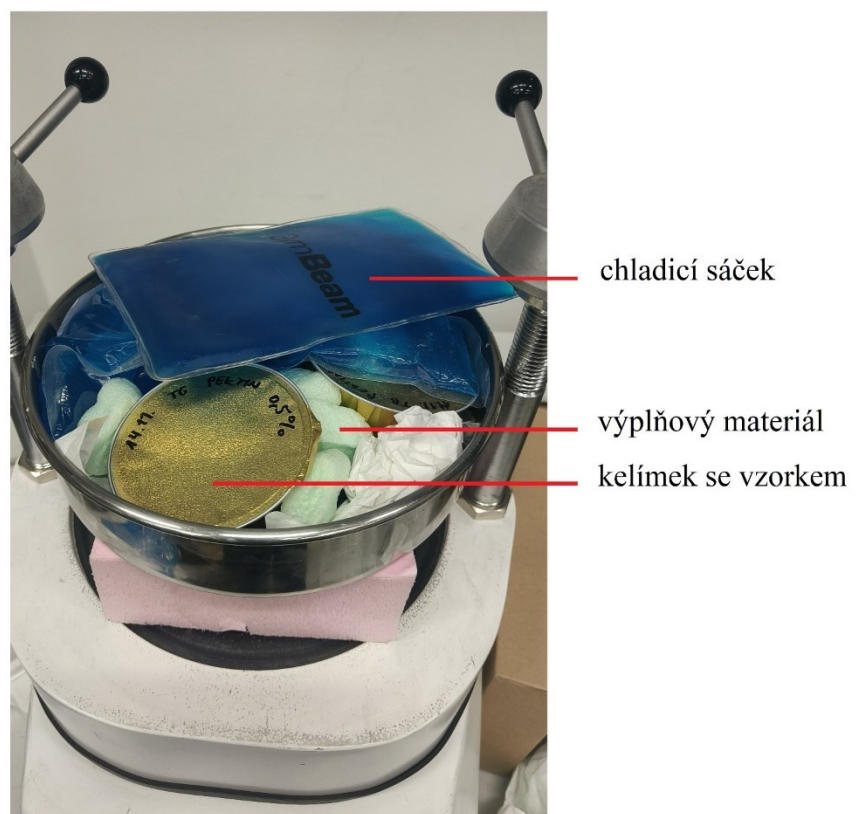
Vzorky tvarohových sýrů byly podrobeny vibračnímu zatížení, které simulovalo silniční nebo železniční přepravu. Podobně jako v mezinárodních zkušebních normách (ISO 13355 nebo ASTM D4728) bylo přistoupeno k časové kompresi, tedy že vibrace byly záměrně zesíleny, aby se zkrátila celková doba experimentu.

Použitý generátor vibrací je dle výrobce primárně určen k vibrační analýze sypkých materiálů metodou prosévání, čemuž je ostatně přizpůsobena jeho vertikální konstrukce vhodná pro stohování sít. Z tohoto pohledu lze použití přístroje k účelům této diplomové práce považovat za nestandardní. Přístroj generuje převážně horizontálně orientované vibrace při konstantní frekvenci 50 Hz s možností regulace jejich intenzity změnou amplitudy.

Při vibrování vzorků sýrů byla amplituda nastavena na hodnotu 2,5 mm. Doba, po kterou byly vzorky vystaveny vibracím, činila vždy 60 min. Zvolená konfigurace vibračních parametrů v časově komprimované zkoušce byla shledána jako přiměřená a vhodná pro splnění cíle této práce.



Obrázek 11: Test Sieve Shaker HAVER EML 200 Digital Plus T s aretovanou nádobou.



Obrázek 12: Otevřená nádoba se zajištěnými vzorky a chladičími sáčky.

8.3 Základní fyzikálně-chemická analýza

Vzorky všech šarží byly podrobeny základní fyzikálně-chemické analýze, která byla provedena 2. a 30. den od výroby. V rámci analýzy se stanovovaly hodnoty pH, obsah sušiny a aktivita vody. Měření byla provedena v laboratoři fyzikálních vlastností potravin ÚTP podle postupů popsanych níže. Laboratorní teplota při měření činila 22 ± 1 °C.

8.3.1 Stanovení pH

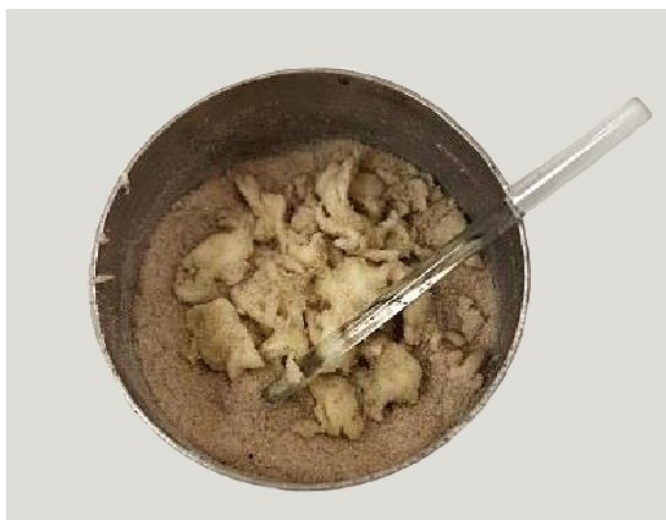
Hodnoty pH byly měřeny pomocí kalibrovaného vpichového pH-metru se skleněnou elektrodou Foodcare HI 99161 (výrobce: Hanna Instruments Ltd., Woonsocket, Rhode Island, USA) (Obrázek 13). Náhodně vybraný 1 vzorek z každé šarže byl měřen 6krát v různých místech kelímku, tak aby měření bylo reprezentativní. Výsledná hodnota byla uvedena jako aritmetický průměr se směrodatnou odchylkou.



Obrázek 13: pH-metr Foodcare HI 99161. [79]

8.3.2 Stanovení obsahu sušiny

Bylo postupováno podle normy ČSN EN ISO 5534 (57 1003), kterou se stanovuje obsah celkové sušiny v sýrech a tavených sýrech. Postup obnášel navážení 3,0 g vzorku do předem zvažené hliníkové misky s křemenným pískem a skleněnou tyčinkou. Pomocí skleněné tyčinky byl zkušební podíl vzorku důkladně promíchán s pískem a směs byla rozprostřena na dně misky (Obrázek 14). Připravená miska s veškerým obsahem (i skleněnou tyčinkou) byla vložena do sušárny s regulovanou teplotou 102 ± 2 °C a bylo provedeno sušení do konstantního úbytku hmotnosti (cca 5 h). Po sušení byly misky přemístěny do exsikátoru, aby vychladly na laboratorní teplotu. Poté byly misky váženy. Veškerá vážení byla realizována na analytických vahách s přesností na 4 desetinná místa.



Obrázek 14: Hliníková miska s připraveným zkušebním podílem vzorku.

Stanovení proběhlo u všech šarží sýrů, vždy s 3 opakováními. Celkový obsah sušiny v % w/w byl vypočten podle Rovnice 3 a byl vyjádřen jako aritmetický průměr se směrodatnou odchylkou.

$$w_s = \left(\frac{m_3 - m_1}{m_2} \right) \cdot 100 \% \quad (3)$$

kde w_s je obsah sušiny [g],

m_1 hmotnost zkušebního podílu vzorku a misky přes sušením [g],

m_2 hmotnost navážky zkušebního podílu vzorku [g],

m_3 hmotnost zkušebního podílu vzorku a misky po sušení [g].

8.3.3 Stanovení aktivity vody

Aktivita vody (a_w) je definována jako poměr parciálního tlaku vodních par nad potravinou (p) k parciálnímu tlaku par destilované vody (p_0) za dané teploty, jak udává Rovnice 4. [81]

$$a_w = \frac{p}{p_0} \quad (4)$$

Zjednodušeně lze aktivitu vody chápat jako ukazatel obsahu vody, která není vázána na jiné složky potraviny, a je tak vhodným prostředím pro růst mikroorganismů. Většina bakterií podílejících se na kažení potravin vyžaduje $a_w > 0,91$, nicméně plísně se obvykle množí i při $a_w < 0,80$. Norma ČSN ISO 18787 (56 0627) uvádí, že aktivitu vody je možné stanovit na základě měření rosného bodu, změny elektrické vodivosti nebo permitivity polymeru. V této práci byl využíván normovaný princip měření rosného bodu, při kterém je vzorek umístěn do hermetické měřicí komory, která obsahuje zrcadlo, jehož teplota se může měnit (pomocí Peltierova termoelektrického modulu). Zrcadlo se ochlazuje, dokud se na jeho povrchu neobjeví kondenzace. Technika měření je založena na skutečnosti, že vzduch lze ochladit na bod nasycení, aniž by došlo ke změně obsahu vody. V rovnovážném bodě je relativní vlhkost v komoře rovna aktivitě vody vzorku. Stanoví-li se přesná teplota kondenzace vodní páry (rosný bod) a povrchová teplota vzorku, je pak možné určit aktivitu vody. [81, 82]

Vodní aktivita byla měřena přístrojem AquaLab 4TE (výrobce: Decagon Devices, Inc., Pullman, Washington, USA) (Obrázek 15). Vzorek byl do komory přístroje vkládán v určených plastových vzorkovnicích (průměr 40,0 mm), ve kterých byl rovnoměrně rozetřen a zbaven vzduchových kavern. Měření probíhalo při referenční teplotě $25,0 \pm 0,1$ °C. Doba měření činila cca 15 min, pro které byl výsledek odečten z displeje. Před vlastním měřením byl přístroj kalibrován roztokem 0,920 Water aktivity o koncentraci NaCl 2,33 mol/kg (Decagon Devices, Inc.). Vzorek každé šarže sýru byl měřen 3krát, z čehož byl vypočten aritmetický průměr se směrodatnou odchylkou.

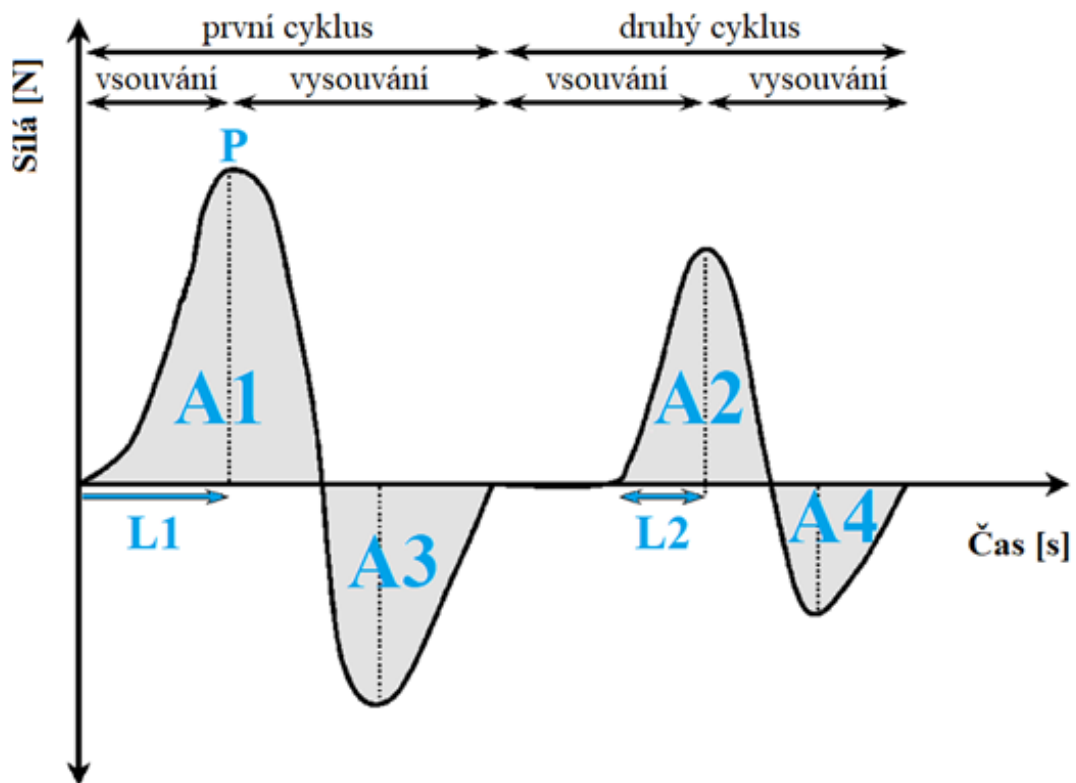


Obrázek 15: AquaLab 4TE s otevřenou měřicí komorou a vloženou vzorkovnicí. [83]

8.4 Texturní profilová analýza a stanovení roztíratelnosti

Textura je klíčovým parametrem kvality používaným k hodnocení a posuzování přijatelnosti potravin pro spotřebitele. Pojem je definován v normě ČSN ISO 11036 (56 0034), která texturou rozumí všechny mechanické, geometrické a povrchové vlastnosti výrobku vnímatelné prostřednictvím mechanických, hmatových, případně zrakových a sluchových receptorů. Textura je ukazatelem odolnosti potravin při mechanickém namáhání, hlavně během konzumace. Nicméně zjišťování textury je přínosné také pro sledování stavu skladovaných, zrajících nebo přepravovaných potravin. [84–86]

Texturní profilová analýza (TPA) je standardní metoda pro posouzení texturních vlastností potravin a jiných materiálů. Principem analýzy je penetrace vzorku sondou ve dvou následujících cyklech simulující žvýkání potravin v ústech. Zaznamenává se deformační působení síly v čase, čímž vzniká charakteristický profil znázorněný na Obrázku 16. [84]



Obrázek 16: Průběh TPA při penetraci vzorku sondou. [87, upraveno]

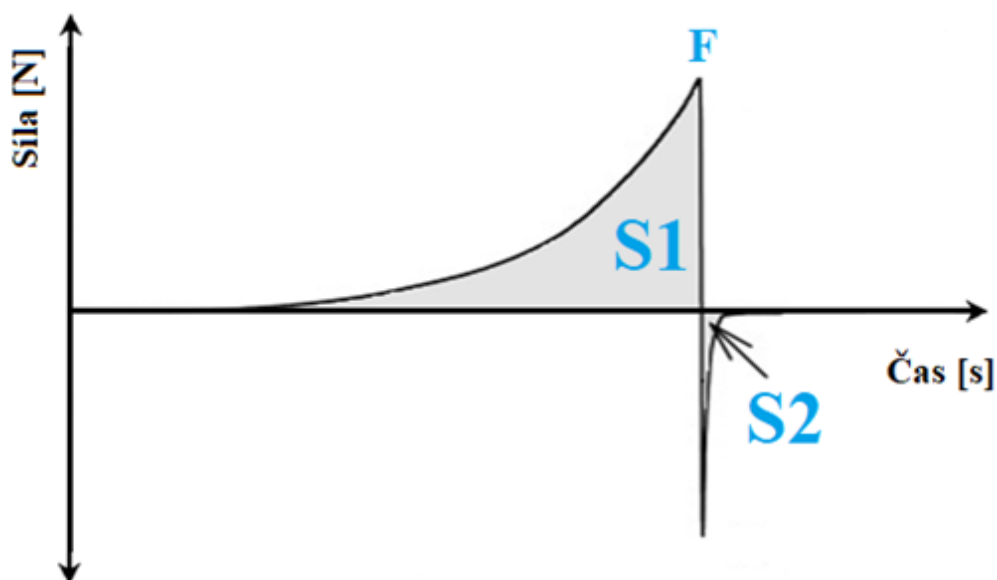
Z uvedeného průběhu je možné určit následující mechanické texturní atributy.

- **Tvrđost** je chápána jako síla (vyjádřena v N) potřebná k deformaci vzorku během prvního penetračního cyklu. Na křivce je představována hodnotou nejvyššího píku (P). V rámci senzorické analýzy je tvrdost vnímána při stlačování potraviny v ústech mezi zuby (pro pevné látky) nebo mezi jazyk a patro (polotuhé). [88]
- **Pružnost** (elasticita) je bezrozměrný atribut, poukazující na vlastnost látky se po ukončení působení deformační síly navracet do původního stavu. Z křivky lze elasticitu vyjádřit jako poměr délek při druhé (L2) a první (L1) penetraci vzorku. [88]
- **Soudržnost** (kohezivnost) představuje pevnost vnitřních vazeb látky. Je dána jako poměr kladných ploch druhého (A2) a prvního (A1) penetračního cyklu. S blížícím se poměrem k hodnotě 1 se vzorek stává soudržnější. Jedná se o bezrozměrný atribut. [88]
- **Lepivost** (adhezivnost) je síla nutná k překonání přitažlivých sil mezi vzorkem a povrchem vysouvající se sondy. Napodobuje se zde oddělování sousta potraviny od zubů či patra ústní dutiny. V praxi má lepivost také význam při nežádoucím ulpívání

potravin na obalových materiálech a zařízeních. Na křivce je znázorněna zápornými plochami (A3) a (A4) příslušných penetračních cyklů. Rozměr lepivosti je N.s. Při hodnocení potravin se často uvádí také relativní lepivost, která se stanovuje při prvním penetračním cyklu poměrem záporné plochy (A3) a kladné plochy (A1). Relativní lepivost je bezrozměrná. [83, 88]

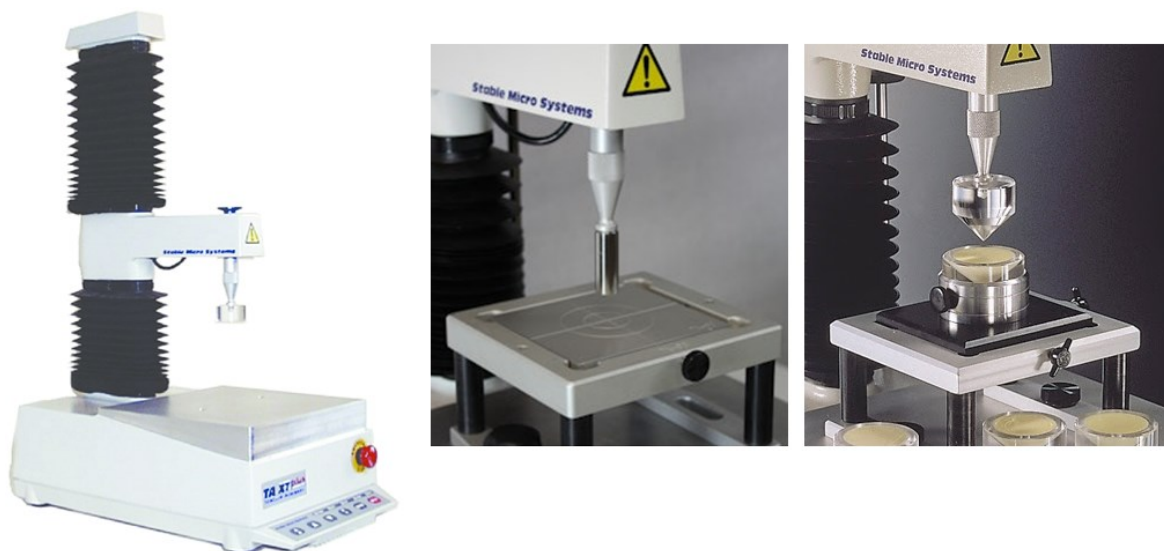
- **Gumovitost** informuje o síle potřebné pro dostatečné rozmělnění polotuhé potraviny před spolknutím. Je definována jako součin tvrdosti a soudržnosti. [86]
- **Žvýkatelnost** udává sílu pro požadovanou dezintegraci pevné potraviny před spolknutím. Její hodnota se vypočítá jako součin pružnosti a gumovitosti. [89]

U vzorků byla též stanovena **roztíratelnost** (ang. spreadability), která není součástí TPA, neboť se používá odlišná sonda kónického tvaru. Roztíratelností se rozumí síla potřebná k překonání třecích sil při roztírání vzorku. Rozměr roztíratelnosti je N.s. Na Obrázku 17 je znázorněna křivka roztíratelnosti, kde je roztíratelnost charakterizována plochou (S1). Dále je z grafu možné vyčíst další již zmiňované atributy – pík (F) odpovídá tvrdosti a plocha (S2) představuje lepivost, resp. poměr S2/S1 relativní lepivost. [90, 91]



Obrázek 17: Křivka získaná měřením roztíratelnosti. [91, upraveno]

Měření TPA a roztíratelnosti modelových vzorků bylo vykonáno pomocí analyzátoru textury TA.XT Plus (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Velká Británie) (Obrázek 18). Analýzy byly provedeny při laboratorní teplotě 22 ± 1 °C. Tato teplota (resp. $20,0 \pm 0,1$ °C při reologických měření) odpovídá běžné konzumní teplotě [91, 92].



