

Vliv vybraných hydrokoloidů na konzistenci smetanových krémů

Bc. Barbora Křenková

Diplomová práce
2020



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Barbora Křenková**
Osobní číslo: **T18267**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie potravin**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Vliv vybraných hydrokoloidů na konzistenci smetanových krémů**

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

1. Smetanové krémy a technologie jejich výroby.
2. Hydrokoloidy a jejich funkce při výrobě smetanových krémů.
3. Rheologie a její využití v mlékárenském průmyslu.

II. Praktická část

1. Výroba smetanových krémů s vybranými hydrokoloidy.
2. Chemická analýza vyrobených smetanových krémů.
3. Rheologické vlastnosti vyrobených smetanových krémů.

Seznam doporučené literatury:

- [1] 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*. 101 (8), 6762-6775. DOI: 10.3168/jds.2018-14391. ISSN 00220302. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030218304296>.
- [2] ALMANZA-RUBIO, José L. et al., 2016. Modification of the textural and rheological properties of cream cheese using thermosonicated milk. *Journal of Food Engineering*. 168 (8), 223-230. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2015.08.002. ISSN 02608774. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877415003520>.
- [3] KOVÁČOVÁ, R., J. ŠTĚTINA a L. ČURDA, 2010. Influence of processing and K-carrageenan on properties of whipping cream. *Journal of Food Engineering*. 99 (4), 471-478. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2010.02.010. ISSN 02608774. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877410000828>.

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

Datum zadání diplomové práce: **17. února 2020**
Termín odevzdání diplomové práce: **15. května 2020**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

doc. RNDr. Iva Burešová, 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 užit 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 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

Diplomová práce byla zaměřena na výrobu smetanových krémů s přídavkem vybraných hydrokoloidů, a to κ -karagenanu, ι -karagenanu, agaru, karagenanu CL394FLX, furcelleranu 1 000 a furcelleranu 8 500 v dané škále koncentrací. V první fázi byly vybrány hydrokoloidy poskytující smetanové krémy požadované konzistence. V druhé fázi této práce bylo zjištěno, která koncentrace použitých hydrokoloidů poskytuje smetanové krémy požadované konzistence a homogenní struktury.

Teoretická část práce popisuje technologii výroby smetanových krémů a jejich charakteristiku. Dále je práce zaměřena na hydrokoloidy a jejich využití v potravinářském průmyslu. Praktická část se zabývá jednotlivými hydrokoloidy a jejich vlivem na změnu pH, obsah sušiny a viskoelastické vlastnosti vyrobených smetanových krémů v průběhu 28 dní skladování při teplotě 6 ± 2 °C.

U smetanových krémů bylo během skladování zaznamenáno snížení pH a nepatrné zvýšení obsahu sušiny. Pro výrobu smetanových krémů požadované konzistence byly jako optimální vyhodnoceny koncentrace κ -karagenanu 0,050 %, 0,075 %, ι -karagenanu 0,050 % a karagenanu CL394FLX 0,075 %. Navíc bylo zjištěno, že přídavky o koncentraci κ -karagenanu 0,100 %, ι -karagenanu 0,075 % a karagenanu CL394FLX 0,100 %, jednotlivě, poskytovaly smetanové krémy nejen požadované konzistence, ale i homogenní struktury.

Klíčová slova: smetanový krém, hydrokoloidy, fykokoloidy, karagenan, furcelleran, agar

ABSTRACT

The diploma thesis was focused on the production of cream cheese with the addition of selected hydrocolloids, namely κ -carrageenan, ι -carrageenan, agar, carrageenan CL394FLX, furcellaran 1 000 and furcellaran 8 500, in the determined range of concentrations. In the first phase, the hydrocolloids were selected to provide cream cheese of the required consistency. In the second phase of this work, it was found out which concentration of used hydrocolloids provides cream cheese of the required consistency and the homogeneous structure.

The theoretical part of this work describes the technology of cream cheese production and their characteristics. Furthermore, the work is focused on hydrocolloids and their use in the food industry. The practical part of this work deals with individual hydrocolloids and their effect on the change in the pH value, the dry matter content and the viscoelastic properties of the produced cream cheese during 28 days of storage at the temperature of 6 ± 2 °C.

In produced cream cheese, there were observed a decrease in pH values and a slight increase in dry matter contents during storage. Concentrations of κ -carrageenan 0,050 %, 0,075 %, ι -carrageenan 0,050 % and carrageenan CL394FLX 0,075 % were evaluated as optimal for the production of cream cheese with the required consistency. In addition, it was found that the addition of concentration κ -carrageenan 0,100 %, ι -carrageenan 0,075 % and carrageenan CL394FLX 0,100 %, individually, provided cream cheese not only with the required consistency, but also with the homogeneous structure.

Key words: cream cheese, hydrocolloids, phycocolloids, carrageenan, furcellaran, agar

Na tomto místě bych ráda poděkovala především vedoucí mé diplomové práce Ing. Zuzaně Míškové, Ph.D. za její odbornou pomoc a profesionální vedení, za její vynaložený čas a cenné rady, ochotu a vstřícnost při psaní této diplomové práce. Také bych ráda poděkovala Ing. et Ing. Ludmile Zálešákové a doc. MVDr. Michaele Černíkové, Ph.D. za cenné rady při zpracování praktické části. Děkuji také své rodině za bezmeznou podporu během celého studia.

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

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 SMETANOVÉ KRÉMY A TECHNOLOGIE JEJICH VÝROBY	12
1.1 TECHNOLOGIE VÝROBY SMETANOVÝCH KRÉMŮ.....	13
1.2 TECHNOLOGIE VÝROBY MASCARPONE	14
2 HYDROKOLOIDY A JEJICH FUNKCE PŘI VÝROBĚ SMETANOVÝCH KRÉMŮ.....	16
2.1 KARAGENANY	18
2.1.1 Chemická struktura a vlastnosti karagenanů.....	18
2.1.2 Interakce karagenanů	20
2.1.3 Použití karagenanů	23
2.2 FURCELLERANY	23
2.2.1 Chemická struktura a vlastnosti furcelleranů.....	23
2.2.2 Použití furcelleranů	24
2.3 AGAR	24
2.3.1 Chemická struktura a vlastnosti agarů	25
2.3.2 Interakce agarů	25
2.3.3 Použití agarů.....	26
3 REOLOGIE A JEJÍ VYUŽITÍ V MLÉKÁRENSKÉM PRŮMYSLU	27
3.1 ZÁKLADNÍ POJMY	27
3.2 REOLOGIE POTRAVIN.....	28
3.2.1 Reologie gelů	30
3.3 REOLOGIE MLÉČNÝCH VÝROBKŮ	31
3.3.1 Mléko	31
3.3.2 Smetana	32
3.3.3 Sýry	32
3.3.4 Smetanový krém.....	33
3.4 REOMETRIE	33
3.4.1 Dynamická oscilační reometrie.....	33
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	36
4 CÍL PRÁCE	37
5 MATERIÁL A METODIKA	38
5.1 SUROVINY PRO VÝROBU SMETANOVÝCH KRÉMŮ.....	38
5.2 VÝROBA SMETANOVÝCH KRÉMŮ S VYBRANÝMI HYDROKOLOIDY	38
5.2.1 Experiment I.....	39
5.2.2 Experiment II	40
5.3 MĚŘENÍ PH.....	42

5.4	STANOVENÍ OBSAHU SUŠINY	43
5.5	DYNAMICKÁ OSCILAČNÍ REOMETRIE	44
6	VÝSLEDKY A DISKUZE	46
6.1	VÝSLEDKY EXPERIMENT I.....	46
6.2	VÝSLEDKY EXPERIMENT II	48
	ZÁVĚR	94
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	95
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	102
	SEZNAM OBRÁZKŮ	103
	SEZNAM TABULEK.....	106

ÚVOD

V České republice je dle vyhlášky č. 397/2016 Sb. „smetanový krém z vysokotučné smetany“ definován jako výrobek získaný z vysokotučné smetany bez přídavku cukru. Smetanový krém má mnohé využití, může se používat pro přípravu dezertů a krémů, místo dresinků do salátů a pro spoustu dalších pokrmů.

Jedním z nejdůležitějších a velmi kriticky hodnocených parametrů smetanových krémů je jejich konzistence. Při výrobě smetanových krémů jsou důležitými potravinovými přídatnými látkami hydrokoloidy, které mají za úkol zvýšit vazbu vody a tuku, čímž zabraňují oddělování těchto dvou fází. Díky tomu se dotváří textura, vytváří se homogenní hladká struktura, zjemňuje chuťový vjem a zabraňuje se synerezi.

Cílem této práce bylo v první fázi vybrat hydrokoloidy poskytující smetanové krémy požadované konzistence. Cílem druhé fáze této práce bylo zjistit, která koncentrace použitých hydrokoloidů poskytuje smetanové krémy požadované konzistence a homogenní struktury. Navíc bylo zkoumáno, zda, popř. jak, daná koncentrace hydrokoloidu ovlivňuje konzistenci vyrobených smetanových krémů během skladování po dobu 28 dní při teplotě 6 ± 2 °C.

Jedním ze základních předpokladů pro posouzení kvality a homogenity smetanových krémů je znalost jejich reologických vlastností. Proto bylo prováděno měření reologických vlastností smetanových krémů vyrobených s přídavkem různých hydrokoloidů v dané škále koncentrací, konkrétně se jednalo o κ -karagenan, ι -karagenan, agar, karagenan CL394FLX, furcelleran 1 000 a furcelleran 8 500.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 SMETANOVÉ KRÉMY A TECHNOLOGIE JEJICH VÝROBY

Smetanový krém je měkký, jemně chutnající výrobek s vysokým obsahem tuku. Můžou být do něj přidány stabilizátory, jako je například karobová guma a karagenan. V různých zemích je definován odlišně a může zahrnovat výrazné změny v obsahu tuku. [1]

V České republice je dle Vyhlášky č. 397/2016 Sb. „smetanový krém z vysokotučné smetany“ definován jako výrobek získaný z vysokotučné smetany bez přídavku cukru. Dále se tento výrobek označí obsahem tuku a obsahem sušiny v procentech hmotnostních. [2]

Lze se také setkat s klasifikací smetanového krému jako čerstvého smetanového krémového sýru italského typu, jako například u výrobku Maskar z Polné. [3]

Při výrobě tohoto typu sýrů byla snaha vytvořit na chuti bohatší sýr přidáním smetany, výrobky se díky tomu začaly nazývat „smetanový krém“. V Evropě se první prototypy smetanového krému vyráběly v Anglii již v roce 1583 a ve Francii již v roce 1651 kdy se později začaly zaznamenávat recepty. [1]

Smetanový krém má krémovou barvu, při pokojové teplotě se snadno natírá a má hladkou a krémovou strukturu, často se dává na chléb, bagely, sušenky atd. Po otevření má zkrácenou trvanlivost. Chuť je jemná, chutná, sladká a má příjemnou lehkost. Smetanový krém lze použít k mnoha účelům jak ve slané, tak ve sladké kuchyni, řadí se do stejné skupiny přísad jako jiné mléčné výrobky, a to smetana, mléko, máslo a jogurt. Používá se jako dip pro bramborové lupínky a podobné občerstvení. Je složkou různých dresingů na saláty. Může být smíchán s jinými přísadami pro výrobu pomazánek, jako je například jogurtová, ale i mnoho dalších. Může být použit při vaření a zahušťování omáček a podílet se tak na jejich smetanovém složení. Smetanový krém tvoří hlavní složku při plnění krabích rangúnů, což je předkrm běžně podávaný v amerických a čínských restauracích. Často se také používá do sushi rolek. Díky jemné krémové textuře může být dále použit na pečení a výrobu tvarohového koláče, kdy vytváří lehké a nadýchané pečivo. Smetanový krém se někdy používá namísto másla či ve směsi s ním při výrobě koláčů nebo sušenek a na výrobu polevy. Může být také použit místo másla či olivového oleje v bramborové kaši. [1,4,5]

Nyní je k dispozici mnoho ochucených verzí, může se míchat s bylinkami, ovocem, a dokonce i lososem. [1]



Obrázek 1: *Smetanový krém* [7]

1.1 Technologie výroby smetanových krémů

Po celém světě jsou tisíce různých sýrů a krémů, každý je jedinečný svým vlastním způsobem. Každý z nich má historii původu, proces výroby, specifické vlastnosti a použití. Neustále se vyrábějí a vyvíjejí nové druhy sýrů a krémů, výroba se zaměřuje na vytváření nových a jedinečných produktů, poptávka stoupá. Krása výroby těchto produktů je v tom, že z jednoduché suroviny jako je mléko se vytvoří produkt s přidanou hodnotou se speciálními a jedinečnými vlastnostmi, které potěší nejednoho spotřebitele. [4]

Smetanový krém je vyrobený z čerstvé smetany získávané většinou z kravského mléka, kdy dochází k její tepelné koagulaci. Může být ovšem vyroben i z ovčího, kozího, buvolího mléka nebo směsi. Postup výroby zahrnuje smíchání jednotlivých surovin, tedy smetany, hydrokoloidů a dalších komponent, a tato směs se za neustálého míchání za určité teploty zpracuje a tím se viskozita krému zvýší. Na rozdíl od většiny ostatních sýrů se do smetanového krému nepřidává žádná startovací kultura. [4]

Smetanové krémy obsahují nejméně 30 % tuku v sušině. Když se tyto krémy uchovávají při chladicí teplotě, jejich roztažnost klesá a vznikají některé texturní vady. Proto se za účelem minimalizace těchto problémů, jako jsou texturní defekty, začaly přidávat do mléčných výrobků hydrokoloidy ke zlepšení struktury a textury. [6]

K tomuto účelu byly v této diplomové práci použity různé hydrokoloidy (karagenany, furcelleran, agar).

Obrázek 2: *Výroba smetanových krémů*

S rostoucím obsahem tuku ve smetaně klesají hladiny dalších složek (voda, tuk, laktóza, bílkoviny a popeloviny). Zároveň platí, že pokud se procento tuku zvyšuje, obvykle se stává krém viskóznějším. Při výrobě smetanových krémů se obsah tuku v použité smetaně liší, a tím se liší i receptury. Obsah tuku v použité smetaně totiž ovlivňuje výsledný produkt na vzhledu, chuti i konzistenci, stejně tak i celou technologii procesu výroby smetanového krému. [4]

Smetanové krémy se dají svým vzhledem, konzistencí i využitím přirovnat ke známějšímu výrobku, a to mascarpone. Avšak tradiční způsob výroby mascarpone zahrnuje kombinaci záhřevu a kyseliny citronové bez přídatných látek. [8]

1.2 Technologie výroby mascarpone

Mascarpone je jemný a krémový sýr vyrobený z čerstvé smetany o vysoké tučnosti. Je mléčně bílé barvy a snadno se roztírá, mírně uvolňuje syrovátku, která zjemňuje jeho chuť. Textura sýra sahá od lehké sražené smetany po něco jako máslo při pokojové teplotě. Slouží pro výrobu Tiramisu, což je typický italský dezert, ale používá se k široké škále cukrářských výrobků, dále se používá k mnoha účelům jak ve slané, tak ve sladké kuchyni, řadí se do stejné skupiny přísad jako jiné mléčné výrobky, a to smetana, mléko a máslo. [4,9]

Mascarpone se vyrábí kyselým srážením smetany za ohřevu. Smetana se zahřívá a za míchání se přidává kyselina (kyselina octová, citrónová, vinná, kyselina mléčná nebo citronová šťáva) za účelem koagulace matrice. Syrovátkový protein během intenzivního ohřevu denaturuje a agreguje nebo se lepí na kaseinové micely a tukovou globulovou membránu. V důsledku této reakce zůstává většina syrovátkových proteinů během kroku vypouštění v matrici sýra, což vede ke zvýšení hodnoty nutrientů. Po asi 20 hodinách odkapávání syrovátky, tradičně přes textilie, se získá mascarpone sýr. [4,8,10,11]

Jelikož je tento proces zdlouhavý a výtěžnost je malá, hledají firmy rychlejší variantu výroby smetanových krémů. Proto se zkouší různé kombinace surovin, různá tepelná ošetření anebo přídavek různých hydrokoloidů.

2 HYDROKOLOIDY A JEJICH FUNKCE PŘI VÝROBĚ SMETANOVÝCH KRÉMŮ

Hydrokoloidy nebo gummy jsou různorodou skupinou polymerů s dlouhým řetězcem, většinou se jedná o komplexní nestravitelné polysacharidy, které se vyznačují svojí schopností se rozpouštět a dispergovat ve vodě a vytvářet tak viskózní disperze nebo gely. Tyto materiály byly poprvé nalezeny v exsudátech ze stromů nebo keřů, v extraktech z rostlin nebo mořských řas, v moukách ze semen nebo zrn, v gumovitých kalech z fermentačních procesů a v mnoha dalších přírodních produktech. Výskyt velkého počtu hydroxylových skupin zdatně zvyšuje jejich afinitu k vazbě molekul vody, což je činí hydrofilními sloučeninami. [12,14,15]

Jsou to tedy hydrofilní molekuly, které mají vysokou molekulovou hmotnost. Vytvářejí disperzi, která je mezi skutečným roztokem a suspenzí, a vykazuje vlastnosti koloidu. S ohledem na tyto dvě vlastnosti jsou tyto látky vhodně označovány jako „hydrofilní koloidy“ nebo „hydrokoloidy“. Ačkoli všechny hydrokoloidy zahušťují vodné disperze, tvoří gely pouze poměrně málo. Tyto hydrokoloidní gely jsou označovány jako „fyzikální gely“, protože spojovací zóny jsou vytvářeny fyzikální interakcí, například vodíkovou vazbou, hydrofobní asociací, kationtově zesíťováním atd. „Fyzikální gely“ se liší od syntetických polymerních gelů, které se obvykle sestávají z kovalentně zesíťovaných polymerních řetězců. Hydrokoloidy jsou adsorbovány na povrchu mikrostruktury potravin a vykazují povrchově aktivní vlastnosti a agregaci je zabráněno elektrostatickými silami během homogenizace. [13,14,15]

Hydrokoloidy mají širokou škálu funkčních vlastností v potravinách ovlivňujících konzistenci včetně zahušťování, gelování, emulgování, stabilizace, utváření mikrostruktury, textury, chuti, prodloužení trvanlivosti aj. Mají tedy výrazný dopad na vlastnosti potravin a v posledních letech se používání hydrokoloidů značně zvýšilo. [12]

Mezi důležité gummy, které nacházejí uplatnění v potravinách jako želírující látky, patří alginát, pektin, karagenan, gellanová guma, želatina, agar, modifikovaný škrob, methylcelulóza a hydroxypropylmethylcelulóza. Tyto přísady s rozmanitými funkčními vlastnostmi hydrokoloidů umožňují jejich rozsáhlé použití. [16]

Hydrokoloidy se obvykle používají v koncentraci nižší než 1 %. Při přidávání karagenanu do tepelně ošetřených mléčných výrobků může být zmíněné množství i daleko nižší. Dále se přidávají například arabská guma, škrob nebo želatina do želé cukrovinek. Bylo provedeno

mnoho studií ke zlepšení fyzikálně-chemických a reologických vlastností nízkotučného a netučného jogurtu, s celou řadou aditiv v kombinaci s hydrokoloidy. [13,14,15]

Hlavním důvodem hojného používání hydrokoloidů v potravinách je jejich schopnost modifikovat reologii potravinových systémů. To zahrnuje dvě základní vlastnosti potravinových systémů, a to:

- chování při proudění/toku (viskozita)
- mechanické vlastnosti pevné látky (textura)

Mnoho hydrokoloidů je schopno vytvářet gely v reakci na změny teploty a/nebo v přítomnosti iontů. Modifikace textury a viskozity potravinových systémů pomáhá modifikovat jeho smyslové vlastnosti, proto se hydrokoloidy používají jako významné potravinářské přídatné látky pro specifické účely. Je zřejmé, že několik hydrokoloidů patří do kategorie povolených potravinářských přídatných látek v mnoha zemích po celém světě. Různé potravinové výrobky, jako jsou polévky, omáčky, salátové dresinky, omáčky a polevy, používají hydrokoloidy jako přísady k dosažení výhodné viskozity a blaženého pocitu v ústech. Používají se také v mnoha potravinářských výrobcích, jako jsou zmrzliny, džemy, želé, gelové dezerty, dorty a bonbóny, aby vytvořily požadovanou strukturu. Hydrokoloidy z červených mořských řas mohou být z chemického hlediska nestravitelnými polysacharidy, vlákninou, která je pro lidský organizmus prospěšná. [13,14,15]

Tato diplomová práce se zabývá hydrokoloidy, které se izolují z červených mořských řas, tzv. fykokoloidy. Chemicky se jedná o polysacharidy zabudované v buněčných stěnách těchto řas. Ve východní Asii se mořské řasy již dlouho používají v potravinách a tradičních léčích, zatímco na západní polokouli byly mořské řasy v podstatě ceněny pro jejich obsah fykokoloidů. Schopnost fykokoloidů texturovat vodné roztoky je využívána již mnoho let a v potravinářském průmyslu používajícího fykokoloidy jako zdroj gelovatění, zahušťování a stabilizace se toto využití široce rozrůstá. [17,18]

Červené řasy jsou velká a diverzifikovaná skupina jednobuněčných a mnohobuněčných organismů s asi 7102 známými druhy. Mnoho červených řas, jako jsou členové řádů *Gigartinales*, *Gelidiales*, *Gracilariales* a *Bangiales*, obvykle rostou na skalnatých a písčinych březích mírného nebo tropického oceánu. Někteří členové, například *Palmaria palmata* a *Porphyra sp.*, slouží jako potrava pro lidi. Jiné rody se používají k extrakci fykokoloidů, jako jsou karagenany, furcelleran, agar aj. [18,19]

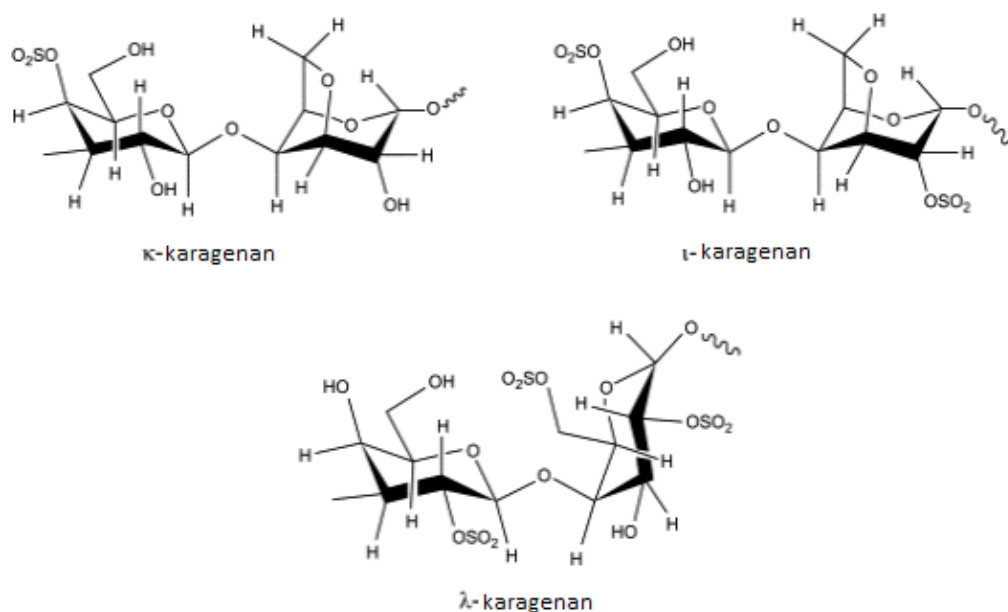
2.1 Karagenany

Karagenan je obecný pojem pro komplexní rodinu aniontových polysacharidů izolovaných z červených mořských řas, *Rhodophyceae*, a jsou součástí struktury rostliny. Tato rostlina se sklízí hlavně na skalnatém pobřeží Atlantiku v Severní Americe a Evropě. Podle směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 1333/2008 je karagenan označen jako E407 nebo E407a. Praktická využitelnost karagenanů vychází zejména z jejich schopnosti tvořit ve vodném prostředí reverzibilní gely. Obecně karagenan patří do skupiny potravinářských přídatných látek známých jako hydrokoloidy. I když použití v potravinářství dominuje, důležité jsou však i další aplikace, včetně kosmetiky, léčiv, průmyslových suspenzí a barev. [12,20,21]

Praktické použití karagenanů v Číně sahá až do starověku a v rámci zaznamenané historie je známo, že extrakty z červených mořských řas byly tradičně využívány Bretony a Iry při vaření mléka na podporu tvorby krémového gelu po ochlazení. Asi před 60 lety byly ve Spojených státech zpracovány extrakty mořských řas v komerčním měřítku, přičemž hlavními zdroji řas byly *Chondrus crispus* (irský mech) a *Gigartina stellata*, vycházející z pobřežních oblastí severního Atlantiku. V současné době další *Gigartina spp.* jsou sklízány mimo atlantické pobřeží severní Afriky a Jižní Ameriky a západní pobřeží Jižní Ameriky. *Hypnea* a *Eucheuma spp.* pocházejí z ostrovů Indonésie a Filipín. Dnes se používá stovky různých produktů obsahujících karagenany, celosvětová produkce výrazně převyšuje produkci agarů a karagenany jako třída skutečně představují jedno z hlavních texturizačních činidel v potravinářském průmyslu. [22]

2.1.1 Chemická struktura a vlastnosti karagenanů

Karagenan je lineární polysacharid dosahující veliké molekulové hmotnosti a sestávající z D-galaktózy a 3,6-anhydro-D-galaktózy, kdy spojením těchto monosacharidů glykozidickou vazbou vzniká triviálními názvy karabióza ve vazbě α - (1, 3) a β - (1, 4) nebo neokarabióza β - (1, 4) a α - (1, 3) (to odpovídá agarobióze a neo-agarobióze pro agary, viz kapitola 2.3.1). Na monosacharidech jsou navázány substituenty jako jsou především sulfátové hemiesterové skupiny, ale také methoxyskupiny a pyruvátové skupiny. Různé struktury karagenanu se liší obsahem 3,6-anhydro-D-galaktózy a sulfátu esteru. Karagenany se odlišují od úzce souvisejících agarů v tom, že jednotky β - (1, 4) se vyskytují ve formě D v karagenanech a ve formě L v agarech. β - (1, 4) jednotky se vyskytují často jako 3,6-anhydrocukry. [12,21,22,23]



Obrázek 3: Chemická struktura *k*-karagenanu, *i*-karagenanu a *λ*-karagenanu [24]

Nejvýznamnějším rysem karagenanů je jejich rozmanitost. V závislosti na zdroji řas a způsobu přípravy mohou být získány vzorky negelující nebo gelující, vzorky se širokou škálou vlastností. Tato rozmanitost částečně vychází z variací v primární struktuře karagenanů. Je tedy dobře prokázáno, že gelující schopnost je jedinečná pro jednotky obsahující karagenany, které mají schopnost vytvářet uspořádané spirálové struktury. Na druhé straně je stejně dobře prokázáno, že gelace je pouze jedním z několika možných důsledků tvorby šroubovice. [21]

Je tomu tak proto, že kromě změn v chemické struktuře jsou vlastnosti vodných karagenanů také – opět v závislosti na typu karagenanu – dosti citlivé na složení vodného prostředí, a zejména na jeho iontový obsah. Změny v těchto složkách ovlivňují pevnost gelu, strukturu, rozpustnost, teploty tání a tuhnutí, synerezi, synergii, tepelnou stabilitu, elasticitu a čírost gelu, které vykazují různé karagenany. Tyto změny jsou kontrolovány a manipulovány výběrem mořských řas, zpracováním, množstvím a přidáváním různých solí. Společně tyto dva faktory (variabilita chemické struktury a hluboký vliv na životní prostředí) činí karagenany extrémně všestrannými. [13,21,25]

Druhy pořadí monomerů jsou různé, malá písmena řecké abecedy pojmenovávají tyto monomery a stejně tak se dle převládající sekvence označují i jednotlivé karagenany. V potravinářství existují tři hlavní komerční druhy karagenanu: kappa (κ), iota (ι) a lambda (λ).

