

Hydrokoloidy a jejich vliv na vlastnosti smetanových krémů

Bc. Šimon Borek

Diplomová práce
2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická
Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Šimon Borek**
Osobní číslo: **T20073**
Studijní program: **N0721A210004 Technologie potravin**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Hydrokoloidy a jejich vliv na vlastnosti smetanových krémů**

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

1. Technologie výroby smetanových krémů.
2. Organoleptické vlastnosti smetanových krémů.
3. Hydrokoloidy jako přídatné látky v potravinách.

II. Praktická část

1. Výroba smetanových krémů s určenými hydrokoloidy.
2. Chemická analýza vyrobených smetanových krémů.
3. Dynamická oscilační reometrie vyrobených smetanových krémů.
4. Texturní profilová analýza vyrobených smetanových krémů.

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

Seznam doporučené literatury:

- 1] BRIGHENTI, M. et al., 2008. Characterization of the Rheological, Textural, and Sensory Properties of Samples of Commercial US Cream Cheese with Different Fat Contents. *Journal of Dairy Science*. **91**(12), 4501–4517. DOI: 10.3168/jds.2008-1322. ISSN 00220302. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030208709160>
- [2] PHILIPS, Glyn O. a Peter A. WILLIAMS. *Handbook of hydrocolloids*. Boca raton, FL: CRC Press, 2000. ISBN 084930850X
- [3] SAHA, Dipjyoti a Suwendu BHATTACHARYA, 2010. Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review. *Journal of Food Science and Technology*. **47**(6), 587–597. DOI: 10.1007/s13197-010-0162-6. ISSN 0022-1155. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/s13197-010-0162-6>

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

Datum zadání diplomové práce: **31. prosince 2021**

Termín odevzdání diplomové práce: **13. května 2022**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Robert Gál, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 18. února 2022

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

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

Prohlašuji,

- že jsem 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 je zaměřena na vliv hydrokoloidů na vlastnosti smetanových krémů. Teoretická část práce se zaměřuje na technologii výroby smetanových krémů a na jejich organoleptické vlastnosti. Dále se zabývá hydrokoloidy a přídatnými látkami v potravinách. Jsou zde popsány základní vlastnosti hydrokoloidů, díky kterým se využívají jako aditiva v potravinách.

Praktická část diplomové práce se zaměřuje na furcellarany a jejich možnosti uplatnění při výrobě smetanových krémů požadované konzistence sýru typu mascarpone. Byly vybrány 2 typy furcellaranů. Konkrétně furcellaran 1000 a 8500, které se liší ve schopnosti tvořit gely v potravinách. Práce se zabývá jejich vlivem na změnu pH, obsah sušiny, viskoelastických vlastností vyrobených smetanových krémů a texturní profilovou analýzu v průběhu 28 dní skladování při teplotě 6 ± 2 °C

U smetanových krémů bylo během skladování zaznamenáno snížení pH a nepatrné zvýšení obsahu sušiny. Z pohledu reologie nebyl ani jeden vzorek vyhodnocen jako vhodný pro výrobu smetanových krémů, jelikož všechny vyrobené smetanové krémy s přídavkem vybraných furcellaranů nebyly dostatečně tuhé konzistence odpovídající sýru typu mascarpone.

Klíčová slova: smetanový krém, hydrokoloidy, furcellarany

ABSTRACT

The diploma thesis was focused on effect of hydrocolloids on the properties of creams. The theoretical part of the thesis focuses on the technology of cream production and its organoleptic properties. It also focuses on hydrocolloids and food additives. The basic properties of hydrocolloids that make them useful as food additives are described.

The practical part of the thesis focuses on furcellarans and their possible application in the production of cream of the desired consistency of mascarpone cheese. Two types of furcellarans were selected. Specifically furcellaran 1000 and 8500, which differ in their ability to form gels in food. This thesis deals with their influence on the change in pH, dry matter content, viscoelastic properties of the cream creams produced and textural profile analysis during 28 days of storage at 6 ± 2 °C

A decrease in pH and a slight increase in dry matter content were observed in the creams during storage. In terms of rheology, none of the samples were considered suitable for the production of creams as they did not reach the consistency of mascarpone cheese.

Keywords: cream, hydrocolloids, furcellaran

Rád bych poděkoval vedoucí mé diplomové práce Ing. Zuzaně Míškové, Ph.D. za její odbornou pomoc, za její vynaložený čas a vstřícnost, kterou vynaložila při psaní této diplomové práce. Rád bych také poděkoval spolužačce Bc. Anitě Rejdlové, která byla mojí oporou při psaní diplomové práce a taktéž mi velmi pomohla při práci v laboratoři na praktické části diplomové práce.

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.....	12
1.1 TECHNOLOGIE A VÝROBA SMETANOVÝCH KRÉMŮ	13
1.1.2 Smetanový krém obohacený o syrovátkové bílkoviny	14
1.2 ORGANOLEPTICKÉ VLASTNOSTI SMETANOVÝCH KRÉMŮ	15
2 HYDROKOLOIDY JAKO PŘÍDATNÉ LÁTKY V POTRAVINÁCH	17
2.1 PŘÍDATNÉ LÁTKY V POTRAVINÁCH.....	18
2.1.1 Podmínky použití přídatných látek	21
2.2 VYUŽITELNOST HYDROKOLOIDŮ	22
2.2.1 Zahušťovadla.....	23
2.2.2 Gelotvorné hydrokoloidy	24
2.2.3 Emulgátory, stabilizátory	25
3 KARAGENANY	27
3.1 CHEMICKÁ STRUKTURA.....	27
3.2 CHEMICKÁ STRUKTURA FURCELLARANU.....	29
3.3 VLASTNOSTI KARAGENANŮ.....	30
3.3.1 Tvorba gelů	30
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	32
4 CÍL PRÁCE	33
5 MATERIÁL A METODIKA	34
5.1 SUROVINY PRO VÝROBU SMETANOVÝCH KRÉMŮ.....	34
5.2 VÝROBA SMETANOVÝCH KRÉMŮ.....	34
5.3 VZORKY	35
5.4 CHEMICKÁ ANALÝZA	36
5.5 DYNAMICKÁ OSCILAČNÍ REOLOGIE	36
5.6 TEXTURNÍ PROFILOVÁ ANALÝZA	37
5.7 STATISTICKÁ ANALÝZA	38
6 VÝSLEDKY A DISKUZE.....	39
6.2 VÝSLEDKY STANOVENÍ SUŠINY	41
6.3 VÝSLEDKY DYNAMICKÉ OSCILAČNÍ REOLOGIE.....	42
6.4 VÝSLEDKY TEXTURNÍ PROFILOVÉ ANALÝZY	91
ZÁVĚR	95
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	96

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	101
SEZNAM OBRÁZKŮ	102
SEZNAM TABULEK.....	104

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 smetanových dipů, dezertů a krémů, místo dresinků do salátů a pro spoustu dalších pokrmů. [3]

Konzistence smetanových krémů je jedním z nejdůležitějších parametrů, která je při výrobě smetanových krémů hodnocena. 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. [22]

Cílem této práce bylo zjistit, zda jsou furcellarany v koncentrační řadě 0,15 – 0,20 % (w/w) vhodné pro výrobu smetanových krémů a jestli dodávají smetanovým krémům požadovanou konzistenci. Tato práce navazuje na výsledky diplomové práce Barbory Křenkové, která se zabývala hydrokoloidy a jejich vlivem na pH, obsah sušiny a viskoelastické vlastnosti smetanových krémů. a vyhodnotila furcellarany v konc. 0,15 % (w/w) jako nedostačující k ovlivnění konzistence vyrobených smetanových krémů natolik, aby se vytvořila gelovitá homogenní konzistence. Bylo zkoumáno, zda, popř. jak, daná koncentrace furcellaranů 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 furcellaranu 1 000, furcellaran 8 500 a směsi mono a diacylglycerolů. Navíc byla reologie doplněna o texturní profilovou analýzu vyrobených vzorků smetanových krémů. [29]