Obrázek 18: Analyzátor textury TA.XT Plus s použitými sondami (cylindrická o průměru 20 mm a kónická v setu male-female). [93, 94]

Texturní profilová analýza

Vzorky byly měřeny ve vlastních hliníkových kelímcích po odstranění víčka. Otevřený vzorek byl umístěn na pracovní plochu přístroje a byla zahájena dvojitá penetrace pomocí nerezové cylindrické sondy o průměru 20 mm (P20) do hloubky 10 mm při rychlosti 2 mm/s s deformací 25 %. Počáteční síla byla nastavena na 5 g. Ze zaznamenaných křivek byly v softwaru Texture Exponent Lite (v. 4.0.13.0, Stable Micro Systems Ltd.) vyhodnoceny texturní atributy. Měření bylo pro každou šarži opakováno 3krát a výsledky byly vyjádřeny jako aritmetický průměr se směrodatnou odchylkou. Analýza profilu textury byla uskutečněna pouze 2. od výroby.

Roztíratelnost (spreadability)

Určená měřicí plastová nádoba tvaru kužele (female) byla zcela zaplněna příslušným vzorkem po okraj (bez kavern). Případné přebytečné množství bylo odstraněno. Připravená nádoba byla umístěna na pracovní plochu přístroje, kde byla aretována. Vzorek byl následně penetrován plastovou kónickou sondou (male) pod úhlem 45° do hloubky 2,0 mm při

rychlosti 1,0 mm/s. Záznam byl dále analyzován v uvedeném softwaru. Každá šarže byla měřena se 3 opakováními a atributy (roztíratelnost, tvrdost a relativní lepivost) byly výsledkem aritmetického průměru se směrodatnou odchylkou. Toto měření bylo provedeno 2. i 30. den od výroby.

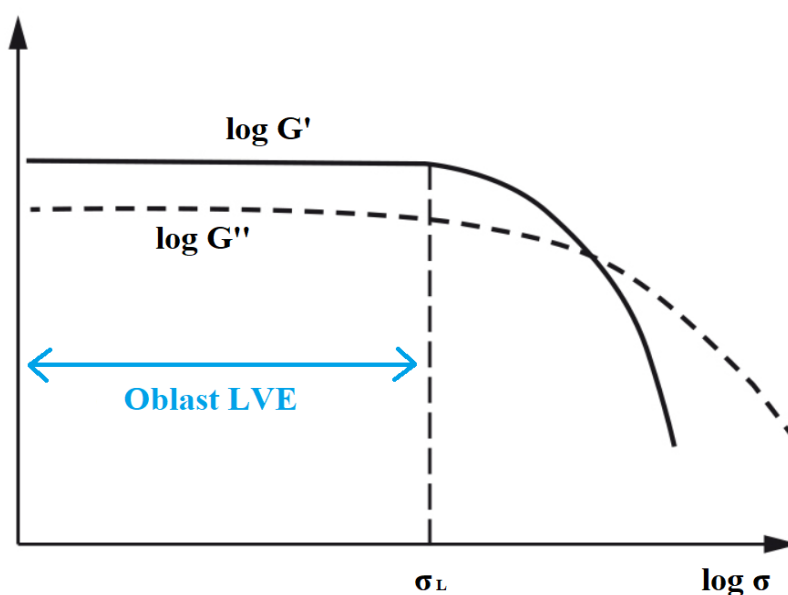
8.5 Reologická měření

Tvarohové sýry patří mezi viskoelastické látky, jelikož se mohou chovat jako elastické (pevné) látky, ale i viskózní kapaliny současně. Měření viskoelastických vlastností tak umožňuje popsat reologické chování zkoumaných potravin.

Pro stanovení viskoelastického chování sledovaných vzorků byla provedena měření v oscilačním režimu. Principem měření je sinusová oscilace jedné části geometrie reometru a přenášení vyvozeného zatížení na testovaný vzorek. Zatížení může být řízeno smykovým napětím nebo deformací. Stěžejním krokem je nalezení oblasti lineární viskoelastivity (LVE), ve které jsou materiálové funkce závislé na čase, avšak nezávislé na velikosti smykového napětí, intenzitě deformace nebo rychlosti smykové deformace. Při překročení této oblasti dochází k trvalému poškození struktury materiálu, jeho toku.

Pro vyhodnocení jsou obvykle zvoleny funkce modulů pružnosti (G' a G''), které jsou v oblasti LVE konstantní. Je-li vzorek vystaven příliš velké deformaci (nebo napětí) způsobující narušení jeho struktury, nastává přechod do oblasti nelineární. [95, 96]

Výše popsané je graficky ilustrováno na Obrázku 19.



Obrázek 19: Závislosti G' a G'' na smykovém napětí (σ) vykazují konstantní hodnoty v oblasti LVE. [95, upraveno]

Parametrem, který byl při měření v režimu Amplitude sweep hledán, byla maximální amplituda smykového napětí, při níž se oba sledované moduly stále nacházely v oblasti LVE. Tato hodnota smykového napětí byla poté nastavena pro měření v režimu Frequency sweep, při němž se mění frekvence, zatímco zjištěná amplituda smykového napětí je udržována konstantní. [97]

Jak bylo již zmíněno, v obou režimech měření byly sledovány moduly pružnosti. Elastický modul (G') odráží míru pružnosti, konkrétně představuje poměr maximálního smykového napětí k maximální deformaci složek ve fázi. Ztrátový modul (G'') obsahuje informaci o míře viskozity a je také spojován se ztrátou energie třením mezi molekulami látky. Celkový odpor vzorku proti deformaci, resp. jeho celkovou tuhost vyjadřuje komplexní modul pružnosti (G^*), který je dán Rovnicí 5.

$$G^* = \sqrt{(G')^2 + (G'')^2} \quad (5)$$

Fázový úhel mezi smykovým napětím a deformací se označuje δ . Pro ideálně elastické (pevné) látky je smykové napětí ve fázi s deformací, tedy $\delta = 0$. Zatímco u ideálně viskózních látek (newtonských kapalin) je smykové napětí posunuto vůči deformací o $\delta = 90^\circ$. Mezi těmito hraničními případy existují látky viskoelastické, pro které fázový posun nabývá hodnot $0^\circ < \delta < 90^\circ$, tudíž platí, že pevnější látky mají hodnoty δ blíže k nule, a naopak látky tekutější blíže k 90° . [96]

Tangenta úhlu fázového posunu je vyjádřena poměrem ztrátového (G'') a elastického (G') modulu pružnosti podle Rovnice 6.

$$\tan \delta = \frac{G''}{G'} \quad (6)$$

Potom, je-li $\tan \delta = 1$, vykazuje materiál ve stejné míře chování elastické i viskózní látky a lze ho označit jako ideálně viskoelastický. V případě hodnot $\tan \delta < 1$ se jedná o materiál s převládajícím elastickým charakterem. Naproti tomu, u hodnot $\tan \delta > 1$ je materiál více viskóznější. [98]

V diplomové práci byla oblast LVE modelových vzorků stanovena za použití rotačního reometru Bohlin Gemini CVOR 150 (výrobce: Malvern Panalytical Ltd., Malvern, Velká Británie) (Obrázek 20, vlevo). Byla zvolena geometrie deska-deska o průměru 40 mm. Měření probíhalo v režimu Amplitude sweep s řízeným smykovým napětím v rozsahu 0,05–50 Pa. Frekvence oscilace horní desky geometrie činila 1 Hz. Vzorek byl nanesen na spodní desku, následně byla spuštěna horní deska tak, aby vznikla štěrbina o výšce 1 mm vyplněná

vzorkem. Přebytečné množství vzorku vytlačené do stran bylo před zahájením měření odstraněno. Měření bylo uskutečněno za laboratorní teploty 22 ± 1 °C. Stanovení oblasti LVE bylo pro každou šarži vzorku provedeno 1krát v době 2. dne od výroby.



Obrázek 20: Rotační reometr Bohlin Gemini CVOR 150 (vlevo) a dynamický smykový reometr Kinexus Pro+ (vpravo). [99, 100]

Vlastní měření v režimu Frequency sweep bylo provedeno dynamickým smykovým reometrem Kinexus Pro+ (výrobce: NETZSCH-Gerätebau GmbH, Selb, Německo) (Obrázek 20, vpravo), který byl vybaven geometrií deska-deska o průměru 35 mm. Proměřován byl frekvenční rozsah 0,1–100,0 Hz. Amplituda smykového napětí byla nastavena na 5,0 Pa. Vzorek byl nanesen na spodní desku, následně byla spuštěna horní deska tak, aby vznikla štěrbina o výšce 1 mm vyplněná vzorkem. Přebytečné množství vzorku vytlačené do stran bylo před zahájením měření odstraněno. Vzorky byly po dobu měření temperovány na teplotu $20,0 \pm 0,1$ °C. V průběhu měření byl zaznamenáván elastický (G') a ztrátový (G'') modul pružnosti. Dále byl vypočten komplexní modul pružnosti (G^*) a úhel fázového posunu δ , resp. jeho tangenta. Měření reologických vlastností bylo pro každou šarži provedeno ve 2 opakováních v době 2. a 30. dne od výroby vzorků.

9 VÝSLEDKY A DISKUZE

9.1 Vizuální zhodnocení

Před prováděním veškerých popisovaných analýz byly vzorky tvarohových sýrů vždy vizuálně zhodnoceny, zdali vlivem vibrací nedošlo ke podstatným změnám vzhledu a textury, které by produkt znehodnotily a znemožňovaly jeho měření. Zároveň lze toto prvotní ohledání vzorků považovat za hrubou indicii vlivu koncentrace pektinu na stabilizaci textury.

Vzorek bez obsahu pektinu (kontrolní), který byl vystaven vibracím vykazoval podstatnou změnu svého charakteru. Nastalo jeho ztekucení a oddělení fází, přičemž se vyloučil nažloutlý podíl mléčného tuku, jak je zachyceno na Obrázku 21. Proto tento vzorek nebyl součástí analýz.



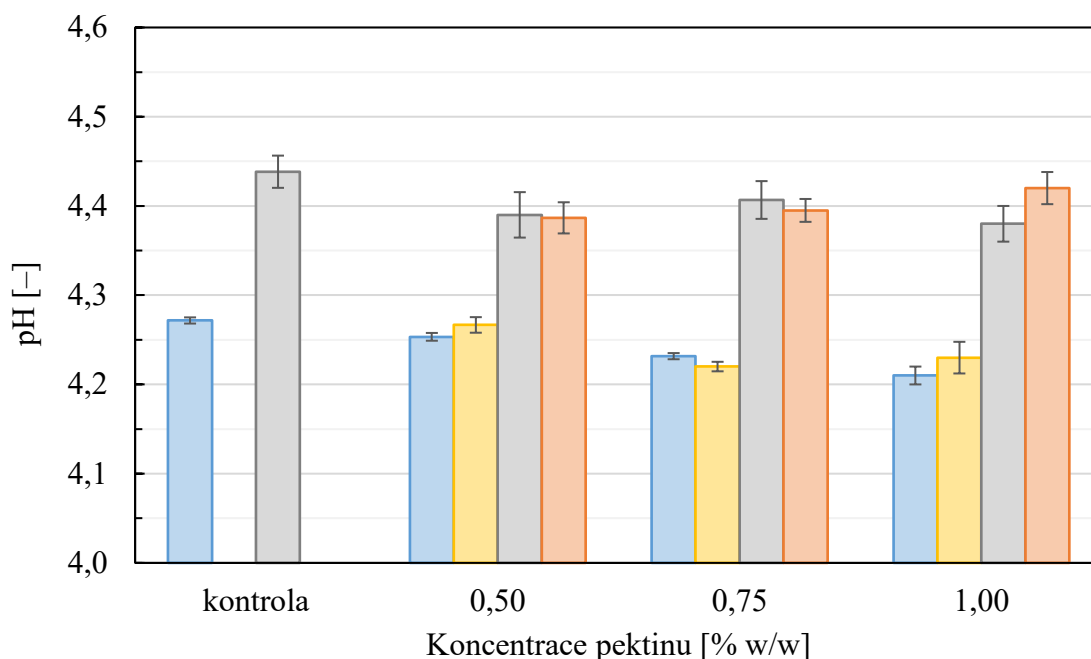
Obrázek 21: Vibrované vzorky 2. den od výroby; kontrolní bez pektinu (vlevo) a s 0,50 % w/w pektinu (vpravo).

Na základě zachycených změn bylo možné konstatovat, že přidavek pektinu měl podstatný vliv na stabilizaci textury vzorků vystavených vibracím, a to již při nejnižší zkoušené koncentraci 0,50 % w/w. Všechny ostatní stabilizované vzorky prodělaly vibrační zatížení i dobu skladování bez patrné změny vzhledu a byly posléze analyzovány v plném rozsahu. Viditelný objem uvolněné syrovátky byl u měřených vzorků minimální nebo žádný. Kompletní fotografická dokumentace všech vzorků je dostupná v příloze P I–P IV této diplomové práce.

9.2 Vyhodnocení základní fyzikálně-chemické analýzy

9.2.1 Vyhodnocení pH

Hodnoty pH modelových vzorků byly stanoveny 2. a 30. den od výroby. Výsledky v podobě sloupcového grafu zobrazujícího aritmetické průměry ze 6 měření vzorku každé šarže jsou uvedeny na Obrázku 22.



Obrázek 22: Hodnoty pH sledovaných vzorků: ■ 2. den / nevibrované, ■ 2. den / vibrované, ■ 30. den / nevibrované, ■ 30. den / vibrované.

Hodnoty pH všech vzorků se 2. den od výroby pohybovaly v rozmezí 4,21–4,27. Vzorky měřené 30. den od výroby vykazovaly pH obecně vyšší, a to v rozmezí 4,38–4,44. Pro úplnost lze uvést, že nejnižší pH $4,21 \pm 0,01$ náleželo vzorku nevibrovanému (1,00 % w/w) z 2. dne od výroby. A naopak nejvyšší pH $4,44 \pm 0,02$ vykázal vzorek nevibrovaný (kontrola) z 30. dne od výroby. Celkově lze tedy říci, že rozdíly v hodnotách pH mezi vzorky vibrovanými a nevibrovanými nebyl v rámci stejného dne měření, i s ohledem na směrodatnou odchylku, prokázán. Taktéž nebyl pozorován vliv koncentrace pektinu na hodnotu pH vzorků. Jediným významným faktorem byla doba uskladnění, kdy po 30denním skladování došlo k nárůstu hodnoty pH u všech vzorků.

Naměřené hodnoty pH z 2. dne od výroby odpovídalo výsledkům práce Vincové a kol., ve které byl využit termomixérový způsob výroby se stejným zařízením [101]. Schulz-Collins & Senge a Brighenti a kol. zmiňují pro komerčně dostupné CC hodnoty pH kolem 4,6, což je dokladem použití obvyklé fermentační technologie, kdy je dosažení zmiňovaného pH nezbytné pro kyselé srážení mléka [22, 90].

Perveen a kol. uvádí, že hodnota pH vzorků CC z tržní sítě při chladírenském skladování (4 ± 1 °C) klesá [102]. Klesající trend zaznamenali také Weragama a kol. u modelových vzorků CC po 28 dnech (4 ± 1 °C), což vysvětlují pokračující fermentací, neboť nebyla zařazena technologická operace zastavující aktivitu bakterií mléčného kvašení [103].

Kvůli využití termomixérového způsobu výroby zahrnující zahřátí na teplotu 80 °C s dobou výdrže 10 min nebyl předpoklad pro zvyšování pH vyrobených vzorků vlivem mikrobiální produkce kyseliny mléčné. Zmiňovaný nárůst hodnoty pH po 30 dnech od výroby signalizoval spíše její úbytek, nicméně tento jev částečně pozorovali Perveen a kol. bez konkrétního vysvětlení [102].

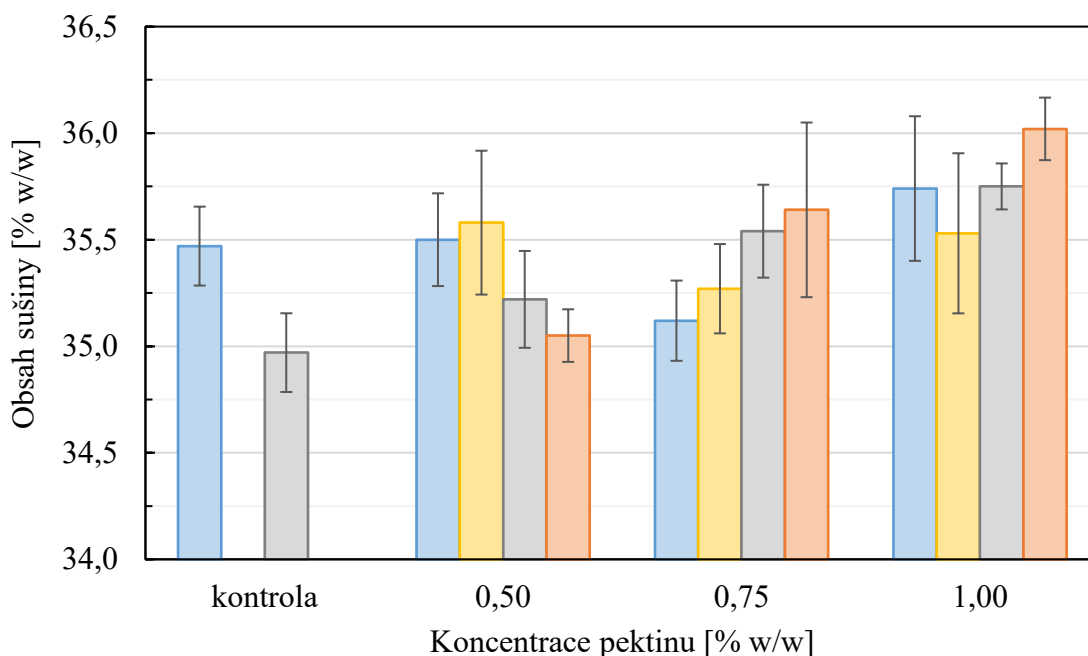
Hodnota pH mléčného systému má dopad na náboj přítomných bílkovin, čímž ovlivňuje intenzitu jejich interakcí. Odchytky v hodnotách pH proto můžou ovlivnit strukturu mléčných matric. [104]

9.2.2 Vyhodnocení obsahu sušiny

Cílový obsah sušiny modelových vzorků byl navržen na 34 % w/w. Zjištěné hodnoty obsahu sušiny napříč vzorky 2. den od výroby oscilovaly v rozmezí 35,12–35,74 % w/w. Podobné rozpětí hodnot bylo naměřeno také 30. den od výroby, konkrétně 34,97–36,02 % w/w. Během 30denního skladování (6 ± 2 °C) nebyly zaznamenány rozdíly v obsahu sušiny, což mj. dokazovalo dostatečné hermetické uzavření vzorků a také bariérové vlastnosti použitých obalových materiálů.

Vyšší stanovené hodnoty oproti hodnotě předpokládané odráží skutečnost, že k výrobě vzorků byly použity reálné suroviny dostupné v tržní síti, jež obsahovaly informace pouze o minimálních obsazích sušiny. Kladné odchytky obsahu složek výrobků (surovin) jsou pochopitelné z důvodu jejich lepší deklarovatelnosti ze strany výrobců. Nicméně podobnost obsahů sušiny je důležitá, protože tento faktor společně s pH významně ovlivňuje reologické a texturní vlastnosti vzorků. [105, 106]

Průměrné hodnoty ze 3 opakování doplněné o směrodatnou odchylku jsou uvedeny na Obrázku 23.