Jejich přítomnost v mořských řasách závisí na zdroji řas, sezóně sklizně a použité extrakci. Většina komerčně používaných karagenanů je směsí všech tří typů, i když nesou název pouze jednoho. [20,21,27]

Všechny karagenany jsou rozpustné v teplé vodě. Ve studené vodě jsou rozpustné pouze sodné soli iota a kappa karagenanu, s výjimkou lambda karagenanu. Vliv teploty je také důležitý faktor při rozhodování, který typ karagenanu by se měl v potravinovém systému použít. Všechny karagenany jsou rozpustné při vysokých teplotách, systémy mají velmi nízkou viskozitu, která umožňuje manipulaci jako s tekutinami. Stabilita gelů závisí rovněž na pH. Při pH pod 4,3 dochází při zvýšené teplotě ke ztrátě viskozity. [26]

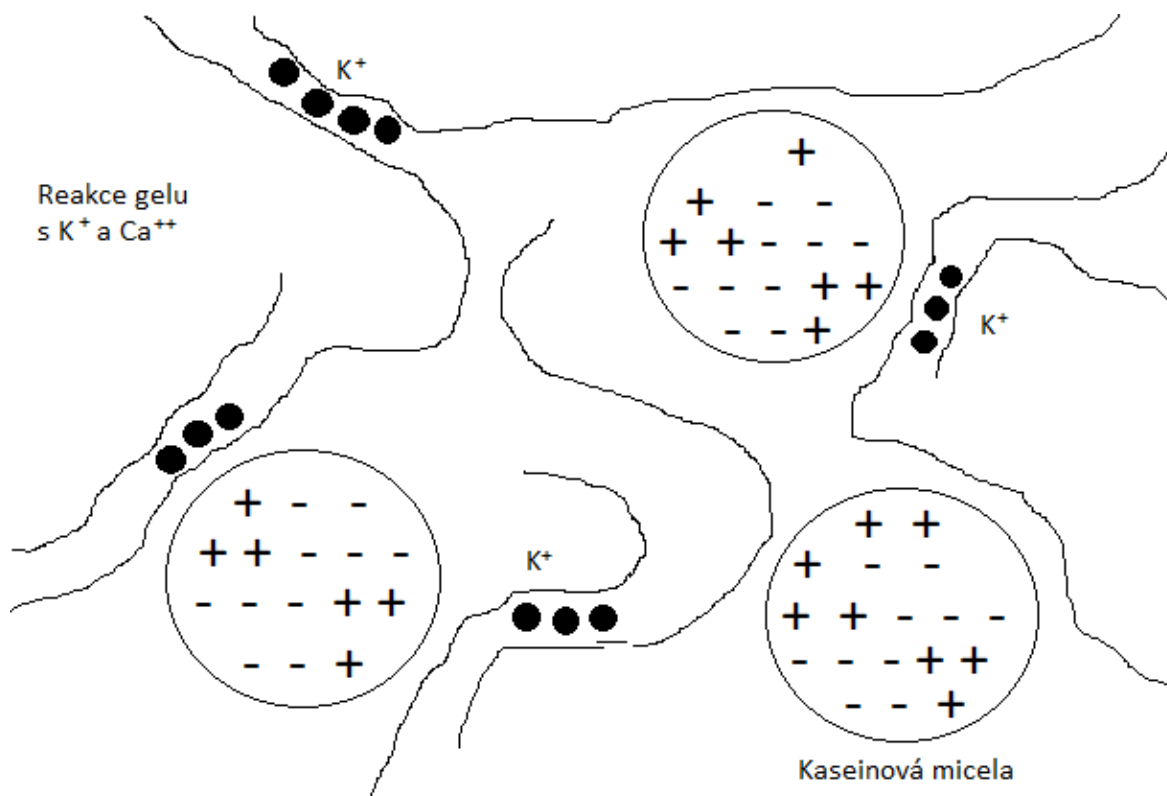
Tyto ve vodě rozpustné lineární biopolymery se získávají extrakcí. Frakce s téměř čistou strukturou lze získat z řas nejběžněji známých jako *Eucheuma spinosum* nebo *Eucheuma cottonii*, fyzikálními separačními metodami, po nichž následuje ošetření alkáliemi. Mají různé funkce, například zahušťující, stabilizující, emulgační či želírující od potravinářských výrobků po farmaceutika. Po přidavku iota karagenanu se textura výrobku změní v měkkou a elastickou, po přidavku kappa karagenanu se textura změní v pevnou a křehkou. [21,26]

2.1.2 Interakce karagenanů

Porozumění interakcí karagenanů s potravinovými složkami je důležité pro potravinářský průmysl z důvodu jejich možných aplikací jako stabilizátorů a látek modifikujících texturu. Zmíněnými potravinovými složkami je myšlena voda, soli, proteiny, škroby a další polysacharidy. Karagenany, jako hydrokoloidy, interagují s vodou za vzniku hydrogelů. Tepelná gelace je cenná vlastnost karagenanů, která určuje jejich různorodé použití, včetně potravin a léčiv. Karagenany se liší ve své schopnosti podstoupit gelaci. Zatímco κ - a ι -karagenany tvoří gel, λ -karagenan negeluje a chová se jako normální polyelektrolyt v roztoku. Existuje obecná shoda o mechanismu gelace polysacharidu, který zahrnuje přechod při vyšších teplotách z neuspořádaného, po ochlazení do uspořádaného (šroubovicového) stavu, tedy dochází k tvorbě gelu. Molekuly procházejí šroubovicovým přechodem, kdy nejdříve dochází k tvorbě jednotlivých šroubovic (helixů), které jsou náhodně uspořádané, následuje agregace těchto šroubovic a vzniká gel. Jak už bylo zmíněno, molekuly obsahují substituenty, jedny z nich jsou sulfáty esterové skupiny. Nejvíce sulfatovaným typem je λ -karagenan. Tato struktura nevytváří uspořádané šroubovice, a proto λ -karagenan negeluje.

K tvorbě gelu dochází při chladnutí roztoku karagenanu, obecně karagenan dává ideální gel při 40 °C, když je rozpuštěn ve vodě při koncentraci 1 % (hm./obj.). [27,28]

Gelotvorné vlastnosti jsou ovlivněny solemi a při dalším chladnutí za přítomnosti solí dochází ke slučování šroubovic do uspořádaných helikálních soustav. Kationty, především draslík a vápník, se specificky váží na šroubovice, ovlivňují teplotu přechodu a napomáhají při tvorbě šroubovic, snižují elektrostatické odpuzování mezi řetězci podporující agregaci, tím podporují vlastní proces gelovatění. U ι -karagenanu to funguje podobně, gel také vzniká po ochlazení v přítomnosti solí. Molekuly procházejí šroubovicovým přechodem, po kterém následuje agregace šroubovic. Přítomné soli snižují elektrostatické odpuzování mezi řetězci podporující agregaci. Určité anionty, jako je jodid, ovlivňují gelaci interakcí se spirálou a inhibují agregaci spirály, čímž brání tvorbě gelu. V iontovém prostředí mléka, s 10,2 mmol/l vápníku a 33,3 mmol/l draslíku, je κ -karagenanový polymer v prostředí příznivém pro gelaci, pokud je koncentrace κ -karagenanu dostatečně vysoká. Mnoho komerčních karagenanů obsahuje směsi kationtů ke zlepšení gelotvorných vlastností. Tyto vlastnosti mají hluboký vliv na využití karagenanů při vývoji různých potravinářských výrobků. [27,28]



Obrázek 4: Interakce kappa karagenan-kappa kasein mléčného proteinu [13]

Primární účel vyššího obsahu tuku ve smetaně, obvykle 30 – 40 %, je šlehatelnost. Vysokotučná smetana se může používat také jako dezert, k vaření a jiným účelům, kdy je

důležitá jemná chuť a zároveň dlouhá trvanlivost smetany. Šlehatelnost znamená, že smetana musí být snadno šlehatelná a vytvářet jemnou krémovou pěnu s dobrým zvýšením objemu. Pěna musí být pevná a stabilní a neměla by být náchylná k synerezi. Někdy se jako zahušťovadlo přidává karagenan, který je známý svými interakcemi s kaseinovými micelami, zejména do šlehaček s dlouhou trvanlivostí. [29]

Vhodné tepelné zpracování smetany je nutné z hlediska zajištění zdravotní nezávadnosti. Pasterace smetany by měla sloužit minimálně k plné inaktivaci mléčné lipázy. Obvykle je tepelné zpracování mnohem intenzivnější, a to z důvodu odstranění mikroorganismů, a tedy zajištění delší doby skladovatelnosti výrobku. Sterilace a dlouhé skladování smetany ke šlehání může způsobit potíže. Často způsobuje koalescenci, pokud není smetana nejprve homogenizována. Většinu homogenizované smetany však nelze šlehat. V důsledku toho je také výhodné UHT zahřívání. Smetana by následně měla být homogenizována asepticky za nízkého tlaku. Nevýhodou UHT smetany ke šlehání je to, že teplotní výkyvy, kterým může být vystavena (často se na určitou dobu uchovávají nechlazené) může způsobit 'rebodying'. To znamená značné zvýšení viskozity, která navíc silně zhoršuje vlastnosti šlehání. Aby se zabránilo koalescenci a krémování během skladování, obvykle se přidává stabilizační činidlo. [29]

Stabilizačním činidlem může být například výše zmíněný karagenan nebo jiný komerční stabilizátor, jako jsou furcelleran (viz kapitola 2.2), agar (viz kapitola 2.3), směs mono- a diglyceridů, hydrogenfosforečnan sodný, citrát sodný, guarová guma a sójový lecitin. Přesto je při dalším zpracování zapotřebí řízená destabilizace nebo částečná koalescence emulze, aby se vytvořila vnitřní struktura aglomerovaného tuku pro rozhraní voda-vzduch šlehaného produktu. Karagenan může být přidán, aby se zabránilo krémování a tím zvýšení viskozity a minimalizaci úniku fáze séra ze sítě vzduchových bublin šlehačky. Přidání stabilizátorů však může způsobit prodloužení doby šlehání a snížení nášlehu. Záhřev UHT vede v protein-karagenan systému ke změně velikosti kaseinových micel na jednotky, které mají lepší schopnosti posílit strukturu slabého gelu, což je výhodnější pro tekuté mléčné výrobky. Kromě toho uvolňování iontů vápníku do mléčného séra umožňuje rovnoměrnější neutralizaci čistého náboje sítě protein-karagenan. A konečně, skutečnost, že nižší teploty chlazení podporují mobilitu karagenanových vazeb během budování sítě, což vede k homogennější síti, lze také ocenit u mléčných krémů. [29]

2.1.3 Použití karagenanů

Karagenany se používají v konzervovaných potravinách, salátových dresincích, pekařských náplních, do pěn a instantních dezertů, do zmrzlin, i do konzervovaných krmiv pro zvířata. Široce jsou karagenany používány v mléčných výrobcích, uzeninách a šunkách, protože reagují s proteiny, jejich želírovací schopnost se výrazně zvyšuje přidáním jednomocných nebo dvojmocných kationtů, interagují synergicky s karobovou gumou. Želatinační schopnost karagenanů je zvýšena odstraněním sulfátových skupin a zvýšením 3,6-anhydro-D-galaktózy. [22]

Mořská řasa *Chondrus crispus* (irský mech) nebo přímo karagenan se v Irsku používají k výrobě tradičních léčivých čajů a léčivých přípravků proti kašli a nachlazení, bronchitidy a chronického kašle. Kromě toho se karagenan používá k léčbě střevních problémů, jako je průjem, zácpa a úplavice. Uvádí se také, že je užitečný pro uvolnění hlenu a má antivirové vlastnosti a používá se jako suspenzační činidlo a stabilizátor v jiných lécích, pleťových vodách a léčivých krémech. Kromě toho slouží jako dobrý antikoagulant v krevních produktech a tlumí žaludeční vředy. K průmyslovým aplikacím karagenanů patří čištění piva, vína a medu. [30]

2.2 Furcellerany

Furcellerany se řadí mezi karagenany, které jsou méně sulfatované, a to i dokonce méně než κ -karagenan, ale mají podobné použití. Podle směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 1333/2008 se furcelleran označuje stejně jako karagenan, tedy jako E407. Furcellerany jsou extrahovány z červené řasy *Furcellaria lumbricalis* a říká se jim také „dánský agar“. Současné množství těchto mořských řas v Estonsku je největší v Evropě a pravděpodobně na světě. V Dánsku množství klesá a v Polsku již není přítomna řasa vůbec. [31]

2.2.1 Chemická struktura a vlastnosti furcelleranů

Furcelleran má opakující se páteř střídavých monosacharidů spojených glykozidickou vazbou α - (1, 3) D-galaktózových a β - (1, 4) D-galaktózových zbytků. Jak už bylo řečeno, v současné době se považuje za typ κ -karagenanu, na jehož monosacharidových jednotkách má nejméně navázaných sulfátových skupin. [21,31]

2.2.2 Použití furcelleranů

Džemy, želé a marmelády často využívají furcelleran jako gelující prostředek, výsledkem je také lepší chuť. Historicky dominoval furcelleran v aplikaci jako prášek na přípravu glazury koláčů a piškotových dortů. Používá se jako zahušťovací nebo želatinační složka v celé řadě masných výrobků, jako jsou masové pasty, masové koláče a mleté masové výplně. V Evropě se často v konzervách na maso a ryby používají furcellerany jako želatinační činidlo, zatímco ve Spojených státech jsou konzervy na maso z právních předpisů často omezeny na použití želatiny. Pro účely gelovatění se furcelleran používá v koncentračním rozmezí 0,5 – 3,0 %. Díky speciálním vlastnostem vynikající gelové textury a uvolnění chuti se společně se škrobem přidává do mléčných pudinků. V jiných vodních systémech se furcelleran používá v koncentraci asi 0,05 % ke stabilizaci ovocné buničiny v ovocných šťávách a nealkoholických nápojích. V oblasti cukrářských výrobků byly rovněž uplatněny jisté aplikace. [32,33]

2.3 Agar

Agar-agar je malajské slovo, které se obecně označuje jako želé vyrobené z určitých mořských řas. Slovo „agar“ označuje členy třídy galaktanových polysacharidů, které se vyskytují jako intercelulární matricový materiál v četných druzích červených mořských řas (mořské řasy třídy *Rhodophyta*). Zatímco rostliny na souši vyžadují tuhou strukturu, která je schopna odolat neustálému gravitačnímu tahu, mořské rostliny potřebují pružnější strukturu pro přizpůsobení proměnlivému napětí proudů a vlnového pohybu. Podle toho se přizpůsobily vývojem hydrofilních, želatinových strukturních materiálů, které mají potřebnou ohebnost. Lidstvo, které má schopnost využít vynalézavost přírody k vlastním účelům, začalo používat agary jako gelující látky již před 350 lety. Dodnes se tohoto objevu využívá v mnoha potravinářských a průmyslových aplikacích. Agarový polysacharid je identifikovaný a široce známý jako Kanten v japonštině, Dongfen v čínštině a Gelosa ve francouzštině a portugalštině. Agar objevil Minoya Tarazacmon v roce 1658. V indické kuchyni je agar známý jako čínská tráva. V roce 1859 francouzský chemik Anselme Paven získal agar z mořských řas *Gelidium corneum* a provedl jeho chemickou analýzu. V roce 1882 použil Robert Koch agar jako gelovací činidlo pro kultivaci *Mycobacterium* v laboratorních podmínkách. [21,34]

Agar je získatelný z určitých druhů červených mořských řas zvaných agarofyty, vyskytuje se především v čeledích *Gracilariaceae*, *Gelidiaceae*, *Phyllophoraceae* a *Ceramiales*. Ačkoli pěstování karagenanů (zejména *Eucheuma spp.*) získalo značný komerční význam, u agarofytů tomu tak nebylo. Pouze Chile uspělo v komerční kultivaci agarofytů. Pro úspěšnou kultivaci jsou zásadní faktory prostředí, zejména teplota vody. Podle směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 1333/2008 je agar označen jako E406. [21,34]

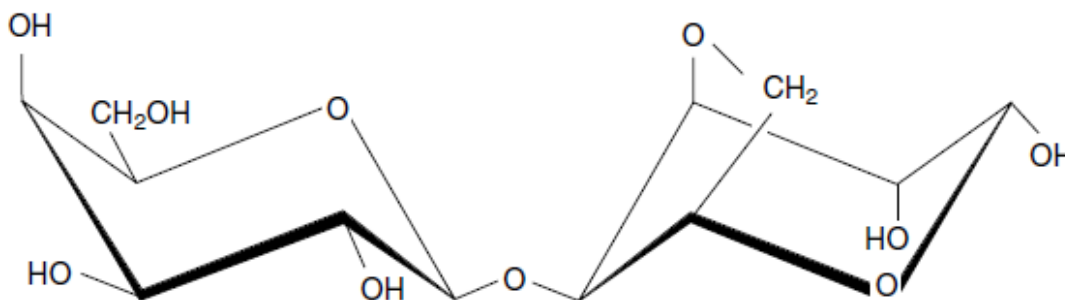
2.3.1 Chemická struktura a vlastnosti agarů

Agary jsou lineární polysacharidy vytvořené ze střídavých zbytků galaktózy vázaných ve vazbě α - (1, 3) a β - (1, 4). Opakující se jednotky jsou tedy disacharidy. β - (1, 4) vázané zbytky jsou obvykle, ale ne vždy, přítomny jako 3,6-anhydrid. Agary se liší od karagenanů v tom, že β - (1, 4) vázaný zbytek v agaru je L-enantiomer, zatímco v karagenanech je to D-enantiomer. α - (1, 3) vázané zbytky jsou D-galaktóza jak v agarech, tak v karagenanech. Je to tedy polymer sdílející společnou páteřní strukturu:

- vazba (1,4) 3,6-anhydro-L-galaktopyranóza střídavě s 1,3-D-galaktopyranózou.

Spojením těchto monosacharidů glykozidickou vazbou vzniká triviálními názvy agarobióza ve vazbě α - (1, 3) a β - (1, 4) nebo neo-agarobióza β - (1, 4) a α - (1, 3). Agaróza tak tedy tvoří gelující složku a agaropektin je rozvětvená, negelující složka agaru. [21,34,35]

Mohou být přítomna malá množství sulfátových polyesterových a acetálních skupin. Je také přítomno značné množství methyletherových skupin. Tyto strukturální vlastnosti činí z agaru nejméně hydrofilní a nejméně ve vodě rozpustné polysacharidy z červených řas. [34]



Obrázek 5: Chemická struktura agaru- agarobióza [12]

2.3.2 Interakce agarů

Agar může tvořit gel při nízkých koncentracích, obvykle mezi 0,5 % a 2 % v potravinářském produktu a v širokém rozmezí pH. Je rozpustný v horké vodě a za chlazení (mezi 32 °C a

43 °C) tvoří gel, který má schopnost zůstat stabilní až do teploty 85 °C. Mechanismus tvorby gelu je odlišný od mechanismu karagenanu, protože zahrnuje pouze vodíkové vazby, zatímco pro karagenan jsou vyžadovány vodíkové vazby a kationty. Agar tvoří dvojité šroubovice, které se agregují za vzniku gelu, který udržuje vodu uvnitř molekulárních prostorů. [36,37]

Síla gelu je ovlivněna počtem 3,6-anhydrogalaktózových skupin: čím vyšší je, tím silnější je gel. Na rozdíl od jiných polysacharidů jsou agarové gely bez zápachu a chuti, protože nevyžadují přidání draselné nebo vápenaté soli do gelu. Tato funkce umožňuje přidání agaru do široké škály produktů. Při žvýkání dochází k synerezi u potravinářských produktů, které obsahují gelový agar, což vede k šťavnatosti v ústech. [37]

2.3.3 Použití agarů

Agar se používá v tradičních japonských potravinářských cukrovinkách; „Yokan“ (agarové želé s pastou z fazolí), „mitsumame“ (konzervovaný ovocný salát s agarovým želé) a „tokoroten“ (nudlový agarový gel). [37]

Další použití agaru jako stabilizátoru a želírovacího činidla je v pekárenských výrobcích, koláčích, pusinkách, a především v cukrových polevách, protože je kompatibilní s velkým množstvím cukru a jeho produkty se neroztavují ani při vysokých skladovacích teplotách (například v dodávkovém vozíku), ani se nelepí na obalový materiál. Používá se také do zakysané smetany, bezolejových dresinků a jogurtů. Dále se přidává do konzerv s masovými a rybími produkty, kdy gel chrání produkty během přepravy a také zabraňuje reakci určitých složek s vnitřkem konzervy, kdy by mohl obsah zčernat. Přidává se i do polévek a omáček. Agar se také používá jako stabilizátor ve zmrzlině a sorbetech. Zlepšuje texturu sýra a smetany. V nápojovém průmyslu slouží agar jako flokulační a čířicí činidlo při přípravě šťáv a vín. Jeho použití je omezeno vysokou cenou. Na etiketách produktů může být agar označen jako agar nebo agar-agar. [36,37]

Agar je aktivní při snižování koncentrace cukru v krvi a má antiagregační účinek na červené krvinky a vykazuje antioxidační, protinádorové i antivirové aktivity. [30]

3 REOLOGIE A JEJÍ VYUŽITÍ V MLÉKÁRENSKÉM PRŮMYSLU

Reologie je věda týkající se toku a deformace hmoty a je důležitým nástrojem pro charakterizaci základních materiálových vlastností potravinových systémů. Termín sám pochází z řeckého rheos, což znamená „tok“. Navíc se reologie pokouší definovat vztah mezi napětím působícím na daný materiál a výslednou deformací a/nebo tokem, ke kterému dochází za určitý čas. Věda o reologii je mladá, ale její historie je velmi stará. [38]

3.1 Základní pojmy

Reologie se zabývá tím, jak všechny materiály reagují na použité síly a deformace, a to za určitý čas. Napětí představuje bezrozměrné množství relativní deformace materiálu. [38]

Napětí je síla aplikovaná na jednotku plochy a typ napětí je určován směrem síly na povrch, která může být buď tahová, nebo tlaková. Je to tedy reakce vnější síly na povrch tělesa. Napětí je vyjádřeno v jednotkách Pa nebo N/m² a obvykle označen σ . [39]

Pružnost (elasticita) je fyzikální vlastnost materiálu, který se při deformaci deformuje (např. vnějšími silami) a po odstranění napětí se vrací do svého původního tvaru. Tento pojem charakterizuje tokové chování pevných látek. [39]

Viskozita (η) je měřítkem odporu vůči proudu tečení a je jedním ze základních parametrů, které charakterizují tokové chování tekutých a polotekutých látek. Je definována jako poměr smykového napětí (τ) k rychlosti smykového napětí ($d\gamma / dt$) (nebo jednoduše jako smyková rychlost, $\dot{\gamma}$):

$$\eta = \frac{\tau}{d\gamma / dt} = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$$

Podle Newtonova zákona je pro ideální viskózní kapalinu smykové napětí úměrné rychlosti deformace a dynamická viskozita η je nezávislá na intenzitě smykové deformace. Taková kapalina se nazývá newtonská kapalina. V případě, kdy se viskozita mění v závislosti na intenzitě smykové deformace, mluvíme o nenewtonských kapalinách. [40]

Většina potravin nevykazuje newtonské chování, navíc se naměřená viskozita smykového napětí může s časem zvyšovat nebo snižovat, napětí i měřená teplota jsou přednastaveny jako konstantní hodnoty. Potravin, jako jsou suspenze, emulze a pěny, jsou kapalinami závislými na čase a vykazují chování tixotropie a reopexie. Tixotropní chování znamená snížení strukturální pevnosti během fáze smykového namáhání, viskozita klesá s dobou působení smykového namáhání a úplnou strukturální regeneraci během následující fáze

klidu. Kromě toho existence tixotropie je důležitá při predikci viskozity v procesech, jako je míchání, průtok přes potrubí, odstředování atd., kde se viskozita dlouhodobě mění. Naopak, reopektické chování znamená zvýšení strukturální pevnosti během fáze namáhání, viskozita tedy roste s dobou působení smykového namáhání a rozpad pevnosti během následující doby klidu. Jinými slovy, když viskozita tekutiny pomalu stoupá s časem při konstantním smykovém napětí nebo smykové rychlosti, je dosaženo původní viskozity v průběhu časového období po ukončení aplikovaného napětí. [38]

Časově nezávislá odchylka od ideálního newtonovského chování způsobí, že vztah mezi smykovým napětím a smykovou rychlostí bude nelineární. Když materiál vykazuje snižování viskozity s intenzitou smykové deformace, nazývá se pseudoplastickou kapalinou, avšak pokud se viskozita zvyšuje s intenzitou smykové deformace, nazývá se dilatantní kapalinou. Pseudoplasticita a dilatace jsou časově nezávislé vlastnosti. [38]

Dalšími důležitými faktory, které ovlivňují viskozitu a tokové chování biopolymerních roztoků, jsou smykové napětí, teplota, tlak a čas. Při určité teplotě a daném stříhovém napětí je rychlost toku stanovena zaplétáním/rozpojením polymerního řetězce a jejich proklouzáváním. Ve většině případů zvýšení teploty podporuje rozpad řetězců, a proto se snižuje viskozita. Viskozita je u smetan důležitým parametrem. Může být ovlivněna zejména objemovým podílem tukových kuliček a bílkovin. K faktorům ovlivňujícím jejich obsah patří technologické operace (zejména tepelné ošetření a homogenizace) a podmínky při skladování, zejména délka a teplota skladování. [40,42]

Viskoelasticita je vlastnost materiálů, které při deformaci vykazují jak viskózní, tak elastické vlastnosti. Potraviny, syntetické polymery, dřevo, půda a biologická měkká tkáň, jakož i kovy při vysoké teplotě, vykazují významné viskoelastické účinky. [39]

Tokové chování materiálu během zpracování se může výrazně lišit, protože konzistence a složení materiálu se může měnit v důsledku míchání, zahřívání, chlazení, míchání, aerace, homogenizace, krystalizace atd. [38]

3.2 Reologie potravin

Když se hovoří o potravinách, textura se týká pevných potravin a viskozita, tendence odolávat tekutinám, se vztahuje na tekuté potraviny. Potraviny jsou však strukturně a reologicky složité materiály a v mnoha případech sestávají ze směsí pevných látek a tekutých strukturních složek. Reologie může identifikovat vlastnosti těchto potravin, má mnoho

funkcí v oblasti přijatelnosti potravin, zpracování potravin a manipulace s potravinami. [38,41]

Reologické vlastnosti různých potravin byly shrnuty v mnoha publikacích, zveřejněné hodnoty potravin však nemusí být přesné, protože faktory jako rozmanitost, zralost, metody zpracování, složení, teplota, čas, instrumentální techniky a analytické metody mohou ovlivnit reologické vlastnosti. [38]

Přitažlivost mezi částicemi dispergované fáze je silně ovlivněna typem materiálu na rozhraní mezi dispergovanou fází a kapalným médiem. Použitím přísad, které podporují shlukování či rozpadání je možno kontrolovat viskozitu. Tvar dispergovaných částic hraje také významnou roli v reologickém chování systémů. Částice suspendované v kapalném médiu za toku rotují. Pokud mají kulový (sférický) tvar, rotují volně. Pokud mají tvar jehlicový nebo destičkový, rotace bude jiná, závislá na rychlosti smykové deformace. V určitých systémech existuje kombinace tvarů částic různých složek. Volbu modifikátoru viskozity ovlivňuje také typ použité základní kapaliny, nejběžněji se jedná o vodu a s vodou mísitelné polární organické látky-alkoholy, glykoly, nebo nepolární látky, například nízkomolekulární alifatické a aromatické uhlovodíky, organické estery aj. Mezi používané přísady a modifikátory patří xanthanová guma, deriváty celulózy, karagenan, guarová guma a mnoho dalších. [43]

Objemové materiály lze studovat v různých zkušebních režimech pomocí různých geometrií založených na vlastnostech materiálu. U polotuhých materiálů se obvykle používají oscilační smykové zkoušky s malou amplitudou, aby se sondovaly reologické vlastnosti, aniž by se narušovaly struktury a dynamika strukturálního vývoje. Kromě vlastností sypkých hmot lze reologii použít ke studiu rozhraní olej / voda a vzduch / voda a poskytnout užitečné informace pro pochopení emulzí a pěn. [44]

Potraviny dostupné na trhu bývají často ve formě gelů, například jogurt, majonéza, pudinky, omáčky atd. Většina potravinových systémů, které se používají pro výzkumné studie, jsou proto emulze, gely, tekuté gely, emulgované gely ap. Protože mechanismus gelace biopolymerů (složený z proteinů, polysacharidů a kombinací) je značně známý, mohou být gely považovány za vhodný modelový systém, který v tomto rámci spojuje reologické vlastnosti se strukturou potravin. [45]

3.2.1 Reologie gelů

Gel je koloid tuhé látky v kapalině, ve kterém pevná fáze tvoří síťovou strukturu, která imobilizuje kapalinu a vytváří vlastnosti podobné pevným látkám, a nevytváří tok v ustáleném stavu. Některé potravinové gely jsou nevratně vytvářeny vařením, zatímco jiné jako želatina tvoří reverzibilní gely. Gelace vzniká buď chemickým zesíťováním prostřednictvím kovalentních reakcí, nebo fyzickým zesíťováním prostřednictvím interakcí polymer-polymer. Makromolekulární látky odpovědné za vytváření sítí v potravinových systémech jsou primárně polysacharidy a proteiny. Sjednocující vlastnost těchto potravin je, že jsou většinou tekuté, ale reagují jako viskoelastické pevné látky s vysokým stupněm elasticity. Obvykle se při deformaci lomí, nežli tečou. Lom je neodmyslitelnou součástí smyslového kousání a žvýkání potravin, takže je důležité spojit lomivý charakter gelů s jejich smyslovou texturou. Vlastnosti lomu jsou stanoveny deformací vzorku do bodu náhlé mechanické únosnosti. [38]

Během zpracování, výroby a konzumace potravin jsou tyto gelové systémy vystaveny velkým deformacím, které mohou způsobit, že se jídlo nevratně deformuje nebo se zlomí. To vyžaduje hlubokou znalost jejich mechanických vlastností, a jejich charakterizaci, to může být měření, jako je „síla gelu“. Gely se odlišují od ostatních strukturovaných síťových systémů, ve kterých jsou malé části pevných látek rozptýleny v relativně velkém podílu kapaliny, a to díky vlastnosti mechanické tuhosti nebo schopnosti podporovat smykové napětí v klidu. Gely vytvořené ze směsí protein-polysacharid jsou závislé na termodynamické a strukturální kompatibilitě mezi těmito makromolekulami. [38]

„Hydrokoloidy“ je běžný termín používaný v potravinářském průmyslu, jsou označovány také jako „biopolymery“. Hlavním důvodem rozsáhlého používání biopolymerů v potravinách je jejich schopnost modifikovat reologii potravinového systému. Úprava textury a/nebo viskozity v potravinovém systému pomáhá manipulovat s jeho organoleptickými vlastnostmi, díky tomu má vzniklý potravinový systém požadovaný a přizpůsobený sensorický profil. Polymery byly charakterizovány pomocí reologických technik a metod po mnoho desetiletí. [45]