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 SMETANOVÉ KRÉMY

Smetanový krém je měkký hladký krém jemné smetanové chuti s vysokým obsahem tuku. Běžně se do smetanových krémů přidávají stabilizátory, jako je karobová guma a karagenan. Smetanové krémy nejsou přirozeně zrající a během výroby se k surovinám nepřidávají mlékárenské startovací kultury, které by zapříčinily fermentaci výrobku. [1]

V České republice je dle Vyhlášky č. 397/2016 Sb., o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy, jedlé tuky a oleje, „smetanový krém z vysokotučné smetany“ definován jako výrobek z vysokotučné smetany bez přídavku cukru. Dále se tento výrobek značí obsahem tuku a obsahem sušiny v procentech hmotnostních. Také je ve Vyhlášce č. 397/2016 Sb. definován smetanový krém jako výrobek z tvarohu, mléka nebo smetany s přídavkem cukru a s obsahem nejméně 30 % hmotnostních tuku v sušině. Tento výrobek se označí obsahem sušiny v procentech hmotnostních a dále obsahem tuku v sušině nebo obsahem tuku. [3]

Smetanový krém má smetanově bílou barvu a snadno se roztírá. Struktura krémů se může lišit v závislosti na typu výroby, na vstupních surovinách, přídatných látkách a způsobu skladování. Obvykle se struktura krému přirovnává ke ztužené smetaně, popřípadě k máslu při pokojové teplotě. Smetanový krém má jemnou chuť, takže je ideálním základem pro mnoho různých pokrmů. Smetanové krémy se mohou dochucovat různými dalšími surovinami, například solí, různými druhy koření, tvarohem atd. Smetanové krémy se často využívají ke konzumaci s čerstvým chlebem, bagetami či rohlíky. Dále se mohou použít jako základ ochucených pomazánek, různých typů dipů nebo dresinků do zeleninových salátů. Svoji typickou smetanovou chuť jsou vhodné jak k přípravě slaných, tak i sladkých pokrmů. Díky své jemné konzistenci se využívají k tvorbě smetanových dortů, koláčů nebo zákusků. [1,2,4]

1.1 Technologie a výroba smetanových krémů

U výroby smetanových krémů se narodil od výroby převážně většiny mléčných produktů nevyužívá startovacích a mlékárenských kultur, které napomáhají ke snížení pH. Mléčné produkty obsahují kaseinové micely, které jsou supra molekulární komplexy kaseinů stabilizované fosforečnanem vápenatým a hydrofobními interakcemi. Při snížení pH na ~ 5,1 se většina fosforečnanu vápenatého rozpustí, což vede ke ztrátě původní struktury micel. Pokud pH dosáhne hodnoty 4,6, kaseiny utvoří síť, a když je jejich koncentrace dostatečně velká, tvoří gel. Pro zajištění tvorby gelu u výrobků, kde se nesnižuje pH, můžeme použít syřidla nebo můžeme využít přídavek syrovátkové bílkoviny, kaseináty a také hydrokoloidy, které napomáhají tvorbě a tuhnutí gelu. [8,9]

Smetanový krém se převážně vyrábí z čerstvé smetany, která se získává z kravského mléka. Není ovšem výjimkou, že se využívají i jiné druhy mléka například kozí, buvolí nebo ovčí. Různé druhy mléka se také mohou kombinovat. K vytvoření požadované hmoty se smetana musí smíchat s jednotlivými surovinami (syrvátkový protein, kaseinát sodný). Ke smetaně se přidávají hydrokoloidy, které napomáhají homogenizaci směsi a zvyšují stabilitu tukové emulze. [4]

Smíchaná směs smetany, syrovátkového proteinu, kaseinátu a hydrokoloidů se umístí do tlakové nádoby, v níž se za sníženého tlaku a stálého míchání zahřívá. Teplota směsi by se měla pohybovat v rozmezí 75-80 °C. Při této teplotě dochází k homogenizaci, která zvyšuje stabilitu tukové emulze roztržitím tukových kuliček. Krém se zahřívá 5-6 minut. Po kontrole teploty se směs za aseptických podmínek přelívá do spotřebitelského obalu. Následně se vzniklý smetanový krém ve spotřebitelském obalu uloží do chladírenského boxu, kde se teploty pohybují v rozmezí 4-6 °C. [4]

Smetanové krémy se liší na základě toho, z jaké výchozí suroviny se vyrábí. K výrobě smetanových krémů se používá vysokotučná smetana s obsahem tuku vyšším než 33 %. Obsah tuku ve smetaně ovlivňuje výsledný produkt. Platí, že čím vyšší obsah tuku ve smetaně, tím jsou smetanové krémy viskóznější. Tuk dále může ovlivnit výslednou chuť a konzistenci. [8,31]

1.1.1 Smetanový sýr Mascarpone

Mascarpone je označován jako měkký a jemný sýr máslové barvy, který se vyrábí z másla nebo z čerstvé smetany. Svoji texturou a konzistencí tak hladký a krémový, že často bývá přirovnáván ke šlehačce. Jelikož má mléčně bílou barvu a snadno se roztírá, je běžně známý jako "italský smetanový sýr". [5]

Tradičně se mascarpone vyrábí ze smetany z kravského mléka. Vyrábí se kyselým sražením smetany při zahřevu. Smetana se zahřívá přibližně na 90 °C a poté se k ní přidá kyselina, která za stálého míchání a dobu přibližně 10 minut způsobí koagulaci matrice. Syrovátkový protein za ohřevu denaturuje a společně s kaseinovými micelami tvoří pevnější strukturu. Vzniklá směs se uloží na textilní plátno a až 24 hodin se nechává odkapat přebytečná syrovátka. Poté se vzniklé mascarpone balí do spotřebitelských obalů a ukládá do chladírenských boxů. [5]

Tučnost smetany se v technologických postupech liší, není dána přesná tučnost smetany, která by byla k výrobě nejvýhodnější. Používají se také různé kyseliny. Nejčastěji se používá kyselina citrónová, která poskytuje vysokou výtěžnost a zároveň výrazně neovlivňuje výslednou chuť a vůni. [5,10]

Struktura sýra se pohybuje od lehké sražené smetany až po máslo v pokojové teplotě při teplotě. Mascarpone má jemnou chuť, takže je ideálním základem pro mnoho různých pokrmů, může obsahovat různé příchutě a přísady. Mascarpone se používá v různých pokrmech. Největší oblíbenosti se těší v Itálii, kde se z mascarpone připravuje nepřeborné množství různých specialit. V oblasti Friuli je oblíbeným způsobem použití mascarpone jeho smíchání s ančovičkami, hořčicí a kořením. Běžněji je mascarpone známé jako hlavní složka lahodného italského dezertu Tiramisu. Mascarpone je v této době rozšířeno již po celém světě. Díky své jemné chuti a měkké struktuře se dá použít do slaných i sladkých pokrmů, takže jeho možnosti v kuchyni jsou téměř neomezené. [5,10]