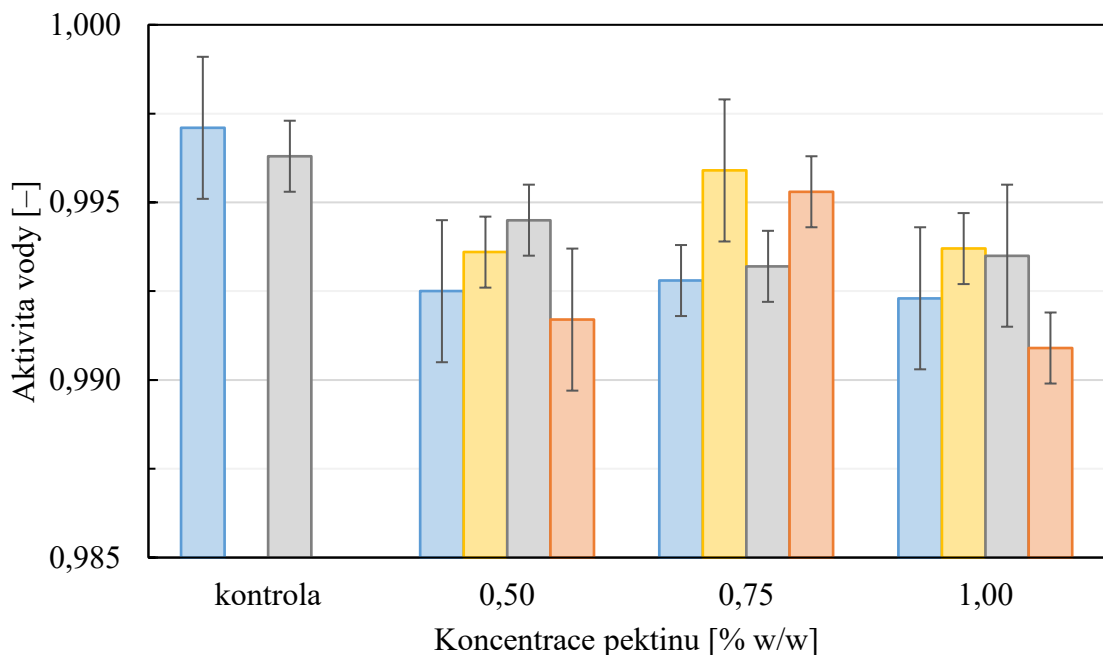


Obrázek 23: Hodnoty obsahu sušiny sledovaných vzorků: ■ 2. den / nevíbrované, ■ 2. den / víbrované, ■ 30. den / nevíbrované, ■ 30. den / víbrované.

9.2.3 Vyhodnocení aktivity vody

Aktivita vody byla u vzorků stanovena 2. a 30. den od výroby. Vzorek z každé šarže byl měřen po 6 opakování, z čehož průměrné hodnoty se směrodatnou odchylkou jsou prezentovány na Obrázku 24. Výsledné hodnoty se u jednotlivých vzorků příliš nelišily. Výsledky z 2. dne od výroby kolísaly v rozmezí 0,992–0,997. Po 30denním chladírenském skladování nabývaly rozsahu 0,991–0,996. V obou případech nebyl vliv vibrací ani přídavku pektinu na aktivitu vody s ohledem na směrodatnou odchylku pozorován, s výjimkou vzorků kontrolních (bez pektinu), které vykazovaly mírně zvýšené hodnoty. Stejný rozdíl zaznamenali Gulzar a kol., kteří tento jev přičítají zahušťovací funkci použitých hydrokoloidů [44].

Nejvyšší hodnota $0,997 \pm 0,002$ náležela vzorku nevíbrovanému (kontrola) ze 2. dne od výroby. Naproti tomu nejnižší aktivita vody $0,991 \pm 0,001$ byla zjištěna u vzorku víbrovaného (1,00 % w/w) ve 30. dnu od výroby.



Obrázek 24: Hodnoty aktivity vody sledovaných vzorků: ■ 2. den / nevíbrované, ■ 2. den / víbrované, ■ 30. den / nevíbrované, ■ 30. den / víbrované.

Trmčič a kol. ve své publikaci pro čerstvé sýry uvádí interval aktivity vody 0,98–0,99 [23]. Výsledky získané 2. den od výroby jsou srovnatelné s prací Vincové a kol., kteří zmiňují rozmezí 0,982–0,998 za použití různých hydrokoloidů v obdobných koncentracích [101]. Výsledky byly podpořeny také studií Møllera a kol., kde se aktivita vody u CC s různým obsahem tuku pohybovala v rozmezí 0,986–0,997 [107]. Získané hodnoty tedy lze považovat za akceptovatelné. Doba skladování neměla na aktivitu vody patrný vliv, což mohlo souviset se způsobem balení vzorků a chladírenskými podmínkami. Skladované vzorky byly na povrchu viditelně lesklé, bez uniklé syrovátky. Gulzar a kol. uvádí klesající trend aktivity vody během 30denního chladírenského skladování pomazánek z CC [44]. V tomto případě však mohly hrát roli použité obalové materiály a celkové zajištění hermetičnosti balení, které nemuselo být dostatečné [108].

Jelikož je vysoká aktivita vody rizikovým faktorem pro rozvoj mikroorganismů, je možné výrobky typu CC považovat za bezpečné potraviny, jsou-li dodrženy parametry technologických operací, zejména pak tepelného ošetření a chladírenského skladování [107].

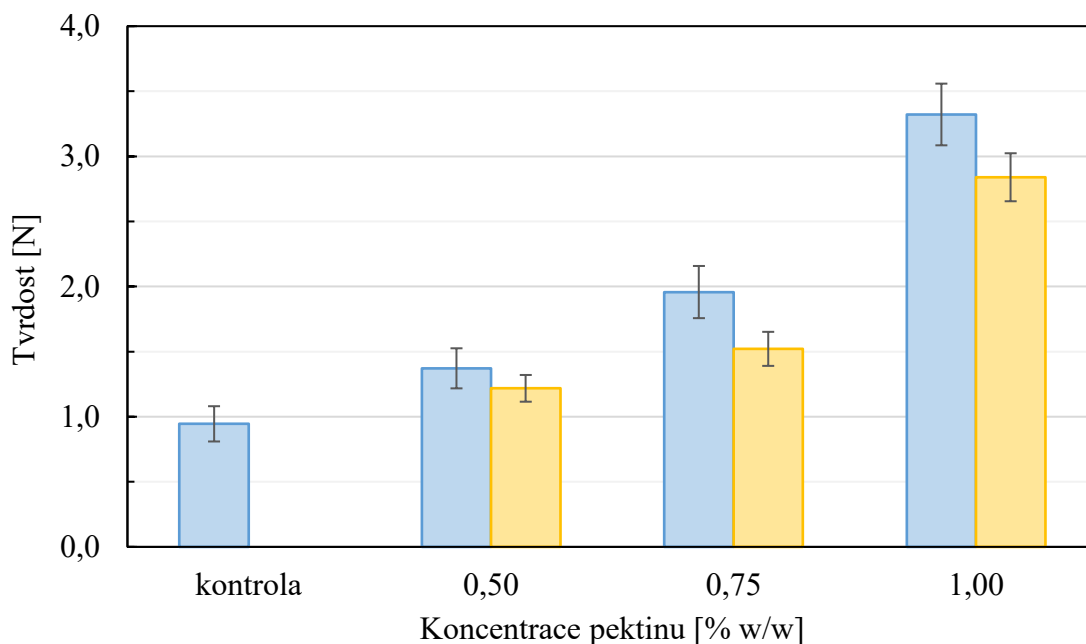
9.3 Vyhodnocení texturních měření

V diplomové práci byly využity dva přístupy k hodnocení konzistence modelových vzorků. Tato kapitola se zabývá prvním přístupem – analýzou textury, která popisovala chování vzorků při velkých deformacích. Druhý přístup představovala reologická měření, která poskytovala informace o vlastnostech vzorků při malých smykových deformacích.

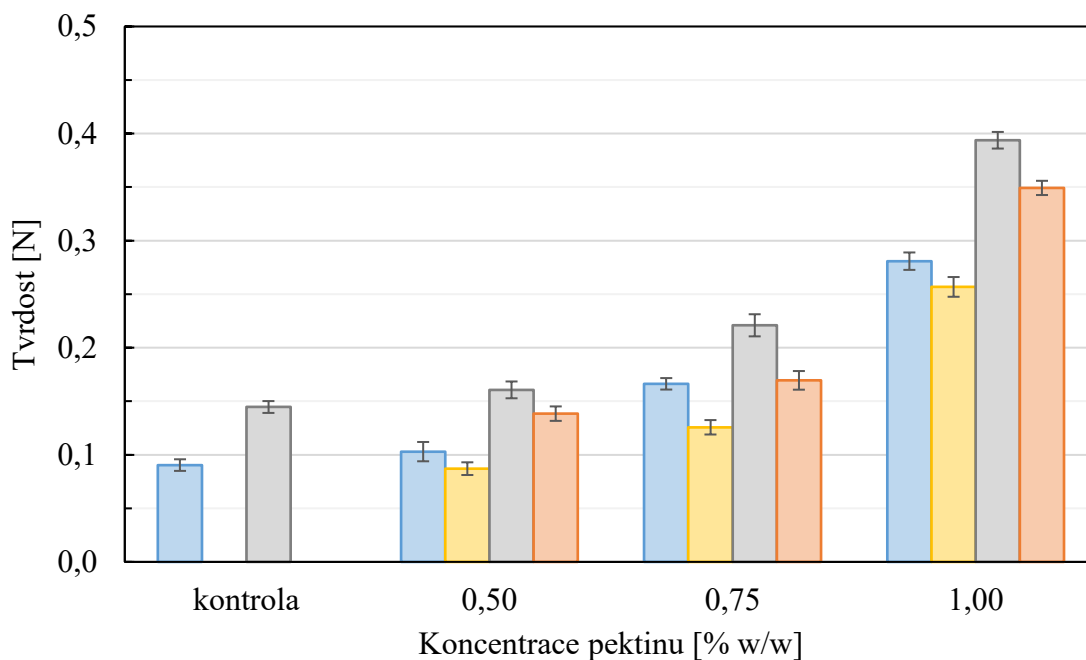
U tvarohových sýrů podrobených vibračnímu zatížení se předpokládá změna texturních vlastností, jejíž míra se odvíjí od koncentrace obsaženého hydrokoloidu. Byly zvoleny dvě konfigurace analyzátoru textury, a sice TPA s cylindrickou sondou a měření roztíratelnost s kónickou sondou. TPA byla provedena pouze 2. den od výroby za účelem prokázání rozsahu změn u zatížených vzorků. V rámci analýzy byly získány texturní atributy – tvrdost, relativní lepivost, soudržnost (kohezivnost), pružnost (elasticita) a gumovitost. Měření bylo navíc porovnáno s výsledky získanými za použití odlišné sondy při měření roztíratelnosti (spreadability) a dalších porovnatelných texturních atributů (tvrdosti a relativní lepivosti). Sestavení se sondou pro zjišťování roztíratelnosti bylo nasazeno 2. i 30. den od výroby. Vzorek z každé šarže byl měřen 3krát pro prezentaci průměrných hodnot se směrodatnou odchylkou.

9.3.1 Vyhodnocení tvrdosti

Vývoj tvrdosti vzorků je znázorněn na Obrázcích 25 a 26.



Obrázek 25: Hodnoty tvrdosti (TPA, cylindrická sonda) sledovaných vzorků: ■ 2. den / nevibované, ■ 2. den / vibované.



Obrázek 26: Hodnoty tvrdosti (kónická sonda) sledovaných vzorků: ■ 2. den / nevibrované, ■ 2. den / vibrované, ■ 30. den / nevibrované, ■ 30. den / vibrované.

Bylo zjištěno, že přidavek pektinu významně ovlivnil tvrdost vzorků. Z grafů byla patrná shoda v nárůstu tvrdosti vzorků se zvyšující se koncentrací pektinu 2. den od výroby. V případě měření TPA u nevibrovaných vzorků činila nejnížší hodnota tvrdosti $0,95 \pm 0,14$ N u vzorku kontrolního (0,00 % w/w) a nejvyšší $3,32 \pm 0,24$ N u vzorku s 1,00 % w/w pektinu. Nárůst tvrdosti lze přisuzovat interakcím řetězců pektinu po kvantitativní i kvalitativní stránce. Podle Gabriele a kol. je nárůst tvrdosti s rostoucí koncentrací pektinu dán vyšší vzájemnou interakcí pektinových řetězců tvořící trojrozměrnou síť v matici sýru [109]. Maroziane & de Kruif a Tuinier a kol. dále zmiňují příspěvek interakcí pektinu a kaseinových micel. Tento děj je elektrostatické povahy, přičemž přitažlivé interakce se objevují při hodnotách $\text{pH} < 5$ a vedou k adsorpci řetězců pektinu na povrch kaseinových micel [52].

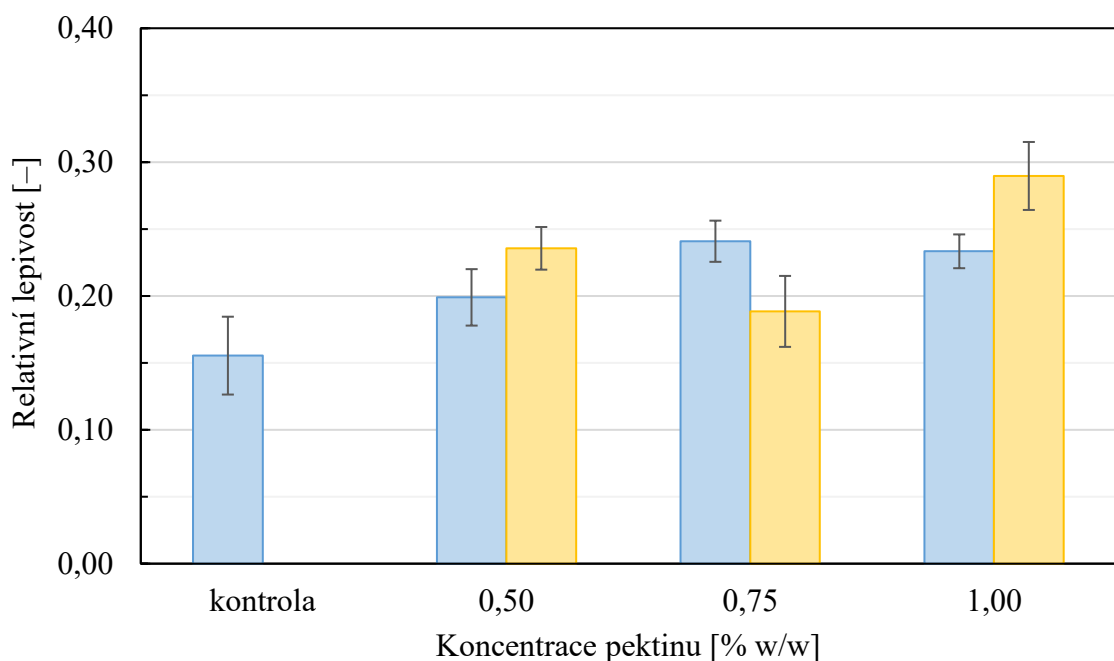
Rostoucí trend tvrdosti byl zachycen i po 30denním chladírenském skladování. Nárůst tvrdosti hlásili Gulzar a kol. během stejné skladovací doby u pomazánek z CC za použití různých hydrokoloidů [44]. Taktéž Szkolnicka a kol. pozorovali zvyšující se tvrdost tvarohového sýru během 24denního skladování [110].

Dále lze konstatovat, že vzorky podrobené vibracím vykazovaly tvrdost obecně nižší oproti srovnatelným nevibrovaným vzorkům. Lu a kol. zmiňují snížení tvrdosti stirred-type jogurtu

bez stabilizátorů vystaveného vibracím. Dle autorů je důvodem porušení a oslabení bílkovinné sítě a snížení její mocnosti [14]. Platnost tohoto poznatku lze aplikovat i na zkoumané modelové vzorky tvarohových sýrů.

9.3.2 Vyhodnocení relativní lepivosti

Ve vztahu ke zvyšující se koncentraci pektinu byl 2. den od výroby u nevibrovaných vzorků zaznamenán pozvolný nárůst relativní lepivosti až do koncentrace 0,75 % w/w, při 1,00 % w/w nastal nepatrný pokles. Srovnávané vibrované vzorky žádný trend nevykazovaly a oscilovaly v obdobném rozsahu (Obrázek 27).

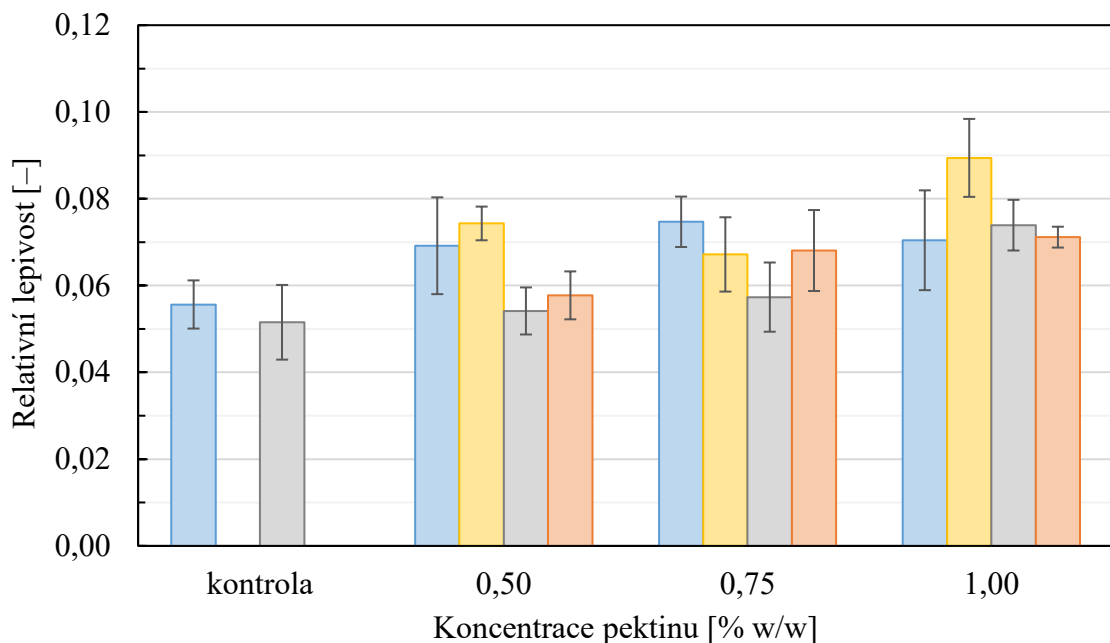


Obrázek 27: Hodnoty relativní lepivosti (TPA, cylindrická sonda) sledovaných vzorků: ■ 2. den / nevibrované, ■ 2. den / vibrované.

Lepivost je připisována společnému účinku adhezních a kohezních sil. Důležitým faktorem ovlivňující lepivost je obsah sušiny, zejména podíl tuku a bílkovin [111]. Póltorak a kol., Cai a kol a Ningtyas a kol. pozorovali negativní korelaci mezi obsahem tuku a lepivostí řady sýrů zahrnující i výrobky CC. Naopak, rostoucí podíl bílkovin (u nízkotučných variant) podněcoval interakce bílkoviny-matrice-sonda a lepivost zvyšoval [39, 112, 113]. Ačkoliv je problematika vlivu složení na lepivost sýrů prozkoumána nejvíce, tento vliv nebyl v diplomové práci sledován, neboť složení bylo u všech modelových vzorků srovnatelné. Relevantní jsou výsledky Méndeze a kol., kteří uvádí nárůst lepivosti pektinové emulze s její

koncentrací [114]. Podle Arltofta a kol. roste lepivost mléčných dezertů s rostoucí reaktivitou pektinu k Ca^{2+} iontům [115]. Výsledky diplomové práce jsou nejlépe srovnatelné s prací Vincové a kol., kteří u vzorků CC s obdobnými koncentracemi hydrokoloidů (κ -karagenan, ι -karagenan, furcellaran a alginát sodný) nezaznamenali po 7denním skladování (6 ± 2 °C) rozdíl v lepivosti [101]. Naproti tomu Rubel a kol. zmiňují nárůst relativní lepivosti u některých vzorků roztíratelné ricotty s obsahem želatiny, xanthanové gumy a gumy guar. Vyšší hodnoty u většiny vzorků autoři zaznamenali také po 14 dnech skladování při 4 °C [92]. Taktéž Szkolnicka a kol. uvádí zvyšující se lepivost skladovaných tvarohových sýrů [110].