Biopolymerové gely mohou být klasifikovány na základě řádu makromolekuly, před a během vytváření sítě: gely vytvořené z neuspořádaných biopolymerů, jako jsou karagenany, pektiny, škrob, želatina a gelové sítě, které zahrnují specifické interakce mezi hustšími a méně pružnými částicemi, jako jsou tepelně denaturované globulární proteiny a agregované proteiny z enzymatického nebo chemického působení. Také na základě makroskopického

chování gelového systému jsou skutečné gely důsledkem vývoje trojrozměrných sítí a slabé gely jsou charakterizovány jemnou gelovitou sítí, která se snadno zlomí, když je vystavena dostatečně vysokému napětí. [38,46]

Protože jsou gely viskoelastické materiály, existují dynamické reologické testy vhodné pro hodnocení vlastností gelových systémů. [47]

3.3 Reologie mléčných výrobků

Mléčné výrobky se klasifikují hlavně podle svého reologického chování v závislosti na tom, zda se jedná o kapaliny nebo pevné látky nebo polotuhé látky. Některé výrobky však mají vlastnosti jak kapalin, tak pevných látek. Obecně jsou potraviny reologicky rozděleny do dvou skupin:

- 1. tekuté a polotekuté potraviny,
- 2. pevné potraviny. [46]

Většina tekutých a polotekutých potravin včetně určitých druhů sýrů, slazeného kondenzovaného mléka, zmrzliny a domácích mléčných výrobků mají viskoelastickou povahu. Časová závislost vztahu napětí-deformace má za následek chování zvané viskoelastické, které kombinuje vlastnosti podobné kapalinám a pevným látkám. Kombinují tedy jak viskózní, tak elastické materiály. Poměr elastických k viskózním vlastnostem závisí na časové stupnici deformace, v krátkém časovém měřítku je chování hlavně elastické a v dlouhodobém měřítku je chování hlavně viskózní. [46]

Hydrokoloidy mají za úkol zvýšit vazbu vody a tuku a zabraňují tedy oddělování těchto dvou fází, dotváří texturu a pomáhají vytvořit homogenní hladkou strukturu, zjemňují chuťový vjem a zabraňují synerezi. [47]

3.3.1 Mléko

Protože mléko je zředěný roztok laktózy obsahující relativně malá množství proteinů a tuků, je to v podstatě newtonská tekutina. Hodnoty se mohou výrazně lišit v závislosti na několika faktorech. Při nízkých rychlostech smyku a při teplotách pod 40 °C vykazuje mléko nenewtonovské chování. Po zahřátí nad pasterizační teplotu způsobují denaturace β -laktoglobulinu a doprovodné strukturální změny v kaseinových micelách a membráně tukových globulí zvyšování viskozity mléka. Homogenizace mléka vedoucí k výrazně

zvýšenému povrchu tukové globule s adsorbovanou proteinovou vrstvou zvyšuje jeho viskozitu. [46]

3.3.2 Smetana

Hlavní rozdíl mezi mlékem a smetanou spočívá v obsahu tuku. Obsah tuku ve smetaně je hlavním determinantem jejího reologického chování, protože tukové kuličky mají sklon k shlukování během smyku. Tepelně neošetřená a pasterovaná smetana může podléhat destabilizaci. Reologické chování mnoha disperzních systémů, jako je smetana, může být značně ovlivněno metodou měření. Rotační viskozimetry například poskytují výsledky, které jsou silně ovlivněny shlukováním globulí, zatímco měření dynamickými nebo oscilačními technikami jsou shluky nejméně ovlivněny. Stav tuku ve smetaně určený jeho teplotní historií do značné míry řídí jeho tokové vlastnosti. Rychlého ochlazení a dosažení nižší teploty má za následek pomalejší tuhnutí tuku a pomalejší regenerace „tloušťky“ krému. Stárnutím, které má za následek vytvoření struktury ve smetaně, dochází k tixotropii, tedy strukturální pevnost časem vzrůstá. [46]

3.3.3 Sýry

Reologie sýra zahrnuje jeho deformační chování, když je vystaveno namáhání. Na základě chování při namáhání a deformaci mohou být materiály obecně klasifikovány jako ideální elastické pevné látky, ideální viskózní (newtonovské) kapaliny nebo viskoelastické. Sýry, stejně jako většina ostatních pevných a polotuhých potravin, které obsahují vodu a látky, jako jsou proteiny, tuky a/nebo sacharidy, vykazují vlastnosti jak elastické pevné látky, tak i viskózní tekutiny, a patří tedy do kategorie viskoelastických. Reologické chování sýrů lze měřit řadou testů. Některé testy, například creepová a nízkotlaká oscilační reometrie, zahrnují aplikaci nízkého napětí v lineárním viskoelastickém rozsahu, což je oblast, ve které je napětí ve vzorku přímo úměrné aplikovanému napětí a vzorku, jako je elastická pevná látka, plně se zotavuje z deformace při odstranění napětí (alespoň po krátkém časovém intervalu). Reologické testy s nízkým napětím poskytují informace o základních vnitřních reologických veličinách, jako je paměťový modul, G' a elastická poddajnost. Tyto testy jsou užitečné také pro charakterizaci viskoelasticity sýrů z hlediska toho, jestli se chová více jako pevná látka nebo jako tekutina. V jiných testech, kde se aplikuje velké napětí, namáhání, kroucení a řezání, je sýr mimo viskoelastický rozsah. Deformace použité v těchto testech napodobují přesněji deformace použité při spotřebě a komerčních operacích snižování velikosti, které zahrnují porcování/řezání, drcení nebo mletí sýra. Touto deformací poskytují

informace o lomových vlastnostech sýru, včetně napětí vyžadovaného ke zlomení a pro dosažení daného stupně deformace, jako je stlačení. [46,48]

3.3.4 Smetanový krém

Struktura smetanového krému by měla být hladká a roztíratelná při pokojové a nízké teplotě. Všechny smetanové krémy vykazují převládající elastické chování. Roztíratelnost a modul pružnosti G' smetanového krému jsou tedy spojeny s jeho obsahem tuku. Viskózní modul G'' byl reologickou vlastností nejméně ovlivněnou u smetanových krémů, tato vlastnost souvisí spíše s obsahem bílkovin a vlhkosti smetanového krému, a bílkoviny, které se nacházejí v krémech, se významně nemění. [48,49]

3.4 Reometrie

Reometr nebo viskozimetr, který měří reologické vlastnosti tekutin podle odporu proti proudění známou silou nebo vyvolaného stresu známým množstvím proudu, je nezbytným nástrojem při reologických studiích potravin. K provádění reologických měření se používají mimo jiné kapilární viskozimetry, padací kuličkové viskozimetry, rotační a oscilační reometry. Pracovní podmínkou obvykle uvažovanou pro vzorek je jednotná teplota. Většina komerčních reometrů používá podobné měřicí geometrie (deska – deska, válec – válec atd.) a mají srovnatelné měřicí rozsahy. Následují různé měřicí systémy, které jsou k dispozici pro provádění testů pomocí rotace, toku, relaxace a oscilace. [38]

Kromě toho se měřicí systém deska – deska skládá ze dvou plochých desek, kde jedna deska se otáčí nebo kmitá, zatímco druhá je pevná. [38]

Testy s oscilačním napětím jsou často označovány jako „dynamické“ testy, a jsou velmi populární pro měření viskoelastické potravin, včetně síly gelu, želatinace škrobu, koagulace proteinu, tvorby těsta, testování trvanlivosti atd. Dynamické oscilační smykové testy s malou amplitudou jsou široce používány v potravinářském průmyslu, měření se provádí v lineární viskoelastické oblasti. [45]

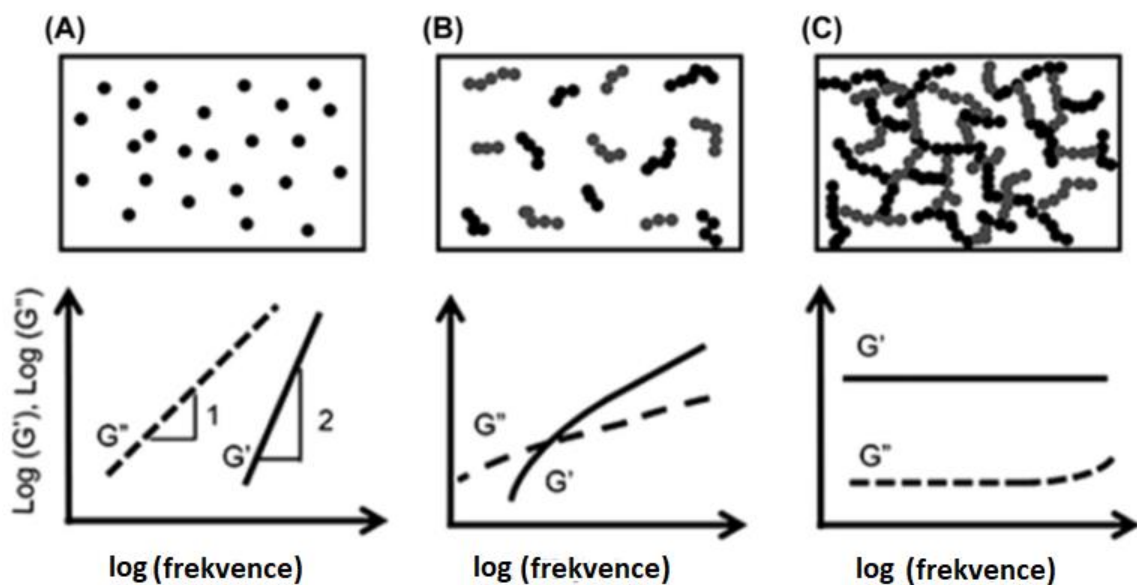
3.4.1 Dynamická oscilační reometrie

Dynamická oscilační reometrie slouží ke zjišťování viskoelastických vlastností smetanových krémů jejich řízenou deformací, kdy je zkoumáno tokové chování těchto vzorků. Viscoelastická smetanových krémů je popisována pomocí elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti, elastický modul odráží míru pružnosti a ztrátový modul

odráží míru viskozity v závislosti na zvoleném rozsahu frekvencí. Poměrem těchto dvou modulů je možno získat tangens fázového posunu, což je zpoždění odezvy napětí na aplikované napětí. Prostřednictvím elastického a ztrátového modulu pružnosti je vyjádřen komplexní modul pružnosti (G^*), kterým je popisován celkový odpor vzorku proti deformaci. Čím je vyšší tato hodnota, tím je daný vzorek tužší. [50]

Tento test vymezuje mezní hodnoty lineární viskoelasticity, přičemž je materiál nedestruktivní povahy. Podle modulu pružnosti a ztrátového modulu lze rozlišit seskupení materiálů následovně:

- zředěné roztoky, kde je G'' větší než G' , avšak při větších frekvencích se moduly k sobě přibližují
- koncentrované roztoky, kde G'' je při nižších frekvencích větší než G' a v určitém okamžiku přes sebe přecházejí. Tento křížový bod je funkcí frekvence a může být důležitým parametrem při popisu materiálu
- gely, kde jsou G' a G'' nezávislé na frekvenci a jsou paralelní k sobě navzájem, přičemž G' je větší než G'' . Při stavu gelu jsou G'' a G' navzájem rovnoběžné bez ohledu na frekvenci u (silný gel) [45]



Obrázek 6: Mikrostruktura koloidních disperzí a chování elastického a ztrátového modulu G' a G'' jako funkce úhlové frekvence pro (A) stabilní disperzi, (B) slabě flokulovanou disperzi a (C) silně flokulovanou disperzi či gel [45]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL PRÁCE

Cílem této práce bylo v první fázi vybrat hydrokoloidy poskytující smetanové krémy požadované konzistence. Cílem druhé fáze této práce bylo zjistit, která koncentrace použitých hydrokoloidů poskytuje smetanové krémy požadované konzistence a homogenní struktury. Navíc bylo zkoumáno, zda, popř. jak, daná koncentrace hydrokoloidu ovlivňuje konzistenci vyrobených smetanových krémů během skladování po dobu 28 dní při teplotě 6 ± 2 °C.

5 MATERIÁL A METODIKA

5.1 Suroviny pro výrobu smetanových krémů

V této práci byly vyráběny smetanové krémy za použití pasterované smetany s obsahem tuku 40 %, kaseinát sodný, syrovátkový protein a hydrokoloidy v koncentrační řadě 0,025; 0,050; 0,075; 0,100; 0,125 a 0,150 %. Konkrétně se jednalo o tyto hydrokoloidy:

- κ -karagenan,
- ι -karagenan,
- karagenan CL394FLX,
- agar,
- furcelleran 1 000 (furcelleran A),
- furcelleran 8 500 (furcelleran B).

Karagenan CL394FLX je purifikovaná směs karagenanů získaná z červených mořských řas. Použité furcellerany 1 000 a 8 500 jsou středně silně gelující polysacharidy získané z mořských řas *Furcellaria lumbricalis* vyskytujících se v Baltském moři. Tyto furcellerany se liší v síle gelu, který vytváří.

Praktická část se skládala ze dvou experimentů. V I. experimentu bylo zkoumáno, které z výše vyjmenovaných hydrokoloidů, a v jakých koncentracích, jsou vhodné či nikoli pro výrobu smetanových krémů požadované konzistence. Na konci I. experimentu byly vybrány ty hydrokoloidy, které poskytovaly smetanové krémy požadované konzistence a zároveň homogenní v celé hmotě.

S vybranými hydrokoloidy byl proveden II. experiment, kdy bylo zkoumáno, která koncentrace vybraného hydrokoloidu poskytuje nejvhodnější konzistenci pro daný druh smetanových krémů homogenní v celé hmotě.

5.2 Výroba smetanových krémů s vybranými hydrokoloidy

Na výrobu smetanových krémů v I. a II. experimentu této práce bylo použito zařízení Stephan UMC-5 (Stephan Machinery GmbH, Hameln, Německo; nástroj pro nepřímé topení, obr. 3). Suroviny byly nadávkovány do nádoby a ta byla posléze uzavřena. Poté byl pomocí čerpadla vývěvy vytvořen podtlak přibližně 0,08 MPa. Po celou dobu procesu byla směs zahřívána a míchána při 3 000 ot. / min. Celkový čas procesu činil 5 minut, kdy byla

dodržena nejvyšší teplota zahřívání 80 °C. Po skončení procesu byl odstraněn podtlak a nádoba byla otevřena. Vzniklý smetanový krém byl přelit do spotřebitelských obalů, které byly ihned uzavřeny. Smetanový krém v uzavřených spotřebitelských obalech byl ponechán k samovolnému vychladnutí, poté byl uskladněn v lednici při teplotě 6 ± 2 °C po dobu 7 dní (I. experiment) 28 dní (II. experiment).



Obrázek 7: *Stephan UMC 5*

5.2.1 Experiment I

Jak již bylo řečeno, v I. experimentu byly vyráběny smetanové krémy s přidavkem všech zmíněných hydrokoloidů v dané koncentrační řadě, viz Tab. 1:

- κ-karagenan,
- ι-karagenan,
- karagenan CL394FLX,
- agar,
- furcelleran A
- furcelleran B.

Vyrobené krémy byly skladovány po dobu 7 dní v lednici při teplotě 6 ± 2 °C. Poté byla provedena u každého vzorku dynamická oscilační reometrie ke zjištění, zda daný hydrokoloid, a v jaké koncentraci, poskytuje smetanový krém požadované konzistence či nikoli.

Tabulka 1: Označení vzorků smetanových krémů vyrobených v koncentrační řadě jednotlivých hydrokoloidů

Experiment I						
Hydrokoloidy	Označení					
	Koncentrace [%]					
Agar	A1	A2	A3	A4	A5	A6
	0,025	0,050	0,075	0,100	0,125	0,150
κ-karagenan	κ1	κ2	κ3	κ4	κ5	κ6
	0,025	0,050	0,075	0,100	0,125	0,150
ι-karagenan	ι1	ι2	ι3	ι4	ι5	ι6
	0,025	0,050	0,075	0,100	0,125	0,150
karagenan CL394FLX	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	0,025	0,050	0,075	0,100	0,125	0,150
furcelleran A	A1	A2	A3	A4	A5	A6
	0,025	0,050	0,075	0,100	0,125	0,150
furcelleran B	B1	B2	B3	B4	B5	B6
	0,025	0,050	0,075	0,100	0,125	0,150



Obrázek 8: Výroba smetanových krémů pro experiment I

5.2.2 Experiment II

Pro experiment II byly vybrány tyto hydrokoloidy:

- κ-karagenan,
- ι-karagenan,
- karagenan CL394FLX
- furcelleran A
- furcelleran B

κ -karagenan, ι -karagenan a karagenan CL394FLX byly použity opět v celé škále koncentrací (Tab. 2) ke zjištění, zda a jakým způsobem se mění konzistence vyrobených smetanových krémů během 28 dní skladování. Furcelleran A a furcelleran B byly použity pouze v nejvyšší koncentraci (Tab. 2), tedy 0,150 %, i když i u této koncentrace byl tvořen slabý gel. Cílem bylo zjistit, zda se během 28 dní skladování smetanových krémů vyrobených pomocí furcelleranů stane gel tužším či nikoli.

Vyrobené krémy byly skladovány po dobu 28 dní v lednici při teplotě 6 ± 2 °C. U jednotlivých vzorků bylo měřeno pH, byl stanoven obsah sušiny a dále byla provedena dynamická oscilační reometrie 1., 7., 14., 21. a 28. den. Ve dvou opakováních pro každou koncentraci.

Tabulka 2: Označení vzorků smetanových krémů vyrobených v koncentrační řadě jednotlivých hydrokoloidů

Experiment II						
Hydrokoloidy	Označení					
	Koncentrace [%]					
κ -karagenan	$\kappa 1$	$\kappa 2$	$\kappa 3$	$\kappa 4$	$\kappa 5$	$\kappa 6$
	0,025	0,050	0,075	0,100	0,125	0,150
ι -karegenan	$\iota 1$	$\iota 2$	$\iota 3$	$\iota 4$	$\iota 5$	$\iota 6$
	0,025	0,050	0,075	0,100	0,125	0,150
karagenan CL394FLX	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	0,025	0,050	0,075	0,100	0,125	0,150
furceleran A						A
	-	-	-	-	-	0,150
furceleran B						B
	-	-	-	-	-	0,150



Obrázek 9: Výroba smetanových krémů pro experiment II

5.3 Měření pH

U potravin je pH velice důležité z hlediska bezpečnosti potravin, a tedy možnosti vzniku alimentárního onemocnění. Hodnota pH je totiž důležitým faktorem ovlivňujícím růst bakterií v potravině. Měřítka pH se pohybují od 0 do 14. Hodnota pH 7 je neutrální, pod 7, jak se čísla snižují, se stupnice stává stále kyselější. Nad 7 zvyšující se hodnoty odrážejí rostoucí alkalitu. Většina potravin je v kyselém rozmezí nebo méně než pH 7,0. Bakterie mají sklon upřednostňovat podmínky, které jsou blízké pH 7,0, ale jsou schopné růst v rozmezí pH 4,6 až 8,0. Pro kvasinky a plísně je rozmezí pH daleko širší a to 3,0 – 11,0. Potraviny s pH nižším než 4,6 se řadí mezi kyselé, u kterých je díky nízkému pH znemožněn růst a množení bakterií., Navíc *Clostridium botulinum* produkující jeden z nejtoxičtějších neurotoxinů, tvoří spory, které v kyselém prostředí nejsou schopny vyklíčit. Tedy kyselé potraviny jsou samy o sobě lépe chráněny vůči kažení. [51,52,53]

Hodnota pH může být ovlivněna také lipolýzou triacylglycerolů na volné mastné kyseliny, a ty mohou vést ke snižování pH. Snižování pH mohou způsobit i Maillardovy reakce, při kterých proteiny ztrácí svoje pozitivní náboje. [54]

Vady smetanového krému se mohou objevit v závislosti na konečném pH. Mělo by se pohybovat kolem pH smetany, jelikož nebylo přidáváno žádné okyselovadlo, tak jak se tomu

dělá při výrobě mascarpone, a nebyla přidávána ani žádná kultura na prokysání. Struktura smetanového krému by měla být měkká, díky vysokému obsahu tuku plná, a neměla by být cítit žádná pachut'. Pachut' by se mohla objevit při nejvyšších koncentracích hydrokoloidů. Hodnota pH ovlivňuje texturní a reologické vlastnosti. Pokud je $\text{pH} > 5,2$ mohou být výrobky rozbředlé a měkké konzistence. Pokud je $\text{pH} < 5,2$, může se zvýšit viskozita výrobků, ty mohou být následně tuhé a drobivé, tudíž nedrží pohromadě. Pokud je pH krémů příliš nízké, může to naznačovat kontaminaci, v tom případě může být struktura zrnitá a chuť nakyslá. Jinak skladováním pH klesá a kyselost se zvyšuje. [48,55]

Hodnota pH vyrobených smetanových krémů byla měřena pH metrem na měření potravin a mléčných výrobků typu HI 99161 HACCP, výrobce Hanna Instruments, USA, a to 1., 7., 14., 21. a 28. den skladování.

5.4 Stanovení obsahu sušiny

Obsah celkové sušiny ve vyrobených smetanových krémech byl stanoven podle metody ČSN ISO 5534 (ISO, 2004), která byla z praktického hlediska upravena. Sušina byla stanovena ve dvou vzorcích pro každou koncentraci hydrokoloidu celkem 3x, tedy celkově 6x. Navážka smetanového krému, přibližně 3 g, se odvažovala na analytických váhách na 4 desetinná místa do připravené hliníkové váženky s cca 20 g vysušeného křemenného písku, jenž byl řádně promíchán se vzorkem pomocí skleněné tyčinky.



Obrázek 10: Příprava vzorků pro stanovení obsahu sušiny

Takto připravený vzorek byl vložen do předehřáté sušárny na teplotu 102 ± 2 °C a byl sušen do konstantní teploty, přibližně 3 hodiny. Po uplynutí této doby byly váženky vychlazeny v exsikátoru a poté zváženy a zaznamenána hmotnost na čtyři desetinná místa. Výpočet obsahu sušiny byl proveden dle vzorce:

$$\text{obsah sušiny} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} * 100 [\%]$$

kde:

m_0 ... hmotnost předsušené váženky s křemenným pískem [g]

m_1 ... hmotnost váženky se vzorkem před sušením [g]

m_2 ... hmotnost váženky se vzorkem po vysušení [g]

Obecně platí, že na obsah sušiny má vliv obsah tuku, tedy čím tučnější smetana, tím vyšší procento sušiny ve smetaně. [42]

5.5 Dynamická oscilační reometrie

Dynamická oscilační reometrie slouží ke zjišťování viskoelastických vlastností smetanových krémů jejich řízenou deformací, kdy je zkoumáno tokové chování těchto vzorků. Viskoelastická smetanových krémů je popisována pomocí elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti. Elastický modul G' odráží míru pružnosti a ztrátový modul G'' odráží míru viskozity v závislosti na zvoleném rozsahu frekvencí. Poměrem těchto dvou modulů je možno získat tangens fázového posunu, který je vyjádřen dle následujícího vzorce:

$$\tan \delta = \frac{G''}{G'} [^\circ]$$

kde:

G' ... elastický modul pružnosti [Pa]

G'' ... ztrátový modul pružnosti [Pa]

Prostřednictvím elastického a ztrátového modulu pružnosti je vyjádřen komplexní modul pružnosti (G^*), kterým je popisován celkový odpor vzorku proti deformaci. Čím je vyšší tato hodnota, tím je daný vzorek tužší. Komplexní modul je počítán dle vzorce:

$$G^* = \sqrt{(G')^2 + (G'')^2} [\text{Pa}]$$

kde:

G^* ... komplexní modul pružnosti [Pa]

G' ... elastický modul pružnosti [Pa]

G'' ... ztrátový modul pružnosti [Pa] [57]

Viskoelastické vlastnosti vyrobených smetanových krémů byly měřeny na rotačním viskozimetru Thermo Scientific™ HAAKE RheoStress1 (Bremmen, Německo) při teplotě $20,0 \pm 0,1^\circ\text{C}$. Vzorky byly měřeny v rozsahu frekvencí 0,1 – 10,0 Hz. Používaná geometrie u rotačního viskozimetru byla deska-deska (průměr = 35 mm, mezera = 1 mm). Avšak v experimentu I se u některých vzorků musela pro tekutou konzistenci použít geometrie válec-válec. Vzorek byl nanesen na spodní pracovní pevnou desku, po nanesení vzorku byla spuštěna horní deska na štěrbinu 1 mm. Vlivem tlaku byl přebytečný vzorek vytlačen do stran, ten byl ještě před měřením odstraněn, aby nedocházelo ke zkreslení výsledků. Poté byly okraje natřeny vrstvičkou silikonového oleje, aby se zabránilo vysychání vzorku, a tak bylo možno dosáhnout co nejrepresentativnějších dat.

5.6 Statistická analýza

Statistické vyhodnocení bylo provedeno neparametrickými Kruskal-Wallisovým a Wilcoxonovým testem na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ s využitím softwaru Unistat 6.5 (Unistat Ltd., Velká Británie).

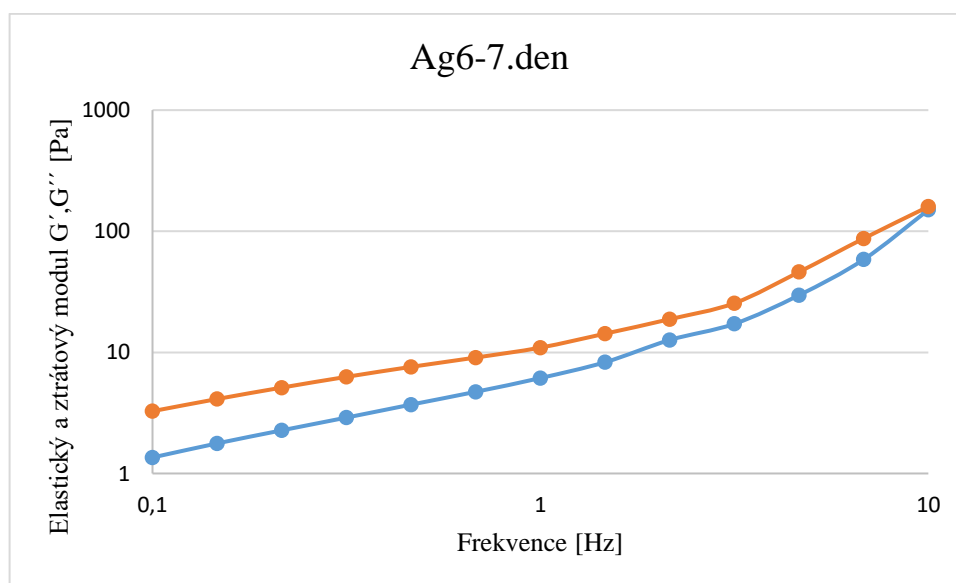
6 VÝSLEDKY A DISKUZE

6.1 Výsledky Experiment I

Cílem experimentu I bylo vybrat hydrokoloidy poskytující smetanové krémy požadované konzistence. Z použitých hydrokoloidů byly na základě měření dynamické oscilační reometrie 7. den skladování vybrány jako vyhovující tyto:

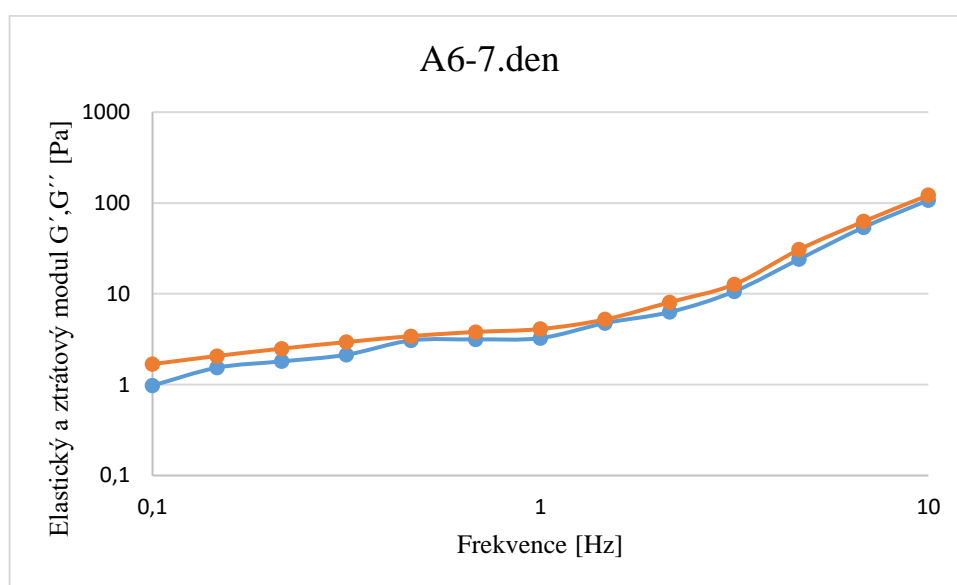
- κ -karagenan,
- ι -karagenan,
- karagenan CL394FLX
- furcelleran A
- furcelleran B.

Agar byl vyhodnocen jako nevyhovující, neboť poskytoval smetanové krémy tekuté konzistence v celé škále daných koncentrací. Na ukázkou je uvedena na obrázku 11 závislost elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti na frekvenci pro nejvyšší koncentraci agaru 0,150 % (w/w), z které je patrné, že G'' je nad G' , což je typické pro zředěné roztoky [45]. Proto nebyl tento hydrokoloid použit v experimentu II.