1.1.2 Smetanový krém obohacený o syrovátkové bílkoviny

Smetanový krém obohacený o syrovátkové bílkovinné částice je jedna z metod výroby smetanových krémů. Základ krémů tvoří vysokotučná smetana nebo mléko, do kterého se přidává denaturovaná syrovátková bílkovina a kaseinát. Bylo prokázáno, že při zahřevu a mechanické činnosti se syrovátková bílkovina udržuje v síti gelu. [6,7]

Přídavek syrovátkových bílkovin vede ke zvýšení výtěžnosti, ale může mít za následek mírně horší kvalitu chuti. Denaturované a vysoce hydratované syrovátkové bílkoviny brání synerezi, což znamená, že při výrobě tohoto typu krému se snižuje vylučování syrovátky z finálního výrobku. Cenné syrovátkové bílkoviny se vyskytují převážně v denaturovaném a více agregovaném stavu v gelové síti. Tyto bílkoviny jsou integrovány do sítě gelu stejně jako tukové kuličky. Textura krémů, do kterých je přidána syrovátková bílkovina, bývá zpravidla krémovější než krém se stejným obsahem tuku, avšak bez přídavku syrovátkové bílkoviny. Další výhodou přidání syrovátkové bílkoviny do krému je vyšší výživová hodnota. [4,6,7]

1.2 Organoleptické vlastnosti smetanových krémů

Smetanové krémy jsou roztíratelné a měkké. Strukturálně se liší od sýrů vyšším podílem tuku a vyšším obsahem vody, což zapříčiňuje nedostatečně kompaktní bílkovinnou matici. Kuličky tuku ve smetanovém krému mají podobu shluků, které se prolínají mezi mléčnými bílkoviny. [4,10,11]

Chuť je jednou z nejdůležitějších vlastností při nákupu sýrů a krémů. Vývoj chuti v mléčných výrobcích je složitou kombinací mikrobiálních a biochemických aktivit v průběhu skladování, které vedou ke tvorbě heterogenních látek, které se v mléčných výrobcích vyskytují. Jedná se o směsi těkavých i netěkavých sloučenin. Většina chuti mléčných výrobků pochází z mléčného kvašení a z bohatých nutrientů jako jsou bílkoviny a tuk. [4,10,11]

Organoleptické vlastnosti neboli sensorické vlastnosti smetanových krémů jsou z velké části ovlivněny sensorickými vlastnostmi výchozích látek. Při výrobě smetanových krémů nedochází k mléčné fermentaci. Smetanové krémy mají mléčnou až smetanově nažloutlou barvu v závislosti na obsahu tuku. Barva by měla být v celé hmotě stejnorodá. U výrobků s přísadami je barva charakteristická po použitých přísadách. Konzistence je jemná, polotuhá a stejnorodá. Smetanové krémy se lehce roztírají. Ojedinele se mohou tvořit vzduchové bublinky na povrchu i uvnitř krému. Nemělo by docházet k uvolňování syrovátky. Ochucené výrobky by měly mít přísady rovnoměrně rozptýleny. Chuť a vůně se odvíjí od základní suroviny pro výrobu krému. Chuť i vůně je smetanově mléčná, čistá, vyrovnaná, jemná a lehce nasládlá. Pokud se do krémů přidávají přísady, měla by vůně být charakteristická po typu přísady. [10,11]

Vady smetanového krému mohou být způsobeny nesprávnou kontrolou výchozí suroviny, špatným technologickým procesem nebo špatnými podmínkami při balení a následném skladování. Při výrobě mohou být zaneseny plísňe (*Mucor*, *Rhizopus*) do výrobku, pokud není dodržena správná hygienická praxe a sanitace výrobních ploch. Může docházet k porušení celistvosti jak na povrchu, tak i uvnitř krému. Barva může být nestejnorodá, mramorovaná nebo skvrnitá. [11,12]

2 HYDROKOLOIDY JAKO PŘÍDATNÉ LÁTKY V POTRAVINÁCH

Termín hydrokoloidy se běžně používá pro označení řady polysacharidů a bílkovin, které se v dnešní době hojně využívají v různých průmyslových odvětvích k plnění řady funkcí, včetně zahušťování, zahušťování vodných roztoků, stabilizaci pěn, emulzí, disperzí, potlačení tvorby ledu a krystalů cukru a řízeného uvolňování aromat atd. Zejména v potravinářském průmyslu došlo k velkému nárůstu využívání vlastností hydrokoloidů. Ačkoliv jsou často přítomny pouze v koncentracích nižších než 1 %, mohou mít významný vliv na viskozitu, texturu, kvalitu a organoleptické vlastnosti potravinářských výrobků. [13]

Změny v moderním životním stylu, stále rostoucí povědomí o souvislosti mezi stravou a zdravím a nové zpracovatelské technologie vedly k rychlému nárůstu spotřeby hotových jídel ve spotřebitelských obalech, které je snadné pouze ohřát a ihned konzumovat a funkčních potravin, které obsahují vysoké podíly makronutrientů. Stále více lidí má zájem o potraviny s vysokým obsahem vlákniny a také o potraviny s nízkým obsahem tuku. Spoustu typů hydrokoloidů se začalo používat speciálně pro jejich využití jako náhražky tuku v potravinách, jelikož jsou schopny zastat vlastnosti tuku při technologickém zpracování. Zejména tento důvod vedl ke zvýšené poptávce po hydrokoloidech. [14]

Výběr hydrokoloidu je dán požadovanými funkčními vlastnostmi, ale je nevyhnutelně ovlivněn i cenou. Z těchto důvodů jsou nejčastěji využívanými druhy hydrokoloidů škroby, které fungují jako zahušťovadla v různých typech potravinářských výrobků. Škroby mají velmi dobré zahušťovací vlastnosti a zpravidla bývá jejich cena velmi nízká. Další z hydrokoloidů, který se využívá k zahušťování, je xanthanová guma, která se i přes svoji vyšší cenu hojně používá ve spoustě technologických postupů. To je zapříčiněno jejími jedinečnými reologickými vlastnostmi. Xanthanová guma tvoří velmi viskózní roztoky už při velmi nízkých koncentracích. Viskozita výrobku tedy nemusí být ovlivněna výraznou změnou pH, přítomností solí nebo teplotou. [14,15]

Želatina je zdaleka nejpoužívanější želírovací látkou, ačkoli s rostoucí poptávkou po neživočišných výrobcích a zejména s vypuknutím bovinní spongiformní encefalopatie (BSE) ve Spojeném království se ceny výrazně zvýšily. Je značný zájem o alternativní zdroje želatiny, zejména z rybí kůže a také se stále vyvíjejí různé náhrady želatiny. [13,15]

Karagenany se využívají jako látky, které jsou schopny vytvářet gel. Trh s karagenany je v posledních letech velmi konkurenční také díky zavedení levnějších méně rafinovaných druhů (zpracované mořské řasy *Euchema*, PES), které lze efektivně použít tam, kde není důležitá průhlednost gelu. Cenový rozdíl mezi karagenanem a PES se snížil a používání karagenanů se výrazně zvýšilo poté, co bylo schváleno jejich použití v masných a drůbežích výrobcích. Dalším přínosem pro odbyt karagenanů bylo také zavedení hybridů karagenanu kappa/iota, které poskytují lepší reologické vlastnosti pro výsledný potravinářský produkt. [14,15]