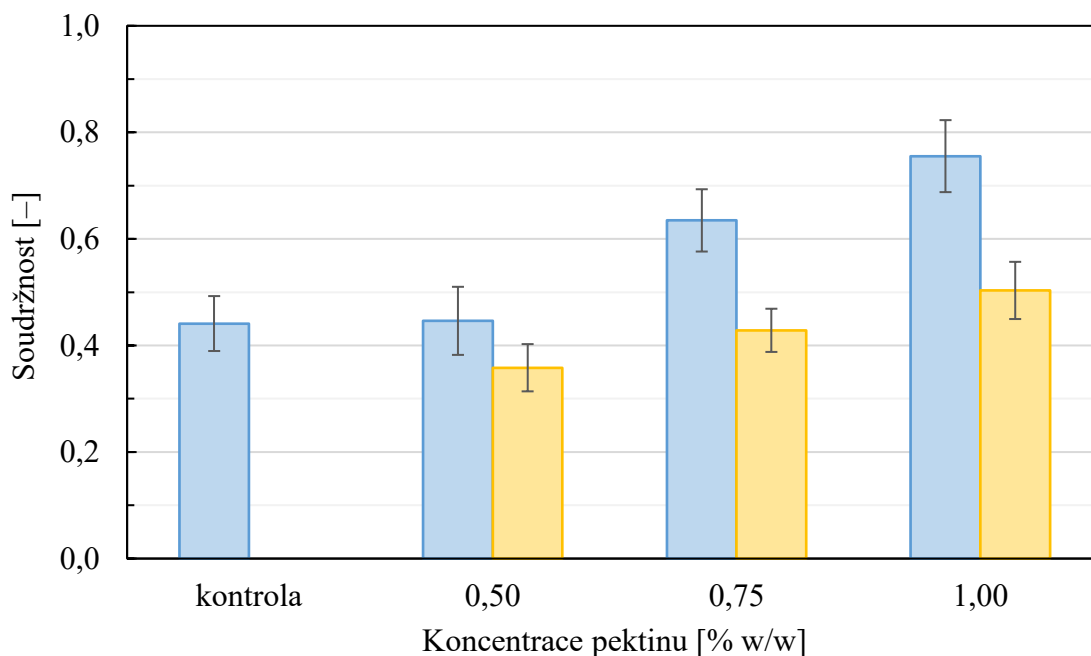
U většiny zkoumaných vzorků nastalo po 30denním skladování mírné snížení relativní lepivosti, přičemž byla zaznamenána zanedbatelná rostoucí tendence s koncentrací pektinu, byť v rámci směrodatné odchylky (Obrázek 28). Doba skladování tedy neměla prokazatelný dopad na relativní lepivost vzorků. Lepivost potravin je obecně ovlivňována řadou faktorů, kromě již zmíněných to je také teplota, velikost částic nebo viskozita, proto je vzájemné porovnávání charakterově podobných produktů přinejmenším obtížné [111]. Ohledně vlivu vibrací se lze odvolat na zdroj od Lu a kol., jež pro změny lepivosti stirred-type jogurtů nenacházeli jednoznačný trend ve vztahu k rostoucí intenzitě vibrací [14].



Obrázek 28: Hodnoty relativní lepivosti (kónická sonda) sledovaných vzorků: ■ 2. den / nevibrované, ■ 2. den / vibrované, ■ 30. den / nevibrované, ■ 30. den / vibrované.

9.3.3 Vyhodnocení soudržnosti

Texturní atribut soudržnost (kohezivnost), který je mírou pevnosti vnitřních vazeb látky, je vyhodnocen na Obrázku 29.



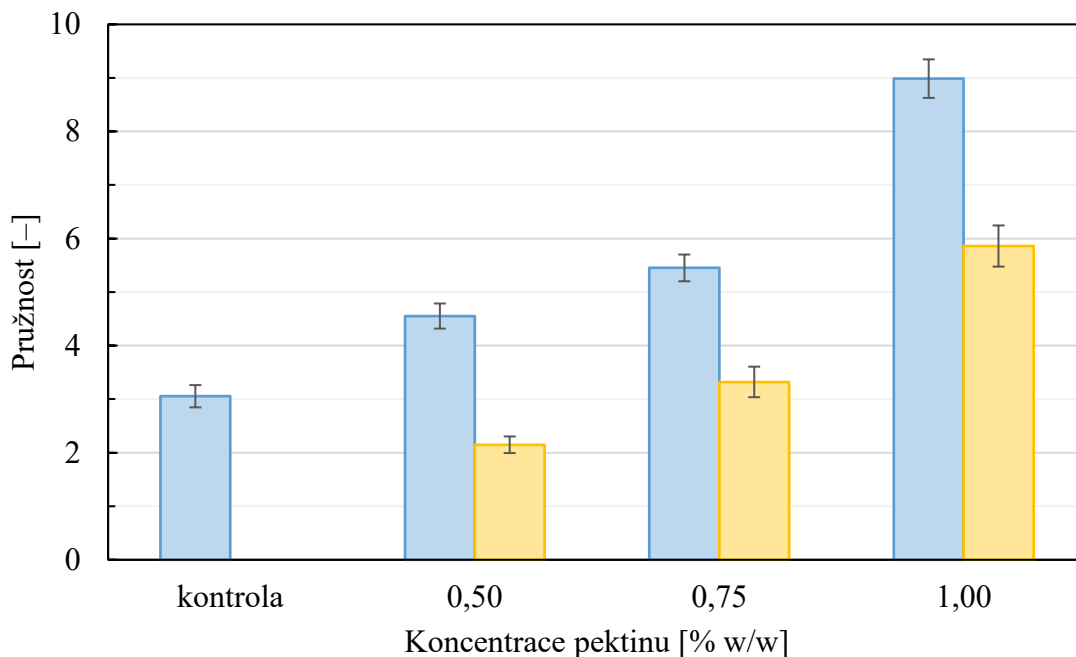
Obrázek 29: Hodnoty soudržnosti (TPA, cylindrická sonda) sledovaných vzorků: ■ 2. den / nevibrované, ■ 2. den / vibrované.

Z výsledných hodnot je u nevibrovaných vzorků patrné mírné zvyšování soudržnosti s rostoucí koncentrací pektinu. Vznikající trend se netýkal kontrolního vzorku, který se v rámci směrodatné odchylky nelišil od vzorku s 0,50 % w/w pektinu. Vzorky vibrované vykazovaly obecně ztrátu soudržnosti oproti nevibrovaným vzorkům, nicméně i u nich byl vidět pozvolný růst s koncentrací pektinu. Vincová a kol. zmiňují nárůst soudržnosti vzorků CC způsobený přidávkou hydrokoloidů, což autoři opírají o práci Nickersona a kol., kteří zvýšenou soudržnost a taktéž tvrdost přičítají interakcím molekul hydrokoloidu (zde κ -karagenanu) s bílkovinnou maticí [101, 116].

Ve vztahu k vlivu vibrací na texturní atribut soudržnost výrobků typu CC či podobných zřejmě nebyl doposud publikován relevantní vědecký zdroj, nicméně se lze domnívat, že snížené hodnoty měly souvislost s narušením matrice sýru, jak bylo diskutováno u „příbuzného“ atributu tvrdosti.

9.3.4 Vyhodnocení pružnosti

Pružnost udává rychlost, kterou se deformovaný materiál navrácí do svého původního nedeformovaného stavu po odstranění deformační síly. Tento texturní atribut je zachycen na Obrázku 30.

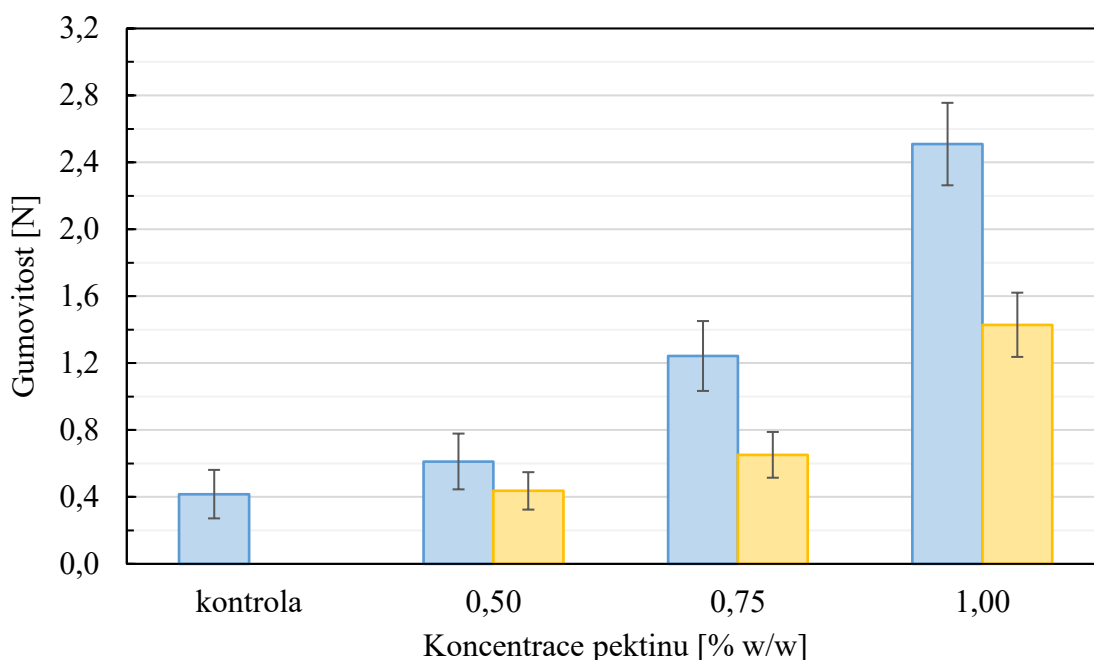


Obrázek 30: Hodnoty pružnosti (TPA, cylindrická sonda) sledovaných vzorků: ■ 2. den / nevibrované, ■ 2. den / vibrované.

Nárůst pružnosti s rostoucí koncentrací pektinu ve vzorcích byl patrný jak u nevibrovaných, tak u vibrovaných vzorků. Markantnější navýšení bylo zjištěno u vzorku nevibrovaného s 1,00 % w/w pektinu. Ponižené hodnoty u vibrovaných vzorků byly důsledkem působení vibrací, které narušovaly pevnost struktury tvarohových sýrů. Zjištěné výsledky ohledně stabilizační role hydrokoloidu podporuje práce Brighenti a kol., ve které autoři zaznamenali zvýšení pružnosti CC za použití xanthanové gumy, guarové gumy a karubinu, obzvláště při jejich kombinaci [117]. Takto navýšená strukturální pevnost přispěla k soudržnosti i tvrdosti vzorků, což bylo i v této diplomové práci jasně patrné, neboť výše diskutovaná tvrdost taktéž vykazovala podobný trend.

9.3.5 Vyhodnocení gumovitosti

Vzhledem k viskoelastickému polotuhému charakteru vyrobeného tvarohového sýru byla vyhodnocena jeho gumovitost. Ta spolu se žvýkatelností souvisí s energií vydanou na rozžvýkání a rozmělnění potraviny. Gumovitost je atributem vedlejším, počítaným jako součin tvrdosti a soudržnosti vzorku, proto je jeho interpretace jakýmsi dalším pohledem na oba zmiňované činitele. Výsledky jsou zpracovány na Obrázku 31.

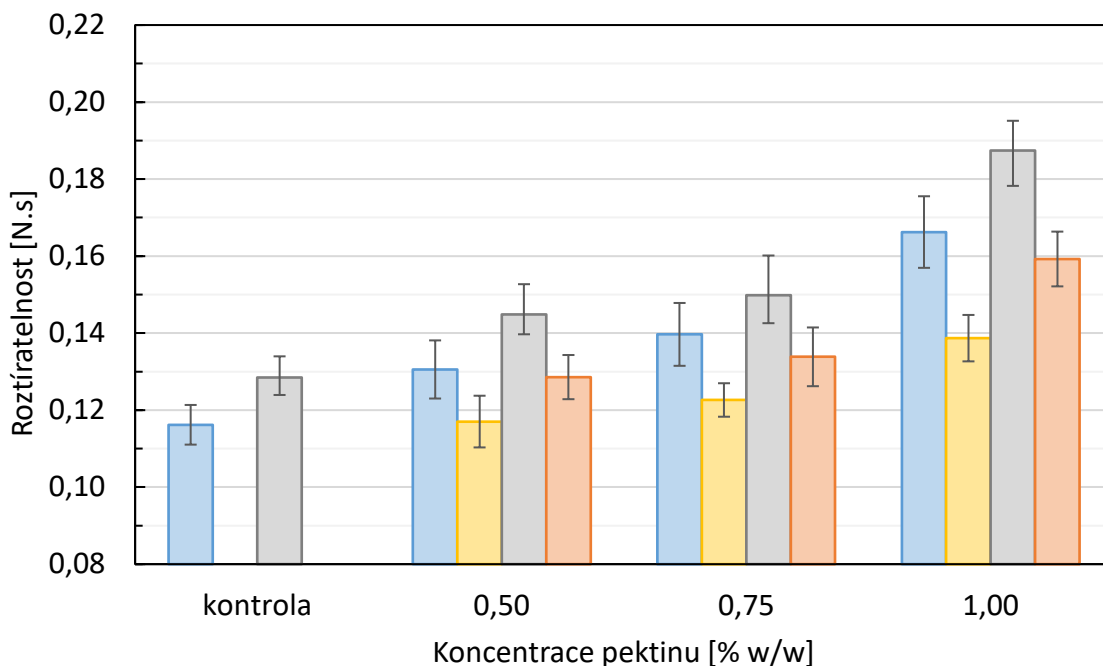


Obrázek 31: Hodnoty gumovitosti (TPA, cylindrická sonda) sledovaných vzorků: ■ 2. den / nevibrované, ■ 2. den / vibrované.

S rostoucí koncentrací pektinu byl zaznamenán markantní růst gumovitosti nevibrovaných vzorků. Nejnižší hodnota u kontrolního vzorku činila $0,42 \pm 0,14$ N, naopak nejvyšší dosáhla $2,51 \pm 0,25$ N u vzorku s 1,00 % w/w pektinu. Hodnoty vibrovaných vzorků následovaly obdobný trend, avšak nárůst zde nebyl tak výrazný, přičemž nejvyšší hodnota u vzorku s 1,00 % w/w pektinu byla vyčíslena na $1,43 \pm 0,19$ N. Vliv vibrací projevující se snížením gumovitosti byl patrný u všech vibrovaných vzorků. Jelikož byl pro určení gumovitosti směrodatný zejména příspěvek tvrdosti, bylo tak možné zjištěné rozdíly přičítat dříve diskutovaným jevům. Kromě závěrů Gulzara a kol. o vlivu hydrokoloidů na tvrdost vzorků CC byly výsledky konfrontovány s prací Vincové a kol., kteří u vzorků CC obecně sledovali zvyšování gumovitosti s rostoucí koncentrací aplikovaných hydrokoloidů [44, 101].

9.3.6 Vyhodnocení roztíratelnosti

Roztíratelnost je pro výrobky typu CC příhodným atributem, pomocí kterého lze hodnotit přijatelnost textury na základě instrumentální metody. Obrázek 32 znázorňuje výsledky měření roztíratelnosti modelových vzorků.



Obrázek 32: Hodnoty roztíratelnosti (kónická sonda) sledovaných vzorků: ■ 2. den / nevíbrované, ■ 2. den / víbrované, ■ 30. den / nevíbrované, ■ 30. den / víbrované.

Z grafu byly obecně patrné stejné trendy jako u atributu tvrdosti. Vyšší odpor vůči průniku sondy do vzorků nastával s rostoucí koncentrací pektinu. Po 30denním skladování roztíratelnost vzrůstala. Obě pozorování byla v souladu s prací Liu a kol. ohledně analogů tavených sýrů s různou tučností a obsahem pektinu. Autoři zdůrazňují zahušťovací účinek pektinového gelu, který v matrici působil spojením s dalšími přítomnými složkami a učinil produkty kompaktnější [118].

Vliv vibrací se projevoval snížením hodnot roztíratelnosti, což lze interpretovat nižší potřebnou silou k rozetření vzorků [39]. Míru této změny by bylo vhodné analyzovat také senzoričky.

Roztíratelnost výrobků typu CC byla předmětem prací Brighenti a kol., Ningtyas a kol. či Koca & Metina, které souhlasně uváděly negativní korelaci mezi obsahem tuku a roztíratelností [90, 39, 119].

Nicméně vliv obsahu hydrokoloidů na tento texturní atribut u CC byl přímo hodnocen v práci Vincové a kol., která sledovala trend, kdy hodnota roztíratelnosti rostla s koncentrací hydrokoloidů. Taktéž zde byla popsána korelace s tvrdostí, kdy vzorky tvrdší též vykazovaly vyšší hodnoty roztíratelnosti [101].

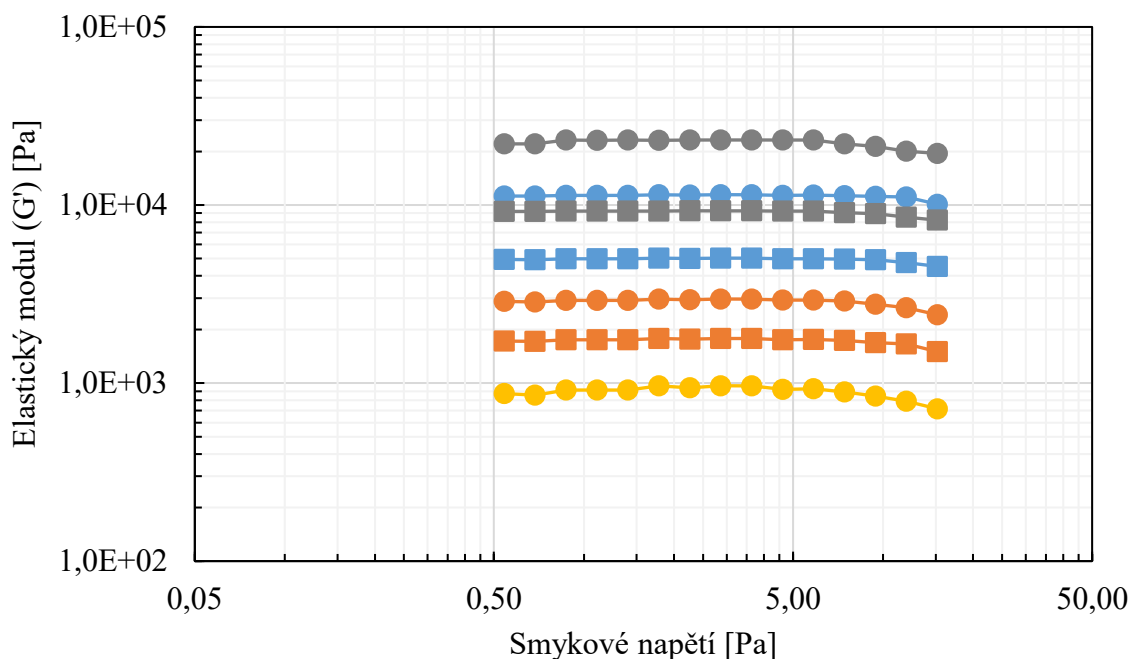
Podle Bayarri a kol. je roztíratelnost dynamičtějším atributem než tvrdost a její hodnota je ovlivněna nejen silou potřebnou k dosažení dané deformace, ale také vlivem měknutí textury, které nastává při měření. V neposlední řadě má na roztíratelnost a také tvrdost CC vliv teplota, která primárně působí na změnu skupenského stavu mléčného tuku. [91]

9.4 Vyhodnocení reologických měření

9.4.1 Stanovení oblasti lineární viskoelastivity

Předpokladem pro vlastní měření v režimu Frequency sweep bylo určení oblasti LVE, která je charakteristická konstantní odezvou modulů pružnosti na aplikovaném smykové napětí. Bylo tak možné zajistit „bezpečnou“ oblast, v níž nedocházelo k porušení vnitřní struktury zkoumaného materiálu. Muliawan ve své práci zabývající se reologií mozzarely zmiňuje, že rozsah 0,05% smykové deformace je přijatelný v rámci oblasti LVE, přičemž po dosažení 1% deformace již naznačuje strmější pokles elastického modulu pružnosti (G') poukazující na nevratnou změnu struktury vzorku. [120]

Záznam z měření modelových vzorků je uveden na Obrázku 33. Pro větší přehlednost zde byla zachycena pouze oblast LVE sledovaných vzorků v rozmezí smykového napětí 0,54–15,20 Pa. Při nižších hodnotách nebyla získána spolehlivá odezva, naopak za vyššího smykového napětí docházelo k poklesu G' u všech vzorků, což bylo již projevem poškození struktury.



Obrázek 33: Oblast LVE u sledovaných vzorků (2. den od výroby; 22 ± 1 °C): kontrola (nevibrované ●); 0,50 % w/w (nevibrované ●, vibrované ■); 0,75 % w/w (nevibrované ●, vibrované ■); 1,00 % w/w (nevibrované ●, vibrované ■).