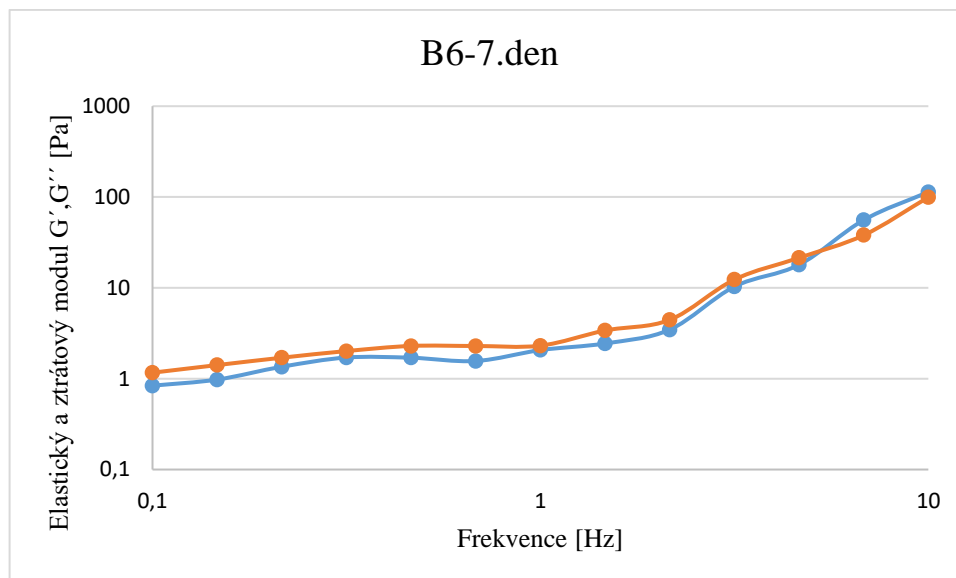


Obrázek 11: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidávkou agaru v koncentraci 0,150 % (w/w) po 7 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Co se týče obou použitých furcelleranů, poskytovaly smetanové krémy tekuté konzistence v rozmezí koncentrací 0,025 - 0,125 %. Nejvyšší koncentrace těchto hydrokoloidů poskytovala tužší smetanové krémy než při nižších koncentracích, ale stále nevyhovující konzistence pro zamýšlený výrobek, viz obrázek 12 a 13. Vzhledem k tomu, že v experimentu I byly smetanové krémy skladovány pouze 7 dní, byly v experimentu II vyrobeny smetanové krémy pouze s nejvyšší koncentrací furcelleranů (0,150 %) pro ověření, zda během delší doby skladování (28 dní) nedochází k tuhnutí vzniklého gelu, a tedy k požadované změně konzistence těchto výrobků.



Obrázek 12: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem furcelleranu A v koncentraci 0,150 % (w/w) po 7 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)



Obrázek 13: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem furcelleranu B v koncentraci 0,150 % (w/w) po 7 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

6.2 Výsledky Experiment II

V experimentu II byly na výrobu smetanových krémů použity hydrokoloidy vybrané v experimentu I, viz kap. 6.1. Cílem experimentu II bylo tedy zjistit, která koncentrace použitých hydrokoloidů poskytuje smetanové krémy požadované konzistence a zda, popř. jak, daná koncentrace hydrokoloidu ovlivňuje konzistenci vyrobených smetanových krémů během skladování po dobu 28 dní při teplotě 6 ± 2 °C. V tomto experimentu byla kromě dynamické oscilační reometrie zjišťována také hodnota pH a stanoven obsah sušiny vždy 1., 7., 14. a 28. den skladování.

6.2.1 Výsledky měření pH

Hodnota pH smetanových krémů byla měřena vždy 1., 7., 14., 21. a 28. den skladování, každý vzorek byl měřen celkem šestkrát a výsledky byly zprůměrovány, viz Tab. 3.

Tabulka 3: Průměrné hodnoty pH smetanových krémů při skladování po přidavku jednotlivých hydrokoloidů

	1. den	7. den	14. den	21. den	28. den
	Ø pH	Ø pH	Ø pH	Ø pH	Ø pH
κ1	6,58 ± 0,03	6,41 ± 0,01	6,37 ± 0,03	5,75 ± 0,05	5,79 ± 0,05
κ2	6,58 ± 0,04	6,49 ± 0,01	6,38 ± 0,02	6,05 ± 0,05	6,00 ± 0,04
κ3	6,58 ± 0,01	6,52 ± 0,02	6,48 ± 0,04	6,45 ± 0,02	6,44 ± 0,04
κ4	6,58 ± 0,02	6,54 ± 0,01	6,50 ± 0,04	6,45 ± 0,04	6,45 ± 0,01
κ5	6,61 ± 0,02	6,60 ± 0,01	6,49 ± 0,01	6,49 ± 0,01	6,46 ± 0,01
κ6	6,61 ± 0,02	6,59 ± 0,01	6,59 ± 0,01	6,54 ± 0,01	6,53 ± 0,04
ι1	6,59 ± 0,02	6,57 ± 0,02	6,49 ± 0,04	6,49 ± 0,02	5,98 ± 0,04
ι2	6,59 ± 0,01	6,59 ± 0,03	6,53 ± 0,03	6,49 ± 0,05	6,11 ± 0,05
ι3	6,61 ± 0,01	6,58 ± 0,01	6,51 ± 0,02	6,46 ± 0,01	6,43 ± 0,04
ι4	6,61 ± 0,01	6,57 ± 0,03	6,56 ± 0,02	6,46 ± 0,01	6,44 ± 0,02
ι5	6,59 ± 0,01	6,59 ± 0,02	6,58 ± 0,02	6,45 ± 0,02	6,36 ± 0,02
ι6	6,58 ± 0,01	6,56 ± 0,03	6,55 ± 0,01	6,40 ± 0,04	6,34 ± 0,04
C1	6,61 ± 0,01	6,48 ± 0,01	6,42 ± 0,01	6,37 ± 0,04	6,31 ± 0,02
C2	6,59 ± 0,03	6,47 ± 0,00	6,47 ± 0,01	6,44 ± 0,03	6,39 ± 0,02
C3	6,59 ± 0,01	6,47 ± 0,01	6,39 ± 0,06	6,36 ± 0,01	6,31 ± 0,01
C4	6,60 ± 0,03	6,53 ± 0,03	6,36 ± 0,01	6,33 ± 0,01	6,32 ± 0,01
C5	6,60 ± 0,01	6,44 ± 0,03	6,36 ± 0,01	6,34 ± 0,02	6,32 ± 0,03
C6	6,59 ± 0,01	6,49 ± 0,02	6,42 ± 0,02	6,41 ± 0,02	6,41 ± 0,01
A	6,55 ± 0,01	6,54 ± 0,02	6,54 ± 0,01	6,44 ± 0,01	6,43 ± 0,02
B	6,55 ± 0,02	6,56 ± 0,01	6,56 ± 0,02	6,10 ± 0,04	6,10 ± 0,04

Ze získaných výsledků lze vidět, že průměrné hodnoty pH se pohybovaly v rozmezí od 5,75 do 6,61. Obecně však lze říci, hodnota pH se během skladování mírně snížila u většiny skladovaných vzorků smetanových krémů. Toto snížení však nebylo statisticky významné ($p < 0,05$). U některých vzorků byl pokles pH výraznější. Jednalo se o vzorky, u nichž se vytvořil pouze slabý gel, tedy vzorky byly spíše tekuté a méně stabilní. Z toho důvodu mohla být u daných vzorků hodnota pH během skladování více ovlivněna než u vzorků tvořících pevnější a stabilnější gel.

Celkově lze říci, že u všech vzorků vyrobených smetanových krémů se jednalo o trend klesajícího pH, což odpovídá literatuře. [48]. Avšak nepotvrdila se hypotéza, že pokud je $pH > 5,2$ mohou být výrobky rozbředlé a měkké konzistence. Pokud je $pH < 5,2$, může se zvýšit viskozita výrobků, ty mohou být následně tuhé a drobné, tudíž nedrží pohromadě [48,55]. V této práci se pH všech vyrobených smetanových krémů pohybovalo nad hodnotu 5,2. Dále byl pozorován spíše trend takový, že pokud se jednalo o nižší pH, pak patřilo spíše tekutým výrobkům než pevným.

Navíc můžeme vyrobené smetanové krémy zařadit dle hodnoty pH mezi nekyselé potraviny, které jsou z hlediska bezpečnosti potravin náchylnější k rozvoji kontaminujících mikroorganismů. Proto je důležité nejen dodržení SVHP, aseptické balení, ale také skladování při nízkých teplotách a dodržení chladicího řetězce. [52]

6.2.2 Výsledky stanovení sušiny

Stanovení sušiny bylo opět provedeno 1., 7., 14., 21. a 28. den skladování smetanových krémů.

Tabulka 4: Průměrné hodnoty obsahu sušiny smetanových krémů při skladování po přidavku jednotlivých hydrokoloidů

	1. den	7.den	14. den	21. den	28. den
Hydrokoloidy	Ø obsahu sušiny [%]	Ø obsahu sušiny [%]	Ø obsahu sušiny [%]	Ø obsahu sušiny [%]	Ø obsahu sušiny [%]
κ1	52,52 ± 0,23	52,52 ± 0,15	52,53 ± 0,23	52,64 ± 0,09	52,66 ± 0,11
κ2	52,22 ± 0,03	52,22 ± 0,17	52,26 ± 0,03	52,28 ± 0,08	52,28 ± 0,09
κ3	52,10 ± 0,11	52,12 ± 0,24	52,12 ± 0,16	52,15 ± 0,13	52,15 ± 0,08
κ4	52,13 ± 0,04	52,13 ± 0,06	52,13 ± 0,04	52,14 ± 0,09	52,16 ± 0,17
κ5	52,18 ± 0,20	52,18 ± 0,28	52,18 ± 0,20	52,20 ± 0,21	52,20 ± 0,20
κ6	52,15 ± 0,49	52,15 ± 0,05	52,15 ± 0,49	52,14 ± 0,18	52,16 ± 0,18
ι1	51,93 ± 0,24	51,93 ± 0,12	51,93 ± 0,24	52,01 ± 0,16	52,11 ± 0,19
ι2	51,88 ± 0,27	51,89 ± 0,33	51,88 ± 0,27	51,97 ± 0,23	51,97 ± 0,24
ι3	52,34 ± 0,30	52,34 ± 0,25	52,34 ± 0,30	52,36 ± 0,12	52,36 ± 0,12
ι4	52,04 ± 0,03	52,04 ± 0,11	52,04 ± 0,03	52,08 ± 0,23	52,08 ± 0,23
ι5	52,57 ± 0,12	52,57 ± 0,40	52,57 ± 0,27	52,60 ± 0,12	52,60 ± 0,12
ι6	52,37 ± 0,22	52,38 ± 0,05	52,37 ± 0,22	52,38 ± 0,04	52,38 ± 0,04
C1	51,62 ± 0,07	51,65 ± 0,27	51,68 ± 0,19	51,70 ± 0,18	51,70 ± 0,21
C2	51,59 ± 0,27	51,59 ± 0,14	51,59 ± 0,27	51,69 ± 0,10	51,77 ± 0,10
C3	52,16 ± 0,24	52,18 ± 0,08	52,18 ± 0,22	52,23 ± 0,10	52,24 ± 0,28
C4	52,23 ± 0,38	52,23 ± 0,07	52,23 ± 0,38	52,27 ± 0,09	52,28 ± 0,30
C5	52,34 ± 0,10	52,35 ± 0,31	52,34 ± 0,10	52,35 ± 0,10	52,36 ± 0,26
C6	52,33 ± 0,12	52,34 ± 0,05	52,34 ± 0,26	52,39 ± 0,25	52,39 ± 0,20
A	51,42 ± 0,35	51,43 ± 0,08	51,46 ± 0,06	51,49 ± 0,16	51,52 ± 0,06
B	51,71 ± 0,11	51,71 ± 0,21	51,73 ± 0,05	51,78 ± 0,18	51,81 ± 0,05

Průměrný obsah sušiny v každém vzorku byl vypočten dle vzorce pro výpočet sušiny. Obsah sušiny ve smetanových krémech se pohyboval v rozmezí 51,42 – 52,60 %. Obsah sušiny smetanových krémů se během skladování ve většině případů lehce zvýšil, viz. tabulka 4. Celkově se však jednalo o nevýznamné rozdíly v obsahu sušiny ($p < 0,05$).

Zvýšení obsahu sušiny a odpovídající pokles pH by mohl značit, že během skladování docházelo ve vzorcích smetanových krémů ke ztrátě vody. Proto i pokles pH byl u tekutějších výrobků výraznější.

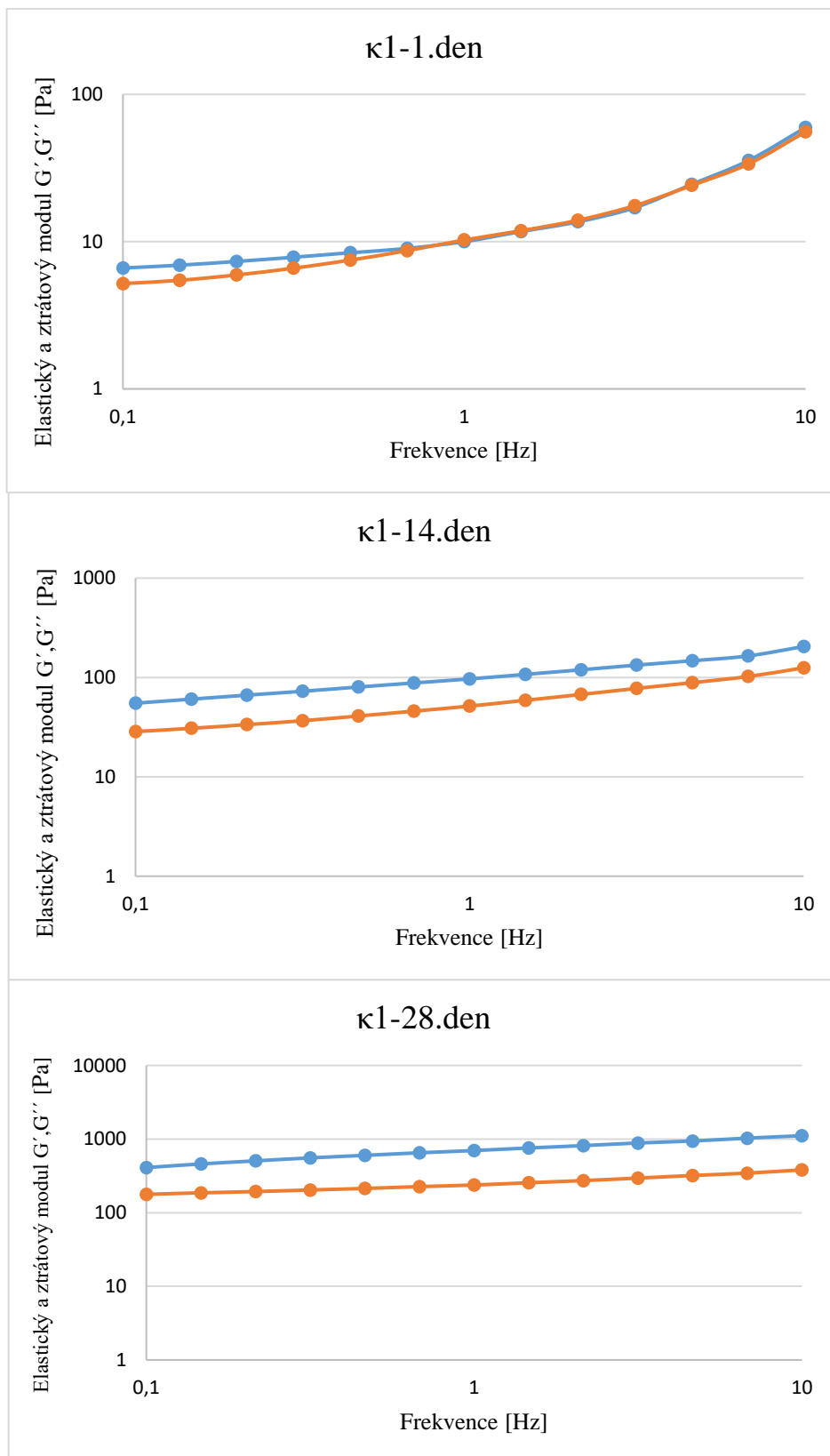
6.2.3 Výsledky dynamické oscilační reometrie

Vliv hydrokoloidů na konzistenci vyrobených smetanových krémů v průběhu měsíčního skladování při teplotě 6 ± 2 °C byl sledován pomocí dynamické oscilační reometrie s týdenním rozestupem, tedy 1., 7., 14., 21. a 28. den.

Na obrázku 14 lze pozorovat, že ve smetanových krémech vyrobených s přídavkem κ -karagenanu o koncentraci 0,025 % (w/w) 1.den skladování dosáhl ztrátový modul G'' vyšších hodnot při nižších frekvencích než elastický modul G' ; obě křivky se následně protnuly a G'' překročil G' , což je typické pro koncentrované roztoky a disperze. [45] 14. den a 28. den skladování dosáhl elastický modul G' vyšších hodnot při všech frekvencích než ztrátový modul G'' ; křivky byly rovnoběžné, což je typické pro gely. [45] Dále lze z obrázku 14 vyčíst, že pro smetanový krém vyrobený s přídavkem κ -karagenanu o koncentraci 0,025 % (w/w) byly hodnoty G' a G'' po 28 dnech skladování významně vyšší ve srovnání s hodnotami G' a G'' po 14 dnech skladování. Rovněž vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků skladovaných po dobu 28 dnů je větší než vzdálenost křivek G' a G'' pro vzorky smetanových krémů po 14 dnech skladování. Obecně platí, že čím větší vzdálenost křivek G' a G'' , tím je vytvořený gel pevnější. Během skladování tedy došlo ke zvýšení pevnosti smetanového krému.

Dosažené výsledky je tedy možné shrnout následovně:

Smetanový krém vyrobený s přídavkem κ -karagenanu o koncentraci 0,025 % (w/w) byl 1. den viskózní disperzí, 14. den již byl slabým gelem a po 28 dnech skladování se ještě více zpevnil, bohužel ne natolik, aby byla pevnost dostačující pro komerční použití.

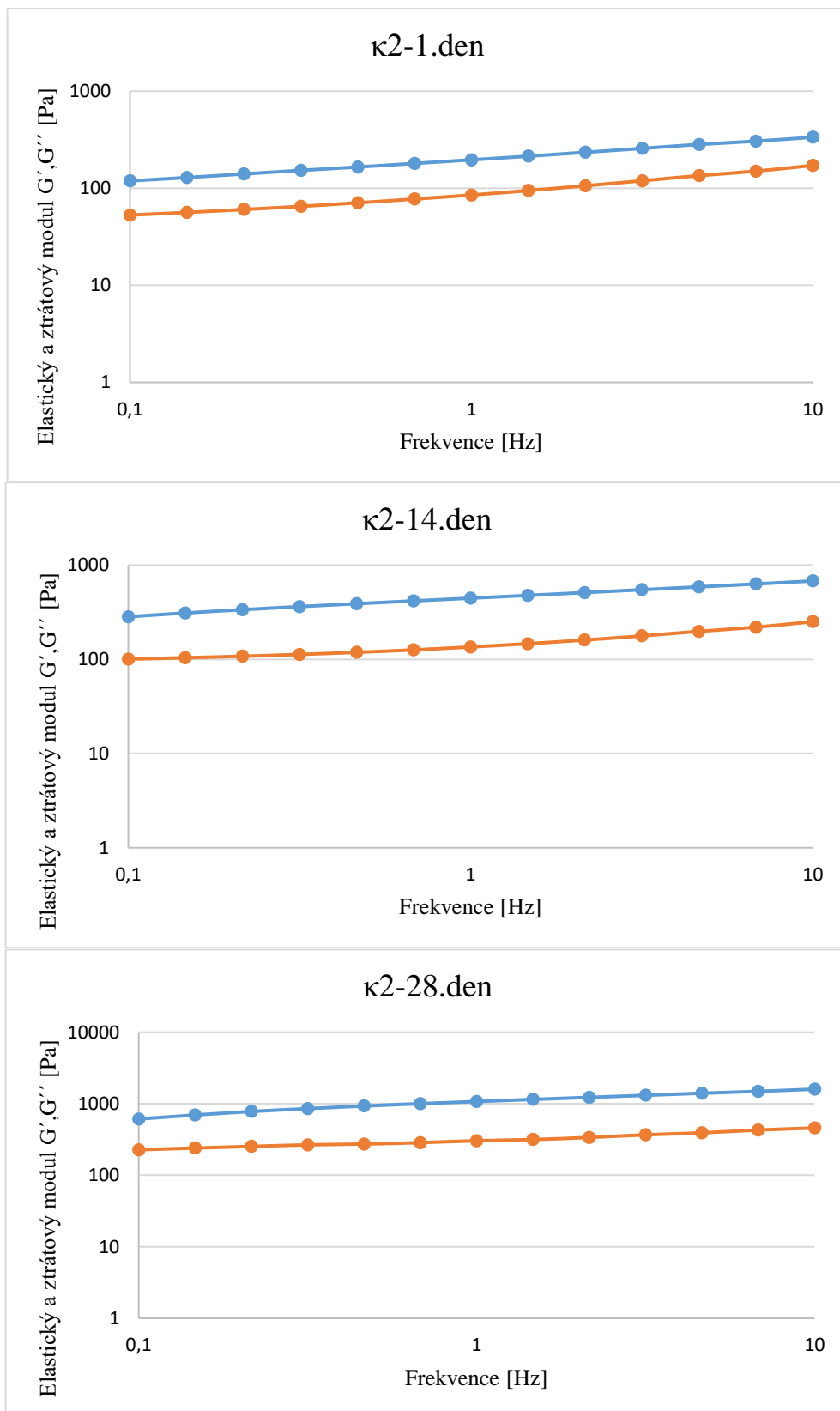


Obrázek 14: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem κ -karagenanu v koncentraci 0,025 % (w/w) po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Na obrázku 15 lze pozorovat, že ve vyrobených smetanových krémech s přídavkem κ -karagenanu o koncentraci 0,050 % (w/w) dosáhl 1., 14. i 28. den elastický modul G' vyšších hodnot než ztrátový modul G'' při všech frekvencích; křivky byly rovnoběžné, což je typické pro gely. [45] Dále lze z obrázku 15 vyčíst, že u smetanového krému vyrobeného s přídavkem κ -karagenanu o koncentraci 0,050 % (w/w) byly hodnoty G' a G'' po 28 dnech skladování významně vyšší ve srovnání s hodnotami G' a G'' po 1 dni skladování. Rovněž vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků skladovaných po dobu 28 dnů je větší než vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků po 1 dni skladování. To znamená, že během skladování došlo ke zvýšení pevnosti vyrobeného smetanového krému.

Dosažené výsledky je tedy možné shrnout následovně:

Smetanový krém vyrobený s přídavkem κ -karagenanu o koncentraci 0,050 % (w/w) byl 1. den slabým gelem, 14. den byl pevnější a po 28 dnech skladování se ještě více zpevnil. Koncentrace 0,050 % κ -karagenanu byla vyhodnocena jako dostačující pro výrobu smetanového krému požadované konzistence.

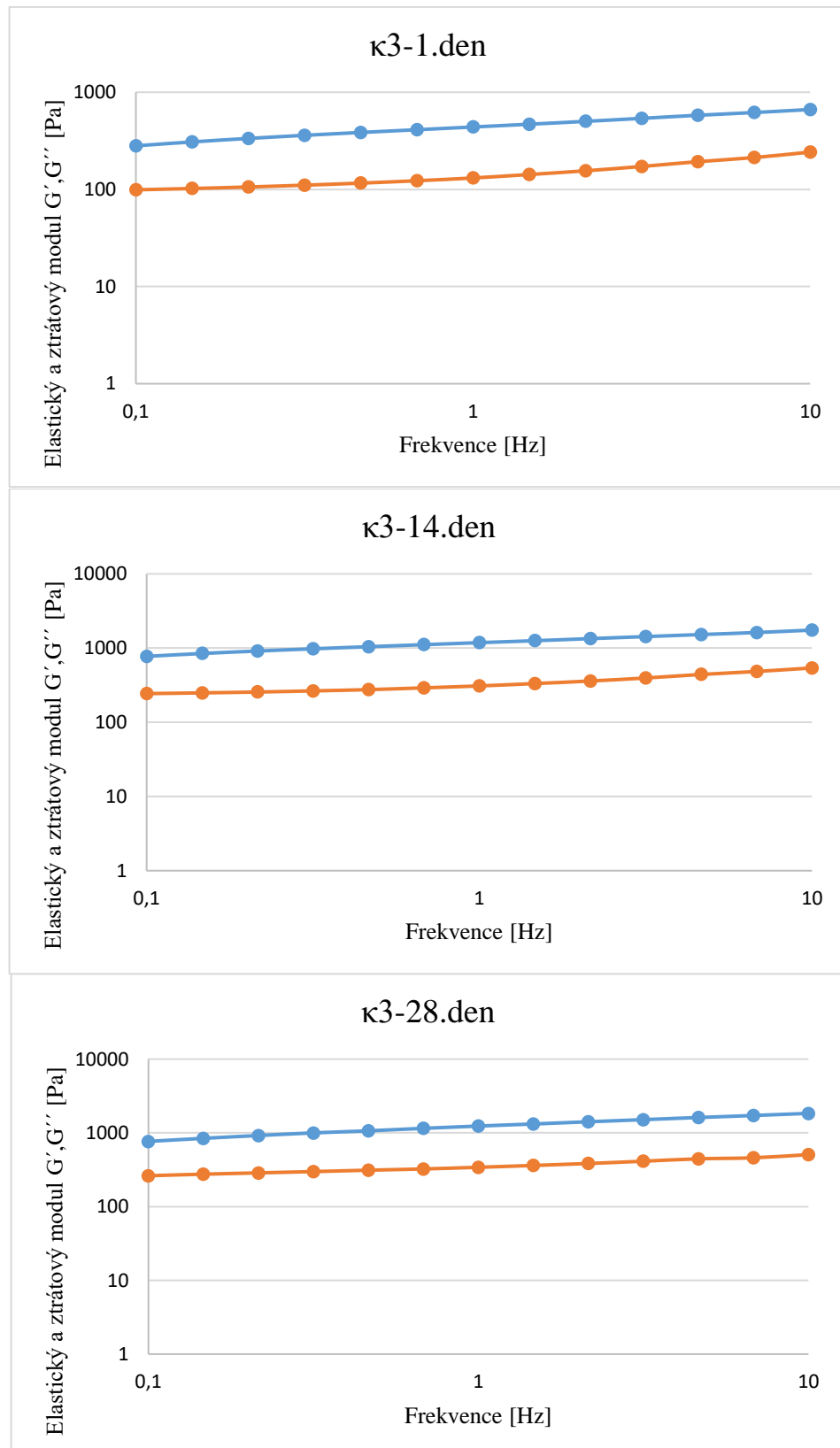


Obrázek 15: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidávkem κ -karagenanu v koncentraci 0,050 % (w/w) po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Na obrázku 16 lze pozorovat, že pro smetanový krém vyrobený s přídavkem κ -karagenanu o koncentraci 0,075 % (w/w) dosáhl 1., 14. i 28. den elastický modul G' vyšších hodnot než ztrátový modul G'' při všech frekvencích; křivky byly rovnoběžné, což je typické pro gely. [45] Dále lze z obrázku 16 vyčíst, že u smetanového krému vyrobeného s přídavkem κ -karagenanu o koncentraci 0,075 % (w/w) byly hodnoty G' a G'' po 28 dnech skladování významně vyšší ve srovnání s hodnotami G' a G'' po 1 dni skladování. Rovněž vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků skladovaných po dobu 28 dnů je větší než vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků po 1 dni skladování. To znamená, že během skladování došlo ke zvýšení pevnosti vyrobeného smetanového krému.

Dosažené výsledky je tedy možné shrnout následovně:

Smetanový krém vyrobený s přídavkem κ -karagenanu s koncentrací 0,075 % (w/w) byl 1.den slabým gelem, 14. den byl pevnější a po 28 dnech skladování se ještě více zpevnil. Koncentrace 0,075 % κ -karagenanu byla taktéž vyhodnocena jako vhodná pro výrobu smetanového krému požadované konzistence.