Mezi emulgátory patřila k nejrozšířenějším a nejstarším zástupcům arabská guma. Kolísání cen arabské gumy vedlo k tomu, aby se začaly vyvíjet nové druhy emulgátorů. Byly zavedeny náhražky na bázi škrobu (modifikované škroby) jako alternativa při emulgaci aromatických olejů a taktéž pektin (zejména pektin z cukrové řepy) nahradil v mnoha technologických postupech arabskou gumu. Bylo prokázáno, že emulgační vlastnosti arabské gumy a pektinu jsou způsobeny malým množstvím bílkovin ($2 \pm 3 \%$), které jsou nedílnou součástí jejich struktury. To vedlo ke značnému zájmu o vývoj polysacharido-proteinových komplexů (obdoba arabské gumy), které lze vytvořit mírným tepelným zpracováním Maillardovou reakcí a elektrostatickou interakcí. [13]

2.1 Přídavné látky v potravinách

Do průmyslově vyráběných potravin se z technologických důvodů běžně přidávají látky, které prodlužují trvanlivost potravin, zvýrazňují nebo obnovují barvu potravin, zvyšují nebo regulují kyselost, pro jejich zahušťovací vlastnosti, případně dodávají potravinám sladkou chuť bez použití řepného cukru. Některé přídavné látky, které byly schváleny pro použití v potravinách, jsou zároveň obsaženy jako přirozeně se vyskytující látky v mnoha potravinách. Jedná se např. o riboflavin (E 101), karoteny (E 160a), antokyany (E 163), kyselinu octovou (E 260), kyselinu askorbovou (E 300) aj. Všechny tyto látky se souhrnně nazývají přídavné látky (aditiva). Potravinářské přídavné látky jsou látky, které se běžně nekonzumují jako potraviny, ale záměrně se přidávají do potravin pro technologické účely. [16,17]

Jako přímo použitelný právní předpis se pro potravinářské přídavné látky používá nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 o potravinářských přídavných látkách, v platném znění. Nařízením Komise (EU) č. 231/2012, v platném znění, se stanoví

specifikace pro potravinářské přídatné látky uvedené v přílohách II a III nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008. [19]

Přídatné látky se dle technologických funkcí rozdělují do těchto funkčních tříd:

- sladidla – látky používané k tomu, aby se potravinám nebo stolním sladidlům dodala sladká chuť, mezi náhradní sladidla nepatří monosacharidy a disacharidy, za náhradní sladidla se nepovažují potraviny se sladkou chutí - např. fruktóza a med
- barviva - látky, které potravině dodávají barvu nebo barvu obnovují. Zahrnují rovněž přírodní složky potravin a přírodních zdrojů, které jako takové nejsou obvykle používány jako charakteristické složky potravin. Za barviva jsou považovány přípravky získané z potravin a dalších jedlých materiálů z přírodních zdrojů extrakcí fyzikální nebo chemické povahy, která má za následek selektivní oddělení pigmentů vzhledem k výživovým nebo aromatickým složkám.
- konzervanty - látky, které prodlužují trvanlivost potravin tím, že je chrání proti zkáze způsobené mikroorganismy, nebo které potraviny chrání před růstem patogenních mikroorganismů
- antioxidanty - látky, které prodlužují trvanlivost potravin tím, že je chrání proti zkáze způsobené oxidací, například proti žluknutí tuků a barevným změnám
- nosiče - látky, které se používají k rozpouštění, ředění, disperzi nebo k jiné fyzikální úpravě potravinářské přídatné látky nebo potravinářského aroma, potravinářského enzymu, živiny nebo další látky přidané do potraviny pro nutriční nebo fyziologický účinek s cílem usnadnit jejich použití a nakládání s nimi, aniž přitom mění jejich funkci (a aniž vykazují jakýkoliv vlastní technologický účinek)
- kyseliny - látky, které zvyšují kyselost potraviny nebo jí udělují kyselou chuť
- regulátory kyselosti - látky, které mění nebo řídí kyselost nebo alkalitu potraviny
- protispékavé látky - látky, které snižují sklon jednotlivých částic potraviny ulpívat vzájemně na sobě. Protispékavé látky se přidávají do potravin jako je rýže, práškovité potraviny, jedlá sůl a náhrady soli, plátkované nebo strouhané sýry, tabletové potraviny, doplňky stravy, koření atp.
- odpěňovače - látky, které zabraňují vytváření pěny nebo snižují pění

- plnidla - látky, které přispívají k objemu potraviny, aniž významně zvyšují její využitelnou energetickou hodnotu
- emulgátory - látky, které umožňují vytvořit nebo uchovat v potravině stejnorodou směs dvou nebo více jinak nemísitelných fází, například oleje a vody. Používají se při výrobě celé řady potravin - jemného pečiva a cukrářských výrobků, emulgovaných tuků, zmrzlin, dezertů, cukrovinek, kakaových a čokoládových výrobků, žvýkaček, emulgovaných omáček, tepelně opracovaných masných výrobků, práškových náhrad mléka a smetany, emulzních likérů, různých doplňků stravy a potravin ke snižování hmotnosti a mnoha dalších
- tavicí soli - látky, které převádějí bílkoviny obsažené v sýru do disperzní formy za účelem homogenního rozložení tuků a ostatních složek. Používají se při výrobě tavených sýrů, aby se zamezilo oddělování tuku.
- zpevňující látky - látky, které činí většinou tkáň ovoce a zeleniny pevnými nebo naopak křehkými, dále se využívají k udržení jejich pevnosti nebo křehkosti a také jsou to látky, které reakcí se želírujícími látkami vytvářejí nebo ztužují gel
- látky zvýrazňující chuť a vůni - látky, které zvýrazňují stávající chuť nebo vůni potraviny
- pěnotvorné látky - látky, které umožňují vytváření stejnorodé disperze plynné fáze v kapalné nebo tuhé potravině
- želírující látky - látky, které udělují potravině texturu tím, že vytvářejí gel
- leštící látky - látky, které po nanesení na vnější povrch udělují potravině lesklý vzhled nebo vytvářejí ochranný povlak. Leštící látky se používají hlavně k úpravě povrchu ovoce nebo leštění (glazování) potravin, např. cukrovinek, čokolády, drobného trvanlivého pečiva s polevou, snacků, ořechových jader, zrnkové kávy a doplňků stravy.
- zvlhčující látky - látky, které chrání potravinu před vysycháním tím, že působí proti účinkům vzduchu s nízkou relativní vlhkostí nebo podporují rozpouštění práškovitých potravin ve vodném prostředí

- modifikované škroby - látky získávané jednorázovou nebo vícenásobnou chemickou úpravou jedlých škrobů, které mohly být předtím podrobeny fyzikální nebo enzymatické úpravě a mohly být pomocí kyselin nebo zásad štěpeny nebo běleny
- balící plyny - plyny jiné než vzduch, které se zavádějí do obalu před, během nebo po umístění potraviny do tohoto obalu. Potraviny, u kterých byla trvanlivost prodloužena použitím balicích plynů, se na obalu označí slovy: "Baleno v ochranné atmosféře"
- kypřící látky - látky nebo směsi látek, které uvolňují plyn, a tak zvyšují objem těsta
- stabilizátory - látky, které umožňují udržovat fyzikálněchemický stav potraviny, mezi stabilizátory patří látky, které umožňují udržet jednotný rozptyl dvou nebo více navzájem se nesměšujících látek v potravinách, látky, které stabilizují, udržují nebo zintenzivňují stávající barvu potravin, a látky, které zvyšují pojivost určité potraviny, včetně vytváření vzájemných vazeb mezi bílkovinami, které umožňují spojení kusů potravin do rekonstituované potraviny.
- zahušťovadla - látky, které zvyšují viskozitu potraviny
- látky zvýrazňující kontrast - látky, které při použití na vnější povrch ovoce či zeleniny po depigmentaci předem určených částí (např. laserovým ošetřením) pomohou odlišit tyto části od zbývajících povrchu tak, že je zbarví po interakci s určitými prvky epidermis [16,17,18,19,40]