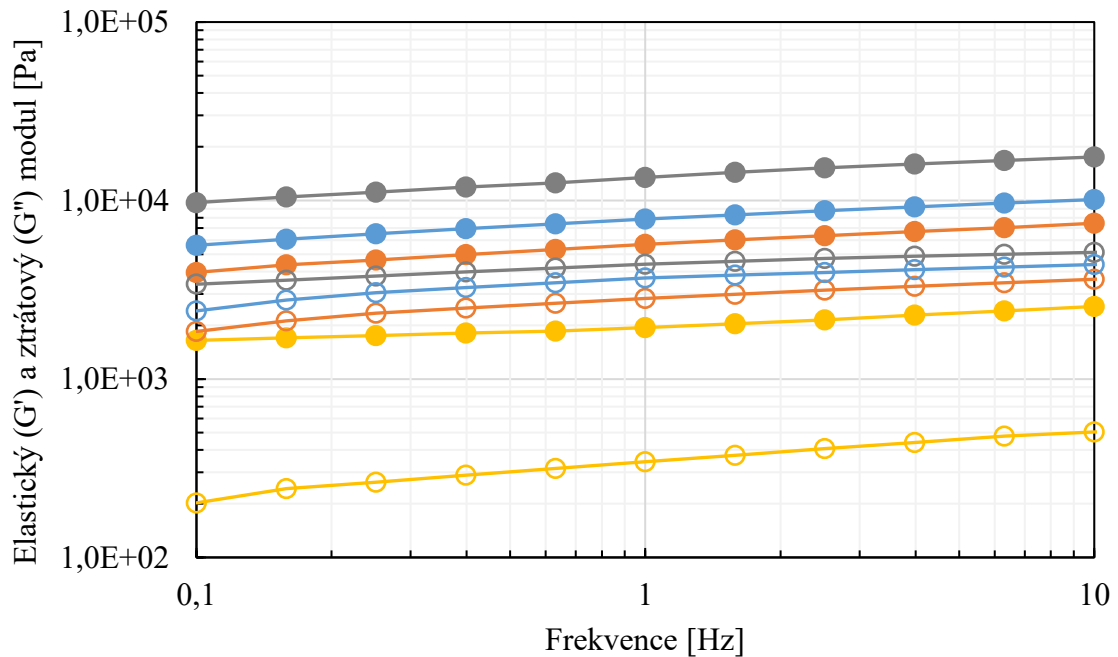
9.4.2 Vyhodnocení vzorků

Na rozdíl od texturních měření je dynamická oscilační reometrie schopna poskytovat informace o tokových vlastnostech modelových vzorků při působení malých smykových napětí, jež v oblasti LVE způsobují pouze malé, ale vratné deformace. Reologická data mohou do určité míry doplňovat a přinášet další pohled na doposud zjištěné texturní rozdíly mezi vzorky.

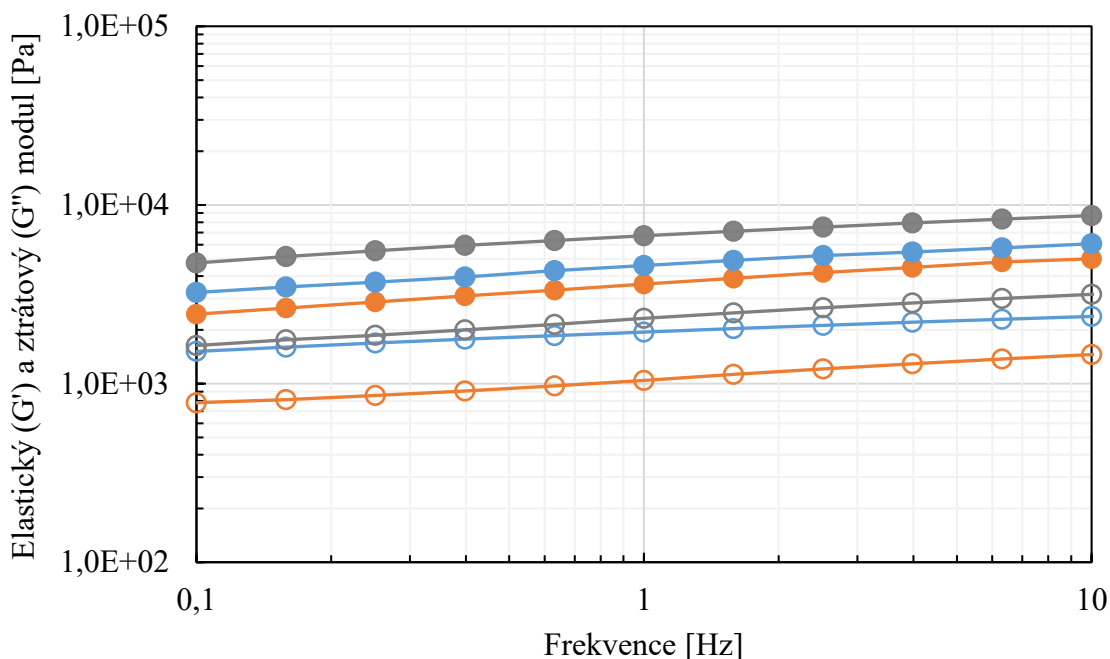
Zjišťování viskoelastických vlastností vzorků bylo uskutečněno 2. a 30. den od výroby. Každá šarže byla měřena 2krát a prezentované křivky byly sestaveny z průměrných hodnot. Měření v režimu Frequency sweep byly získány hodnoty elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti při zvyšující se frekvenci oscilace 0,1–100,0 Hz. Nicméně je třeba upozornit na skutečnost, že při frekvencích oscilace vyšších než 10 Hz byla u vzorků získávána již nespolehlivá data poukazující na možné poškození jejich struktury, proto byl frekvenční rozsah v níže uvedených grafech omezen na 0,1–10,0 Hz. Dále bylo možné vypočítat komplexní modul pružnosti (G^*) a také tangenty úhlu fázového posunu ($\tan \delta$). Tyto získané hodnoty napomáhají charakterizovat viskoelastické vlastnosti analyzovaných

výrobků [121]. Amplituda smykového napětí byla reometrem udržována na hodnotě 5,0 Pa, aby měření probíhalo v požadované oblasti LVE.

Na následujících grafech jsou zachyceny vývoje elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti vzorků nevibrovaných (Obrázek 34) a vzorků podrobených vibracím (Obrázek 35) po uplynutí 2 dnů od výroby.



Obrázek 34: Závislost elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti na frekvenci pro nevibrované vzorky (2. den od výroby; $20,0 \pm 0,1$ °C): kontrola (G' ●, G'' ○); 0,50 % w/w (G' ●, G'' ○); 0,75 % w/w (G' ●, G'' ○); 1,00 % w/w (G' ●, G'' ○).



Obrázek 35: Závislost elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti na frekvenci pro vibrované vzorky (2. den od výroby; $20,0 \pm 0,1$ °C): 0,50 % w/w (G' ●, G'' ○); 0,75 % w/w (G' ●, G'' ○); 1,00 % w/w (G' ●, G'' ○).

Z uvedených grafů vyplývá, že použití pektinu ovlivnilo viskoelastické vlastnosti vzorků. Se vzrůstající koncentrací pektinu se průběh funkce posouval směrem k vyšším hodnotám. Dále bylo patrné, že u všech vzorků dominovala elastická složka nad viskózní ($G' > G''$) v celém frekvenčním rozsahu. Toto zjištění korespondovalo s výsledky Rubela a kol. a Bayarri a kol., kteří zkoumali vzorky CC při srovnatelných teplotách [91, 92].

Pro číselné zhodnocení míry viskoelastičnosti byly vypočteny hodnoty tangenty úhlu fázového posunu ($\tan \delta$). V případě $\tan \delta = 1$ se materiál chová ve stejné míře jako elastická i viskózní látka. Pokud je $\tan \delta < 1$, převládá u materiálu elastický charakter, zatímco pokud je $\tan \delta > 1$, je materiál spíše viskóznější. [98]

Výsledky jsou uvedeny pro referenční frekvenci oscilace 1 Hz v Tabulce 8. Rovněž byly pro tuto frekvenci určeny hodnoty komplexního modulu pružnosti (G^*).

Tabulka 8: Hodnoty komplexního modulu pružnosti (G^*) a hodnoty $\tan \delta$ vzorků při referenční frekvenci 1 Hz pro 2. a 30. den od výroby.

Vzorek		Doba skladování			
		2. den od výroby		30. den od výroby	
Podrobení vibracím	Koncentrace pektinu [% w/w]	G^* [Pa]	$\tan \delta$ [-]	G^* [Pa]	$\tan \delta$ [-]
nevibrované	0,00 (kontrola)	1 973	0,38	6 435	0,33
	0,50	6 454	0,54	10 357	0,36
	0,75	9 010	0,63	13 891	0,55
	1,00	13 980	0,24	19 187	0,23
vibrované	0,00 (kontrola)	–	–	–	–
	0,50	3 749	0,40	8 074	0,34
	0,75	5 025	0,45	9 149	0,35
	1,00	7 482	0,23	12 449	0,20

Z tabulkových údajů je patrné, že u všech vzorků činily hodnoty $\tan \delta < 1$, tudíž vykazovaly převažující elastický charakter. Při porovnání s dříve diskutovaným texturním atributem pružnosti, lze spatřovat podobnost výsledků zejména u vzorků s obsahem pektinu 1,00 % w/w, u kterých byla vyšší elasticita markantní. U ostatních vzorků však soulad spatřován nebyl, což mohlo být způsobeno především odlišnou podstatou texturního a reologického měření, především co se týče deformace vzorků.

Viskoelastické vlastnosti CC jsou určeny zejména složkami tvořící bílkovinnou síť [122]. Hydrokoloidy plnící roli stabilizátorů textury mohou výrazně ovlivnit reologii CC, i když jsou přidávány v malých koncentracích [117]. Toto tvrzení bylo potvrzeno, neboť s rostoucí koncentrací pektinu se zvyšovala odezva obou modulů pružnosti modelových vzorků, přičemž vývoj elastického modulu byl v rámci celého frekvenčního rozsahu výraznější než modulu ztrátového, což rozšiřuje zjištění o převládající elasticitě vzorků i za vyšších zkoušených frekvencích.

Obecně lze tvrdit, že pektin činil vzorky více elastické (pružné) kvůli tvorbě trojrozměrné sítě a interakcím s kaseinovými micelami v matici sýru [52, 109]. Odrazem toho byla také vyšší tvrdost a s ní spjaté další texturní atributy, jak bylo diskutováno dříve. Ostatně Winter

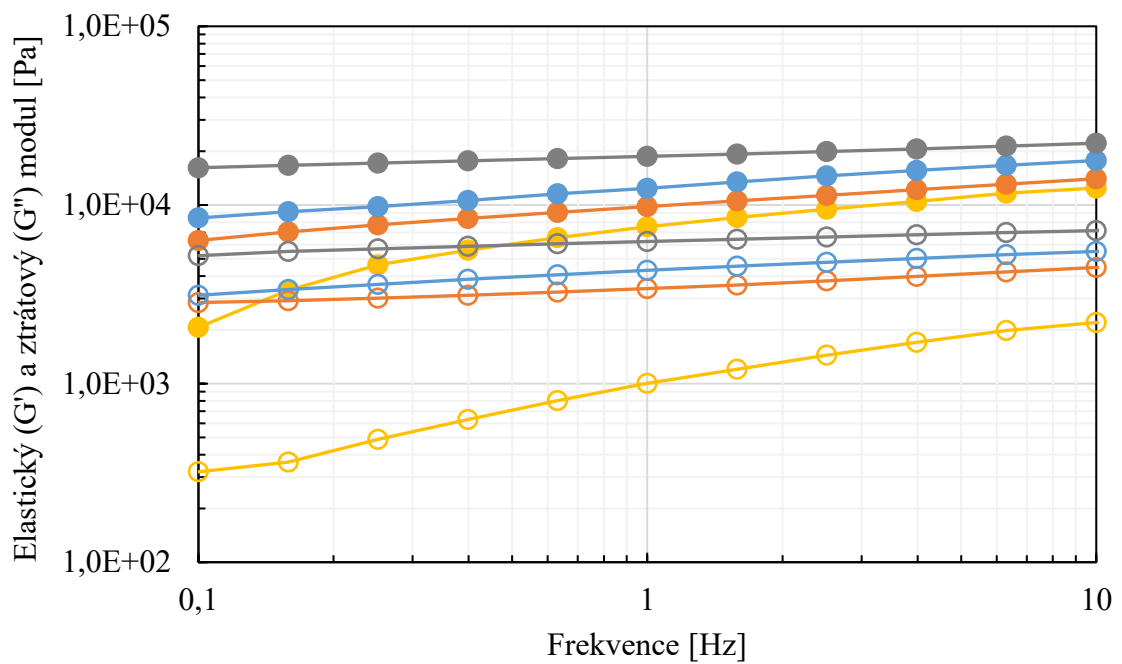
a Chambon uvádějí, že v případě zvýšení G' , G'' a G^* vykazovaly jimi analyzované vzorky syntetického gelu vyšší tuhost [123].

Vlivem různých hydrokoloidů na funkční vlastnosti CC, resp. tavené sýrové omáčky se zabývaly práce Vincové a kol. a Kůrové a kol., kteří souhlasně pozorovali růst modulů pružnosti se zvyšující se koncentrací κ -karegenanu a furcellaranu ve vzorcích. Změny elasticity autoři přičítali intenzivnějším interakcím polysacharidových řetězců a vytvoření hustší sítě, která má za následek vývoj pevnějšího gelu. Kromě toho jako další faktor přispívající k vyšším hodnotám viskoelastických modulů autoři uváděli interakce hydrokoloidů s bílkovinami. [101, 124]

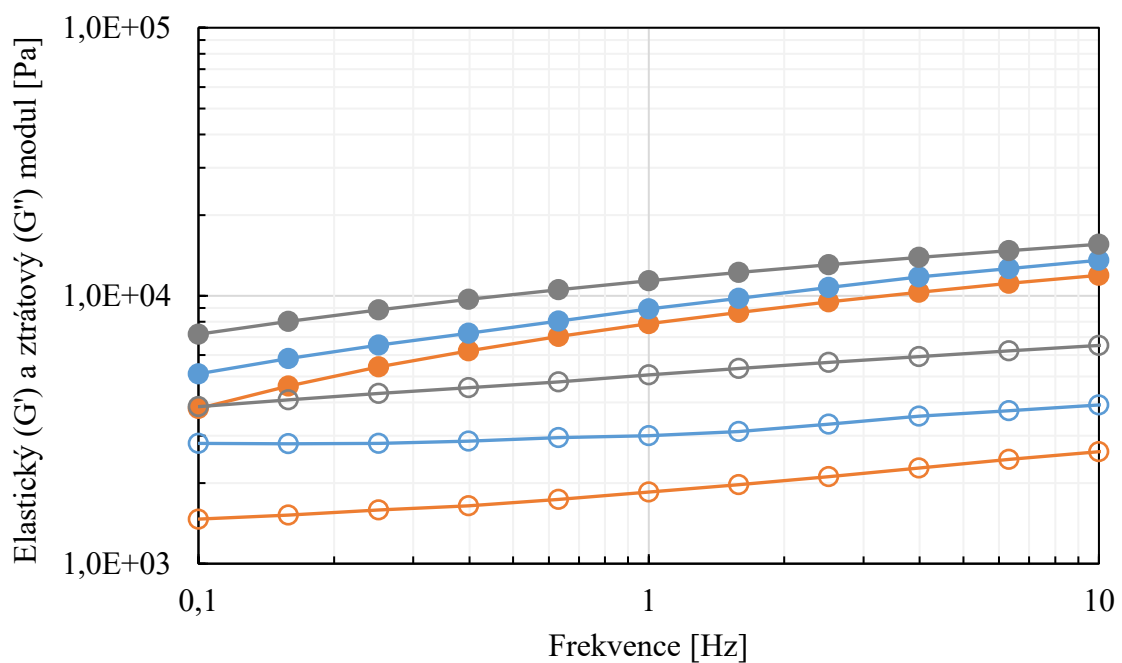
Tato odůvodnění jsou prakticky stejná jako v případě použití pektinu, i přes více či méně odlišnou chemickou strukturu zmiňovaných hydrokoloidů.

V případě vibrovaných vzorků nebyla zjištěna změna jejich viskoelastické podstaty. Elastický i ztrátový modul však vždy nabýval nižších hodnot v porovnání se vzorky nevibrovanými. Výsledky nebylo možné konfrontovat s vědeckými zdroji zkoumající stejnou problematiku. Dříve citovaná práce Lu a kol. zabývající se stirred-type jogurty zahrnovala pouze texturní a sensorické hodnocení, nicméně i při reologických měření bylo možné usuzovat na schopnost vibrací narušovat strukturu vzorků, a tím negativně ovlivňovat jejich tokové vlastnosti, navíc, když zde byla stejná trendová pozorování v rámci texturních změn [14].

Na Obrázcích 36 a 37 jsou prezentovány výsledky reologických měření uskutečněných po 30denním chladírenském skladování (6 ± 2 °C). Byla zaznamenána rostoucí tendence modulů pružnosti jak u nevibrovaných, tak i u vibrovaných vzorků, přičemž v obou případech převládal elastický charakter.



Obrázek 36: Závislost elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti na frekvenci pro nevíbrotané vzorky (30. den od výroby; $20,0 \pm 0,1$ °C): kontrola (G' ●, G'' ○); 0,50 % w/w (G' ●, G'' ○); 0,75 % w/w (G' ●, G'' ○); 1,00 % w/w (G' ●, G'' ○).



Obrázek 37: Závislost elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti na frekvenci pro víbrotané vzorky (30. den od výroby; $20,0 \pm 0,1$ °C): 0,50 % w/w (G' ●, G'' ○); 0,75 % w/w (G' ●, G'' ○); 1,00 % w/w (G' ●, G'' ○).