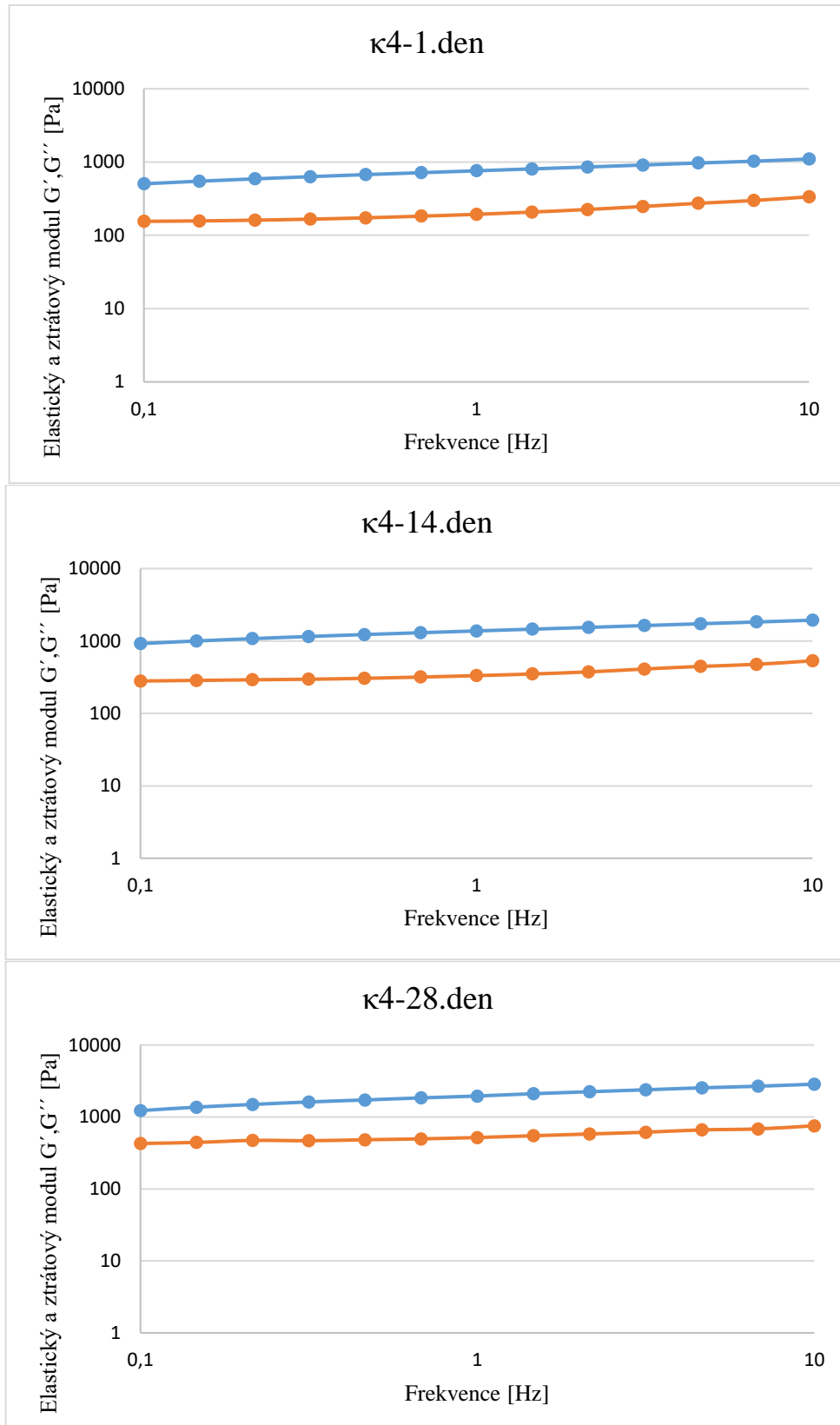


Obrázek 16: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidávkem κ -karagenanu v koncentraci 0,075 % (w/w) po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Na obrázku 17 lze pozorovat, že pro smetanový krém vyrobený s přidavkem κ -karagenanu o koncentraci 0,100 % (w/w) dosáhl 1., 14. i 28. den elastický modul G' vyšších hodnot než ztrátový modul G'' při všech frekvencích; křivky byly rovnoběžné, což je typické pro gely. [45] Dále lze z obrázku 17 vyčíst, že u smetanového krému vyrobeného s přidavkem κ -karagenanu o koncentraci 0,100 % (w/w) byly hodnoty G' a G'' po 28 dnech skladování významně vyšší ve srovnání s hodnotami G' a G'' po 1 dni skladování. Rovněž vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků skladovaných po dobu 28 dnů je větší než vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků po 1 dni skladování. To znamená, že během skladování došlo ke zvýšení pevnosti vyrobeného smetanového krému.

Dosažené výsledky je tedy možné shrnout následovně:

Smetanový krém vyrobený s přidavkem κ -karagenanu s koncentrací 0,100 % (w/w) byl 1.den gelem, 14. den byl pevnější a po 28 dnech skladování se ještě více zpevnil. Koncentrace 0,100 % κ -karagenanu byla taktéž vyhodnocena jako vhodná pro výrobu smetanového krému požadované konzistence. Navíc měl smetanový krém nejen požadovanou konzistenci, ale také homogenní strukturu.

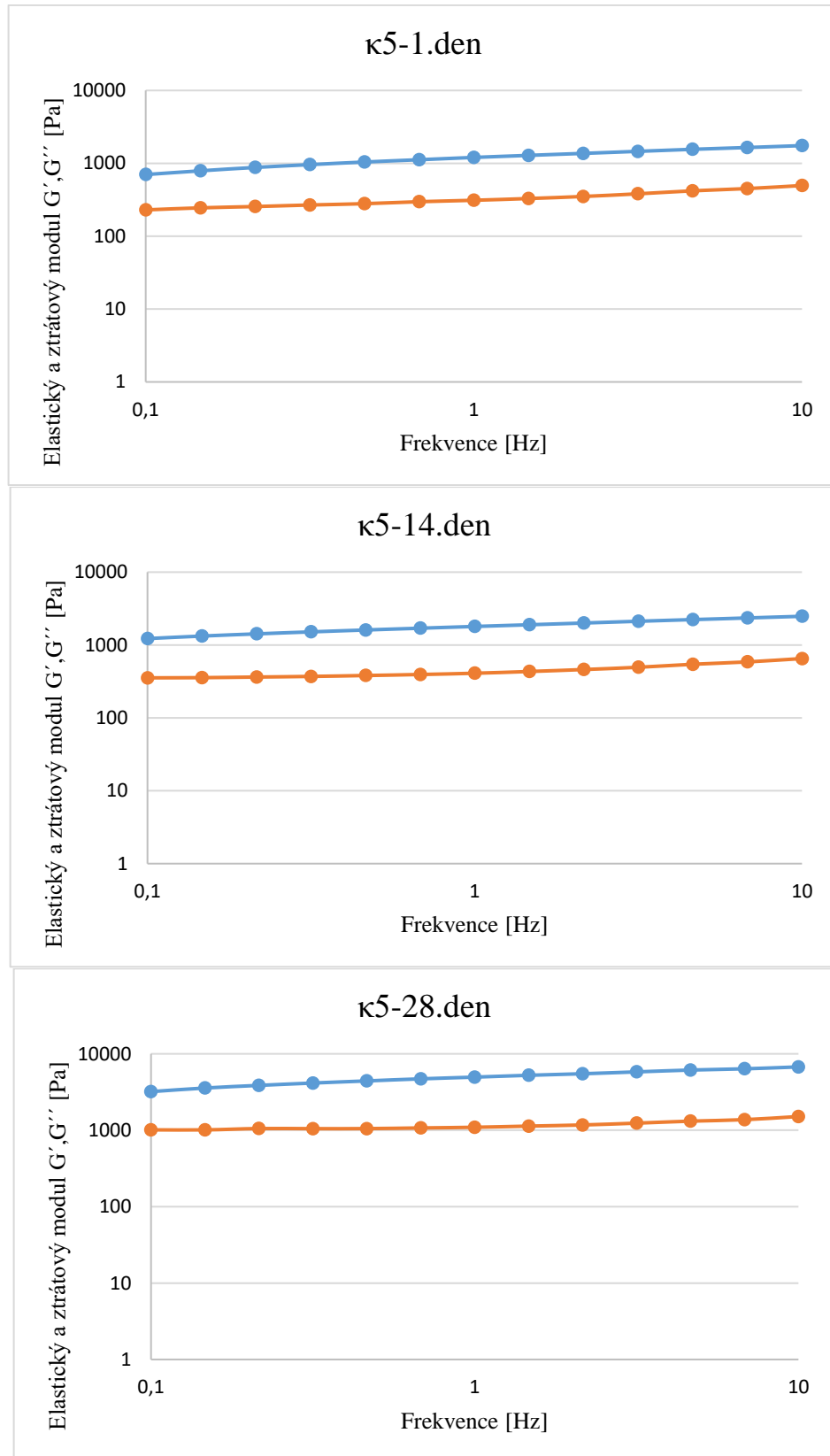


Obrázek 17: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidávkem κ -karagenanu v koncentraci 0,100 % (w/w) po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Na obrázku 18 lze pozorovat, že pro smetanový krém vyrobený s přídavkem κ -karagenanu o koncentraci 0,125 % (w/w) dosáhl 1., 14. i 28. den elastický modul G' vyšších hodnot než ztrátový modul G'' při všech frekvencích; křivky byly rovnoběžné, což je typické pro gely. [45] Dále lze z obrázku 18 vyčíst, že u smetanového krému vyrobeného s přídavkem κ -karagenanu o koncentraci 0,125 % (w/w) byly hodnoty G' a G'' po 28 dnech skladování významně vyšší ve srovnání s hodnotami G' a G'' po 1 dni skladování. Rovněž vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků skladovaných po dobu 28 dnů je větší než vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků po 1 dni skladování. To znamená, že během skladování došlo ke zvýšení pevnosti vyrobeného smetanového krému.

Dosažené výsledky je tedy možné shrnout následovně:

Smetanový krém vyrobený s přídavkem κ -karagenanu s koncentrací 0,125 % (w/w) byl 1. gelem, 14. den byl pevnější a po 28 dnech skladování se ještě více zpevnil. Pevnost vytvořeného gelu přídavkem κ -karagenanu s koncentrací 0,125 % (w/w) již byla vysoká, a tedy konzistence smetanového krému byla v tomto případě tužší, než je od daného výrobku požadováno.

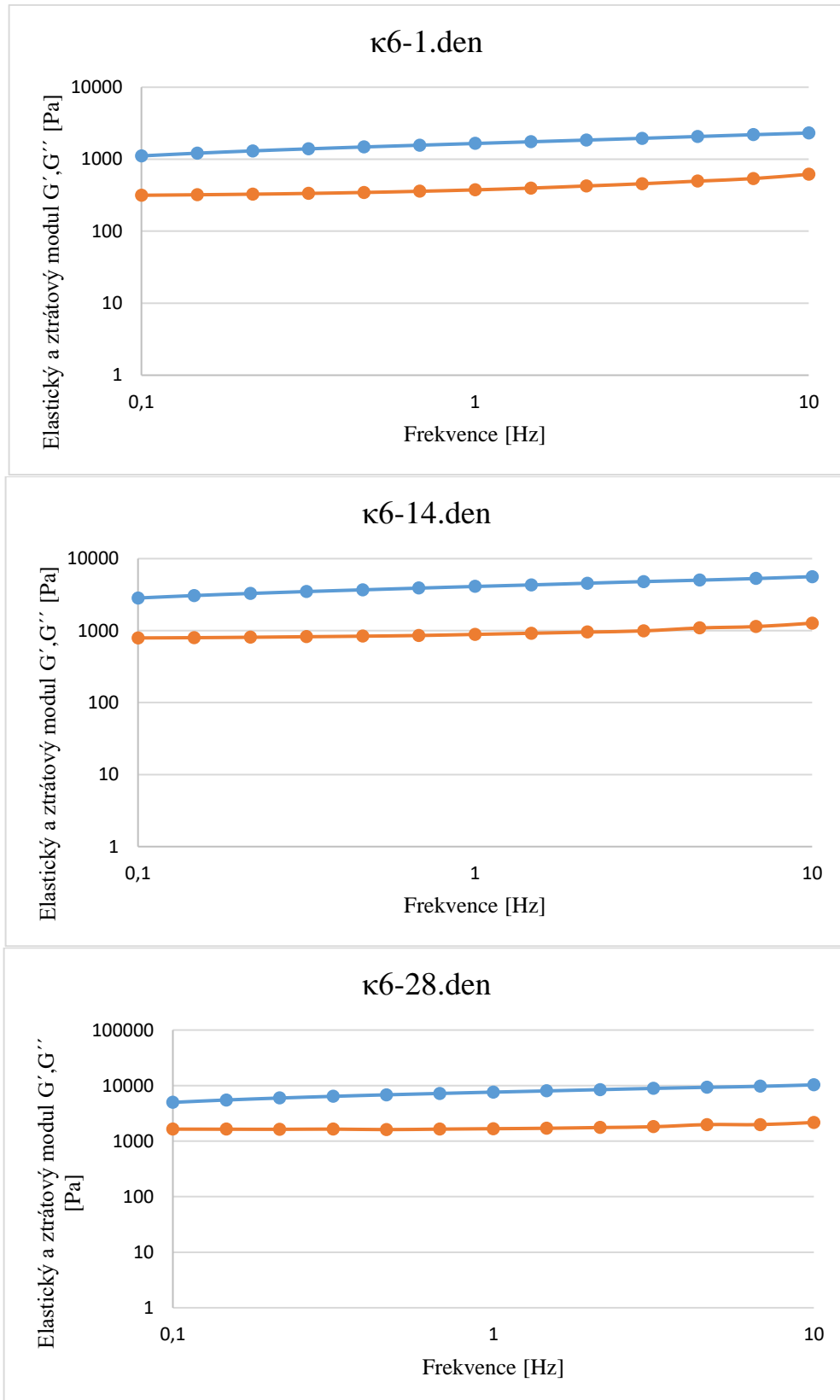


Obrázek 18: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem κ -karagenanu v koncentraci 0,125 % (w/w) po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Na obrázku 19 lze pozorovat, že pro smetanový krém vyrobený s přídavkem κ -karagenanu o koncentraci 0,150 % (w/w) dosáhl 1., 14. i 28. den elastický modul G' vyšších hodnot než ztrátový modul G'' při všech frekvencích; křivky byly rovnoběžné, což je typické pro gely. [45] Dále lze z obrázku 19 vyčíst, že u smetanového krému vyrobeného s přídavkem κ -karagenanu o koncentraci 0,150 % (w/w) byly hodnoty G' a G'' po 28 dnech skladování významně vyšší ve srovnání s hodnotami G' a G'' po 1 dni skladování. Rovněž vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků skladovaných po dobu 28 dnů je větší než vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků po 1 dni skladování. To znamená, že během skladování došlo ke zvýšení pevnosti vyrobeného smetanového krému.

Dosažené výsledky je tedy možné shrnout následovně:

Tedy smetanový krém vyrobený s přídavkem κ -karagenanu s koncentrací 0,150 % (w/w) byl 1. den pevným gelem, 14. den byl pevnější a po 28 dnech skladování byl extrémně tuhý až lomivý. Tudíž konzistence tohoto vzorku byla pro výrobek, jako je smetanový krém, vyhodnocena jako zcela nevyhovující.



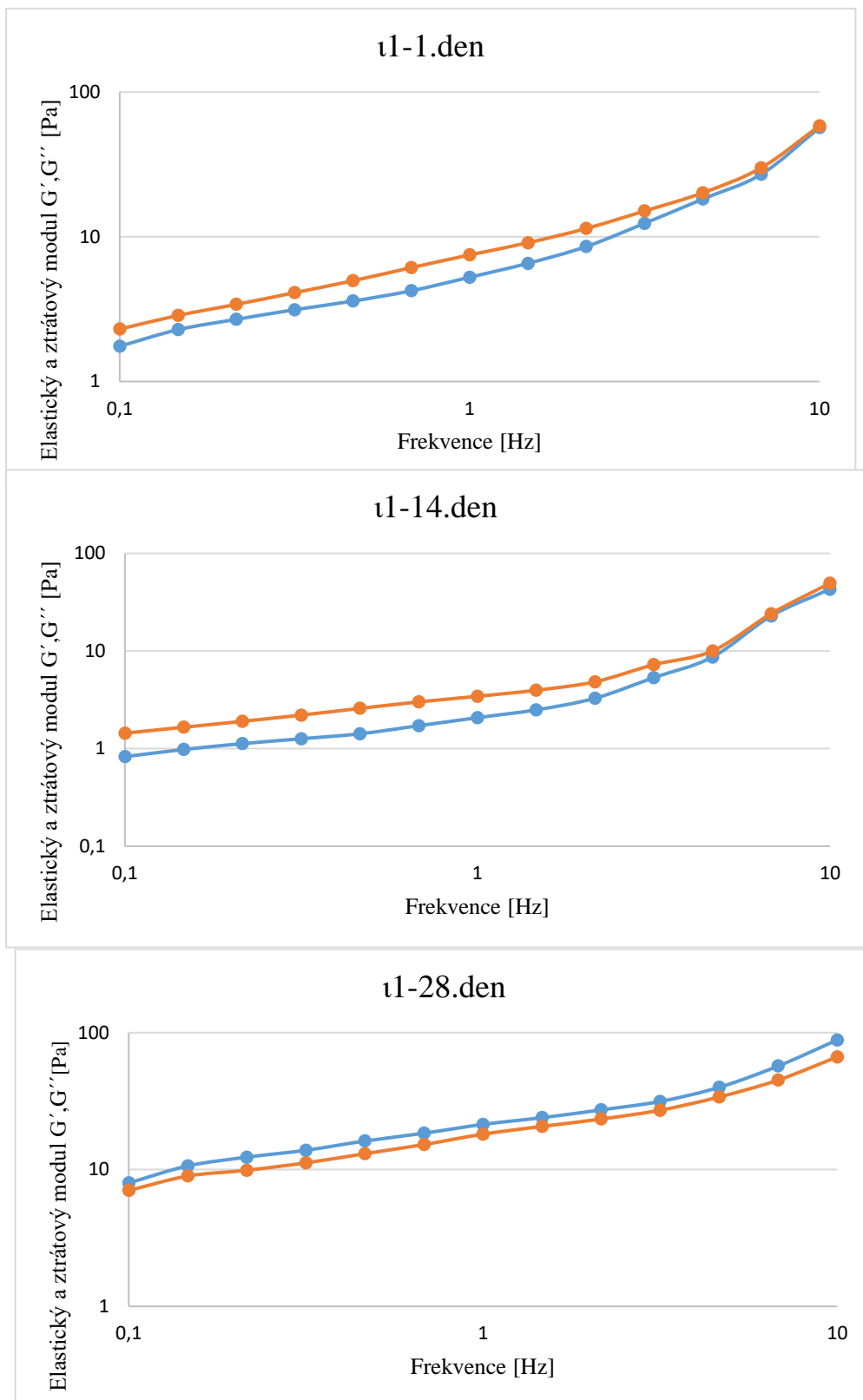
Obrázek 19: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidávkem κ -karagenanu v koncentraci 0,150 % (w/w) po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Při pohledu na jednotlivé koncentrace je zcela jasné, že pevnost se lineárně zvyšuje s přidavkem hydrokoloidu, od viskózní konzistence, až po extrémně pevnou a lomivou konzistenci.

Na obrázku 20 lze pozorovat, že ve smetanových krémech vyrobených s přidavkem ι -karagenanu o koncentraci 0,025 % (w/w) dosáhl 1.den a 14. den ztrátový modul G'' vyšších hodnot při nižších frekvencích než elastický modul G' ; obě křivky se následně přiblížily, což je typické pro zředěné roztoky. [45] 28. den skladování dosáhl elastický modul G' vyšších hodnot při všech frekvencích než ztrátový modul G'' ; křivky byly rovnoběžné, což je typické pro gely. [45] Vzhledem k malé vzdálenosti obou křivek se i tak jednalo o velmi slabý gel. Dále lze z obrázku 20 vyčíst, že pro smetanový krém vyrobený s přidavkem ι -karagenanu o koncentraci 0,025 % (w/w) byly hodnoty G' a G'' po 28 dnech skladování významně vyšší ve srovnání s hodnotami G' a G'' po 14 dnech skladování. Rovněž vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků skladovaných po dobu 28 dnů je větší než vzdálenost křivek G' a G'' pro vzorky smetanových krémů po 14 dnech skladování. Obecně platí, že čím větší vzdálenost křivek G' a G'' , tím je vytvořený gel pevnější. Během skladování tedy došlo ke zvýšení pevnosti smetanového krému.

Dosažené výsledky je tedy možné shrnout následovně:

Smetanový krém vyrobený s přidavkem ι -karagenanu s koncentrací 0,025 % (w/w) byl 1.den a 14. den stabilní disperzí a po 28 dnech skladování byl slabým gelem. Smetanový krém byl svou konzistencí nevyhovující.

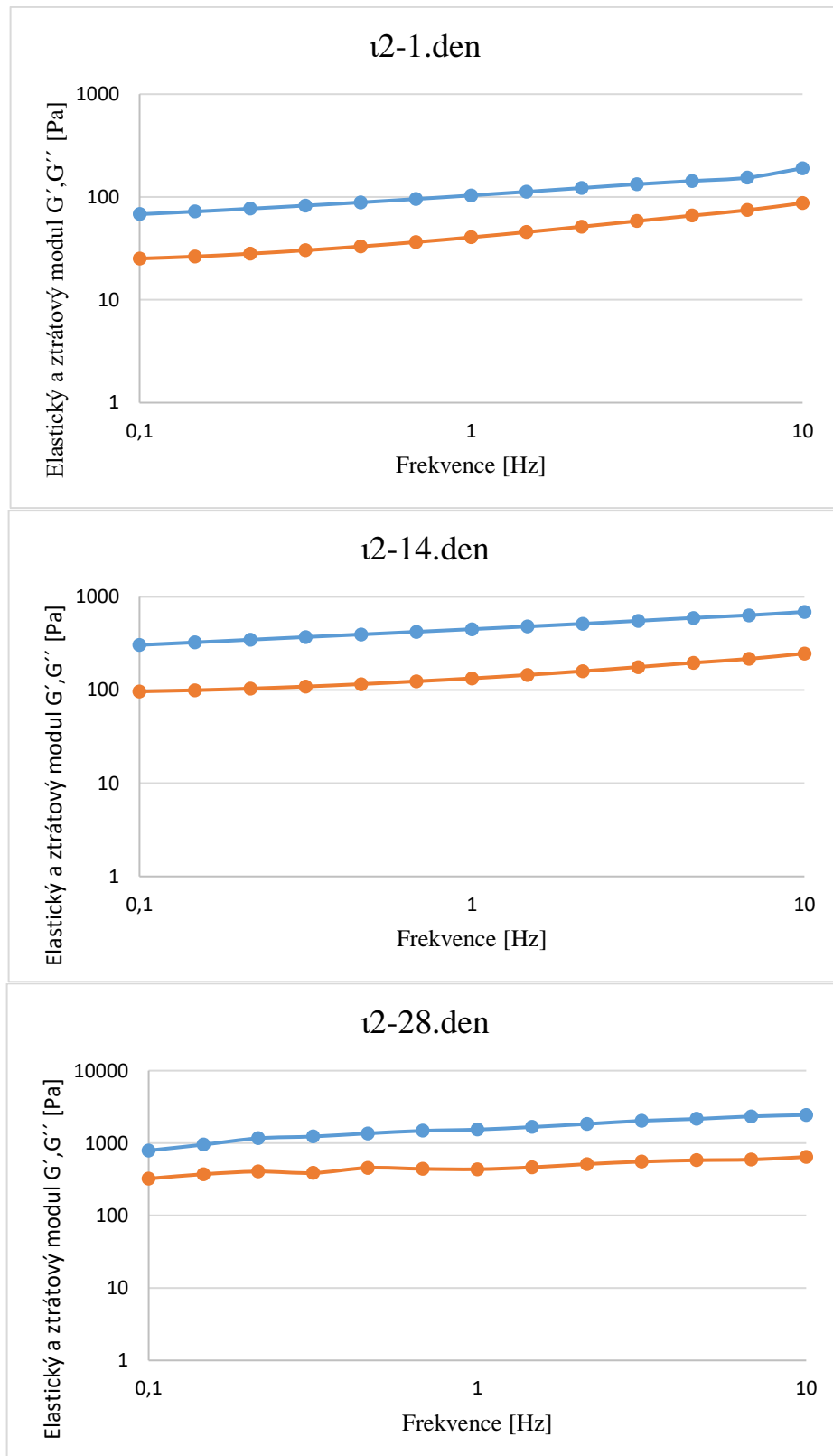


Obrázek 20: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem κ -karagenanu v koncentraci 0,025 % (w/w) po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Na obrázku 21 lze pozorovat, že ve vyrobených smetanových krémech s přídavkem ι -karagenanu o koncentraci 0,050 % (w/w) dosáhl 1., 14. i 28. den elastický modul G' vyšších hodnot než ztrátový modul G'' při všech frekvencích; křivky byly rovnoběžné, což je typické pro gely. [45] Dále lze z obrázku 21 vyčíst, že u smetanového krému vyrobeného s přídavkem ι -karagenanu o koncentraci 0,050 % (w/w) byly hodnoty G' a G'' po 28 dnech skladování významně vyšší ve srovnání s hodnotami G' a G'' po 1 dni skladování. Rovněž vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků skladovaných po dobu 28 dnů je větší než vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků po 1 dni skladování. To znamená, že během skladování došlo ke zvýšení pevnosti vyrobeného smetanového krému.

Dosažené výsledky je tedy možné shrnout následovně:

Smetanový krém vyrobený s přídavkem ι -karagenanu s koncentrací 0,050 % (w/w) byl 1.den slabým gelem, 14. den byl pevnější a po 28 dnech skladování se ještě více zpevnil. Koncentrace 0,050 % ι -karagenanu byla vyhodnocena jako vhodná pro výrobu smetanového krému požadované konzistence.

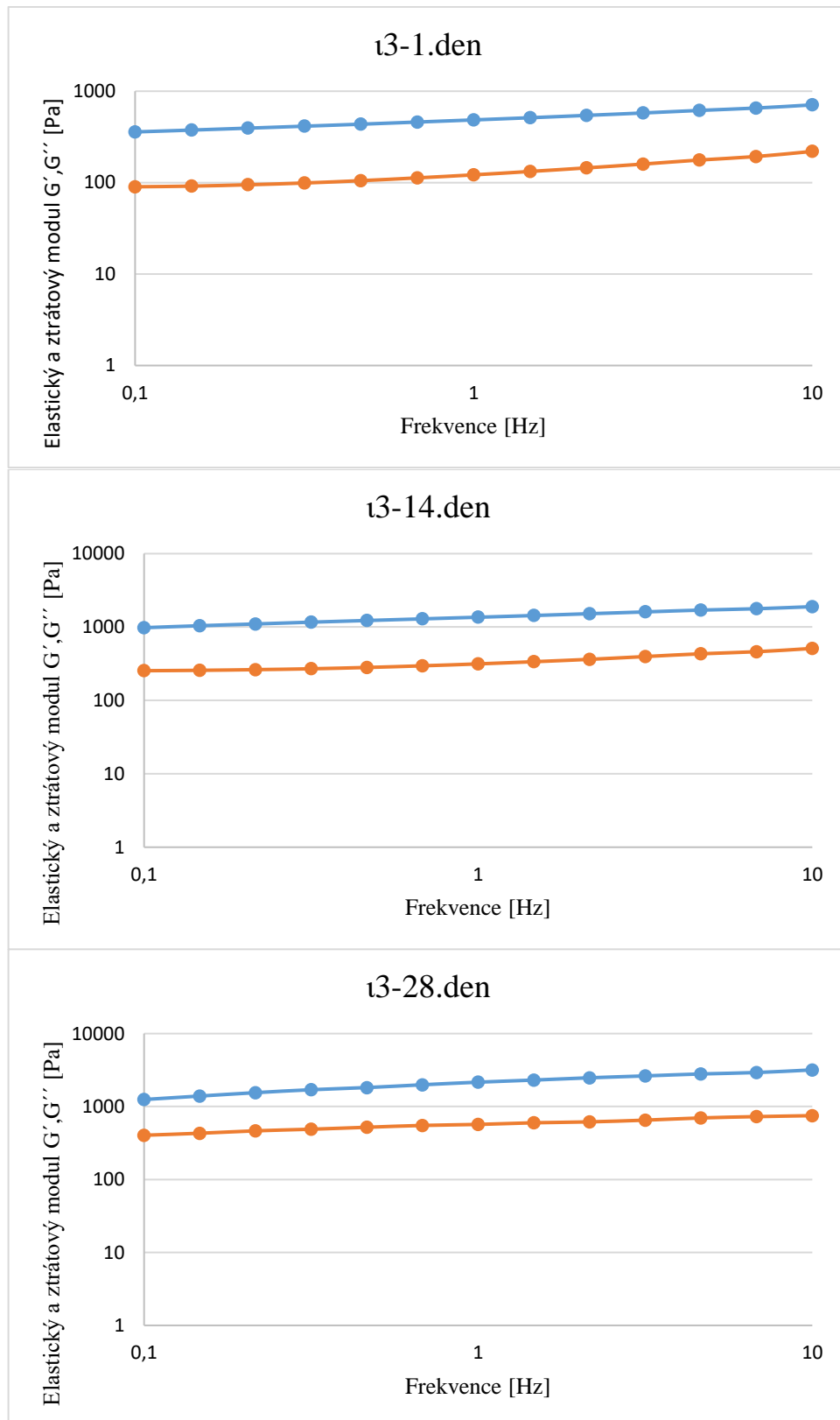


Obrázek 21: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem ι -karagenanu v koncentraci 0,050 % (w/w) po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Na obrázku 22 lze pozorovat, že ve vyrobených smetanových krémech s přídavkem ι -karagenanu o koncentraci 0,075 % (w/w) dosáhl 1., 14. i 28. den elastický modul G' vyšších hodnot než ztrátový modul G'' při všech frekvencích; křivky byly rovnoběžné, což je typické pro gely. [45] Dále lze z obrázku 22 vyčíst, že u smetanového krému vyrobeného s přídavkem ι -karagenanu o koncentraci 0,075 % (w/w) byly hodnoty G' a G'' po 28 dnech skladování významně vyšší ve srovnání s hodnotami G' a G'' po 1 dni skladování. Rovněž vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků skladovaných po dobu 28 dnů je větší než vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků po 1 dni skladování. To znamená, že během skladování došlo ke zvýšení pevnosti vyrobeného smetanového krému.

Dosažené výsledky je tedy možné shrnout následovně:

Smetanový krém vyrobený s přídavkem ι -karagenanu s koncentrací 0,075 % (w/w) byl 1.den slabým gelem, 14. den byl pevnější a po 28 dnech skladování se ještě více zpevnil. I když měl smetanový krém tužší konzistenci, koncentrace 0,075 % ι -karagenanu byla vyhodnocena jako vhodná pro výrobu smetanového krému. Navíc byla u tohoto smetanového krému patrná také homogenní struktura.