2.1.1 Podmínky použití přídatných látek

Použití přídatných látek při výrobě potravin je platnými právními předpisy velmi důkladně regulováno. Při výrobě potravin lze použít pouze přídatné látky, které byly pro použití v potravinách EU schváleny příslušnými právními předpisy. Zařazení přídatné látky na seznam povolených aditiv vždy předchází posouzení bezpečnosti. Nařízením (ES) č. 1333/2008 o potravinářských přídatných látkách rovněž stanovuje základní podmínky, které musí být splněny, aby bylo možné zahrnout potravinářskou přídatnou látku do seznamu látek povolených v EU. Použití přídatné látky může být povoleno pouze, pokud jsou splněny stanovené podmínky. Použití přídatné látky nesmí představovat žádné zdravotní riziko pro spotřebitele. Aplikace přídatné látky do potravinářského výrobku musí být technologicky odůvodnitelná. Spotřebitel nesmí být uveden v omyl při užití přídatných látek a také daný typ aditiva musí poskytovat výhody a přínos pro konzumenta. [19,20]

Přidatné látky se smějí použít jen při výrobě potravin, pro které jsou povoleny. Pro jednotlivé potraviny a přídavné látky jsou stanoveny limitní hodnoty – nejvyšší povolené množství. Potraviny, které se ještě dále zpracovávají, smějí obsahovat přídavné látky pouze v případě, že jsou přídavné látky povolené i v potravinách, které se z nich vyrábí. Pro některé přídavné látky není stanoveno nejvyšší povolené množství konkrétní číselnou hodnotou. Při výrobě potravin se v takovém případě uplatňuje zásada *quantum satis*, tzn., použije se pouze nezbytně nutné množství. Obecně se přídavné látky nesmějí používat pro výrobu nezpracovaných potravin, medu, neemulgovaného tuku a oleje, másla, neochucených kysaných mléčných výrobků s živou kulturou, minerální vody a balených pramenitých vod, kávy s výjimkou instantní kávy a kávových extraktů, nearomatizovaného čaje, cukru, sušených těstovin (kromě bezpečnostních těstovin anebo těstovin pro hypoproteinové diety), neochuceného podmáslí s výjimkou sterilovaného podmáslí. Existují však přesné výjimky, kdy je použití přídavné látky povoleno. Platné právní předpisy rovněž výrazně omezují použití přídavných látek ve výživě pro kojence a malé děti. [19,20]

2.2 Využitelnost hydrokoloidů

Hydrokoloidy mají v potravinách širokou škálu funkčních vlastností, včetně zahušťování, želírování, emulgace, stabilizace, potahování atd. a v posledních zhruba třiceti letech bylo dosaženo mnohem lepšího porozumění jejich reologickému chování, zejména díky vývoji reometrů s řízeným napětím a řízenou deformací, které jsou schopny měřit až do velmi nízkých smykových rychlostí. Hydrokoloidy mají zásadní vliv na vlastnosti potravin, jak při nízkých přídavcích v případě karagenanu u výroby tepelně upravených mléčných výrobků, tak až po vysoké přídavky akáciové gumy, škrobu nebo želatiny v želé a cukrovinkách. Hlavním důvodem hojného používání hydrokoloidů v potravinách je jejich schopnost upravovat reologii potravinových systémů. To zahrnuje dvě základní vlastnosti potravin. Jednou z nich je tokové chování (viskozita) a druhou jsou mechanické vlastnosti pevných látek (textura). Modifikace textury a viskozity v potravinách pomáhá upravit jejich senzorické vlastnosti, proto se hydrokoloidy používají jako významné potravinářské přídavné látky, které mají za úkol provádět specifické požadavky. Velké množství hydrokoloidů patří do kategorie povolených přídavných látek v mnoha zemích světa. [20,21]

2.2.1 Zahušťovadla

Proces zahušťování zahrnuje nesespecifické propletení konformačně neuspořádaných polymerních řetězců, jde v podstatě o interakci polymeru s rozpouštědlem. Zahušťovací účinek hydrokoloidů závisí na typu použitého hydrokoloidu, jeho koncentraci, potravinovém systému, ve kterém je použit, a také na pH potravinového systému a teplotě. Ve zředěné disperzi se mohou jednotlivé molekuly hydrokoloidů volně pohybovat a nedochází k jejich zahušťování. Tyto molekuly se v koncentrovaném systému začnou vzájemně dotýkat, a proto se v něm začnou zahušťovat. Pohyb molekul se stává omezeným. Přejít od volně se pohybujících molekul ke zhuštěné propletené síti je proces zahušťování. [21,22]

Viskozita polymerních roztoků je významně ovlivněna molekulovou hmotností polymeru. Závislost viskozity na smykové rychlosti se zvyšuje s rostoucí molekulovou hmotností a smyková rychlost, při které dochází ke smykovému zředování, se posouvá k nižším hodnotám. Kromě vlivu molekulové hmotnosti je hydrodynamická velikost molekul polymeru v roztoku významně ovlivněna molekulovou strukturou. Lineární, tuhé molekuly mají větší hydrodynamickou velikost než vysoce rozvětvené, vysoce flexibilní polymery o stejné molekulové hmotnosti, a proto způsobují mnohem vyšší viskozitu. [21,22]

Iontové polymery mají vyšší viskozitu než neiontové polymery s podobnou molekulovou hmotností, protože jejich molekulární šroubovice jsou v důsledku vnitro molekulárních nábojových odpuzování rozšířené. Přidání elektrolytu nebo úprava pH za účelem snížení stupně disociace nabitých skupin obvykle vede ke zhutnění šroubovic a výraznému poklesu viskozity. [21,23]

Hydrokoloidy, které svými vlastnostmi patří k nejvyužívanějším a nejefektivnějším zahušťovadlům jsou:

- Xanthanová guma - velmi vysoká viskozita při nízkém smykovém tření, silně smykově ztenčená, udržuje viskozitu v přítomnosti elektrolytu, v širokém rozsahu pH a při vysokých teplotách.
- Karboxymethylcelulóza – udržuje vysokou viskozitu, v přítomnosti elektrolytu a při nízkém pH viskozita klesá
- Methylcelulóza a hydroxypropyl methyl celulóza - viskozita se zvyšuje s teplotou (může dojít ke gelování), není ovlivněna přidáním elektrolytů nebo změnou pH

2.2.2 Gelotvorné hydrokoloidy

Hydrokoloidní roztoky jsou viskoelastické a lze je charakterizovat velikostí a frekvenční závislostí elastického a ztrátového modulu, respektive G' a G'' . Ve zředěných roztocích, kde nedochází k mezimolekulárnímu propletení, vykazuje většina polymerů G'' větší než G' ve většině frekvenčního rozsahu. G' i G'' vykazují výraznou frekvenční závislost. G' je úměrné frekvenci f , naopak G'' je úměrné f^2 , proto platí při vyšších frekvencích $G' > G''$. Některé polysacharidy, zejména xanthanová guma, mají tendenci podléhat slabé asociaci mezimolekulárních řetězců v roztoku, což vede k tvorbě trojrozměrné síťové struktury. Vytvořené spojovací zóny mohou být snadno narušeny i při velmi nízkých smykových rychlostech a síťová struktura je zničena. Tohle je typické pro výrobky, ve kterých se vytvoří pouze slabý gel. Jiné polysacharidy, například amyulóza, agar a karagenany, mohou vytvářet stabilní mezimolekulární oblasti, v důsledku čehož vznikají pevné gelové struktury. U těchto struktur platí, že G' je větší než G'' a také jsou G' a G'' oba prakticky nezávislé na frekvenci v měřeném frekvenčním rozsahu. [22,23]