Vysvětlení pozorovaného vývoje nabízí Brighenti a kol., jež u vzorků CC po 4týdenním chladírenském skladování zaznamenali obdobné navýšení modulů pružnosti spojované především se strukturálními přeskupeními v bílkovinné síti a také s krystalizací mléčného tuku [125]. Sato & Ueno zmiňují změny poměrů mezi α -, β' - a β -krystalickou formou triacylglycerolů v rámci polymorfismu mléčného tuku. Především zvyšující se podíl β -formy, která vzniká při delším skladování za teplot < 10 °C, je důvodem zvyšující se tuhosti matrice [126]. U kyselě srážených kaseinových gelů roste jejich pevnost v čase vlivem tvorby elastičtějších vazeb, což je důsledkem četnějších interakcí bílkovinných řetězců. Takové strukturální přetváření je zprostředkováno hlavně elektrostatickými a vodíkovými interakcemi. [127]

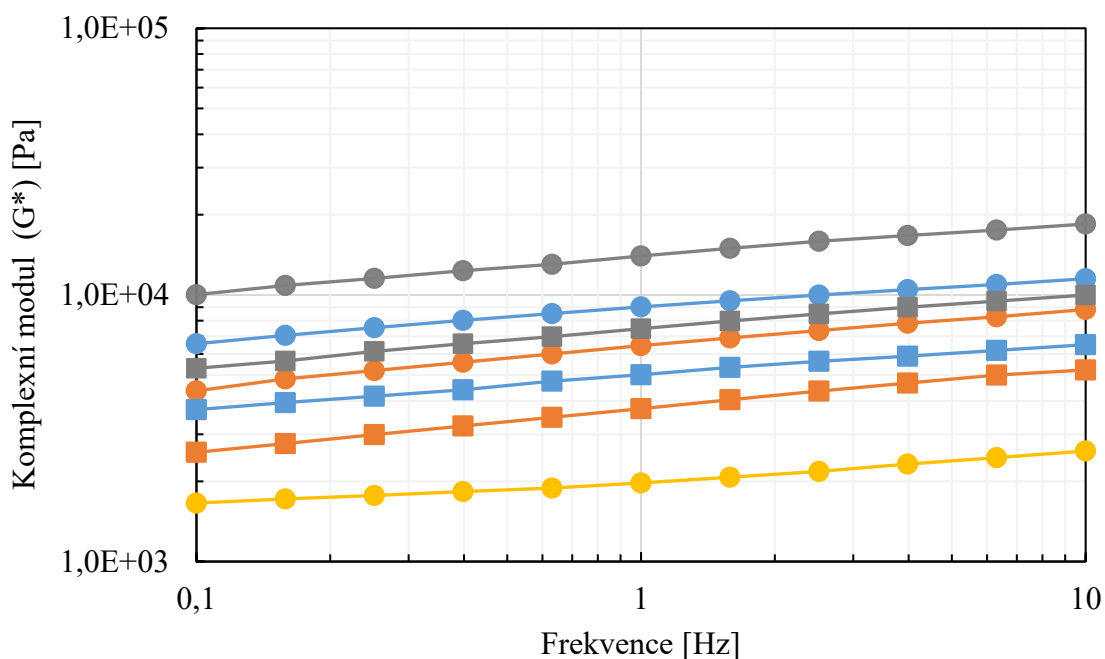
Stabilizační účinek pektinu se po skladovací době projevil v nárůstech modulů pružnosti. Ke stejným závěrům dospěli také Rubel a kol. při hodnocení roztíratelné ricotty po 14denním chladírenském skladování. Změny v reologii autoři prokázali zvýšením G' u vzorků kontrolních a s obsahem směsi xanthanové gumy a gumy guar. Zvýšení elasticity matrice se navíc projevilo vyššími hodnotami tvrdosti a roztíratelnosti. [92]

Vliv pektinu, resp. jeho koncentrace ve vzorcích, lze přičítat již dříve popisovaným vzájemným interakcím polysacharidových a bílkovinných řetězců, u kterých během skladování pravděpodobně dochází ke zvýšení intenzity jejich propojení. [128]

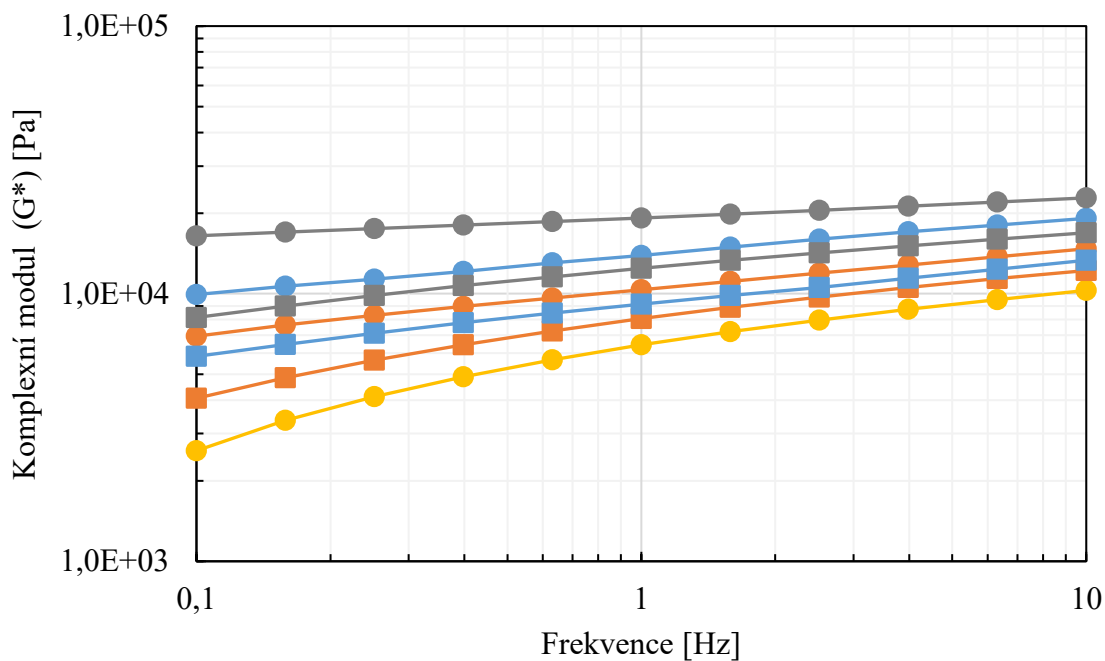
V publikaci zabývající se mléčnými dezerty Arltoft a kol. poukazují na zmiňované procesy z pohledu hodnocení nízkomethoxylovaných pektinů s různou reaktivitou na Ca^{2+} , kdy vyšší pevnost gelu byla podmíněna zvýšenou mírou adsorpce pektinu na kaseinové micely a celý proces byl podpořen použitím reaktivnějších pektinů. [115]

Vliv vibrací byl po době skladování nadále patrný. Snížené hodnoty obou viskoelastických modulů přetrvávaly, tudíž lze předpokládat, že působení vibrací mělo trvalý dopad na reologii vzorků. Žádná srovnatelná vědecká práce sledující vibracemi narušené mléčné systémy v čase nebyla nalezena.

Viskoelastické vlastnosti vzorků bylo možné hodnotit také pomocí komplexního modulu pružnosti (G^*), který zahrnuje oba zmiňované moduly pružnosti G' a G'' . Rostoucí hodnoty G^* odrážely zvyšující se koncentraci pektinu ve vzorcích. Rovněž doba skladování vedla k navýšení hodnot. Dle Wintera a Chambona tak u vzorků rosta jejich tuhost [123]. Naopak vibracím vystavené vzorky dosahovaly obecně nižších hodnot. Průběhy G^* jsou znázorněny na Obrázcích 38 a 39.



Obrázek 38: Závislost komplexního modulu pružnosti (G^*) na frekvenci pro vzorky (2. den od výroby; $20,0 \pm 0,1$ °C): kontrola (nevibrované ●): 0,50 % w/w (nevibrované ●, vibrované ■); 0,75 % w/w (nevibrované ●, vibrované ■); 1,00 % w/w (nevibrované ●, vibrované ■).



Obrázek 39: Závislost komplexního modulu pružnosti (G^*) na frekvenci pro modelové vzorky (30. den od výroby; $20,0 \pm 0,1$ °C): kontrola (nevibrované ●); 0,50 % w/w (nevibrované ●, vibrované ■); 0,75 % w/w (nevibrované ●, vibrované ■); 1,00 % w/w (nevibrované ●, vibrované ■).

Pro výstižnější zachycení naměřených rozdílů byla provedena také regresní analýza závislosti hodnot G^* (při referenční frekvenci 1 Hz) na koncentraci pektinu ve třech různých matematických modelech (lineární, kvadratické a kubické). Do analýzy byly zahrnuty vždy všechny dostupné koncentrace pektinu, což pro nevibrované vzorky čítalo 4 parametry, ovšem u vibrovaných vzorků byly z důvodu absence kontrolních vzorků započítány pouze 3 parametry. Vypočtené modely jsou znázorněny v Tabulce 9.

Tabulka 9: Regresní analýza hodnot G^* při referenční frekvenci oscilace 1 Hz. Regresní koeficienty (a_i) a koeficienty determinace (R^2) pro vybrané matematické modely.

Koncentrace pektinu [% w/w]	Komplexní modul pružnosti G^* [Pa]			
	2. den od výroby		30. den od výroby	
	nevibrované	vibrované	nevibrované	vibrované
0,00 (kontrola)	1 973	–	6 435	–
0,50	6 454	3 749	10 357	8 074
0,75	9 010	5 025	13 891	9 149
1,00	13 980	7 482	19 187	12 449
Model	Regresní koeficienty			
lineární $y = a_1 + a_2x$	$a_1 = -1 790$	$a_1 = 1 686$	$a_1 = 2 020$	$a_1 = 5 516$
	$a_2 = 3 857,7$	$a_2 = 1 866,5$	$a_2 = 4 179$	$a_2 = 2 187,5$
	$R^2 = 0,9867$	$R^2 = 0,9677$	$R^2 = 0,9920$	$R^2 = 0,9206$
kvadratický $y = a_1 + a_2x + a_3x^2$	$a_1 = -1 178,8$	$a_1 = 3 654,0$	$a_1 = 3 737,5$	$a_1 = 9 224$
	$a_2 = 3 246,5$	$a_2 = -495,5$	$a_2 = 2 461,5$	$a_2 = -2 262,5$
	$a_3 = 122,3$	$a_3 = 590,5$	$a_3 = 343,5$	$a_3 = 1 112,5$
	$R^2 = 0,9975$	$R^2 = 1,0000$	$R^2 = 0,9974$	$R^2 = 1,0000$
kubický $y = a_1 + a_2x + a_3x^2 + a_4x^3$	$a_1 = -8 772$	–	$a_1 = -25$	–
	$a_2 = 15 323$	–	$a_2 = 8 445,7$	–
	$a_3 = 5 301,5$	–	$a_3 = -2 344$	–
	$a_4 = 723,2$	–	$a_4 = 358,3$	–
	$R^2 = 1,0000$	–	$R^2 = 1,0000$	–

V modelových rovnicích představuje člen (x) koncentraci pektinu a člen (y) představuje G^* .

Na základě vypočtených koeficientů determinace (R^2) bylo zjištěno, že kvadratické nebo kubické modely popisovaly závislost hodnot G^* na koncentraci pektinu přesněji než modely lineární. Výsledky byly v souladu s prací Macků a kol., v níž byly stejným způsobem analyzovány srovnatelné parametry (koncentrace pektinu, G^*) u vzorků tavených sýrů [105].

ZÁVĚR

V diplomové práci byl vyhodnocován vliv mechanických vibrací na funkční vlastnosti tvarohových sýrů s obsahem pektinu. Cílem práce bylo vyrobit modelové vzorky s různou koncentrací pektinu a vystavit je uměle generovaným vibracím s následnou texturní, reologickou a fyzikálně-chemickou analýzou po chladírenském skladování. Dílčím cílem bylo poskytnout teoretickou rešerši zabývající se charakteristikou, historicko-legislativním kontextem a technologií výrobků typu CC, včetně části věnované hydrokoloidům a problematice vibrací při přepravě potravin.

V praktické části byly popsány použité materiály a metodika výroby a analýz vzorků. Byly vyrobeny šarže o požadovaném obsahu sušiny 34 % w/w a TVS 60 % w/w s koncentrací pektinu 0,00 (kontrola); 0,50; 0,75 a 1,00 % w/w. Část vzorků byla podrobena vibračnímu zatížení trvajícím vždy 60 min. V průběhu skladování (6 ± 2 °C) byly 2. a 30. den od výroby provedeny jmenované analýzy.

Na základě získaných výsledků jednotlivých analýz byly vyvozeny následující závěry.

- Před vlastními analýzami byl vyřazen vzorek bez obsahu pektinu (kontrola), který byl vystaven vibracím, neboť u něho došlo k viditelnému oddělení fází. Ostatní vzorky byly měřitelné a vykazovaly minimální či žádné množství uvolněné syrovátky během skladování.
- Hodnoty pH nebyly ovlivněny koncentrací pektinu ani vibracemi, avšak po 30denním skladování bylo zaznamenáno jejich mírné zvýšení, což zřejmě souviselo se zvoleným termomixérovým způsobem výroby vzorků, mj. zastavující případnou fermentační aktivitu čistým mlékařských kultur.
- Obsah sušiny vzorků nabýval po 2. i 30. dnu skladování obecně vyšších hodnot, než bylo plánováno. Rozdíly však nebyly natolik zásadní, aby znemožňovaly srovnatelnost vzorků při dalších analýzách. Vyšší obsah sušiny byl přičítán zejména použitým reálným surovinám a jejím případným kladným obsahovým odchylkám.
- Aktivita vody vzorků vykazovala obvyklé hodnoty pro tento typ produktu. Nedochovalo k významným změnám vlivem pektinu, vibrací ani doby skladování. K zachování hodnot aktivity vody i obsahu sušiny mohl kromě chladírenské teploty přispět i způsob balení vzorků do hliníkových kelímků strojně uzavřených hliníkovými víčky, což vzorkům dodalo značné bariérové vlastnosti.

- V případě texturního atributu tvrdosti byl sledován nárůst se zvyšující se koncentrací pektinu i s dobou skladování, avšak působení vibrací způsobovalo vždy pokles hodnot u srovnatelných vzorků. Stejně trendy vykazovala i roztíratelnost, která u vibrovaných vzorků značila nižší potřebnou sílu k jejich rozetření. Výsledky pružnosti, soudržnosti a gumovitosti vzorků taktéž odrážely zmiňované vlivy. Vibrace tak v obecném smyslu pravděpodobně narušovaly trojrozměrnou strukturu bílkovinné sítě sýru, snižovaly její mocnost a sílu. Na druhou stranu pektinový gel měl schopnost eliminovat takové deteriorativní změny v míře, jež byla dána jeho koncentrací a také byla podpořena dobou skladování, po kterou se navyšovala intenzita propojení mezi řetězci bílkovin a pektinu. Relativní lepivost nebyla diskutovanými faktory ovlivněna.
- Na základě reologických měření byl u všech vzorků zjištěn převažující elastický charakter. Z vývoje elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti bylo patrné zvyšování jejich hodnot s rostoucí koncentrací pektinu a dobou skladování. Vzorky vystavené vibracím si zachovávaly elastické chování, ale hodnoty modulů pružnosti byly poníženy. Nárůst tuhosti reprezentovaný komplexním modulem pružnosti (G^*) nelineárně narůstal (při referenční frekvenci 1 Hz) s vyšší koncentrací pektinu. Výsledky reologických měření korespondovaly se zachyceným vývojem texturních atributů, zejména tvrdostí, gumovitostí a roztíratelností.

Z dosažených výsledků vyplývá, že mechanické vibrace měly vliv na funkční vlastnosti modelových tvarohových sýrů, přičemž přídavek pektinu v koncentraci 0,50–1,00 % w/w účinně stabilizoval texturu vzorků. Přesto nastaly měřitelné změny v jejich texturním profilu, roztíratelnosti a reologických vlastnostech. Uvedené závěry, které diplomová práce přinesla, byly konfrontovány s dostupnou literaturou, nicméně publikací komplexně hodnotících vliv vibrací na mléčné výrobky prozatím není mnoho. I z tohoto důvodu lze tuto práci chápat jako sondu do této problematiky, která nabízí prostor pro další studium. Například přijatelnost vibracemi pozměněných vzorků by bylo vhodné zjišťovat i pomocí senzorické analýzy, která by mohla lépe odrážet reálné preference konzumentů. Z praktického hlediska může být práce přínosná pro navrhování surovinové skladby obdobných mléčných výrobků přepravovaných silniční či železniční dopravou, během níž vibrace nevyhnutelně vznikají.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] OBERMAIER, Oldřich, Vladimír ČEJNA a Jiří KOPÁČEK, 2016. *Sýry a tvarohy*. 2. přepracované vydání. Praha: Sdružení českých spotřebitelů, z.ú. Jak poznáme kvalitu? ISBN 978-80-87719-43-5.
- [2] CHANDAN, Ramesh C., Arun KILARA a Nagendra P. SHAH, 2015. *Dairy Processing and Quality Assurance*. 2nd ed. Wiley. ISBN 978-1-118-81031-6.
- [3] MARX, Jeffrey A., 2015. "The Days Had Come of Curds and Cream". *Food, Culture & Society* [online]. **15**(2), 177-195 [cit. 2024-04-27]. ISSN 1552-8014. Dostupné z: doi:10.2752/175174412X13233545145426
- [4] WOLFSCHOON POMBO, Alan F., 2021. Cream cheese: Historical, manufacturing, and physico-chemical aspects. *International Dairy Journal* [online]. **117** [cit. 2024-04-27]. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/j.idairyj.2020.104948
- [5] FAO/WHO. Standard for Cream Cheese CXS 275-1973. In: *Codex Alimentarius*. 1973–2022. Dostupné také z: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/committees/committee/related-standards/en/?committee=CCMMP>
- [6] ČESKO, 2016. Vyhláška č. 397/2016 o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. In: *Sbírka zákonů České republiky*. částka 162. Dostupné také z: <https://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=397&r=2016>
- [7] WILLIAMS, P.A. a G.O. PHILLIPS, 2009. Introduction to food hydrocolloids. In: *Handbook of Hydrocolloids* [online]. Elsevier, s. 1-22 [cit. 2024-04-27]. ISBN 9781845694142. Dostupné z: doi:10.1533/9781845695873.1
- [8] KÖRZENDÖRFER, Adrian, 2022. Vibrations and ultrasound in food processing – Sources of vibrations, adverse effects, and beneficial applications – An overview. *Journal of Food Engineering* [online]. **324** [cit. 2024-04-27]. ISSN 02608774. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfoodeng.2021.110875
- [9] TAMIME, A. Y. a R. K. ROBINSON, 2000. *Yoghurt: Science and Technology*. 2nd ed. Cambridge: Woodhead Publishing Limited. ISBN 1-85573-399-4.
- [10] FERNANDO, Indika et al., 2018. Measurement and evaluation of the effect of vibration on fruits in transit—Review. *Packaging Technology and Science* [online]. **31**(11), 723-738 [cit. 2024-04-27]. ISSN 0894-3214. Dostupné z: doi:10.1002/pts.2409

- [11] JASKULA-GOIRIS, B. et al., 2019. Influence of transport and storage conditions on beer quality and flavour stability. *Journal of the Institute of Brewing* [online]. **125**(1), 60-68 [cit. 2024-04-27]. ISSN 00469750. Dostupné z: doi:10.1002/jib.535
- [12] BERARDINELLI, A et al., 2003. Effects of Transport Vibrations on Quality Indices of Shell Eggs. *Biosystems Engineering* [online]. **86**(4), 495-502 [cit. 2024-04-27]. ISSN 15375110. Dostupné z: doi:10.1016/j.biosystemseng.2003.08.017
- [13] MACKSON, Jeffery P. a S. Paul SINGH, 1991. The effect of temperature and vibration on emulsion stability of mayonnaise in two different package types. *Packaging Technology and Science* [online]. **4**(2), 81-90 [cit. 2024-04-27]. ISSN 0894-3214. Dostupné z: doi:10.1002/pts.2770040206
- [14] LU, Anna et al., 2020. Modeling the effect of vibration on the quality of stirred yogurt during transportation. *Food Science and Biotechnology* [online]. **29**(7), 889-896 [cit. 2024-04-27]. ISSN 1226-7708. Dostupné z: doi:10.1007/s10068-020-00741-7
- [15] FAO/WHO, 1978. General Standard for Cheese CXS 283-1978. In: *Codex Alimentarius*. 1978–2022. Dostupné také z: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/committees/committee/related-standards/en/?committee=CCMMP>
- [16] KADLEC, Pavel, Karel MELZUCH a Michal VOLDŘICH, 2012. *Přehled tradičních potravinářských výrob: technologie potravin*. Ostrava: Key Publishing. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-145-0
- [17] MCSWEENEY, P.L.H., G. OTTOGALLI a P.F. FOX, 2004. Diversity of cheese varieties: An overview. In: *Major Cheese Groups* [online]. Elsevier, s. 1-23 [cit. 2024-04-26]. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. ISBN 9780122636530. Dostupné z: doi:10.1016/S1874-558X(04)80037-X
- [18] SALEK, Richardos Nikolaos et al., 2017. Tvrdost tavených sýrů vyrobených z různých druhů přírodních sýrů. *Mlékařské listy* [online]. **28**(3), 5-9 [cit. 2024-04-26]. Dostupné z: http://www.mlekarskelisty.cz/upload/soubory/pdf/2017/veda_162_s.5-9.pdf
- [19] ANDĚL, Michal, 2012. *Sýry a tvarohy ve výživě*. Praha: Česká technologická platforma pro potraviny. Publikace České technologické platformy pro potraviny. ISBN 978-80-905096-2-7.
- [20] GUINEE, T.P., M. CARIĆ a M. KALÁB, 2004. Pasteurized processed cheese and substitute/imitation cheese products. In: *Major Cheese Groups* [online]. Elsevier, s. 349-394 [cit. 2024-04-26]. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. ISBN 9780122636530. Dostupné z: doi:10.1016/S1874-558X(04)80052-6