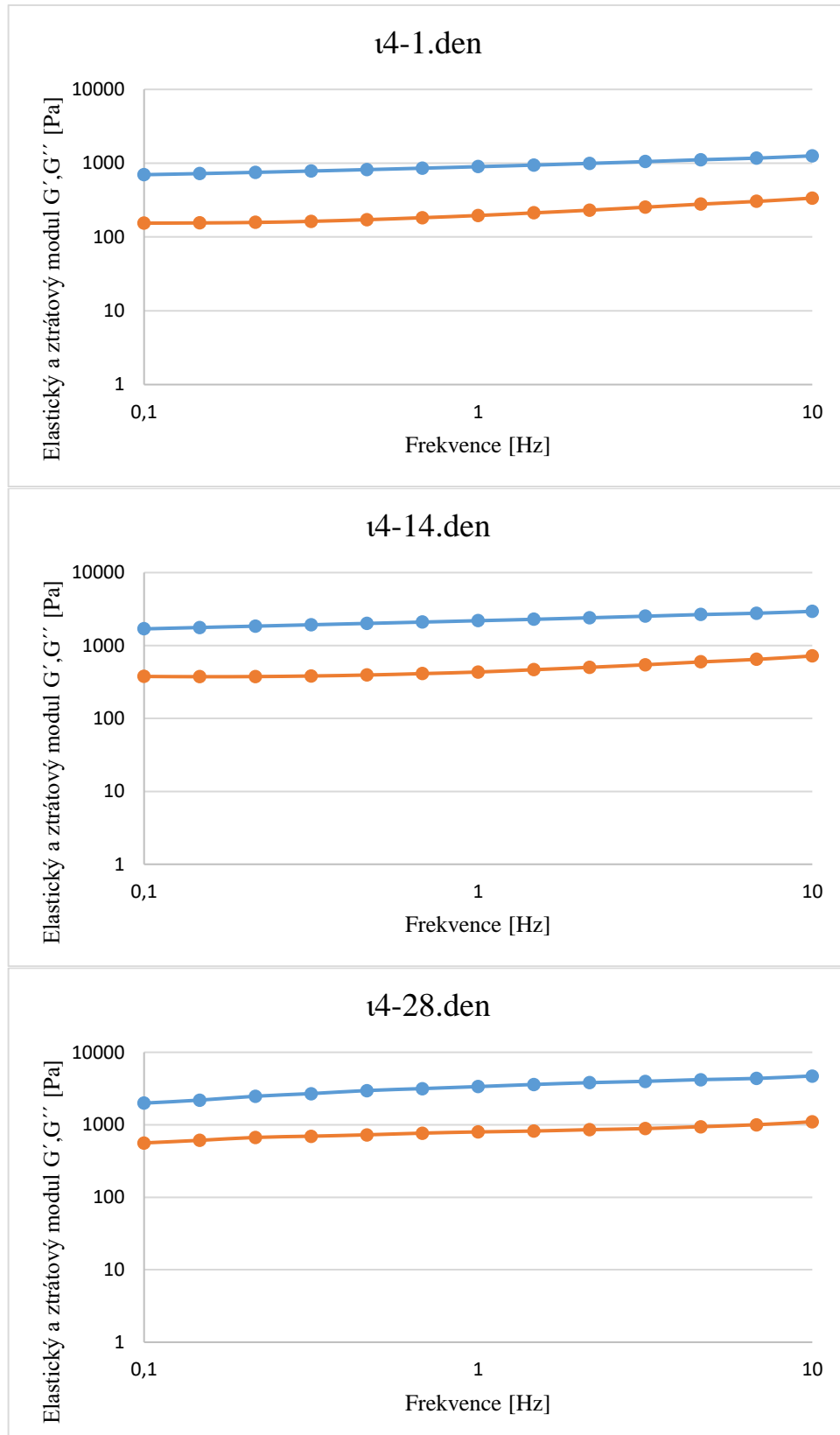


Obrázek 22: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přísadkou ι -karagenanu v koncentraci 0,075 % (w/w) po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Na obrázku 23 lze pozorovat, že ve vyrobených smetanových krémech s přídavkem ι -karagenanu o koncentraci 0,100 % (w/w) dosáhl 1., 14. i 28. den elastický modul G' vyšších hodnot než ztrátový modul G'' při všech frekvencích; křivky byly rovnoběžné, což je typické pro gely. [45] Dále lze z obrázku 23 vyčíst, že u smetanového krému vyrobeného s přídavkem ι -karagenanu o koncentraci 0,100 % (w/w) byly hodnoty G' a G'' po 28 dnech skladování významně vyšší ve srovnání s hodnotami G' a G'' po 1 dni skladování. Rovněž vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků skladovaných po dobu 28 dnů je větší než vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků po 1 dni skladování. To znamená, že během skladování došlo ke zvýšení pevnosti vyrobeného smetanového krému.

Dosažené výsledky je tedy možné shrnout následovně:

Smetanový krém vyrobený s přídavkem ι -karagenanu s koncentrací 0,100 % (w/w) byl 1.den gelem, 14. den byl pevnější a po 28 dnech skladování se ještě více zpevnil. Tato koncentrace byla vyhodnocena jako nevyhovující, neboť smetanový krém byl již tuhé konzistence.

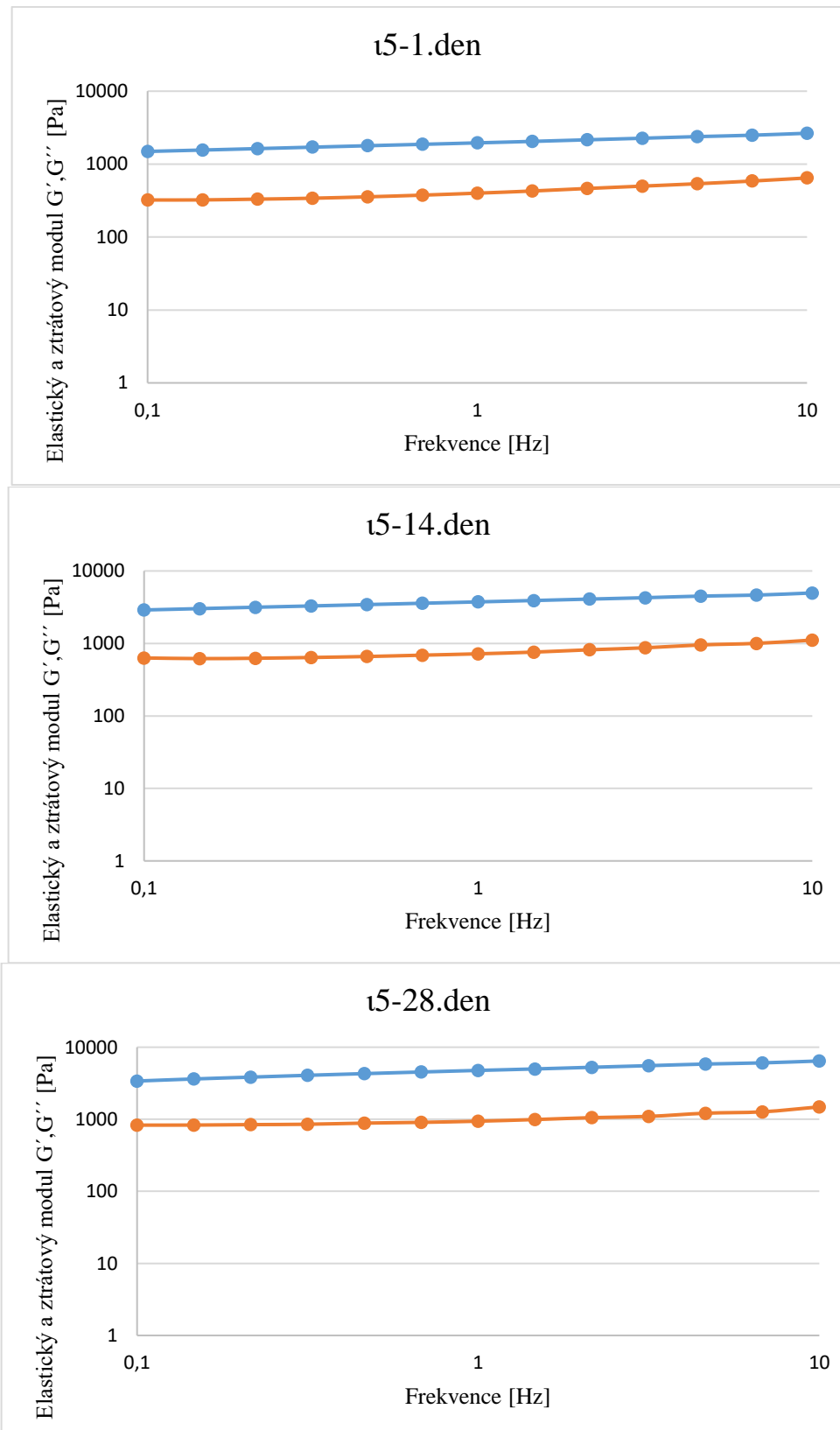


Obrázek 23: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem ι -karagenanu v koncentraci 0,100 % (w/w) po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (log frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Na obrázku 24 lze pozorovat, že ve vyrobených smetanových krémech s přídavkem ι -karagenanu o koncentraci 0,125 % (w/w) dosáhl 1., 14. i 28. den elastický modul G' vyšších hodnot než ztrátový modul G'' při všech frekvencích; křivky byly rovnoběžné, což je typické pro gely. [45] Dále lze z obrázku 24 vyčíst, že u smetanového krému vyrobeného s přídavkem ι -karagenanu o koncentraci 0,125 % (w/w) byly hodnoty G' a G'' po 28 dnech skladování významně vyšší ve srovnání s hodnotami G' a G'' po 1 dni skladování. Rovněž vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků skladovaných po dobu 28 dnů je větší než vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků po 1 dni skladování. To znamená, že během skladování došlo ke zvýšení pevnosti vyrobeného smetanového krému.

Dosažené výsledky je tedy možné shrnout následovně:

Smetanový krém vyrobený s přídavkem ι -karagenanu s koncentrací 0,125 % (w/w) byl 1. gelem, 14. den byl pevnější a po 28 dnech skladování se ještě více zpevnil. Pevnost smetanového krému byla vyšší než u předchozí koncentrace použitého hydrokoloidu. Tedy koncentrace 0,125 % ι -karagenanu byla vyhodnocena taktéž jako nevyhovující, smetanový krém byl příliš tuhý.

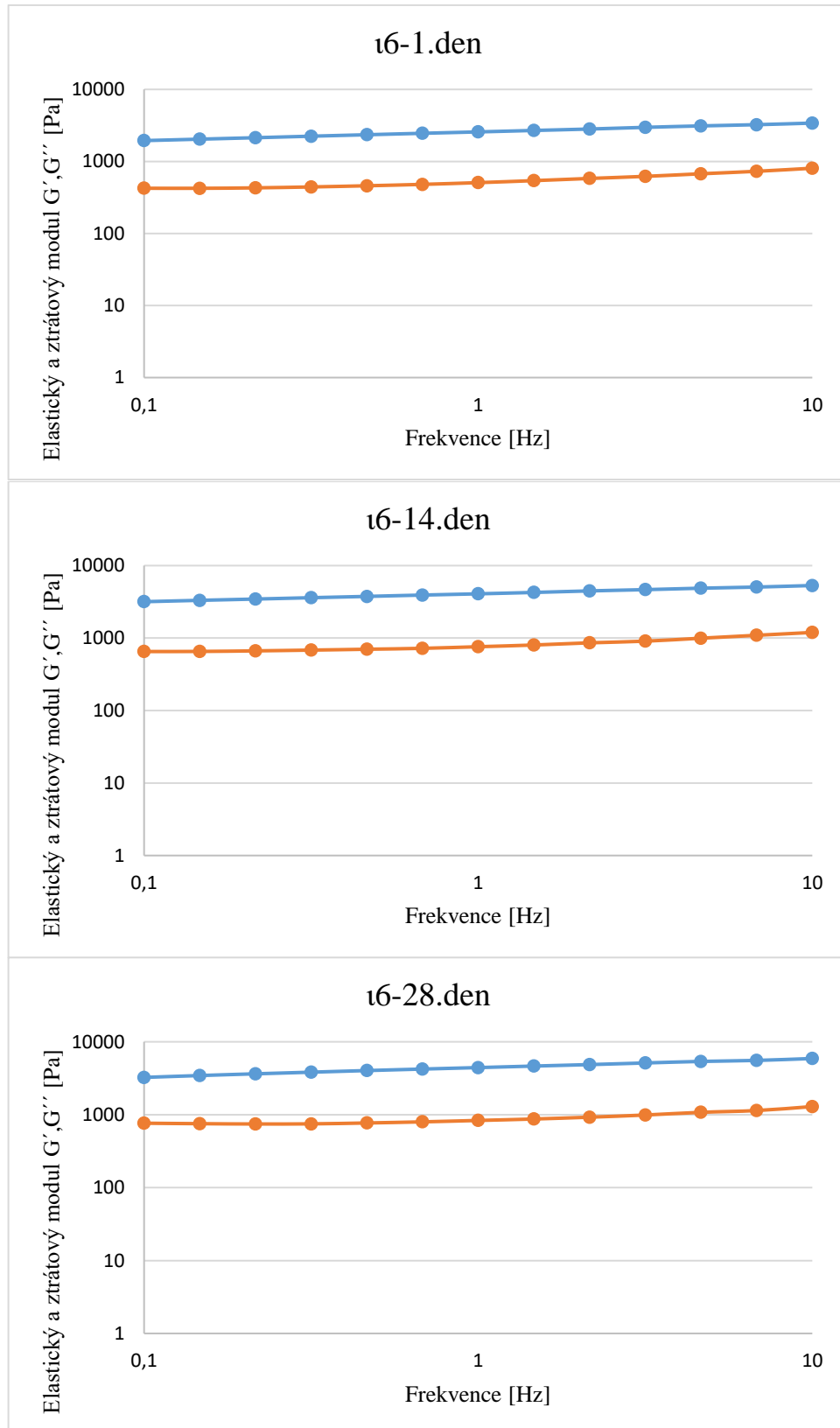


Obrázek 24: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem ι -karagenanu v koncentraci 0,125 % (w/w) po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Na obrázku 25 lze pozorovat, že ve vyrobených smetanových krémech s přídavkem ι -karagenanu o koncentraci 0,150 % (w/w) dosáhl 1., 14. i 28. den elastický modul G' vyšších hodnot než ztrátový modul G'' při všech frekvencích; křivky byly rovnoběžné, což je typické pro gely. [45] Dále lze z obrázku 25 vyčíst, že u smetanového krému vyrobeného s přídavkem ι -karagenanu o koncentraci 0,150 % (w/w) byly hodnoty G' a G'' po 28 dnech skladování významně vyšší ve srovnání s hodnotami G' a G'' po 1 dni skladování. Rovněž vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků skladovaných po dobu 28 dnů je větší než vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků po 1 dni skladování. To znamená, že během skladování došlo ke zvýšení pevnosti vyrobeného smetanového krému.

Dosažené výsledky je tedy možné shrnout následovně:

Smetanový krém vyrobený s přídavkem ι -karagenanu s koncentrací 0,150 % (w/w) byl 1. pevným gelem, 14. den byl pevnější a po 28 dnech skladování byl extrémně tuhý až lomivý, tudíž zmíněný přídavek hydrokoloidu byl pro výrobu smetanového krému zcela nevyhovující.



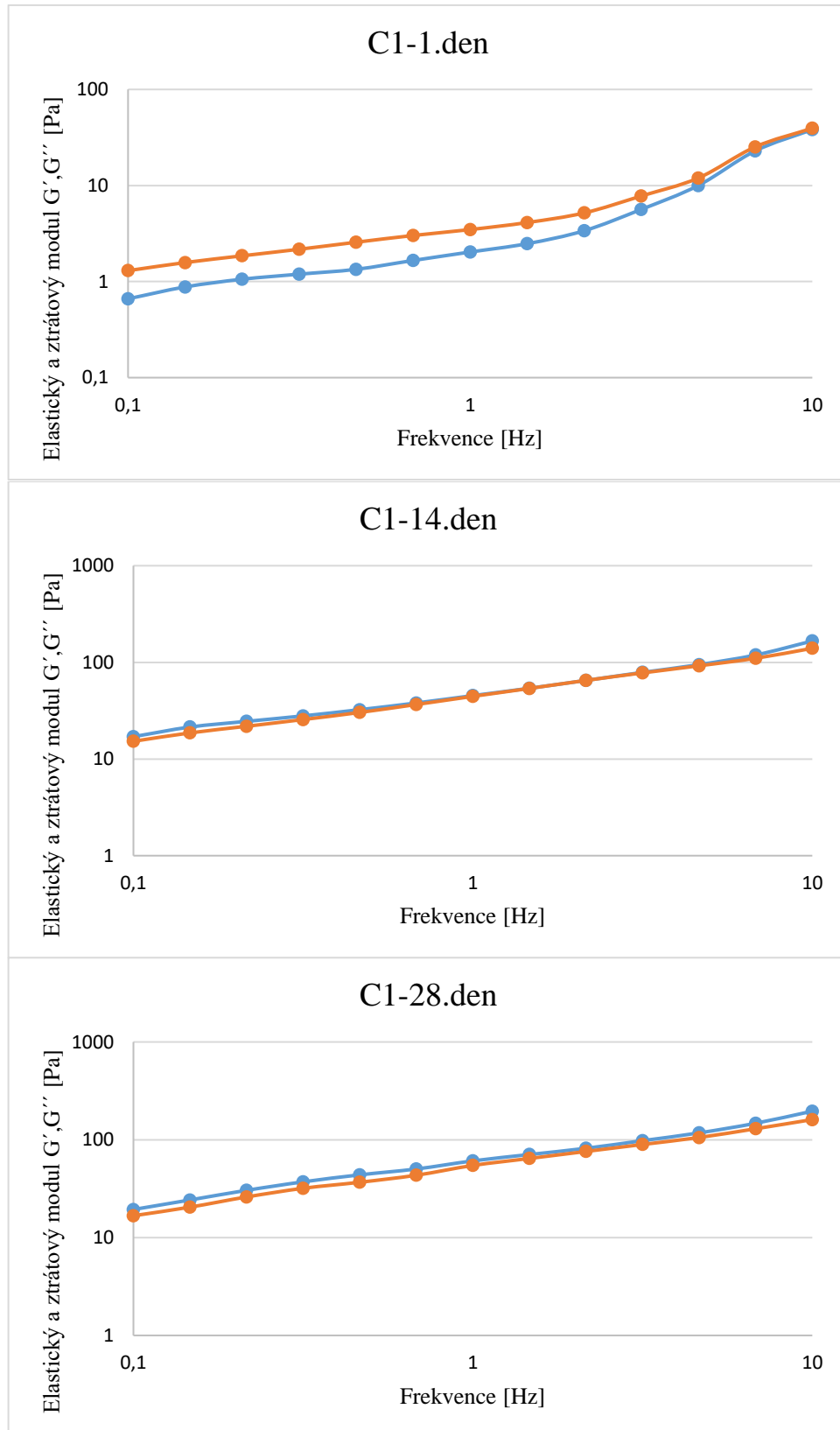
Obrázek 25: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem ι -karagenanu v koncentraci 0,150 % (w/w) po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Při pohledu na jednotlivé koncentrace je zcela jasné, že pevnost se lineárně zvyšuje s přidavkem hydrokoloidu, od viskózní konzistence, až po extrémně pevnou a lomivou konzistenci.

Na obrázku 26 lze pozorovat, že ve smetanových krémech vyrobených s přidavkem karagenanu CL394FLX o koncentraci 0,025 % (w/w) dosáhl 1.den ztrátový modul G'' vyšších hodnot při nižších frekvencích než elastický modul G' ; obě křivky se při vyšších koncentracích k sobě přiblížily až se protuly, což je typické pro zředěné roztoky. [45] 14. den a 28. den skladování dosáhl elastický modul G' lehce vyšších hodnot při všech frekvencích než ztrátový modul G'' ; křivky byly rovnoběžné, což je typické pro gely. [45] Avšak vzhledem k velmi malé vzdálenosti obou křivek se jednalo o velmi slabé gely. Dále lze z obrázku 26 vyčíst, že pro smetanový krém vyrobený s přidavkem karagenanu CL394FLX o koncentraci 0,025 % (w/w) byly hodnoty G' a G'' po 28 dnech skladování významně vyšší ve srovnání s hodnotami G' a G'' po 14 dnech skladování. Rovněž vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků skladovaných po dobu 28 dnů je větší než vzdálenost křivek G' a G'' pro vzorky smetanových krémů po 14 dnech skladování. Obecně platí, že čím větší vzdálenost křivek G' a G'' , tím je vytvořený gel pevnější. Během skladování tedy došlo ke zvýšení pevnosti smetanového krému.

Dosažené výsledky je tedy možné shrnout následovně:

Smetanový krém vyrobený s přidavkem karagenanu CL394FLX s koncentrací 0,025 % (w/w) byl 1.den stabilní disperzí a po 14 a 28 dnech skladování byl slabým gelem. Smetanový krém byl z hlediska konzistence vyhodnocen jako nevyhovující pro výrobu smetanového krému.

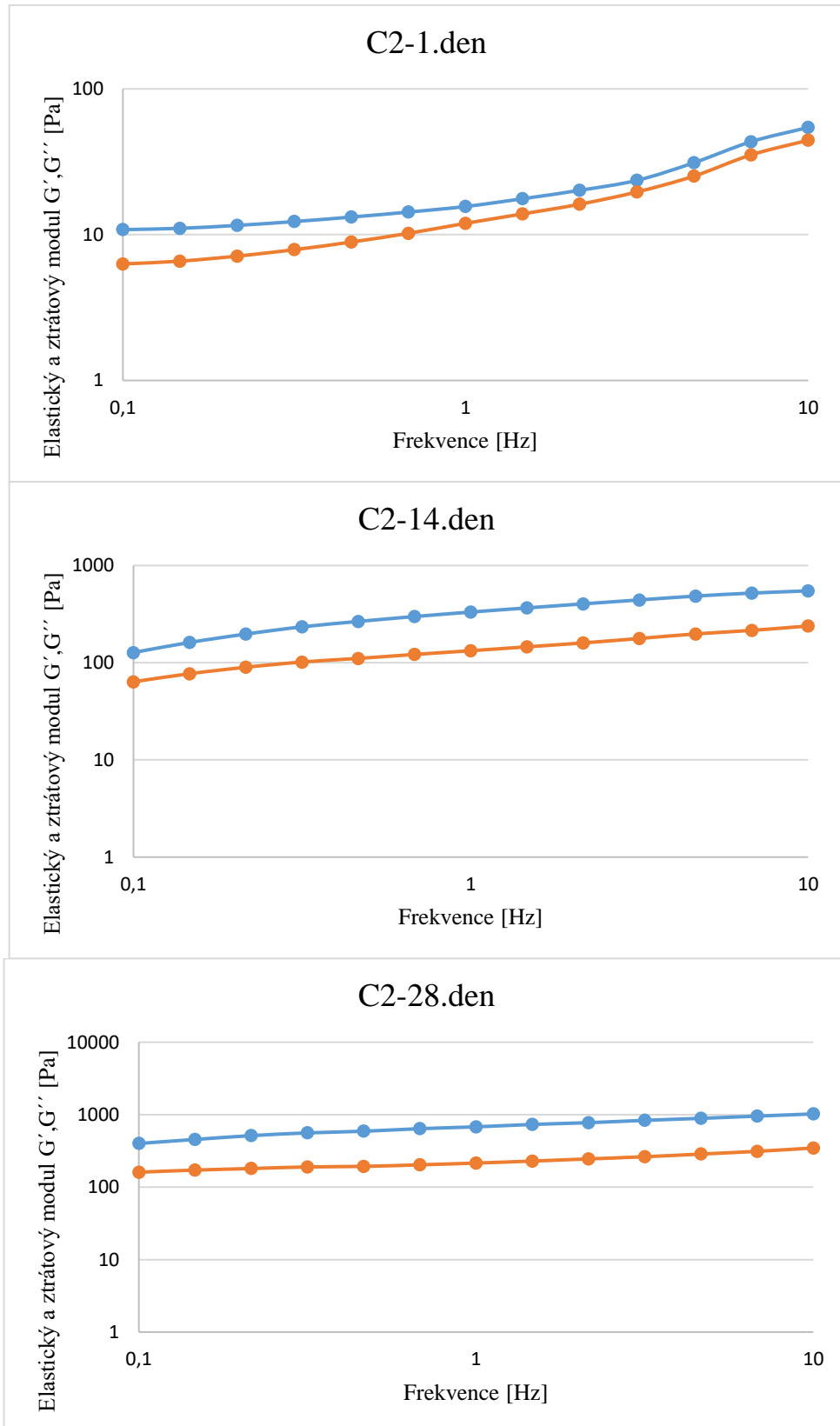


Obrázek 26: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem karagenanu CL394FLX v koncentraci 0,025 % (w/w) po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Na obrázku 27 lze pozorovat, že ve vyrobených smetanových krémech s přídavkem karagenanu CL394FLX o koncentraci 0,050 % (w/w) dosáhl 1., 14. i 28. den elastický modul G' vyšších hodnot než ztrátový modul G'' při všech frekvencích; křivky byly rovnoběžné, což je typické pro gely. [45] Dále lze z obrázku 27 vyčíst, že u smetanového krému vyrobeného s přídavkem karagenanu CL394FLX o koncentraci 0,050 % (w/w) byly hodnoty G' a G'' po 28 dnech skladování významně vyšší ve srovnání s hodnotami G' a G'' po 1 dni skladování. Rovněž vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků skladovaných po dobu 28 dnů je větší než vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků po 1 dni skladování. To znamená, že během skladování došlo ke zvýšení pevnosti vyrobeného smetanového krému.

Dosažené výsledky je tedy možné shrnout následovně:

Smetanový krém vyrobený s přídavkem karagenanu CL394FLX s koncentrací 0,050 % (w/w) byl 1.den slabým gelem, 14. den byl pevnější a po 28 dnech skladování se ještě více zpevnil, bohužel ne natolik, aby byla pevnost dostačující pro komerční použití.

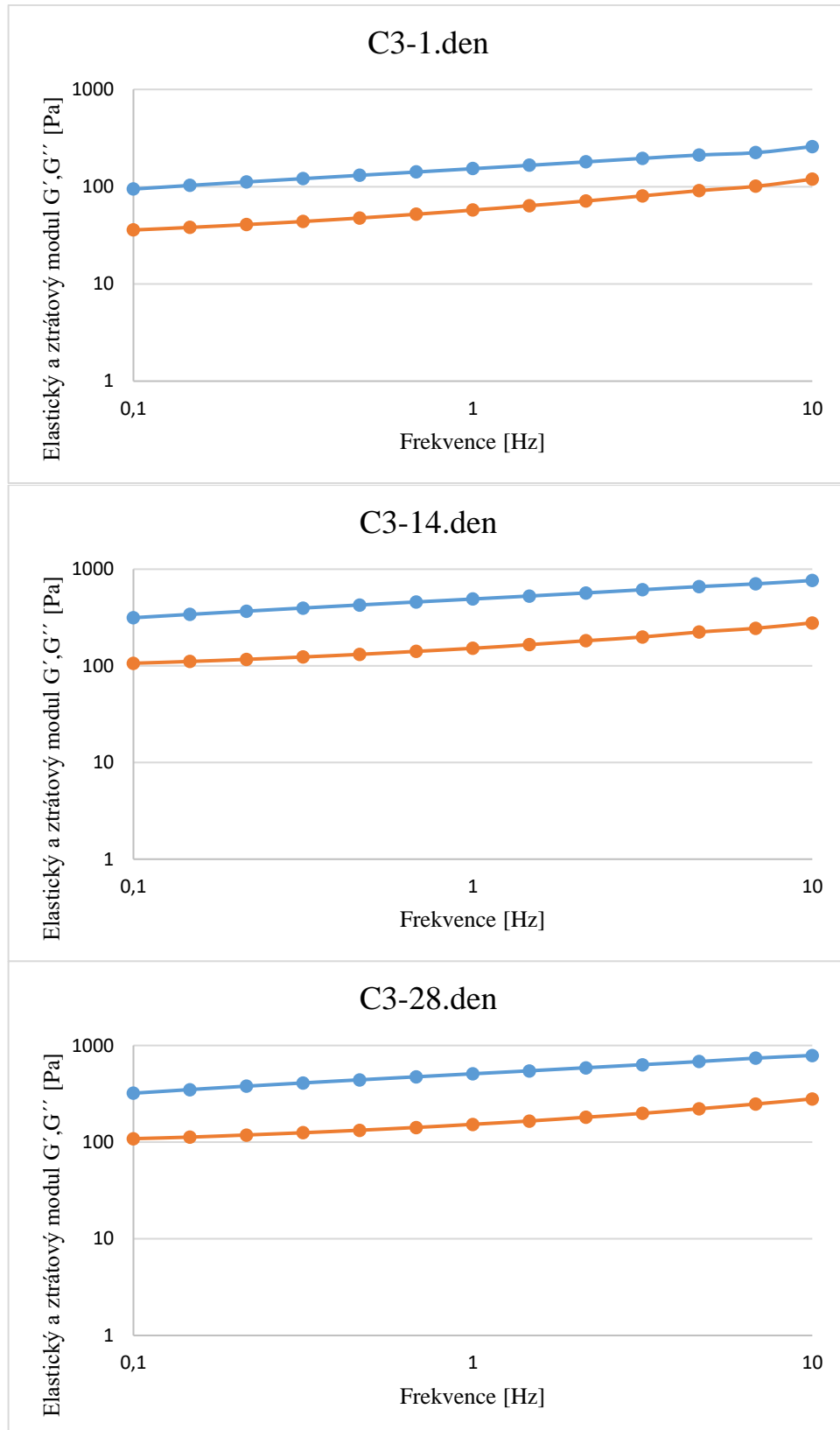


Obrázek 27: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidáním karagenanu CL394FLX v koncentraci 0,050 % (w/w) po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Na obrázku 28 lze pozorovat, že ve vyrobených smetanových krémech s přídavkem karagenanu CL394FLX o koncentraci 0,075 % (w/w) dosáhl 1., 14. i 28. den elastický modul G' vyšších hodnot než ztrátový modul G'' při všech frekvencích; křivky byly rovnoběžné, což je typické pro gely. [45] Dále lze z obrázku 28 vyčíst, že u smetanového krému vyrobeného s přídavkem karagenanu CL394FLX o koncentraci 0,075 % (w/w) byly hodnoty G' a G'' po 28 dnech skladování významně vyšší ve srovnání s hodnotami G' a G'' po 1 dni skladování. Rovněž vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků skladovaných po dobu 28 dnů je větší než vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků po 1 dni skladování. To znamená, že během skladování došlo ke zvýšení pevnosti vyrobeného smetanového krému.