Hydrokoloidní gely se označují jako fyzikální gely, protože spojovací zóny vznikají fyzikální interakcí, například vodíkovou vazbou, hydrofobní asociací, kationtovým zesíťováním atd. a liší se od syntetických polymerních gelů, které se obvykle skládají z kovalentně zesíťovaných polymerních řetězců. Některé hydrokoloidy tvoří termoreverzibilní gely a existují příklady, kdy ke gelaci dochází při ochlazení nebo zahřátí. Některé ovšem tvoří netermoreverzibilní gely. V takových případech může být gelace vyvolána zesíťováním polymerních řetězců dvojmocnými kationty. Gely mohou být opticky čiré nebo zakalené a lze získat různé textury. K tvorbě gelu dochází nad kritickou minimální koncentrací, která je specifická pro každý hydrokoloid. Pro příklad agaróza vytváří gely již při koncentraci 0,2 %, zatímco u škrobu zředěného kyselinou je nutná koncentrace ~ 15 %. Pevnost gelu se zvyšuje s rostoucí koncentrací. Důležitá je také molekulová hmotnost. Bylo prokázáno, že pevnost gelu se výrazně zvyšuje s rostoucí molekulovou hmotností. [22,23]

Hydrokoloidy, které svými vlastnostmi patří k nejvyužívanějším a nejefektivnějším při tvorbě gelů jsou:

- *Kappa* a *iota* karagenany - gel vytvořený při ochlazení v přítomnosti solí, zejména draselných. Molekuly podléhají přechodu spirála-šroubovice a následné agregaci spirál. Draselné ionty se specificky vážou na šroubovice. Přítomné soli snižují elektrostatické odpuzování mezi řetězci a podporují agregaci.

- Guma gellan - gely vznikající při ochlazování v přítomnosti solí. Molekuly procházejí přechodem spirála-šroubovice a následnou agregací spirál. Soli snižují elektrostatické odpuzování mezi řetězci a podporují agregaci. Vícevalentní ionty mohou kladně působit na zesíťování řetězců. Gely s nízkým obsahem acylgellanu jsou termoreverzibilní při nízkých koncentracích solí, ale nejsou termoreverzibilní při vyšším obsahu solí (> 100 mM), zejména v přítomnosti dvojmocných kationtů.
- Xanthanová guma – gely vzniklé při ochlazování směsí. Řetězce xanthanu a polymannanu se spojují po přechodu xanthanová spirála-šroubovice.
- Alginát – gel se tvoří po přidání polyvalentních kationtů, zejména vápníku, nebo při nízkém pH (< 4). Molekuly zesíťované polyvalentními ionty. Zbytky kyseliny guluronové vytvářejí vybočenou konformaci poskytující účinné vazebné místo pro kationty

2.2.3 Emulgátory, stabilizátory

Hydrokoloidní složka může v potravinovém systému působit jako emulgátor, stabilizátor nebo v obou těchto funkcích. Emulgační činidlo (emulgátor) je povrchově aktivní složka, která se při přípravě emulze adsorbuje na nově vytvořeném rozhraní olej-voda a chrání nově vytvořené kapičky před okamžitou rekolapsací. Vzhledem k tomu, že polysacharidy mají převážně hydrofilní molekulární charakter a většina hydrokoloidů není povrchově aktivní, nemohou působit jako primární emulgátory. Ve skutečnosti existuje pouze jeden hydrokoloid, a to arabská guma, která se běžně používá jako emulgátor. [21,]

Hlavními emulgátory používanými při zpracování potravin jsou bílkoviny, zejména ty, které pocházejí z mléka nebo vajec. Stabilizační činidlo (stabilizátor) je složka, která dodává emulzi dlouhodobou stabilitu, případně mechanismem zahrnujícím adsorpci, ale nemusí tomu tak být nutně. U emulzí olej-voda se stabilizační účinek hydrokoloidů, jako je xanthan, karboxymethylcelulóza, karagenan atd., tradičně připisuje strukturování, zahušťování a gelování vodné kontinuální fáze. [20,21,22]

Hlavní funkcí hydrokoloidů v potravinářských emulzích je zahušťování vodného prostředí. Záměrem je snížit nebo potlačit krémování úpravou reologie kontinuální fáze. Hydrokoloidy a stabilita emulze mohou navíc výrobku propůjčit žádoucí texturu a hladký pocit v ústech. Jakýkoli hydrokoloid, který je v podstatě povrchově aktivní, má potenciál působit jako emulgátor i stabilizátor. Účinnost emulgačního činidla souvisí s jeho minimálním množstvím, které je nutné k vytvoření a stabilizaci malých kapek během

homogenizace. Polysacharidy mohou s proteiny vytvářet různé typy fyzikálních komplexů v závislosti na pH, iontové síle a rozložení náboje biopolymerů. Tvorba takových komplexů předpokládá převahu přitažlivých sil krátkého dosahu. Přitažlivé interakce mezi proteiny a polysacharidy mohou být silné (dlouhodobé) nebo slabé (reverzibilní). [21,22,23]

3 KARAGENANY

Červené řasy, *Rhodophyceae*, obsahují přirozeně se vyskytující polysacharidy, které vyplňují dutiny v celulóзовé struktuře rostliny. Do této skupiny polysacharidů patří karagenan, furcellaran a agar. Červené mořské řasy mají dlouhou historii používání v potravinách na Dálném východě a v Evropě. Agar má zdokumentovanou historii použití v potravinách od roku 1658, zatímco karagenan se v potravinách používá posledních 100 let. V minulosti se furcellaran nazýval "dánský agar", což je termín, který popisuje jeho pevně želírující vlastnosti a původní zdroj materiálu. Tento název je však zavádějící, protože furcellaran obsahuje 16-20 % sulfátů a je strukturně podobný kappa karagenanu. [13]

V evropské legislativě bylo furcellaranu původně přiděleno samostatné číslo E, ale po přezkoumání a přehodnocení karagenanu a furcellaranu byly rozpoznány strukturní a funkční podobnosti obou materiálů a byly zařazeny společně pod číslo E407. Naproti tomu agar má nízký obsah sulfátů a podle potravinářské legislativy je uznán jako samostatný materiál a je mu přiřazeno označení E406. [13]

Různé typy karagenanu poskytují široké spektrum textur, lambda karagenany se využívají jako viskózní zahušťovadla, iota karagenany mají využití při tvorbě tepelně reverzibilních gelů a kappa karagenany společně s furcellarany tvoří pevné gely. V důsledku pravidelné šroubovicové konformace, která vzniká při ochlazení roztoků kappa karagenanu, jsou řetězce schopny synergicky interagovat s jinými gumami, jako je například karobová guma a konjakový mannan, a dále tak modifikovat texturu gelu. Specifická interakce mezi kappa karagenanem a kappa kaseinem se široce používá ke stabilizaci mléčných výrobků. [13,24]

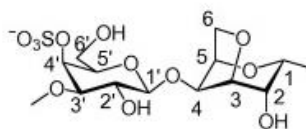
3.1 Chemická struktura

Karagenany jsou vysokomolekulární lineární polysacharidy obsahující opakující se jednotky D-galaktózy a 3,6-anhydro-D-galaktózy, sulfatované i nesulfatované, spojené střídavými -(1,3) a -(1,4) glykosidickými vazbami (obrázek 1). Hlavní typy karagenanu, lambda, kappa a iota, lze připravit v purifikované formě selektivními extrakčními technikami. Mu a nu karagenany jsou považovány za prekurzorové struktury v karagenanu, které v důsledku chemické modifikace alkálií vytvářejí výsledné kappa a iota karagenany. Struktura karagenanů se liší obsahem 3,6-anhydro-D-galaktózy a esterových sulfátů.