- [21] LUCEY, J.A., 2011. Cheese | Acid- and Acid/Heat Coagulated Cheese. In: *Encyclopedia of Dairy Sciences* [online]. Elsevier, s. 698-705 [cit. 2024-04-27]. ISBN 9780123744074. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-374407-4.00083-2
- [22] SCHULZ-COLLINS, D. a B. SENGE, 2004. Acid- and acid/rennet-curd cheeses part A: Quark, cream cheese and related varieties. In: *Major Cheese Groups* [online]. Elsevier, s. 301-328 [cit. 2024-04-27]. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. ISBN 9780122636530. Dostupné z: doi:10.1016/S1874-558X(04)80049-6
- [23] TRMČÍČ, A. et al., 2017. Consensus categorization of cheese based on water activity and pH—A rational approach to systemizing cheese diversity. *Journal of Dairy Science* [online]. **100**(1), 841-847 [cit. 2024-04-27]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.2016-11621
- [24] INFORMAČNÍ CENTRUM BEZPEČNOSTI POTRAVIN. *Označování sýrů* [online]. [cit. 2024-04-27]. Dostupné z: <https://bezpecnostpotravin.cz/termin/oznacovani-syru/>
- [25] STRMISKA, Josef, Vladimír HUŠEK a Rudolf MINAŘÍK, 1991. *Výroba tvarohu a tvarohových specialit: Nové technologie*. Praha: SNTL. Technika a technologie potravinářského průmyslu. ISBN 80-03-00481-0.
- [26] ŠUSTOVÁ, Květoslava a Vladimír SÝKORA, 2013. *Mlékárenské technologie*. Brno: Mendelova univerzita. ISBN 978-80-7375-704-5.
- [27] TESCO, 2024. *Sýry a tvarohy* [online]. [cit. 2024-04-27]. Dostupné z: <https://nakup.itesco.cz/groceries/cs-CZ/shop/mlecne-vyrobky-vejce-margariny-a-vyrobky-ke-slehani/syry-a-tvarohy/all>
- [28] ROHLIK.CZ, 2024. *Smetanové, čerstvé, cottage a tavené* [online]. [cit. 2024-04-27]. Dostupné z: <https://www.rohlik.cz/c300105031-smetanove-cerstve-cottage-a-tavene>
- [29] PHADUNGATH, Chanokphat, 2005. Cream cheese products: A review. *Songklanakarín Journal of Science and Technology* [online]. **27**(1), 191-199 [cit. 2024-04-27]. ISSN 0125-3395. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/26473401_Cream_cheese_products_A_review
- [30] MIRES, Charlene, 2018. Philadelphia Cream Cheese. *Encyclopedia of Greater Philadelphia* [online]. Camden (New Jersey): Rutgers, The State University of New Jersey [cit. 2024-04-27]. Dostupné z: <https://philadelphiaencyclopedia.org/essays/philadelphia-cream-cheese/>

- [31] COYAU, 2015. Neufchâtel (cheese). In: *Wikimedia Commons* [online]. [cit. 2024-04-27]. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:C%C5%93ur_de_Neufch%C3%A2tel_08.jpg
- [32] U.S. FOOD & DRUG ADMINISTRATION, 1993. § 133.133 Cream cheese. In: *Code of Federal Regulations*. titul 21, kapitola I, podkapitola B, část 133, podčást B. Dostupné také z: <https://www.ecfr.gov/current/title-21/section-133.133>
- [33] EVROPSKÁ KOMISE, 2024. Režimy jakosti - přehled. *Evropská komise* [online]. [cit. 2024-04-27]. Dostupné z: https://agriculture.ec.europa.eu/farming/geographical-indications-and-quality-schemes/geographical-indications-and-quality-schemes-explained_cs
- [34] EVROPSKÁ KOMISE, 2024. *E-Ambrosia: rejstřík zeměpisných označení EU* [online]. [cit. 2024-04-27]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/agriculture/eambrosia/geographical-indications-register/>
- [35] EVROPSKÁ UNIE, 2004. 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: *Úřední věstník Evropské unie*. L 139. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A02004R0853-20230215>
- [36] EVROPSKÁ UNIE, 2008. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 ze dne 16. prosince 2008 o potravinářských přídatných látkách (Text s významem pro EHP)Text s významem pro EHP. In: *Úřední věstník Evropské unie*. L 354. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2008/1333/2024-04-23?locale=cs>
- [37] TAMIME, A. Y., 2009. *Dairy Fats and Related Products* [online]. Wiley [cit. 2024-04-27]. ISBN 9781405150903. Dostupné z: doi:10.1002/9781444316223
- [38] JANŠTOVÁ, Bohumíra et al., 2012. *Technologie mléka a mléčných výrobků* [online]. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno [cit. 2021-12-03]. ISBN 978-80-7305-637-7. Dostupné z: <https://cit.vfu.cz/ivbp/wp-content/uploads/2011/07/Janstova-skripta-web.pdf>
- [39] NINGTYAS, Dian Widya et al., 2017. A tribological analysis of cream cheeses manufactured with different fat content. *International Dairy Journal* [online]. **73**, 155-165 [cit. 2024-04-27]. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/j.idairyj.2017.06.005

- [40] GUINEE, T. P., P. D. PUDJA a N. Y. FARKYE, 1993. Fresh Acid-Curd Cheese Varieties. In: FOX, P. F., ed. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology* [online]. Boston, MA: Springer US, s. 363-419 [cit. 2024-04-27]. ISBN 978-1-4613-6137-4. Dostupné z: doi:10.1007/978-1-4615-2648-3_13
- [41] HUTKINS, Robert W., 2006. *Microbiology and Technology of Fermented Foods* [online]. Wiley [cit. 2024-04-27]. ISBN 9780813800189. Dostupné z: doi:10.1002/9780470277515
- [42] HAMMELEHLE, Bernd, 1994. *Die Direktsäuerung von Milch: Untersuchungen zur gezielten Einflussnahme auf Textur und Konsistenz gesäuerter Milchgele*. TU München-Weihenstephan.
- [43] LEHMANN, H.R., E. DOLLE a H. BTICKER, 1991. *Processing Lines for the Production of Soft Cheese* [online]. Oelde: Westfalia Separator [cit. 2024-04-27]. Dostupné z: <https://www.machineryworld.com/wp-content/uploads/2018/10/Westfalia-KDB30-02-076-Bactofuge.pdf>
- [44] GULZAR, Nabila et al., 2015. Nutritional and Functional Properties of Fruited Cream Cheese Spread as Influenced by Hydrocolloids. *Journal of Food and Nutrition Research* [online]. Science and Education Publishing, 3(3), 191-195 [cit. 2024-04-27]. Dostupné z: doi:10.12691/jfnr-3-3-10
- [45] SAHA, Dipjyoti a Suvendu BHATTACHARYA, 2010. Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review. *Journal of Food Science and Technology* [online]. 47(6), 587-597 [cit. 2024-04-27]. ISSN 0022-1155. Dostupné z: doi:10.1007/s13197-010-0162-6
- [46] ROCHA, C. et al., 2009. Rheological and structural characterization of gels from whey protein hydrolysates/locust bean gum mixed systems. *Food Hydrocolloids* [online]. 23(7), 1734-1745 [cit. 2024-04-27]. ISSN 0268005X. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodhyd.2009.02.005
- [47] SKURRAY, Geoffrey, 2007. *Decoding Food Additives: A Comprehensive Guide to Food Additives and Food Labelling*. Hachette Australia. ISBN 978-0733622243.
- [48] LEROUX, J. et al., 2003. Emulsion stabilizing properties of pectin. *Food Hydrocolloids* [online]. 17(4), 455-462 [cit. 2024-04-27]. ISSN 0268005X. Dostupné z: doi:10.1016/S0268-005X(03)00027-4
- [49] ENDRESS, H.-U. a S.H. CHRISTENSEN, 2009. Pectins. In: *Handbook of Hydrocolloids* [online]. Elsevier, s. 274-297 [cit. 2024-04-27]. ISBN 9781845694142. Dostupné z: doi:10.1533/9781845695873.274

- [50] CASTILE, Jonathan et al., 2012. Development of in vitro models to demonstrate the ability of PecSys®, an in situ nasal gelling technology, to reduce nasal run-off and drip. *Drug Development and Industrial Pharmacy* [online]. **39**(5), 816-824 [cit. 2024-04-27]. ISSN 0363-9045. Dostupné z: doi:10.3109/03639045.2012.707210
- [51] WUSIGALE, Li LIANG a Yangchao LUO, 2020. Casein and pectin: Structures, interactions, and applications. *Trends in Food Science & Technology* [online]. **97**, 391-403 [cit. 2024-04-27]. ISSN 09242244. Dostupné z: doi:10.1016/j.tifs.2020.01.027
- [52] MAROZIENE, A a C.G. DE KRUIF, 2000. Interaction of pectin and casein micelles. *Food Hydrocolloids* [online]. **14**(4), 391-394 [cit. 2024-04-29]. ISSN 0268005X. Dostupné z: doi:10.1016/S0268-005X(00)00019-9
- [53] TUINIER, R., C. ROLIN a C. G. DE KRUIF, 2002. Electrosorption of Pectin onto Casein Micelles. *Biomacromolecules* [online]. **3**(3), 632-638 [cit. 2024-04-27]. ISSN 1525-7797. Dostupné z: doi:10.1021/bm025530x
- [54] ČERNÍKOVÁ, Michaela et al., 2008. Effect of carrageenan type on viscoelastic properties of processed cheese. *Food Hydrocolloids* [online]. **22**(6), 1054-1061 [cit. 2024-04-27]. ISSN 0268005X. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodhyd.2007.05.020
- [55] IMESON, A.P., 2009. Carrageenan and furcellaran. In: *Handbook of Hydrocolloids* [online]. Elsevier, s. 164-185 [cit. 2024-04-27]. ISBN 9781845694142. Dostupné z: doi:10.1533/9781845695873.164
- [56] UDO, Toshifumi et al., 2023. Current and emerging applications of carrageenan in the food industry. *Food Research International* [online]. **173** [cit. 2024-04-27]. ISSN 09639969. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodres.2023.113369
- [57] MOTARJEMI, Yasmine, 2014. *Encyclopedia of Food Safety*. London: Elsevier. ISBN 978-0-12-378612-8.
- [58] SVOBODA, Vladimír, 2006. *Doprava jako součást logistických systémů*. Praha: Radix. ISBN 80-86031-68-3.
- [59] EVROPSKÁ UNIE, 2004. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 852/2004 ze dne 29. dubna 2004 o hygieně potravin. In: *Úřední věstník Evropské unie*. L 139. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A02004R0852-20210324>

- [60] EVROPSKÁ KOMISE, 2016. Sdělení Komise – Pokyny k provádění systémů řízení bezpečnosti potravin zaměřené na programy nezbytných předpokladů (PNP) a postupy založené na zásadách HACCP, včetně otázek zjednodušení/pružnosti jejich provádění v některých potravinářských podnicích. In: *Úřední věstník Evropské unie*. C 278. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX%3A52016XC0730%2801%29>
- [61] ČESKO, 2016. Sdělení Ministerstva zahraničních věcí č. 32/2016 Sb. m. s., kterým se vyhláší konsolidovaný text Dohody o mezinárodních přepravách zkazitelných potravin a o specializovaných prostředcích určených pro tyto přepravy (ATP). In: *Sbírka mezinárodních smluv České republiky*. částka 19. Dostupné také z: <https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=r&id=119>
- [62] DUNNO, K. et al., 2016. The effects of transportation hazards on shelf life of packaged potato chips. *Food Packaging and Shelf Life* [online]. **8**, 9-13 [cit. 2024-04-27]. ISSN 22142894. Dostupné z: doi:10.1016/j.fpsl.2016.02.003
- [63] PATERNOSTER, A. et al., 2018. Vibration and shock analysis of specific events during truck and train transport of food products. *Food Packaging and Shelf Life* [online]. **15**, 95-104 [cit. 2024-04-27]. ISSN 22142894. Dostupné z: doi:10.1016/j.fpsl.2017.12.002
- [64] KELLY, S. Graham, 2012. *Mechanical Vibrations: Theory and Applications*. Stamford (Connecticut): Cengage Learning. ISBN 978-1-4390-6214-2.
- [65] HALLIDAY, David, Robert RESNICK a Jearl WALKER, 2005. *Fundamentals of physics*. 7th ed. Hoboken: Wiley. ISBN 0-471-46509-7.
- [66] MAGDA, Králová, 2007. *Tlumené kmitání: Závislost okamživé výchylky na čase* [online]. In: TECHMANIA SCIENCE CENTER O.P.S. [cit. 2024-04-27]. Dostupné z: <https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/akustika/kmitani/tlumene-kmitani>
- [67] ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI, 2020. *ČSN EN ISO 13355 (77 0646) Obaly - Kompletní přepravní balení a manipulační jednotky - Zkouška náhodnými vertikálními vibracemi*. Praha: Česká agentura pro standardizaci.
- [68] BÖRÖCZ, Péter a S. Paul SINGH, 2017. Measurement and Analysis of Vibration Levels in Rail Transport in Central Europe. *Packaging Technology and Science* [online]. **30**(8), 361-371 [cit. 2024-04-27]. ISSN 0894-3214. Dostupné z: doi:10.1002/pts.2225

- [69] RICHMOND, M.L. et al., 1985. Physical Damage of Yogurt. The Role of Secondary Packaging on Stability of Yogurt. *Journal of Food Protection* [online]. **48**(6), 482-486 [cit. 2024-04-28]. ISSN 0362028X. Dostupné z: doi:10.4315/0362-028X-48.6.482
- [70] WALSTRA, P. et al., 2005. *Dairy Science and Technology* [online]. CRC Press [cit. 2024-04-28]. 2nd ed. ISBN 9780429116148. Dostupné z: doi:10.1201/9781420028010
- [71] TEMME, Philipp et al., 2021. Vibrations as a cause of texture defects during yogurt manufacturing – Formation of vibrations and their propagation in dairy production lines. *Journal of Food Engineering* [online]. **293** [cit. 2024-04-28]. ISSN 02608774. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfoodeng.2020.110369
- [72] KÖRZENDÖRFER, Adrian et al., 2018. Vibration-induced particle formation during yogurt fermentation—Effect of frequency and amplitude. *Journal of Dairy Science* [online]. **101**(5), 3866-3877 [cit. 2024-04-28]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.2017-13905
- [73] KÖRZENDÖRFER, Adrian et al., 2021. Vibrations as a cause of texture defects during the acid-induced coagulation of milk – Fluid dynamic effects and their impact on physical properties of stirred yogurt. *Journal of Food Engineering* [online]. **292** [cit. 2024-04-28]. ISSN 02608774. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfoodeng.2020.110254
- [74] JAROMĚŘICKÁ MLÉKÁRNA, 2024. Jaroměřický tvaroh tučný. In: *Jaroměřická mlékárna 1937* [online]. [cit. 2024-04-28]. Dostupné z: <https://mlekarna.cz/portfolio/cz/jaromericky-tvaroh-tucny>
- [75] BOHEMILK, 2024. Creme fraiche. In: *Bohemilk Opočno* [online]. [cit. 2024-04-28]. Dostupné z: <https://bohemilk.cz/produkt/creme-fraiche/>
- [76] VODÁRNA ZLÍN, 2024. Provozované vodovody. *Vodárna Zlín* [online]. [cit. 2024-04-28]. Dostupné z: <https://www.vodarnazlin.cz/o-nas/provozovane-vodovody/>
- [77] HERBSTREITH & FOX, 2024. The Specialists for Pectin. *Herbstreith & Fox* [online]. Neuenbürg [cit. 2024-04-28]. Dostupné z: <https://www.herbstreith-fox.de/en/>. Katalog pektinových produktů (v PDF).
- [78] VORWERK, 2024. Thermomix TM6. In: *Vorwerk* [online]. [cit. 2024-04-28]. Dostupné z: <https://www.vorwerk.cz/thermomix-tm6>

- [79] LABTEK SERVICES, 2024. HANNA HI-99161 – Handheld Food and Dairy pH Meter. In: *Labtek Services LTS* [online]. [cit. 2024-04-28]. Dostupné z: <https://labtekservices.co.uk/product/hanna-hi-99161n-handheld-food-and-dairy-ph-meter/>
- [80] ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2005. ČSN EN ISO 5534 (57 1003) *Sýry a tavené sýry - Stanovení obsahu celkové sušiny (Referenční metoda)*. Praha: Český normalizační institut.
- [81] ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI, 2022. ČSN ISO 18787 (56 0627) *Potraviny - Stanovení aktivity vody*. Praha: Česká agentura pro standardizaci.
- [82] BARBOSA-CÁNOVAS, Gustavo V. et al., 2020. *Water Activity in Foods* [online]. 2nd ed. Wiley [cit. 2024-04-28]. ISBN 9781118768310. Dostupné z: doi:10.1002/9781118765982
- [83] AQUALAB, 2024. AQUALAB 4TE Accurate and reliable water activity meter. In: *AQUALAB* [online]. [cit. 2024-04-28]. Dostupné z: <https://aqualab.com/en/products/aqualab-4te-water-activity-meter>
- [84] ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI, 2020. ČSN ISO 11036 (56 0034) *Senzorická analýza - Metodologie - Profil textury*. Praha: Česká agentura pro standardizaci.
- [85] CHEN, J. a A. ROSENTHAL, 2015. Food texture and structure. In: *Modifying Food Texture* [online]. Elsevier, s. 3-24 [cit. 2024-04-28]. ISBN 9781782423331. Dostupné z: doi:10.1016/B978-1-78242-333-1.00001-2
- [86] SALEK, Richardos Nikolaos et al., 2020. The impact of Chios mastic gum on textural, rheological and melting properties of spread-type processed cheese during storage. *International Dairy Journal* [online]. **109** [cit. 2024-04-28]. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/j.idairyj.2020.104755
- [87] RAHMAN, M. Shafiur, 2005. Dried Food Properties: Challenges Ahead. *Drying Technology* [online]. **23**(4), 695-715 [cit. 2024-04-28]. ISSN 0737-3937. Dostupné z: doi:10.1081/DRT-200054176
- [88] SZCZESNIAK, Alina Surmacka, 2002. Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference* [online]. **13**(4), 215-225 [cit. 2024-04-28]. ISSN 09503293. Dostupné z: doi:10.1016/S0950-3293(01)00039-8

- [89] SARI, Kartika Indah, Anggun RAFISA a Sivakumar NUUVULA, 2023. Chewing and Swallowing Patterns for Different Food Textures in Healthy Subjects. *International Journal of Dentistry* [online]. **2023**, 1-8 [cit. 2024-04-28]. ISSN 1687-8736. Dostupné z: doi:10.1155/2023/6709350
- [90] BRIGHENTI, M. et al., 2008. Characterization of the Rheological, Textural, and Sensory Properties of Samples of Commercial US Cream Cheese with Different Fat Contents. *Journal of Dairy Science* [online]. **91**(12), 4501-4517 [cit. 2024-04-28]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.2008-1322
- [91] BAYARRI, S., I. CARBONELL a E. COSTELL, 2012. Viscoelasticity and texture of spreadable cheeses with different fat contents at refrigeration and room temperatures. *Journal of Dairy Science* [online]. **95**(12), 6926-6936 [cit. 2024-04-28]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.2012-5711
- [92] RUBEL, Irene A. et al., 2019. Spreadable ricotta cheese with hydrocolloids: Effect on physicochemical and rheological properties. *International Dairy Journal* [online]. **94**, 7-15 [cit. 2024-04-28]. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/j.idairyj.2019.03.002
- [93] MCMULLEN, Roger L. et al., 2014. Image of a Texture Analyzer (TA.XT Plus, Texture Technologies, Scarsdale, NY). In: *Apply Topically: A Practical Guide to Formulating Topical Application* [online]. Allured Publishing, s. 143 [cit. 2024-04-28]. ISBN 978-1937235512. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/264368215_Emulsions_and_their_characterization_by_texture_profile_analysis
- [94] TEXTURE TECHNOLOGIES CORP., 2024. Accessories: Probes & Fixtures. *Texture Technologies Corp. and Stable Micro Systems* [online]. [cit. 2024-04-28]. Dostupné z: <https://texturetechnologies.com/accessories/probes-and-fixtures>. Výběr z nabídky sond a příslušenství pro texturometr.
- [95] ANTON PAAR, 2024. Amplitude sweeps. *Anton Paar* [online]. [cit. 2024-04-28]. Dostupné z: <https://wiki.anton-paar.com/en/amplitude-sweeps/>
- [96] NORTON, Ian T., Fotios SPYROPOULOS a Philip COX, 2011. *Practical Food Rheology* [online]. Wiley [cit. 2024-04-28]. ISBN 9781405199780. Dostupné z: doi:10.1002/9781444391060
- [97] ANTON PAAR, 2024. Frequency sweeps. *Anton Paar* [online]. [cit. 2024-04-28]. Dostupné z: <https://wiki.anton-paar.com/en/frequency-sweeps/>