Dosažené výsledky je tedy možné shrnout následovně:

Smetanový krém vyrobený s přídavkem karagenanu CL394FLX s koncentrací 0,075 % (w/w) byl 1.den slabým gelem, 14. den byl pevnější a po 28 dnech skladování se ještě více zpevnil. Tato koncentrace byla vyhodnocena jako vhodná pro výrobu smetanového krému požadované konzistence.

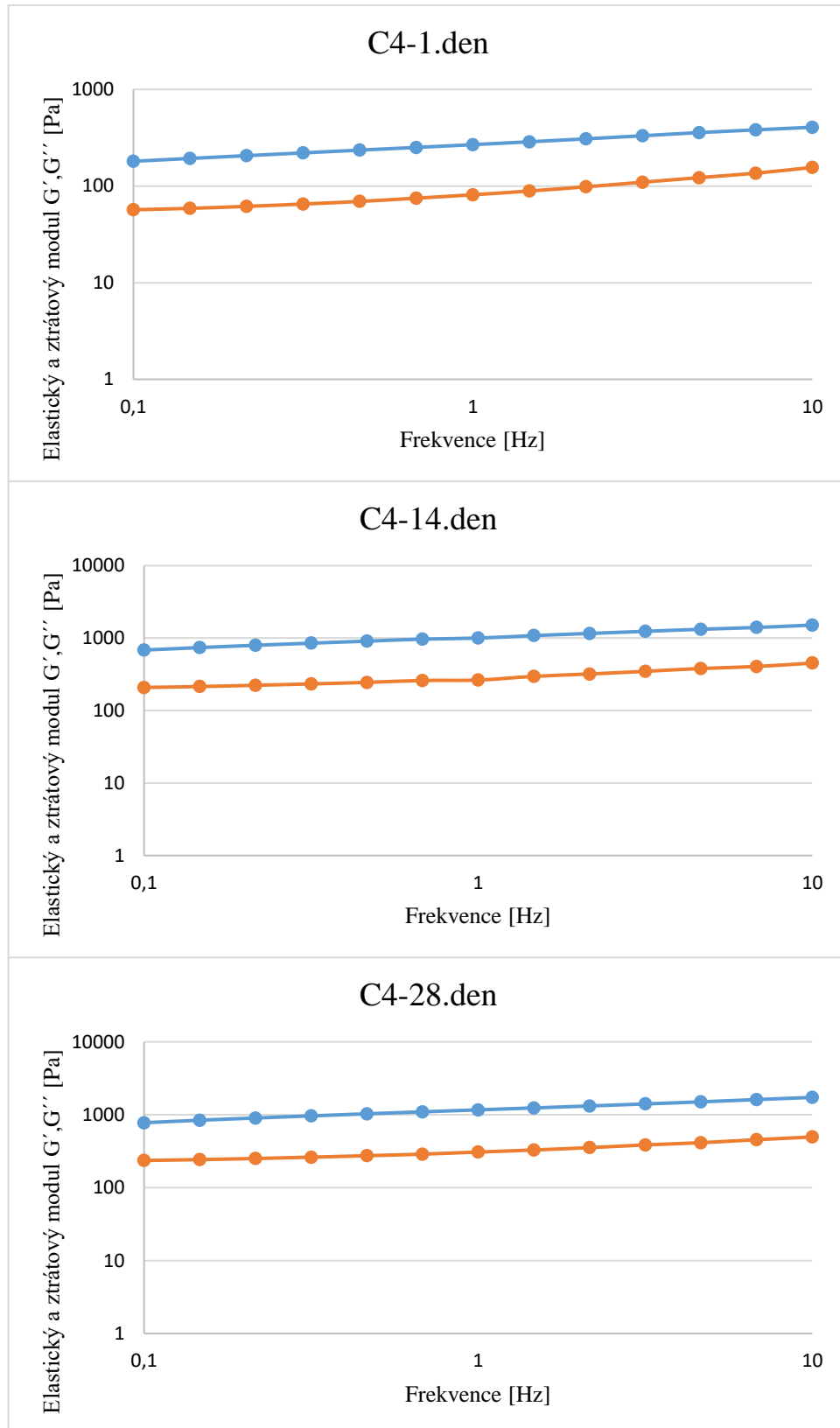


Obrázek 28: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem karagenanu CL394FLX v koncentraci 0,075 % (w/w) po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Na obrázku 29 lze pozorovat, že ve vyrobených smetanových krémech s přídavkem karagenanu CL394FLX o koncentraci 0,100 % (w/w) dosáhl 1., 14. i 28. den elastický modul G' vyšších hodnot než ztrátový modul G'' při všech frekvencích; křivky byly rovnoběžné, což je typické pro gely. [45] Dále lze z obrázku 29 vyčíst, že u smetanového krému vyrobeného s přídavkem karagenanu CL394FLX o koncentraci 0,100 % (w/w) byly hodnoty G' a G'' po 28 dnech skladování významně vyšší ve srovnání s hodnotami G' a G'' po 1 dni skladování. Rovněž vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků skladovaných po dobu 28 dnů je větší než vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků po 1 dni skladování. To znamená, že během skladování došlo ke zvýšení pevnosti vyrobeného smetanového krému.

Dosažené výsledky je tedy možné shrnout následovně:

Smetanový krém vyrobený s přídavkem karagenanu CL394FLX s koncentrací 0,100 % (w/w) byl 1.den gelem, 14. den byl pevnější a po 28 dnech skladování se ještě více zpevnil. Tato koncentrace byla shledána jako přijatelná, neboť vyrobený smetanový krém měl požadovanou konzistenci a homogenní strukturu.

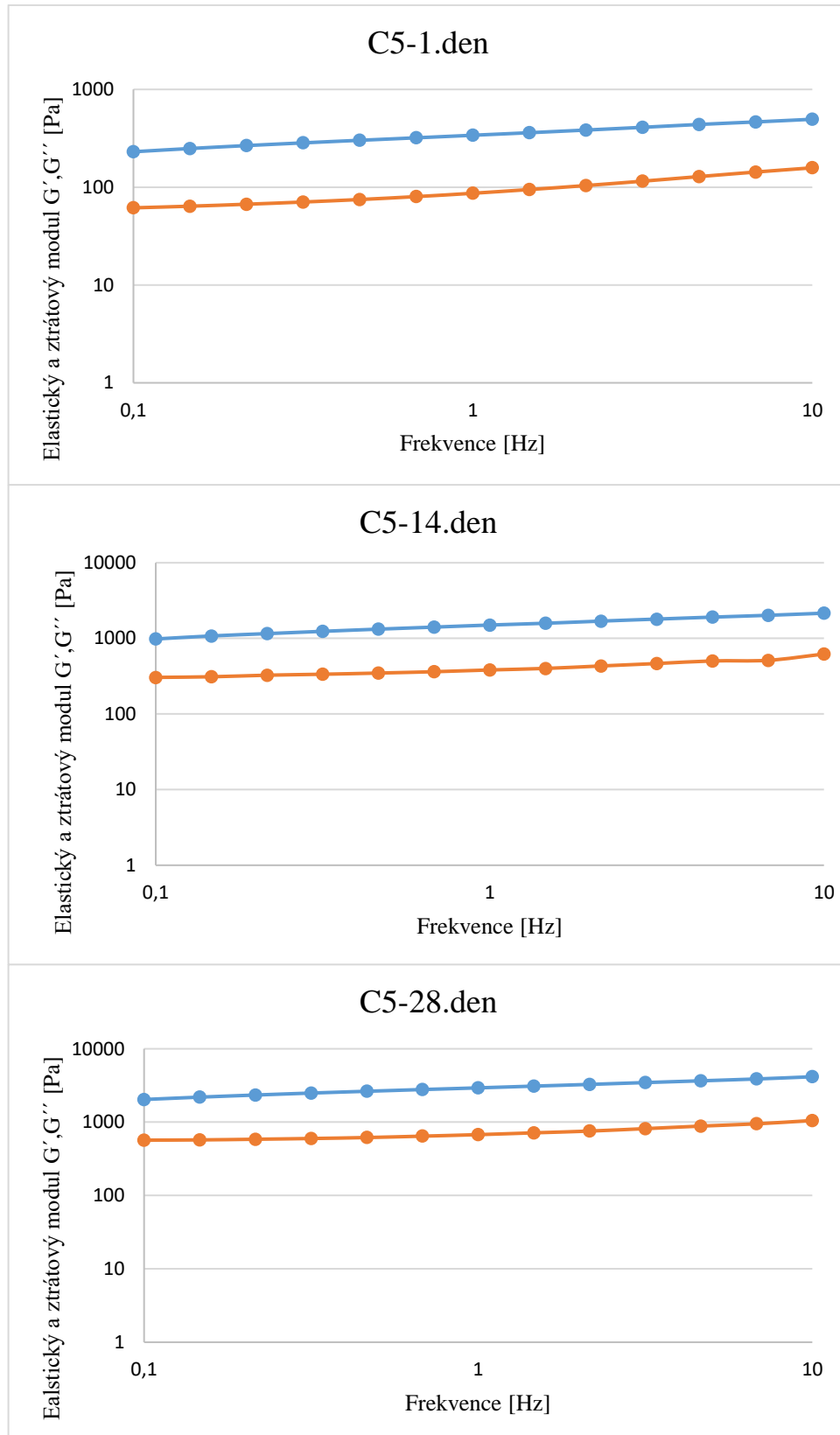


Obrázek 29: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem karagenanu CL394FLX v koncentraci 0,100 % (w/w) po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Na obrázku 30 lze pozorovat, že ve vyrobených smetanových krémech s přídavkem karagenanu CL394FLX o koncentraci 0,125 % (w/w) dosáhl 1., 14. i 28. den elastický modul G' vyšších hodnot než ztrátový modul G'' při všech frekvencích; křivky byly rovnoběžné, což je typické pro gely. [45] Dále lze z obrázku 30 vyčíst, že u smetanového krému vyrobeného s přídavkem karagenanu CL394FLX o koncentraci 0,125 % (w/w) byly hodnoty G' a G'' po 28 dnech skladování významně vyšší ve srovnání s hodnotami G' a G'' po 1 dni skladování. Rovněž vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků skladovaných po dobu 28 dnů je větší než vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků po 1 dni skladování. To znamená, že během skladování došlo ke zvýšení pevnosti vyrobeného smetanového krému.

Dosažené výsledky je tedy možné shrnout následovně:

Tedy smetanový krém vyrobený s přídavkem karagenanu CL394FLX s koncentrací 0,125 % (w/w) byl 1. gelem, 14. den byl pevnější a po 28 dnech skladování se ještě více zpevnil. Navíc je možno pozorovat větší pevnost vyrobeného smetanového krému než u předchozí koncentrace použitého hydrokoloidu Koncentrace 0,125 % (w/w) karagenanu CL394FLX byla shledána jako již nevhodná, neboť smetanový krém měl tuhou konzistenci.

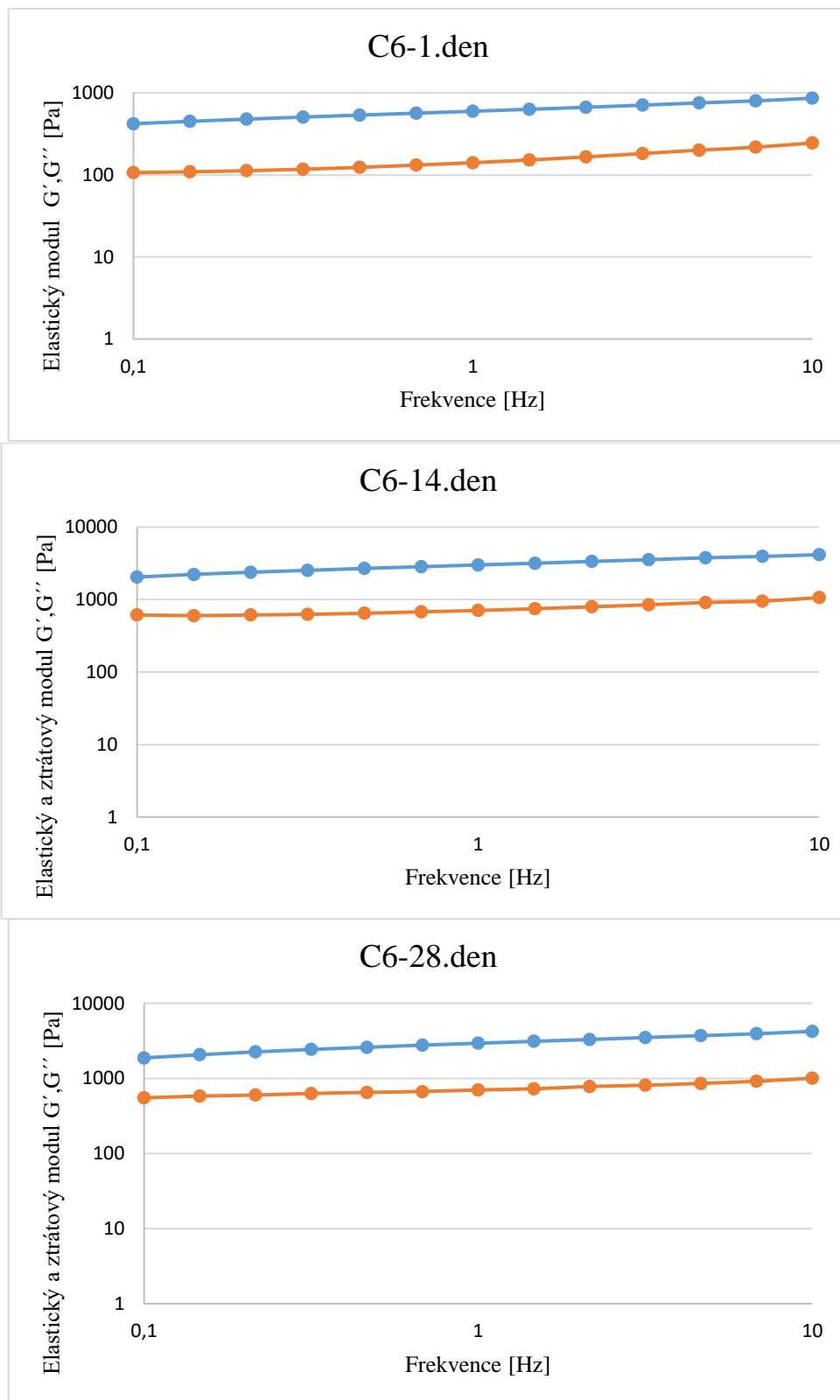


Obrázek 30: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem karagenanu CL394FLX v koncentraci 0,125 % (w/w) po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Na obrázku 31 lze pozorovat, že ve vyrobených smetanových krémech s přídavkem karagenanu CL394FLX o koncentraci 0,150 % (w/w) dosáhl 1., 14. i 28. den elastický modul G' vyšších hodnot než ztrátový modul G'' při všech frekvencích; křivky byly rovnoběžné, což je typické pro gely. [45] Dále lze z obrázku 31 vyčíst, že u smetanového krému vyrobeného s přídavkem karagenanu CL394FLX o koncentraci 0,150 % (w/w) byly hodnoty G' a G'' po 28 dnech skladování významně vyšší ve srovnání s hodnotami G' a G'' po 1 dni skladování. Rovněž vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků skladovaných po dobu 28 dnů je větší než vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků po 1 dni skladování. To znamená, že během skladování došlo ke zvýšení pevnosti vyrobeného smetanového krému.

Dosažené výsledky je tedy možné shrnout následovně:

Smetanový krém vyrobený s přídavkem karagenanu CL394FLX s koncentrací 0,150 % (w/w) byl 1. pevným gelem, 14. den byl pevnější a po 28 dnech skladování byl příliš tuhý. Tudíž zmíněná koncentrace byla pro výrobek, jako smetanový krém, vyhodnocena jako nevyhovující.



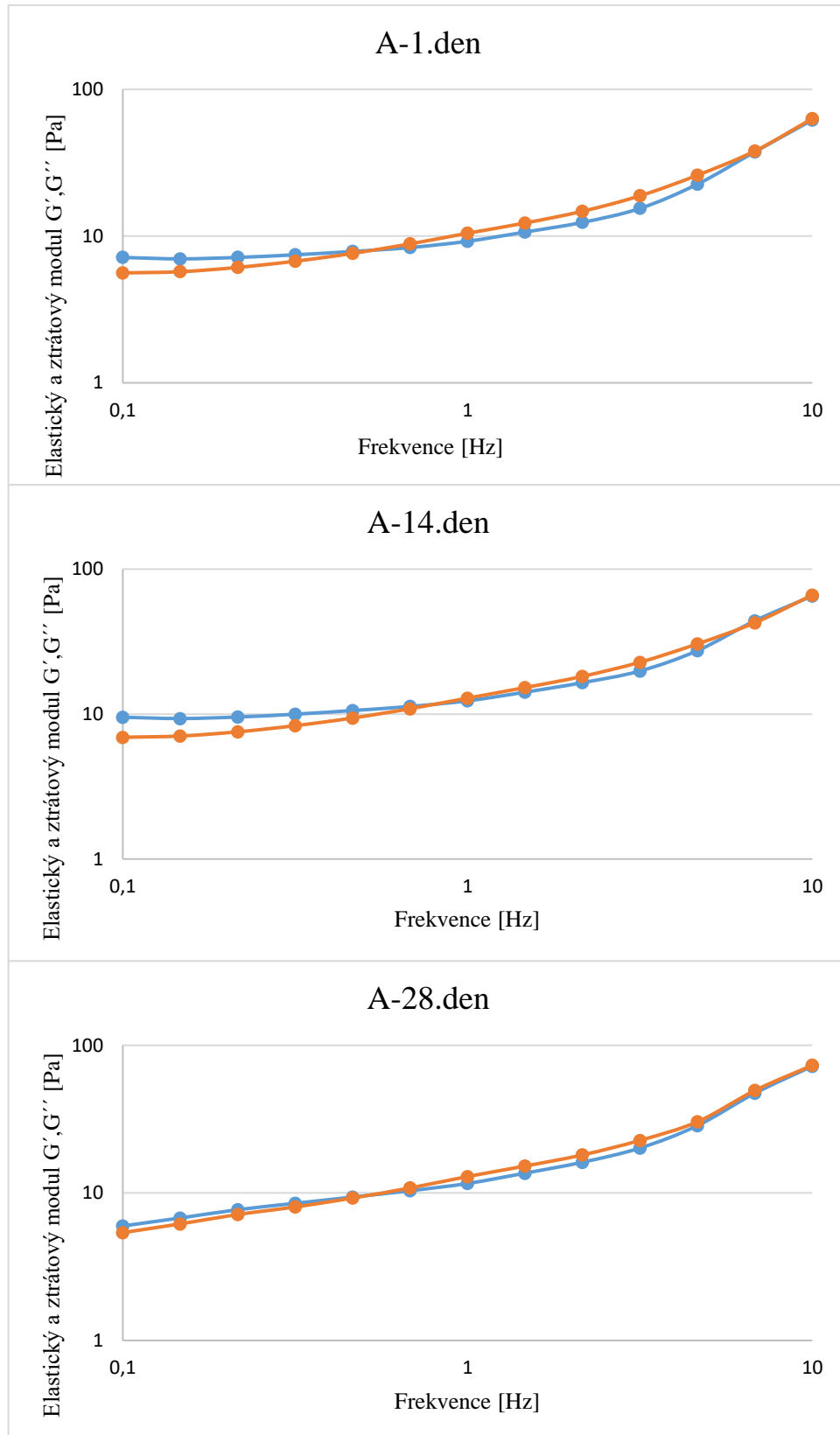
Obrázek 31: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem karagenanu CL394FLX v koncentraci 0,150 % (w/w) po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Při pohledu na jednotlivé koncentrace je zcela jasné, že pevnost se lineárně zvyšuje s přidavkem hydrokoloidu, od viskózní konzistence, až po extrémně pevnou a lomivou konzistenci.

Na obrázku 32 lze pozorovat, že ve smetanových krémech vyrobených s přidavkem furcelleranu A o koncentraci 0,150 % (w/w) dosáhl ztrátový modul G'' nepatrně vyšších hodnot při nižších frekvencích než elastický modul G' ; obě křivky se následně protnuly a G'' se dostal mírně nad G' , popř. se křivky protnuly. Z toho lze usoudit, že i když se ve smetanovém krému vytvořil slabý gel, byl při vyšších frekvencích rozbit a stal se z něj zředěný roztok. [45] Tedy furcelleran A v koncentraci 0,150 % neposkytoval ani po 28 dnech skladování stabilní gel. Dále lze z obrázku 32 vyčíst, že pro smetanový krém vyrobený s přidavkem furcelleranu A o koncentraci 0,150 % (w/w) byly hodnoty G' a G'' po 28 dnech skladování nevýznamně vyšší ve srovnání s vývojem křivek G' a G'' u vzorků po 1 dni skladování. Rovněž vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků smetanových krémů skladovaných po dobu 28 dnů je přibližně stejná než vzdálenost křivek G' a G'' pro vzorky smetanových krémů po 1 dni skladování. Během skladování tedy nedošlo ke zvýšení pevnosti smetanového krému.

Dosažené výsledky je tedy možné shrnout následovně:

Smetanový krém vyrobený s přidavkem furcelleranu A s koncentrací 0,150 % byl i po 28 dnech skladování zředěným roztokem. Koncentrace 0,150 % furcelleranu A byla vyhodnocena jako nedostačující pro výrobu smetanového krému požadované konzistence. Pro další práci lze navrhnout využití furcelleranu A ve vyšších koncentracích.

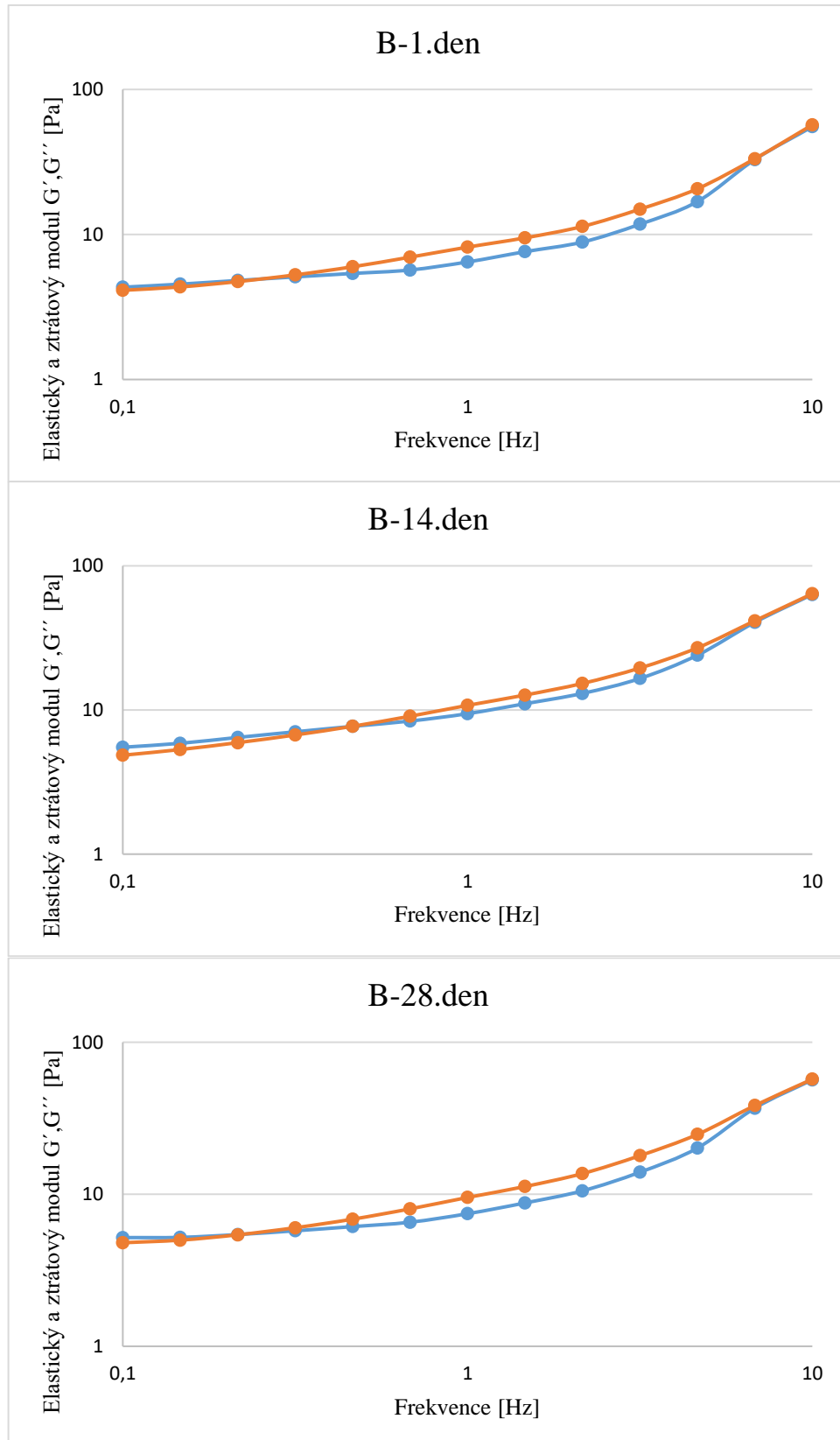


Obrázek 32: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem furcelleranu A v koncentraci 0,150 % (w/w) po 1, 14 a 21 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Na obrázku 33 lze pozorovat, že ve smetanových krémech vyrobených s přídavkem furcelleranu B o koncentraci 0,150 % (w/w) dosáhl ztrátový modul G'' nepatrně vyšších hodnot při nižších frekvencích než elastický modul G' ; obě křivky se následně protnulý a G'' se dostal mírně nad G' , popř. se křivky protnulý. Z toho lze opět usoudit, že i když se ve smetanovém krému vytvořil slabý gel, byl při vyšších frekvencích rozbit a stal se z něj zředěný roztok. [45] Tedy ani furcelleranu B v koncentraci 0,150 % neposkytoval po 28 dnech skladování stabilní gel. [45] Dále lze z obrázku 33 vyčíst, že pro smetanový krém vyrobený s přídavkem furcelleranu B o koncentraci 0,150 % (w/w) byly hodnoty G' a G'' po 28 dnech skladování nevýznamně vyšší ve srovnání s vývojem křivek G' a G'' u vzorků po 1 dni skladování. Rovněž vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků smetanových krémů skladovaných po dobu 28 dnů je přibližně stejná než vzdálenost křivek G' a G'' pro vzorky smetanových krémů po 1 dni skladování. Během skladování tedy nedošlo ke zvýšení pevnosti smetanového krému.

Dosažené výsledky je tedy možné shrnout následovně:

Smetanový krém vyrobený s přídavkem furcelleranu B s koncentrací 0,150 % byl i po 28 dnech skladování zředěným roztokem. Koncentrace 0,150 % furcelleranu B byla tedy taktéž vyhodnocena jako nedostačující pro výrobu smetanového krému požadované konzistence.



Obrázek 33: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem furcelleranu B v koncentraci 0,150 % (w/w) po 1, 14 a 21 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Pro další práci lze navrhnout využití furcelleranu B ve vyšších koncentracích, stejně jako u furcelleranu A.