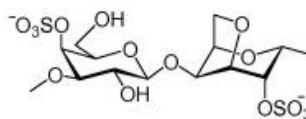
Rozdíly v těchto složkách ovlivňují pevnost gelu, jeho strukturu, rozpustnost, teplotu tání a tuhnutí, synergii a synergické působení různých karagenanů. [13,27]

Obsah ester sulfátu a 3,6-anhydro-D-galaktózy v karagenanu je přibližně 22 % a 33 % u kappa karagenanu a 32 % a 26 % u iota karagenanu. [27,30]

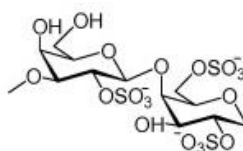
Lambda karagenan obsahuje přibližně 37 % ester sulfátu s malým nebo žádným obsahem 3,6-anhydro-D-galaktózy. Furcellaranu se dříve říkalo dánský agar, protože tento materiál, původně získávaný z baltských mořských řas, tvoří velmi pevné křehké gely, podobné agaru. Toto označení je však zavádějící, protože furcellaran obsahuje 16-20 % esterů sulfátu, na rozdíl od agaru, který má obvykle nízký obsah sulfátu 1,5-2,5 %. [27,30]



kappa - karagenan



iota - karagenan

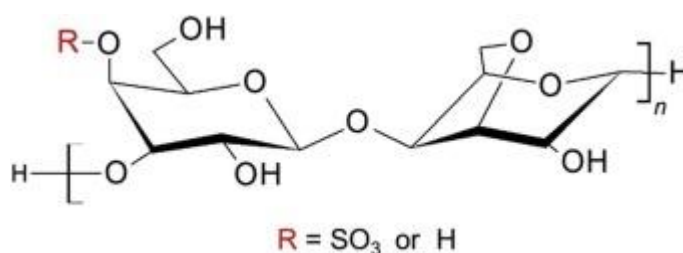


lambda - karagenan

Obrázek 1: Chemická struktura karagenanů [27]

3.2 Chemická struktura furcellaranu

Furcellaran je přírodní sulfatovaný aniontový polysacharid získávaný obvykle z extraktu červených řas (*Furcellaria lumbricalis*), který svými vlastnostmi připomíná agar a karagenan. Furcellarany se v přírodě tradičně vyskytují jako směs sodných, draselných, hořečnatých a vápenatých solí lineárního polymeru složeného ze strukturních jednotek $[\rightarrow 4)\text{-}3,6\text{-anhydro-D-galaktopyranóza-(1}\rightarrow 3)\text{-galaktopyranóza-4'-sulfát-(1}\rightarrow]$ (obrázek 2). [28]



Obrázek 2: Chemická struktura furcellaranu [28]

Bylo zjištěno, že neutrální cukry přítomné v polysacharidu jsou převážně galaktóza a 3,6-anhydro-D-galaktóza, s menším množstvím manózy, xylózy a glukózy. Obsah sulfátů v původním estonském furcellaranu byl přibližně 18 %, což znamená, že na každé tři monomerní zbytky připadá přibližně jeden náboj, proto má furcellaran v průměru poloviční obsah esterových sulfátů než kappa karagenan. [13,28]

Aby karagenan splňoval požadavky směrnice Evropského parlamentu a Rady 95/2/ES o potravinářských přídatných látkách, E407 ("extrakt"), musí být extrahován z mořských řas, obsahovat méně než 2 % materiálu nerozpustného v kyselinách a poskytovat velmi čiré průhledné gely. V zásadě byl furcellaran zařazen do samostatné klasifikace podle právních předpisů ES týkajících se potravin. Přehodnocení karagenanu a furcellaranu však uznává jejich strukturální a funkční podobnost a klasifikuje je společně jako E407. [13,28]

3.3 Vlastnosti karagenanů

Všechny frakce karagenanu jsou rozpustné ve vodě, nerozpustné v organických rozpouštědlech, oleji nebo tucích. Jejich rozpustnost ve vodě však v zásadě závisí na obsahu sulfátových skupin (velmi hydrofilní) a na přidružených kationtech. Hlavními ionizovatelnými kationty, které se v karagenanech vyskytují, jsou sodík, draslík, vápník a hořčík, ale s nižší frekvencí se mohou vyskytovat i jiné ionty. V důsledku toho podíl síranových frakcí a rovnováha kationtů ve vodném roztoku určují viskozitu roztoků nebo pevnost gelů tvořených karagenany, což představuje hlavní vlastnosti zkoumané potravinářským a farmaceutickým průmyslem při používání karagenanů jako zahušťovadel, želírujících a stabilizujících látek. [24,25]

3.3.1 Tvorba gelů

Gelovatění karagenanů, zejména kappa, zahrnuje dva oddělené a po sobě jdoucí kroky: přechod spirály na šroubovici při ochlazení a následnou agregaci mezi šroubovicemi závislou na kationtech. Přítomnost vhodného kationtu, obvykle draslíku nebo vápníku, je nezbytnou podmínkou pro průběh gelace. Jak u iota, tak u kappa karagenanů jsou ionty alkalických kovů (Li^+ , Na^+ , K^+ , Rb^+ , Cs^+) schopny vyvolat gelaci, ale K^+ a Rb^+ jsou při vyvolání gelace podstatně účinnější než ostatní ionty při mnohem nižších koncentracích kationtu i karagenanu. Viskozita karagenanů závisí na koncentraci, teplotě, přítomnosti dalších rozpuštěných látek, typu karagenanu a jeho molekulové hmotnosti a exponenciálně roste s růstem jejich koncentrace, což je typické chování lineárních polymerů s nábojem neboli polyelektrolytů. [25,26]

Ke zvýšení viskozity však může dojít dvěma různými mechanismy: interakcí mezi lineárními řetězci se zmenšením volného prostoru nebo zvětšením vyloučeného objemu a následnou tvorbou fyzikálního gelu způsobeného zesíťováním mezi řetězci. V prvním případě zvýšení koncentrace makromolekul umožňuje významnou interakci mezi řetězci a přítomnost solí může snížit viskozitu snížením elektrostatického odpuzování mezi sulfátovými skupinami. Tak tomu je u frakce lambda. Druhý mechanismus zvýšení viskozity je specifický pro frakce kappa, iota a hybridní kappa-2. U těchto karagenanů může při nízkých koncentracích soli a nízké teplotě docházet ke gelaci karagenanových roztoků a ke zvýšení zdánlivé viskozity. Viskozita roztoku karagenanu s rostoucí teplotou reverzibilně klesá. [24,26]

Z komerčních karagenanů jsou kappa a iota gelotvorné karagenany, zatímco lambda karagenan je charakterizován pouze jako zahušťovadlo. Rozdíl v reologickém chování mezi kappa a iota karagenanem na jedné straně a lambda karagenanem na straně druhé vyplývá ze skutečnosti, že anhydrogalaktózové jednotky želírujících jednotek mají konformaci ${}^1C^4$ a d-galaktopyranosilové jednotky v lambda karagenanu ji nemají. Konformace ${}^1C^4$ 3,6-anhydro-d-galaktopyranosilových jednotek v kappa a iota karagenanu umožňuje helikoidní sekundární strukturu, která je nezbytná pro gelotvorné vlastnosti. Je důležité poznamenat, že přirozené prekurzory kappa a iota karagenanů jsou také nelepivé karagenany. Výskyt disacharidových jednotek bez 3,6-anhydro kruhu a s konformací ${}^4C^1$ způsobuje "záhyby" v pravidelném řetězci, což brání tvorbě šroubovic a v důsledku toho zabraňuje gelovatění lambda karagenanu. [24,30]