- [98] PISKA, I, ŠTĚNINA, J., IPSEN, R.H., QWIST, K.B, 2002. Mikrostruktura a reologické vlastnosti vysokotučného taveného sýry. In: *Sborník Celostátní přehlídky sýrů 2002*. Praha: Česká společnost chemická, 192-196. ISBN 80-86238-21-0.
- [99] UNIVERSIDAD DE MÁLAGA. Bohlin Gemini 150. In: *Universidad de Málaga* [online]. [cit. 2024-04-28]. Dostupné z: <http://www.gre.uma.es/Gemini.htm>
- [100] NEXUS ANALYTICS, 2024. Kinexus Pro+ Rheometer. In: *Nexus Analytics* [online]. [cit. 2024-04-28]. Dostupné z: <https://www.nexus-analytics.com.my/product/kinexus-pro-rheometer/>
- [101] VINCOVÁ, Anna et al., 2023. The Impact of Divergent Algal Hydrocolloids Addition on the Physicochemical, Viscoelastic, Textural, and Organoleptic Properties of Cream Cheese Products. *Foods* [online]. **12**(8) [cit. 2024-04-29]. ISSN 2304-8158. Dostupné z: [doi:10.3390/foods12081602](https://doi.org/10.3390/foods12081602)
- [102] KAHKASHAN PERVEEN, 2011. Effect of temperature on shelf life, chemical and microbial properties of cream cheese. *AFRICAN JOURNAL OF BIOTECHNOLOGY* [online]. **10**(74) [cit. 2024-04-29]. ISSN 16845315. Dostupné z: [doi:10.5897/AJB11.1695](https://doi.org/10.5897/AJB11.1695)
- [103] WERAGAMA, Dilshani et al., 2021. The physicochemical, microbiological, and organoleptic properties and antioxidant activities of cream cheeses fortified with dried curry leaves (*Murraya koenigii* L.) powder. *Food Science & Nutrition* [online]. **9**(10), 5774-5784 [cit. 2024-04-29]. ISSN 2048-7177. Dostupné z: [doi:10.1002/fsn3.2551](https://doi.org/10.1002/fsn3.2551)
- [104] MARCHESSEAU, S. et al., 1997. Influence of pH on Protein Interactions and Microstructure of Process Cheese. *Journal of Dairy Science* [online]. **80**(8), 1483-1489 [cit. 2024-04-29]. ISSN 00220302. Dostupné z: [doi:10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76076-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76076-4)
- [105] MACKŮ, Ivana et al., 2008. The effect of pectin concentration on viscoelastic and sensory properties of processed cheese. *International Journal of Food Science & Technology* [online]. **43**(9), 1663-1670 [cit. 2024-04-29]. ISSN 0950-5423. Dostupné z: [doi:10.1111/j.1365-2621.2008.01734.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2008.01734.x)
- [106] WEISEROVÁ, Eva et al., 2011. The effect of combinations of sodium phosphates in binary mixtures on selected texture parameters of processed cheese spreads. *International Dairy Journal* [online]. **21**(12), 979-986 [cit. 2024-04-29]. ISSN 09586946. Dostupné z: [doi:10.1016/j.idairyj.2011.06.006](https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2011.06.006)

- [107] MØLLER, Sandie M. et al., 2012. Water Properties in Cream Cheeses with Variations in pH, Fat, and Salt Content and Correlation to Microbial Survival. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. **60**(7), 1635-1644 [cit. 2024-04-29]. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/jf204371v
- [108] CORREIA, Paula et al., 2021. Influence of temperature and packaging materials in ewe's cheeses storage. *Journal of Hygienic Engineering and Design* [online]. [cit. 2024-04-29]. UDC 637.3:[621.798:66.045.5(492)]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/350687732_INFLUENCE_OF_TEMPERATURE_AND_PACKAGING_MATERIALS_IN_EWE'S_CHEESES_STORAGE
- [109] GABRIELE, Domenico, Bruno DE CINDIO a Paolo D'ANTONA, 2001. A weak gel model for foods. *Rheologica Acta* [online]. **40**(2), 120-127 [cit. 2024-04-29]. ISSN 0035-4511. Dostupné z: doi:10.1007/s003970000139
- [110] SZKOLNICKA, Katarzyna, Izabela DMYTRÓW a Anna MITUNIEWICZ-MAŁEK, 2021. The Characteristics of Quark Cheese Made from Buttermilk during Refrigerated Storage. *Foods* [online]. **10**(8) [cit. 2024-04-29]. ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods10081783
- [111] ADHIKARI, B. et al., 2001. Stickiness in Foods: A Review of Mechanisms and Test Methods. *International Journal of Food Properties* [online]. **4**(1), 1-33 [cit. 2024-04-29]. ISSN 1094-2912. Dostupné z: doi:10.1081/JFP-100002186
- [112] PÓŁTORAK, A. et al., 2015. Correlation between instrumental texture and colour quality attributes with sensory analysis of selected cheeses as affected by fat contents. *International Journal of Food Science & Technology* [online]. **50**(4), 999-1008 [cit. 2024-04-29]. ISSN 0950-5423. Dostupné z: doi:10.1111/ijfs.12707
- [113] CAI, Huifang et al., 2024. Relationship between the perception of complex textural attributes and the bolus properties of cheese. *Food Hydrocolloids* [online]. **150** [cit. 2024-04-29]. ISSN 0268005X. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodhyd.2023.109713
- [114] MÉNDEZ, D.A. et al., 2021. Understanding the different emulsification mechanisms of pectin: Comparison between watermelon rind and two commercial pectin sources. *Food Hydrocolloids* [online]. **120** [cit. 2024-04-29]. ISSN 0268005X. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodhyd.2021.106957
- [115] ARLTOFT, D., F. MADSEN a R. IPSEN, 2008. Relating the microstructure of pectin and carrageenan in dairy desserts to rheological and sensory characteristics. *Food Hydrocolloids* [online]. **22**(4), 660-673 [cit. 2024-04-29]. ISSN 0268005X. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodhyd.2007.01.025

- [116] NICKERSON, M.T., A.T. PAULSON a F.R. HALLETT, 2004. Dilute solution properties of κ -carrageenan polysaccharides: effect of potassium and calcium ions on chain conformation. *Carbohydrate Polymers* [online]. **58**(1), 25-33 [cit. 2024-04-29]. ISSN 01448617. Dostupné z: doi:10.1016/j.carbpol.2004.06.017
- [117] BRIGHENTI, M. et al., 2020. Behavior of stabilizers in acidified solutions and their effect on the textural, rheological, and sensory properties of cream cheese. *Journal of Dairy Science* [online]. **103**(3), 2065-2076 [cit. 2024-04-29]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.2019-17487
- [118] LIU, He, Xue Ming XU a Shi Dong GUO, 2008. Comparison of full-fat and low-fat cheese analogues with or without pectin gel through microstructure, texture, rheology, thermal and sensory analysis. *International Journal of Food Science & Technology* [online]. **43**(9), 1581-1592 [cit. 2024-04-29]. ISSN 0950-5423. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2621.2007.01616.x
- [119] KOCA, Nurcan a Mustafa METIN, 2004. Textural, melting and sensory properties of low-fat fresh kashar cheeses produced by using fat replacers. *International Dairy Journal* [online]. **14**(4), 365-373 [cit. 2024-04-29]. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/j.idairyj.2003.08.006
- [120] MULIAWAN, Edward Budi, 2008. *Rheology and processing of mozzarella cheese* [online]. Vancouver [cit. 2024-04-29]. Dostupné z: <https://open.library.ubc.ca/media/stream/pdf/24/1.0058597/1>. Disertační práce. The University of British Columbia.
- [121] TAMIME, A. Y., 2011. *Processed Cheese and Analogues* [online]. Wiley [cit. 2024-04-29]. ISBN 9781405186421. Dostupné z: doi:10.1002/9781444341850
- [122] SCHÄDLE, Christopher N., Stephanie BADER-MITTERMAIER a Solange SANAHUJA, 2022. The Effect of Corn Dextrin on the Rheological, Tribological, and Aroma Release Properties of a Reduced-Fat Model of Processed Cheese Spread. *Molecules* [online]. **27**(6) [cit. 2024-04-29]. ISSN 1420-3049. Dostupné z: doi:10.3390/molecules27061864
- [123] WINTER, H. Henning a Francois CHAMBON, 1986. Analysis of Linear Viscoelasticity of a Crosslinking Polymer at the Gel Point. *Journal of Rheology* [online]. **30**(2), 367-382 [cit. 2024-04-29]. ISSN 0148-6055. Dostupné z: doi:10.1122/1.549853
- [124] KŮROVÁ, V. et al., 2022. The effect of homogenization and addition of polysaccharides on the viscoelastic properties of processed cheese sauce. *Journal of Dairy Science* [online]. **105**(8), 6563-6577 [cit. 2024-04-29]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.2021-21520

- [125] BRIGHENTI, M. et al., 2018. Effects of processing conditions on the texture and rheological properties of model acid gels and cream cheese. *Journal of Dairy Science* [online]. **101**(8), 6762-6775 [cit. 2024-04-29]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.2018-14391
- [126] SATO, Kiyotaka a Satoru UENO, 2011. Crystallization, transformation and microstructures of polymorphic fats in colloidal dispersion states. *Current Opinion in Colloid & Interface Science* [online]. **16**(5), 384-390 [cit. 2024-04-29]. ISSN 13590294. Dostupné z: doi:10.1016/j.cocis.2011.06.004
- [127] RENAN, Marie et al., 2008. The rebodding of stirred yoghurt: interactions between proteins. *Journal of Dairy Research* [online]. **75**(4), 450-456 [cit. 2024-04-29]. ISSN 0022-0299. Dostupné z: doi:10.1017/S002202990800352X
- [128] KŮROVÁ, Vendula, 2023. *Vliv procesních parametrů a složení surovinové skladby na jakost vybraných mléčných výrobků* [online]. Zlín [cit. 2024-04-29]. Dostupné z: <https://digilib.k.utb.cz/handle/10563/52459>. Disertační práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická, Ústav technologie potravin. Vedoucí práce Salek, Richardos Nikolaos. ISBN 978-80-7678-189-4.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ang.	anglicky
ATP	Agreement on the International Carriage of Perishable Foodstuffs and on the Special Equipment to be used for such Carriage (mezinárodní dohoda)
a.s.	akciová společnost (forma právnické osoby, Česko)
a_w	aktivita vody
CC	cream cheese (dle „Standard For Cream Cheese“, Codex Alimentarius)
CFR	Code of Federal Regulations (sbírka právních předpisů, USA)
CIP	Clean-in-place (metoda čištění)
Co.	Company / Corporation (typ vlastnictví společnosti)
ČKS	čerstvé kyselé sýry
EU	Evropská unie
FAO	Food and Agriculture Organization (Organizace pro výživu a zemědělství)
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung (forma právnické osoby, Německo)
HACCP	Hazard Analysis and Critical Control Points (systém bezpečnosti potravin)
CHOP	chráněné označením původu (označení režimu jakosti potravin v EU)
CHZO	chráněné zeměpisné označení (označení režimu jakosti potravin v EU)
Inc.	Incorporated (firma zapsaná v rejstříku, USA)
LBG	Locust Bean Gum (také karobová guma, potravinářská přídatná látka)
<i>Lc.</i>	rod <i>Lactococcus</i>
Ltd.	Limited (forma právnické osoby, např. ve Velké Británii)
LVE	lineární viskoelasticita
ot.	otáčky
pH	Potential of Hydrogen (číslo určující kyselost/zásaditost roztoku)
PSD	Power Spectral Density (výkonová spektrální hustota)
s.r.o.	společnost s ručením omezeným (forma právnické osoby, Česko)
TPA	texturní profilová analýza
TVS	obsah tuku v sušině
USA	Spojené státy americké
ÚTP	Ústav technologie potravin, Fakulty technologické Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně.
ÚV	úpravna vody
WHO	World Health Organization (Světová zdravotnická organizace)

WTPH	obsah vody v tukuprosté hmotě sýru (dle vyhlášky 397/2016 Sb.)
ZTS	zaručená tradiční specialita (označení režimu jakosti potravin v EU)
δ	delta – fázový úhel mezi smykovým napětím a deformací
σ	sigma – smykové napětí
$^{\circ}\text{C}$	stupeň Celsia (jednotka teploty)
$^{\circ}\text{SH}$	stupeň Soxhlet-Henkela (jednotka titrační kyselosti potravin)
% w/w	procenta hmotnostní

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Obecné schéma výroby čerstvých sýrů srážených kyselé a kyselé/tepelně. [22, upraveno]	19
Obrázek 2: Přehled vybraných produktů s konkretizovaným názvem. [27, 28].....	20
Obrázek 3: Neufchâtel – původně francouzský drobný sýr s plísní na povrchu. [4, 31]....	22
Obrázek 4: Označení pro výrobky z režimů jakosti EU. [33, upraveno].....	24
Obrázek 5: Zjednodušený mechanismus gelovatění nízkomethoxylovaného pektinu. [50]	32
Obrázek 6: Popis vybraných veličin u tlumeného periodického harmonického kmitání. [66, upraveno]	36
Obrázek 7: PSD profil vibrací při železniční přepravě ve střední Evropě. [68].....	37
Obrázek 8: Jaroměřický tučný tvaroh 250 g. [74]	41
Obrázek 9: Crème fraîche zakysaná smetana 1 kg. [75]	42
Obrázek 10: Vorwerk Thermomix TM6. [78].....	43
Obrázek 11: Test Sieve Shaker HAVER EML 200 Digital Plus T s aretovanou nádobou.	45
Obrázek 12: Otevřená nádoba se zajištěnými vzorky a chladičími sáčky.	45
Obrázek 13: pH-metr Foodcare HI 99161. [79]	46
Obrázek 14: Hliníková miska s připraveným zkušebním podílem vzorku.....	47
Obrázek 15: AquaLab 4TE s otevřenou měřicí komorou a vloženou vzorkovnicí. [83].....	49
Obrázek 16: Průběh TPA při penetraci vzorku sondou. [87, upraveno].....	50
Obrázek 17: Křivka získaná měřením roztíratelnosti. [91, upraveno].....	51
Obrázek 18: Analyzátor textury TA.XT Plus s použitými sondami (cylindrická o průměru 20 mm a kónická v setu male-female). [93, 94]	52
Obrázek 19: Závislosti G' a G'' na smykovém napětí (σ) vykazují konstantní hodnoty v oblasti LVE. [95, upraveno]	53
Obrázek 20: Rotační reometr Bohlin Gemini CVOR 150 (vlevo) a dynamický smykový reometr Kinexus Pro+ (vpravo). [99, 100]	55
Obrázek 21: Vibrované vzorky 2. den od výroby; kontrolní bez pektinu (vlevo) a s 0,50 % w/w pektinu (vpravo).....	56
Obrázek 22: Hodnoty pH sledovaných vzorků: ■ 2. den / nevibrované, ■ 2. den / vibrované, ■ 30. den / nevibrované, ■ 30. den / vibrované.....	57
Obrázek 23: Hodnoty obsahu sušiny sledovaných vzorků: ■ 2. den / nevibrované, ■ 2. den / vibrované, ■ 30. den / nevibrované, ■ 30. den / vibrované.....	59
Obrázek 24: Hodnoty aktivity vody sledovaných vzorků: ■ 2. den / nevibrované, ■ 2. den / vibrované, ■ 30. den / nevibrované, ■ 30. den / vibrované.....	60
Obrázek 25: Hodnoty tvrdosti (TPA, cylindrická sonda) sledovaných vzorků: ■ 2. den / nevibrované, ■ 2. den / vibrované.	61
Obrázek 26: Hodnoty tvrdosti (kónická sonda) sledovaných vzorků: ■ 2. den / nevibrované, ■ 2. den / vibrované, ■ 30. den / nevibrované, ■ 30. den / vibrované.	62

Obrázek 27: Hodnoty relativní lepidlosti (TPA, cylindrická sonda) sledovaných vzorků: ■ 2. den / nevibrované, ■ 2. den / vibrované.	63
Obrázek 28: Hodnoty relativní lepidlosti (kónická sonda) sledovaných vzorků: ■ 2. den / nevibrované, ■ 2. den / vibrované, ■ 30. den / nevibrované, ■ 30. den / vibrované.....	64
Obrázek 29: Hodnoty soudržnosti (TPA, cylindrická sonda) sledovaných vzorků: ■ 2. den / nevibrované, ■ 2. den / vibrované.	65
Obrázek 30: Hodnoty pružnosti (TPA, cylindrická sonda) sledovaných vzorků: ■ 2. den / nevibrované, ■ 2. den / vibrované.	66
Obrázek 31: Hodnoty gumovitosti (TPA, cylindrická sonda) sledovaných vzorků: ■ 2. den / nevibrované, ■ 2. den / vibrované.	67
Obrázek 32: Hodnoty roztíratelnosti (kónická sonda) sledovaných vzorků: ■ 2. den / nevibrované, ■ 2. den / vibrované, ■ 30. den / nevibrované, ■ 30. den / vibrované.....	68
Obrázek 33: Oblast LVE u sledovaných vzorků (2. den od výroby; 22 ±1 °C): kontrola (nevibrované ●); 0,50 % w/w (nevibrované ●, vibrované ■); 0,75 % w/w (nevibrované ●, vibrované ■); 1,00 % w/w (nevibrované ●, vibrované ■).....	70
Obrázek 34: Závislost elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti na frekvenci pro nevibrované vzorky (2. den od výroby; 20,0 ±0,1 °C): kontrola (G' ●, G'' ○); 0,50 % w/w (G' ●, G'' ○); 0,75 % w/w (G' ●, G'' ○); 1,00 % w/w (G' ●, G'' ○).....	71
Obrázek 35: Závislost elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti na frekvenci pro vibrované vzorky (2. den od výroby; 20,0 ±0,1 °C): 0,50 % w/w (G' ●, G'' ○); 0,75 % w/w (G' ●, G'' ○); 1,00 % w/w (G' ●, G'' ○).....	72
Obrázek 36: Závislost elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti na frekvenci pro nevibrované vzorky (30. den od výroby; 20,0 ±0,1 °C): kontrola (G' ●, G'' ○); 0,50 % w/w (G' ●, G'' ○); 0,75 % w/w (G' ●, G'' ○); 1,00 % w/w (G' ●, G'' ○).....	75
Obrázek 37: Závislost elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti na frekvenci pro vibrované vzorky (30. den od výroby; 20,0 ±0,1 °C): 0,50 % w/w (G' ●, G'' ○); 0,75 % w/w (G' ●, G'' ○); 1,00 % w/w (G' ●, G'' ○).....	75
Obrázek 38: Závislost komplexního modulu pružnosti (G*) na frekvenci pro vzorky (2. den od výroby; 20,0 ±0,1 °C): kontrola (nevibrované ●); 0,50 % w/w (nevibrované ●, vibrované ■); 0,75 % w/w (nevibrované ●, vibrované ■); 1,00 % w/w (nevibrované ●, vibrované ■).....	77
Obrázek 39: Závislost komplexního modulu pružnosti (G*) na frekvenci pro modelové vzorky (30. den od výroby; 20,0 ±0,1 °C): kontrola (nevibrované ●); 0,50 % w/w (nevibrované ●, vibrované ■); 0,75 % w/w (nevibrované ●, vibrované ■); 1,00 % w/w (nevibrované ●, vibrované ■).....	77

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Dělení přírodních sýrů podle TVS. [6].....	13
Tabulka 2: Dělení přírodních sýrů podle konzistence ve vztahu k WTPH. [6].....	13
Tabulka 3: Členění tvarohu na skupiny a podskupiny. [6].....	15
Tabulka 4: Dělení tvarohu podle konzistence a TVS. [6].....	15
Tabulka 5: Členění sýru na druh, skupiny a podskupiny dle vyhlášky 397/2016 Sb. [6] ...	16
Tabulka 6: Požadavky na složení – Standard For Cream Cheese. [5].....	21
Tabulka 7: Surovinová skladba vyrobených šarží.	42
Tabulka 8: Hodnoty komplexního modulu pružnosti (G^*) a hodnoty $\tan \delta$ vzorků při referenční frekvenci 1 Hz pro 2. a 30. den od výroby.	73
Tabulka 9: Regresní analýza hodnot G^* při referenční frekvenci oscilace 1 Hz. Regresní koeficienty (a_i) a koeficienty determinace (R^2) pro vybrané matematické modely.	78

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: 2. den od výroby / nevibrované vzorky

Příloha P II: 2. den od výroby / vibrované vzorky

Příloha P III: 30. den od výroby / nevibrované vzorky

Příloha P IV: 30. den od výroby / vibrované vzorky

PŘÍLOHA P I: 2. DEN OD VÝROBY / NEVIBROVANÉ VZORKY



0,00 % w/w (kontrola)



0,50 % w/w



0,75 % w/w



1,00 % w/w

PŘÍLOHA P II: 2. DEN OD VÝROBY / VIBROVANÉ VZORKY



0,00 % w/w (kontrola)



0,50 % w/w



0,75 % w/w



1,00 % w/w

PŘÍLOHA P III: 30. DEN OD VÝROBY / NEVIBROVANÉ VZORKY



0,00 % w/w (kontrola)



0,50 % w/w



0,75 % w/w



1,00 % w/w

PŘÍLOHA P IV: 30. DEN OD VÝROBY / VIBROVANÉ VZORKY



0,00 % w/w (kontrola)



0,50 % w/w



0,75 % w/w



1,00 % w/w