V této práci byla sledována změna pH vyrobených smetanových krémů v průběhu 30 dní skladování v závislosti na použitých koncentracích hydrokoloidů. Z dosažených výsledků bylo zjištěno, že se hodnota pH během skladování snižovala. Hodnota pH ovlivňuje texturní a reologické vlastnosti. Pokud je $\text{pH} > 5,2$ mohou být výrobky rozbředlé a měkké konzistence. Pokud je $\text{pH} < 5,2$, může se zvýšit viskozita výrobků, ty mohou být následně tuhé a drobnivé, tudíž nedrží pohromadě. Pokud je pH krémů příliš nízké, může to naznačovat kontaminaci, v tom případě může být struktura zrnitá a chuť nakyslá. [48,51]

Vyrobené smetanové krémy se pohybovaly v rozmezí hodnot pH 5,75 – 6,61, konzistence byla spíše tuhé povahy. Stanovené pH všech vyrobených smetanových krémů bylo větší jak 5,2, každopádně po skladování byly výrobky od tekuté konzistence až po tuhou a drobnivou. Při skladování většinou docházelo k poklesu pH, kyselost se tedy zvyšovala, což uvádí Phadungath. [48]

Sušina u všech smetanových krémů se pohybovala v rozmezí 51,42 – 52,60 % (w/w). Jelikož byla použita vysokotučná smetana, je také procento sušiny větší, neboť obecně platí, že na obsah sušiny má vliv obsah tuku, tedy čím tučnější je smetana, tím vyšší je procento sušiny ve smetaně, jak uvádí Buňka a kol. [42]

Hodnoty sušiny po 30 dnech skladování se významně neměnily, lehce stoupaly. Zde je možno vidět vliv přídavku hydrokoloidů, že se zvyšuje vazba vody a nedochází k synerezi. [43,47] Vyšší obsah celkové sušiny vede k získání silnějšího gelu, a tedy produktu s pevnější a méně roztíratelnou konzistencí. [56]

Výsledky dynamické oscilační reometrie prezentují tuhnutí vyrobených smetanových krémů vlivem skladování. S přídavkem hydrokoloidů je možno pozorovat úpravu viskozity a dotváření textury, po přídavku iota karagenanu se textura výrobku mění v měkkou a elastickou, po přídavku kappa karagenanu se textura mění v pevnou a křehkou, jak udává Stephen a kol. [21] a Voldřich [26], se potvrdilo i při výrobě smetanových krémů. S rostoucím přídavkem hydrokoloidů lze sledovat i rostoucí pevnost a elasticitu smetanových krémů. Pro homogenní strukturu musí být přidána vhodná koncentrace. [43]

Ve většině případů hodnoty elastického modulu G' a ztrátového modulu G'' pro vyrobené smetanové krémy po 28 dnech skladování byly významně vyšší ve srovnání s hodnotami G'

a G'' u vzorků po 1 dni skladování (v rozsahu testovaných frekvencí). Rovněž frekvence, při které jsou křivky G' a G'' rovnoběžné u vzorků smetanových krémů skladovaných po dobu 28 dnů, je nižší než rovnoběžné křivky G' a G'' pro vzorky smetanových krémů po 1 dni skladování. To je také projev zvýšené pevnosti gelu zkoumaných vzorků, a tedy zvýšení pevnosti smetanového krému během skladování. Zvýšení tuhosti vyrobených sýrů během skladování bylo rovněž pozorováno v práci Černíková a kol. [57]

U smetanových krémů vyrobených s přidavkem κ -karagenanu a ι -karagenanu s koncentrací 0,025 % a karagenanu CL394FLX s koncentrací 0,025 % a 0,050 %, docházelo k vytvoření viskózní disperze či slabého gelu. Toto množství však nebylo dostatečné k ovlivnění konzistence studovaných vyrobených smetanových krémů natolik, aby se vytvořila gelovitá homogenní konzistence. Ztrátový modul G'' dosáhl většinou vyšších hodnot při nižších frekvencích než elastický modul G' ; obě křivky se následně protínaly a G' překročilo G'' . Předpokládá se, že pokud G'' je větší než G' (do jisté míry při nižších aplikovaných frekvencích), intermolekulární vazby ve zkoumané proteinové matici mají dostatek času na oslabení během oscilačního cyklu. Systém však při vyšších frekvencích již nemá dostatek času na oslabení mezimolekulárních vazeb a začíná se chovat spíše jako pevná látka ($G'' < G'$), která je typická pro koncentrované roztoky a disperze. [47]

U smetanových krémů vyrobených s přidavkem κ -karagenanu s koncentrací 0,050 %, 0,075 % a 0,100 %, s přidavkem ι -karagenanu s koncentrací 0,050 %, 0,075 % a s přidavkem karagenanu CL394FLX s koncentrací 0,075 % a 0,100 % docházelo k vytvoření gelu, který měl požadované vlastnosti. Tyto koncentrace se jeví jako přijatelné, neboť smetanový krém má požadovanou konzistenci, navíc koncentrace 0,100 % pro κ -karagenan, 0,075 % pro ι -karagenan a 0,100 % pro karagenan CL394FLX poskytovaly smetanové krémy nejen požadované konzistence, ale i homogenní struktury

U smetanových krémů vyrobených s přidavkem κ -karagenanu s koncentrací 0,125 % a 0,150 %, s přidavkem ι -karagenanu s koncentrací 0,100 %, 0,125 % a 0,150 % a s přidavkem karagenanu CL394FLX s koncentrací 0,125 % a 0,150 % docházelo k vytvoření extrémně pevného a lomivého gelu, kdy konzistence už byla pro smetanový krém nevyhovující, tato koncentrace tedy byla již zbytečně vysoká.

U smetanových krémů vyrobených s přidavkem furcelleranu 1 000 a furcelleranu 8 500 s koncentrací 0,150 % docházelo k vytvoření viskózní disperze, po celou dobu testování byly vzorky tekuté konzistence. Aplikované množství evidentně nebylo dostačující k ovlivnění

konzistence vyrobených smetanových krémů natolik, aby se vytvořila gelovitá homogenní konzistence.

Navazující studie by se mohly zaměřit na aplikaci vyšších koncentrací furcelleranů, a zjištění, zda by toto navýšení hydrokoloidů mělo pro výrobu smetanových krémů smysl. Jiným návrhem by mohlo být zaměření se na zlepšení konzistence smícháním κ -karagenanu a ι -karagenanu v určitém poměru pro výrobu smetanových krémů zcela vyhovujících požadavkům spotřebitele, jelikož po přidavku ι -karagenanu se textura výrobku mění v měkkou a elasticou, po přidavku κ -karagenanu se textura mění v pevnou a křehkou, a vytvořit tak jedinečnou strukturu. [21,26]

ZÁVĚR

Diplomová práce byla zaměřena v první fázi na výběr hydrokoloidů poskytujících smetanové krémy požadované konzistence. Cílem druhé fáze této práce bylo zjistit, která koncentrace použitých hydrokoloidů poskytuje smetanové krémy požadované konzistence a homogenní struktury. Navíc bylo zkoumáno, zda, popř. jak, daná koncentrace hydrokoloidu ovlivňuje konzistenci vyrobených smetanových krémů během skladování po dobu 28 dní při teplotě 6 ± 2 °C.

Jako hydrokoloidy poskytující smetanové krémy požadované konzistence byly v první fázi této práce určeny κ -karagenan, ι -karagenan, karagenan CL394FLX a dále byly zkoumány nejvyšší koncentrace furcelleranu 1 000 a furcelleranu 8 500. Agar byl v první fázi vyhodnocen jako nevhodný pro výrobu smetanových krémů a v druhé fázi se s ním již nepracovalo.

V druhé fázi této práce bylo během 28 dní skladování měřeno pH, stanoven obsah sušiny a zjišťovány reologické vlastnosti vyrobených smetanových krémů vždy 1., 7. 14. a 28. den skladování. Hodnoty pH vyrobených smetanových krémů se pohybovaly v rozmezí pH 5,75 – 6,61. Taktéž bylo zjištěno, že pH smetanových krémů se během skladování mírně snižovalo. Obsah sušiny vyrobených smetanových krémů se pohyboval v rozmezí 51,42 – 52,60 %. Dále bylo pozorováno, že během skladování se obsah sušiny u většiny smetanových krémů lehce zvyšoval.

Co se týče jednotlivých hydrokoloidů, pro výrobu smetanových krémů požadované konzistence byly jako optimální vyhodnoceny koncentrace κ -karagenanu 0,050 %, a 0,075 %, ι -karagenanu 0,050 % a karagenanu CL394FLX 0,075 %. Navíc koncentrace 0,100 % pro κ -karagenan, 0,075 % pro ι -karagenan a 0,100 % pro karagenan CL394FLX poskytovaly smetanové krémy nejen požadované konzistence, ale i homogenní struktury.

Oba aplikované furcellerany byly shledány i v nejvyšší použité koncentraci (0,150 %) jako nevyhovující pro výrobu smetanových krémů.

Navazující studie by se mohly zaměřit na aplikaci vyšších koncentrací furcelleranů, a zjištění, zda by toto navýšení hydrokoloidů mělo pro výrobu smetanových krémů smysl. Jiným návrhem by mohlo být zaměření se na zlepšení konzistence smícháním κ -karagenanu a ι -karagenanu v určitém poměru pro výrobu smetanových krémů zcela vyhovujících požadavkům spotřebitele.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HAMID, Farhang. Cream cheese [online]. 2015, 7 [cit. 2020-03-04]. DOI: 10.13140/RG.2.2.12172.00643. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/324797892_Cream_cheese
- [2] ČESKO. Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 397/2016 Sb., kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, v platném znění. In: Sběrka zákonů České republiky. 2016. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-397>
- [3] ANONYM, 2000. Maskar z Polné. Mlékárna Polná [online]. 2000 [cit. 2020-03-29]. Dostupné z: <http://www.mpolna.cz/vyrobek-maskar-z-polne.aspx>
- [4] BURATTO, Tessa. Mastering Mascarpone: What it takes to make a perfect batch of Mascarpone Cheese [online]. 12-2010, 1-42 [cit. 2019-10-10]. Dostupné z: <https://digital-commons.calpoly.edu/dscisp/40>
- [5] BRIGHENTI, T., S. C. GOVINDASAMY-LUCEY a K. LIM. Characterization of the Rheological, Textural, and Sensory Properties of Samples of Commercial US Cream Cheese with Different Fat Contents [online]. 2008 [cit. 2019-03-22]. DOI: 10.3168/jds.2008-1322. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19038925>
- [6] GULZAR, Nabila a Aysha SAMEEN. Nutritional and Functional Properties of Fruited Cream Cheese Spread as Influenced by Hydrocolloids. *Journal of Food and Nutrition Research* [online]. 2015, 3(3), 191-195 [cit. 2020-02-15]. Dostupné z: <http://pubs.sciepub.com/jfnr/3/3/10/index.html>
- [7] ANONYM. Nejlahodnější smetanový krém do všech dortů a koláčů s fantastickou jemnou chutí. In: Vychytávkov-návody, recepty a tipy [online]. [cit. 2020-04-01]. Dostupné z: <https://vychytavkov.cz/>
- [8] LUCEY, J.A. Cheese | Acid- and Acid/Heat Coagulated Cheese. *Encyclopedia of Dairy Sciences* [online]. Elsevier, 2011, 2011, s. 698-705 [cit. 2020-04-07]. DOI: 10.1016/B978-0-12-374407-4.00083-2. ISBN 9780123744074. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123744074000832>
- [9] ANONYM. Mascarpone. Italat-výrobce italských sýrů [online]. [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://www.italat.cz/prodejna/syry/syry-italat/mascarpone-200-g-italat>
- [10] FARKYE, Nana Y. Acid-Heat Coagulated Cheeses. *Cheese* [online]. Elsevier, 2017, 2017, s. 1111-1115 [cit. 2020-04-07]. DOI: 10.1016/B978-0-12-417012-4.00044-2.

ISBN 9780124170124. Dostupné z:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780124170124000442>

[11] HINRICHS, Jörg. Mediterranean milk and milk products. *European Journal of Nutrition* [online]. 2004, 43, 1-1 [cit. 2020-04-04]. DOI: 10.1007/s00394-004-1104-8.

ISSN 1436-6207. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00394-004-1104>

[12] VENUGOPAL, Vazhiyil. *Marine Polysaccharides: Food Applications*. CRC Press, 2016. ISBN 9781138198449.

[13] PHILLIPS, Glyn O. a Peter A. WILLIAMS. *Handbook of hydrocolloids*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2000. ISBN 084930850X.

[14] MILANI, Jafar a Gisoo MALEKI. Hydrocolloids in Food Industry. VALDEZ, Benjamin, ed. *Food Industrial Processes - Methods and Equipment* [online]. InTech, 2012,

2012-02-22 [cit. 2020-02-08]. DOI: 10.5772/32358. ISBN 978-953-307-905-9. Dostupné z:

<http://www.intechopen.com/books/food-industrial-processes-methods-and-equipment/hydrocolloids-in-food-industry>

[15] BEMILLER, James N. *Carbohydrate chemistry for food scientists*. 3rd edition. Cambridge, MA: Elsevier, 2018. ISBN 9780128120699.

[16] SAHA, Dipjyoti a Suwendu BHATTACHARYA. Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review. *Journal of Food Science and Technology* [online].

2010, 47(6), 587-597 [cit. 2020-03-27]. DOI: 10.1007/s13197-010-0162-6. ISSN 0022-1155. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s13197-010-0162-6>

[17] LAHAYE, Marc. Chemistry and physico-chemistry of phycocolloids. *Cahiers de Biologie Marine* [online]. 2001, s. 137-157 [cit. 2020-04-07]. Dostupné z:

<https://www.researchgate.net/publication/261031640>

[18] PANGESTUTI, Ratih a Se-Kwon KIM. An Overview of Phycocolloids: The Principal Commercial Seaweed Extracts. KIM, Se-Kwon a Katarzyna CHOJNACKA, ed.

Marine Algae Extracts [online]. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co., 2015, 2015-02-06, s. 319-330 [cit. 2020-04-07]. DOI: 10.1002/9783527679577.ch19.

ISBN 9783527679577. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/9783527679577.ch19>

[19] STIGER-POUVREAU, V., N. BOURGOUGNON a E. DESLANDES. Carbohydrates From Seaweeds. *Seaweed in Health and Disease Prevention* [online].

Elsevier, 2016, 2016, s. 223-274 [cit. 2020-02-08]. DOI: 10.1016/B978-0-12-802772-1.00008-7. ISBN 9780128027721. Dostupné z:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128027721000087>

- [20] BŁASZAK, Błażej, Grażyna GOZDECKA a Alexander SHYICHUK. Carrageenan as a functional additive in the production of cheese and cheese-like products. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria* [online]. 2015, 17(2), 107-116 [cit. 2020-02-25]. DOI: 10.17306/J.AFS.0550. ISSN 16440730. Dostupné z: <http://www.food.actapol.net/volume17/issue2/abstract-1.html>
- [21] STEPHEN, Alistair M., Glyn O. PHILLIPS a Peter A. WILLIAMS. Food polysaccharides and their applications. 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC/Taylor & Francis, 2006. Food science and technology (Taylor & Francis). ISBN 9780824759223.
- [22] WATASE, M., T. AIHARA a K. NISHINARI. Effects of alkali metal salts on the viscoelasticity of funoran and λ -carrageenan. *Hydrocolloids* [online]. Elsevier, 2000, 2000, s. 215-220 [cit. 2020-02-05]. DOI: 10.1016/B978-044450178-3/50026-3. ISBN 9780444501783. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780444501783500263>
- [23] MORRIS, V. J., A. R. KIRBY a A. P. GUNNING. Using atomic force microscopy to probe food biopolymer functionality. *Scanning* [online]. 1999, 21(5), 287-292 [cit. 2020-03-18]. DOI: 10.1002/sca.4950210501. ISSN 01610457. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/sca.4950210501>
- [24] KARIDURAGANAVAR, Mahadevappa Y., Arjumand A. KITTUR a Ravindra R. KAMBLE. Polymer Synthesis and Processing. Natural and Synthetic Biomedical Polymers [online]. Elsevier, 2014, 2014, s. 1-31 [cit. 2020-04-20]. DOI: 10.1016/B978-0-12-396983-5.00001-6. ISBN 9780123969835. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123969835000016>
- [25] LAURIENZO, Paola. Marine Polysaccharides in Pharmaceutical Applications: An Overview. *Marine Drugs* [online]. 2010, 8(9), 2435-2465 [cit. 2020-03-18]. DOI: 10.3390/md8092435. ISSN 1660-3397. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/1660-3397/8/9/2435>
- [26] VOLDŘICH, Michal. Potravinářské aditivní látky: Zahušťovadla a stabilizátory. *Potraviny info* [online]. 2004, 6 [cit. 2020-02-13]. Dostupné z: <https://www.potravinyinfo.cz/33/potravinarske-aditivni-latky-zahustovadla-a-stabilizatory>
- [27] BISIG, Walter a Alan L. KELLY. Liquid Milk Products: Flavored Milks ☆. Reference Module in Food Science [online]. Elsevier, 2017, 2017 [cit. 2020-02-08]. DOI: 10.1016/B978-0-08-100596-5.21868-4. ISBN 9780081005965. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780081005965218684>

- [28] ESHWAR, M. S. Isolation and gel formation of polysacchrides and starch retrogradation. School of Food Technology JNTUK. [online]. [cit. 2020-02-04]. Dostupné z: <https://www.slideshare.net/eshwar786/isolation-and-gel-formation-of-polysacchrides-and-strach>)
- [29] ŠTĚTINA, J., R. KOVÁČOVÁ a L. ČURDA. Influence of processing and carrageenan on properties of whipping cream [online]. 2010, 471-478 [cit. 2019-04-04]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2010.02.010
- [30] SHAHIDI, Feriedoon a Md. Jiaur RAHMAN. Bioactives in seaweeds, algae, and fungi and their role in health promotion. *Journal of Food Bioactives* [online]. 2018, 2 [cit. 2020-03-19]. DOI: 10.31665/JFB.2018.2141. ISSN 2637-8779. Dostupné z: <http://www.isnff-jfb.com/index.php/JFB/article/view/25>
- [31] LAOS, Katrin a Stephen G. RING. Note: Characterisation of furcellaran samples from Estonian *Furcellaria lumbricalis* (Rhodophyta). *Journal of Applied Phycology* [online]. 2005, 17(5), 461-464 [cit. 2020-02-26]. DOI: 10.1007/s10811-005-1635-2. ISSN 0921-8971. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s10811-005-1635-2>
- [32] FEATHERSTONE, Susan. Ingredients used in the preparation of canned foods. *A Complete Course in Canning and Related Processes* [online]. Elsevier, 2015, 2015, s. 147-211 [cit. 2020-02-07]. DOI: 10.1016/B978-0-85709-678-4.00008-7. ISBN 9780857096784. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780857096784000087>
- [33] NEČAS, J. a L. BARTOŠÍKOVÁ. Carrageenan: a review. *Veterinární Medicína* [online]. 2013, 58(4) [cit. 2020-03-19]. Dostupné z: <http://vri.cz/docs/vetmed/58-4-187.pdf>
- [34] SOLUNKE, Abhay. *Agar: A Review* [online]. 2018, 5 [cit. 2020-02-29]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/328823169_AgarA_Review
- [35] ROCHAS, Cyrille, Philippe POTIN a Bernard KLOAREG. NMR spectroscopic investigation of agarose oligomers produced by an α -agarase. *Carbohydrate Research* [online]. 1994, 253, 69-77 [cit. 2020-03-18]. DOI: 10.1016/0008-6215(94)80056-1. ISSN 00086215. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0008621594800561>
- [36] BEMILLER, James N. Carrageenans. *Carbohydrate Chemistry for Food Scientists* [online]. Elsevier, 2019, 2019, s. 279-291 [cit. 2020-02-08]. DOI: 10.1016/B978-0-12-812069-9.00013-3. ISBN 9780128120699. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128120699000133>
- [37] RIOUX, Laurie-Eve a Sylvie L. TURGEON. Seaweed carbohydrates. *Seaweed Sustainability* [online]. Elsevier, 2015, 2015, s. 141-192 [cit. 2020-02-08]. DOI:

- 10.1016/B978-0-12-418697-2.00007-6. ISBN 9780124186972. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780124186972000076>
- [38] TABILO-MUNIZAGA, Gipsy a Gustavo V. BARBOSA-CÁNOVAS. Rheology for the food industry. *Journal of Food Engineering* [online]. 2005, 67(1-2), 147-156 [cit. 2020-03-23]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2004.05.062. ISSN 02608774. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877404003401>
- [39] BANKS, Harvey Thomas, Shuhua HU a Zackary R. KENZ. A Brief Review of Elasticity and Viscoelasticity for Solids. *Advances in Applied Mathematics and Mechanics* [online]. 2011, 3(1), 1-51 [cit. 2020-03-16]. DOI: 10.4208/aamm.10-m1030. ISSN 2070-0733. Dostupné z: https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S207007330000151X/type/journal_article
- [40] KASAPIS, S. a A. BANNIKOVA. Rheology and Food Microstructure. *Advances in Food Rheology and Its Applications* [online]. Elsevier, 2017, 2017, s. 7-46 [cit. 2020-02-14]. DOI: 10.1016/B978-0-08-100431-9.00002-4. ISBN 9780081004319. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780081004319000024>
- [41] TUNICK, M.H. Rheology of Dairy Foods that Gel, Stretch, and Fracture. *Journal of Dairy Science* [online]. 2000, 83(8), 1892-1898 [cit. 2020-02-09]. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(00)75062-4. ISSN 00220302. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030200750624>
- [42] BUŇKA, František. *Mlékárenská technologie I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013. ISBN 978-80-7454-254-1.
- [43] MCKENNA, B.M. a J.G. LYNG. Principles of food viscosity analysis. *Instrumental Assessment of Food Sensory Quality* [online]. Elsevier, 2013, 2013, s. 129-162 [cit. 2020-02-14]. DOI: 10.1533/9780857098856.1.129. ISBN 9780857094391. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780857094391500055>
- [44] ZHONG, Qixin. Food Rheology. *Handbook of Farm, Dairy and Food Machinery Engineering* [online]. Elsevier, 2019, 2019, s. 461-481 [cit. 2020-02-14]. DOI: 10.1016/B978-0-12-814803-7.00018-X. ISBN 9780128148037. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B978012814803700018X>
- [45] UPADHYAY, Rituja a Jianshe CHEN. Rheology and tribology assessment of foods. *Biopolymer-Based Formulations* [online]. Elsevier, 2020, 2020, s. 697-715 [cit. 2020-04-01]. DOI: 10.1016/B978-0-12-816897-4.00028-X. ISBN 9780128168974. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B978012816897400028X>

- [46] KHETRA, Yogesh a Sangita GANGULY. Rheology of Dairy Products. Dairy Technology Division, National Dairy Research Institute [online]. 2018, , 99-103 [cit. 2020-04-21]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/331199391>
- [47] KENNEDY, J. F. a C. J. KNILL. Food hydrocolloids. Structures, properties and functions. Edited by K. Nishinari and E. Doi. Plenum press, New York, 1993. ISBN 0-306-44595-8. Polymer International [online]. 1996, 39(1), 77-77 [cit. 2020-03-24]. DOI: 10.1002/pi.1996.210390113. ISSN 0959-8103. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/pi.1996.210390113>
- [48] PHADUNGATH, Chanokphat. Cream cheese products: A review. Journal of Science and Technology [online]. 2005, 27(1), 191-199 [cit. 2020-02-15]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877415003520>
- [49] ALMANZA-RUBIO, José L., Nestor GUTIÉRREZ-MÉNDEZ, Martha Y. LEAL-RAMOS, David SEPULVEDA a Ivan SALMERON. Modification of the textural and rheological properties of cream cheese using thermosonicated milk. Journal of Food Engineering [online]. 2016, 168, 223-230 [cit. 2020-04-21]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2015.08.002. ISSN 02608774. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877415003520>
- [50] RADOVSKIY, Boris a Bagdat TELTAYEV. Relaxation Modulus and Complex Modulus. Viscoelastic Properties of Asphalts Based on Penetration and Softening Point [online]. Cham: Springer International Publishing, 2018, 2018-11-13, s. 41-72 [cit. 2020-03-18]. Structural Integrity. DOI: 10.1007/978-3-319-67214-4_3. ISBN 978-3-319-67213-7. Dostupné z: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-67214-4_3
- [51] HARDESTY, Shermain. Food Safety [online]. University of California, 2014 [cit. 2020-02-15]. Dostupné z: <https://ucanr.edu/sites/cottagefoods>
- [52] LINTON, Richard. Food Safety Hazards in Foodservice and Food Retail Establishments. Department of Food Science [online]. 1996, 5, 11 [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://www.extension.purdue.edu/extmedia>
- [53] COTON, E. a I. LEGUERINEL. Ecology of bacteria and fungi in foods | Effects of pH. Encyclopedia of Food Microbiology [online]. Elsevier, 2014, 2014, s. 577-586 [cit. 2020-03-15]. DOI: 10.1016/B978-0-12-384730-0.00439-0. ISBN 9780123847331. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123847300004390>
- [54] McSWEENEY, P. L. H., FOX, P. F. Advances Dairy Chemistry, Volume 3 – Lactose, Water, Salts and Minor Constituents (3rd Edition). Springer – Verlag, 2009. 825 p. ISBN 978-0-387-84864-8

- [55] TAMIME, Adnan. Structure of Dairy Products [online]. Blackwell Publishing, 2007 [cit. 2020-03-24]. ISBN 978-1-4051-2975-6. Dostupné z: <https://ubblab.weebly.com/uploads/4/7/4/6/47469791>
- [56] ČERNÍKOVÁ, Michaela, Jana NEBESÁŘOVÁ, Richardos Nikolaos SALEK, Lada ŘIHÁČKOVÁ a František BUŇKA. Microstructure and textural and viscoelastic properties of model processed cheese with different dry matter and fat in dry matter content. *Journal of Dairy Science* [online]. 2017, **100**(6), 4300-4307 [cit. 2020-04-06]. DOI: 10.3168/jds.2016-12120. ISSN 00220302. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030217302904>
- [57] ČERNÍKOVÁ, Michaela, Vendula PACHLOVÁ, Ondřej HOLAS, Kateřina MOUDRÁ, Kateřina SLINTÁKOVÁ a František BUŇKA. The Effect of Dairy Fat Source on Viscoelastic Properties of Full-Fat Processed Cheese Spreads. *European Journal of Lipid Science and Technology* [online]. 2018, **120**(1) [cit. 2020-04-04]. DOI: 10.1002/ejlt.201700319. ISSN 14387697. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/ejlt.201700319>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

- aj. a jiné
- apod. a podobně
- atd. A tak dále
- °C stupeň Celsia
- cca přibližně
- č. číslo
- min. minuta
- MPa jednotka tlaku
- obr. obrázek
- ot. otáčky
- popř. popřípadě
- ssp. subspecies (latinsky poddruh)
- SVHP správná výrobní a hygienická praxe
- tzv. tak zvaně
- UHT tepelné ošetření (Ultra High Temperature)

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Smetanový krém [7].....	13
Obrázek 2: Výroba smetanových krémů	14
Obrázek 3: Chemická struktura κ -karagenanu, i -karagenanu a λ -karagenanu [24]	19
Obrázek 4: Interakce κ karagenan- κ kasein mléčného proteinu [13].....	21
Obrázek 5: Chemická struktura agaru- agarobióza [12]	25
Obrázek 6: Mikrostruktura koloidních disperzí a chování elastického a ztrátového modulu G' a G'' jako funkce úhlové frekvence pro (A) stabilní disperzi, (B) slabě flokulovanou disperzi a (C) silně flokulovanou disperzi či gel [45].....	34
Obrázek 7: Stephan UMC 5	39
Obrázek 8: Výroba smetanových krémů pro experiment I.....	40
Obrázek 9: Výroba smetanových krémů pro experiment II	42
Obrázek 10: Příprava vzorků pro stanovení obsahu sušiny	43
Obrázek 11: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem agaru v koncentraci 0,150 % (w/w) po 7 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)	46
Obrázek 12: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem furcelleranu A v koncentraci 0,150 % (w/w) po 7 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz).....	47
Obrázek 13: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem furcelleranu B v koncentraci 0,150 % (w/w) po 7 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz).....	48
Obrázek 14: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem κ -karagenanu v koncentraci 0,025 % (w/w) po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)	52
Obrázek 15: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem κ -karagenanu v koncentraci 0,050 % (w/w) po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)	54
Obrázek 16: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem κ -karagenanu v koncentraci 0,075 % (w/w) po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)	56
Obrázek 17: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem κ -karagenanu v koncentraci 0,100 % (w/w) po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)	58

- Obrázek 18: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem κ -karagenanu v koncentraci 0,125 % (w/w) po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz) 60
- Obrázek 19: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem κ -karagenanu v koncentraci 0,150 % (w/w) po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz) 62
- Obrázek 20: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem ι -karagenanu v koncentraci 0,025 % (w/w) po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz) 64
- Obrázek 21: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem ι -karagenanu v koncentraci 0,050 % (w/w) po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz) 66
- Obrázek 22: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem ι -karagenanu v koncentraci 0,075 % (w/w) po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz) 68
- Obrázek 23: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem ι -karagenanu v koncentraci 0,100 % (w/w) po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (log frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz) 70
- Obrázek 24: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem ι -karagenanu v koncentraci 0,125 % (w/w) po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz) 72
- Obrázek 25: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem ι -karagenanu v koncentraci 0,150 % (w/w) po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz) 74
- Obrázek 26: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem karagenanu CL394FLX v koncentraci 0,025 % (w/w) po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz) 76
- Obrázek 27: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem karagenanu CL394FLX v koncentraci 0,050 % (w/w) po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz) 78
- Obrázek 28: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem karagenanu CL394FLX v koncentraci 0,075 % (w/w) po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz) 80

- Obrázek 29: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem karagenanu CL394FLX v koncentraci 0,100 % (w/w) po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)..... 82
- Obrázek 30: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem karagenanu CL394FLX v koncentraci 0,125 % (w/w) po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)..... 84
- Obrázek 31: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem karagenanu CL394FLX v koncentraci 0,150 % (w/w) po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)..... 86
- Obrázek 32: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem furcelleranu A v koncentraci 0,150 % (w/w) po 1, 14 a 21 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz) 88
- Obrázek 33: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; červeně) pro vzorky smetanových krémů vyrobených s přidavkem furcelleranu B v koncentraci 0,150 % (w/w) po 1, 14 a 21 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz) 90

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Označení vzorků smetanových krémů vyrobených v koncentrační řadě jednotlivých hydrokoloidů.....	40
Tabulka 2: Označení vzorků smetanových krémů vyrobených v koncentrační řadě jednotlivých hydrokoloidů.....	41
Tabulka 3: Průměrné hodnoty pH smetanových krémů při skladování po přidavku jednotlivých hydrokoloidů.....	49
Tabulka 4: Průměrné hodnoty obsahu sušiny smetanových krémů při skladování po přidavku jednotlivých hydrokoloidů.....	50