Kappa a iota karagenany tvoří síť trojrozměrných dvojitých šroubovic, která vzniká zesíťováním sousedních spirálních řetězců, které obsahují sulfátové skupiny orientované směrem k jejich vnější části. V lambda karagenanu je 2-sulfátová skupina orientována směrem k vnitřní části, čímž se tomuto "zesíťování" vyhýbá. [24,30]

Přítomnost značného množství prekurzorových jednotek v komerčních přípravcích karagenanů (kappa a iota) má negativní vliv na funkční vlastnosti produktu (tvorba gelu). Proto se při průmyslovém zpracování surový karagenan před použitím podrobuje alkalickému ošetření nebo alkalické extrakci, přičemž se katalyzuje cyklizační reakce s hydroxidem (OH^-) za vzniku 3,6-anhydro-můstku. Reakce probíhá za přítomnosti 6-sulfátových- α -galaktózových jednotek. Zahříváním polysacharidu v silně alkalickém prostředí tak dochází k ionizaci volné 3-OH skupiny a k intramolekulárnímu nukleofilnímu vytěsnění sulfátové skupiny v poloze 6. Další podmínkou pro tvorbu šroubovice jsou ionty přítomné v roztoku. Draselné ionty mohou být zavedeny mezi dvojitě šroubovice, a protože neutralizují náboje sulfátových skupin, usnadňují přístup mezi nimi. Draslík má také vlastnost stabilizovat dvojitou šroubovici. Průměr sodného iontu, který je podstatně větší (hydratovaný poloměr), nezpůsobuje stejný účinek. Dvojmocné kationty také snižují viskozitu, pokud jsou přítomny ve vysokých koncentracích, ale zvyšují ji při nižších koncentracích. [25,26,27]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL PRÁCE

Cílem této práce bylo zjistit, která koncentrace vybraných furcellaranů poskytuje smetanové krémy požadované konzistence a homogenní struktury. Dále bylo zkoumáno, jak daná koncentrace furcellaranů ovlivňuje konzistenci vyrobených smetanových krémů po dobu 28 dní při teplotě 6 ± 2 °C.

5 MATERIÁL A METODIKA

5.1 Suroviny pro výrobu smetanových krémů

Pro tento výzkum byly vyráběny smetanové krémy z vysokotučné pasterované smetany s obsahem tuku 40 %. K smetaně se přidával syrovátkový protein, kaseinát sodný, furcellarany a do 2 typů vzorků také směs mono- a diacylglycerolů (směs MAG a DAG).

Použité furcellarany 1000 (Furcellaran A) a 8500 (Furcellaran B) jsou středně silně gelující polysacharidy získané z mořských řas *Furcellaria lumbricalis* vyskytujících se v Baltském moři. [28] Tyto furcellarany se liší v síle gelu, který vytváří. Furcellarany se přidávaly do výrobku v koncentrační řadě 0,150; 0,160; 0,170; 0,180; 0,190 a 0,200 %. Byly vytvořeny vzorky s přídavkem pouze furcellaranů a také vzorky s přídavkem furcellaranů a směsí mono- a diacylglycerolů, které fungují jako stabilizátory.

V experimentu bylo sledováno, který z furcellaranů, a v jakých koncentracích, je nebo není vhodný pro výrobu smetanových krémů požadované konzistence v celé hmotě výrobku, která by měla odpovídat konzistenci sýru typu mascarpone.

5.2 Výroba smetanových krémů

Smetanové krémy sloužící k experimentu se vyráběly v zařízení Stephan UMC-5 (Stephan Machinery GmbH, Hameln, Německo; nástroj pro nepřímé topení, obrázek 3). Suroviny se nejdříve samostatně navážily a poté se dávkovaly do nádoby. Nádoba, ve které byly smíchané suroviny, se uzavřela a pomocí vývěvy byl vytvořen podtlak přibližně 0,08 MPa. Poté se přístroj uvedl do chodu. Směs byla zahřívána maximálně na 80 °C, současně byla směs míchána při 3000 ot. / min. Tento proces trval po dobu 6 minut. Po uplynutí stanoveného času se z nádoby odstranil podtlak a víko nádoby se otevřelo. Z nádoby se smetanový krém ihned přelával do spotřebitelských obalů, které se ihned uzavřely. Obaly byly následně označeny a samovolně se v nich smetanový krém nechal vychladnout. Všechny vyrobené vzorky smetanového krému se poté uskladnily v chladírenském boxu při teplotě 6 ± 2 °C po dobu 28 dní.

Obrázek 3: *Stephan UMC 5*

5.3 Vzorky

Bylo vyrobeno 24 smetanových krémů, které se lišily typem a koncentrací furcellaranu a přísadkou mono- a diacylglycerolů, viz tabulka 1. U těchto vzorků se měřilo pH, byl stanoven obsah sušiny, provedena dynamická oscilační reologie a texturní profilová analýza a to 1., 7., 14., 21. a 28. den skladování.

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

Značení vzorků						
Hydrokoloidy	Označení					
	Koncentrace [%]					
Furcellaran A	FA 1	FA 2	FA 3	FA 4	FA 5	FA 6
	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20
Furcellaran B	FB 1	FB 2	FB 3	FB 4	FB 5	FB 6
	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20
Furcellaran A + monodiacylglyceroly	FAM 1	FAM 2	FAM 3	FAM 4	FAM 5	FAM 6
	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20
Furcellaran B + monodiacylglyceroly	FBM 1	FBM 2	FBM 3	FBM 4	FBM 5	FBM 6
	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20

5.4 Chemická analýza

Obsah sušiny byl stanoven ve vzorcích gravimetricky podle ČSN ISO 5534 (2004), která není aktuálně platná, ale pro tento experiment je zcela dostačující. Do zvážené a předem vysušené misky s křemičitým pískem a tyčinkou se na analytických vahách navážilo cca 3 g homogenního vzorku smetanového krému. Vzorek byl tyčinkou promíchán s pískem a následně vložen do sušárny. Program sušení byl nastaven na teplotu 102 ± 2 °C po dobu 5 hodin. Výpočet obsahu sušiny v % podle vzorce (1):

$$S = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \cdot 100 \quad (1)$$

Kde: S – obsah sušiny v %

m_1 – hmotnost předsušené misky s křemičitým pískem [g]

m_2 – hmotnost misky s kř. pískem a vzorkem krému před vysušením [g]

m_3 – hmotnost misky s kř. pískem a vzorkem krému po vysušení [g]

Sušina byla stanovena ve dvou vzorcích pro každou koncentraci furcellaranu 2x, tedy celkově 4x pro každou koncentraci. Obsah sušiny se analyzoval pouze 1. a 28. den skladování.

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

5.5 Dynamická oscilační reologie

Dynamická oscilační reologie 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. [29,40] 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. [29] 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]

Reometrické vlastnosti daných smetanových krémů byly měřeny na rotačním viskozimetru Thermo Scientific™ HAAKE RheoStress1 (Bremmen, Německo) při teplotě $19,3 \pm 0,1^\circ\text{C}$. 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). 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.

5.6 Texturní profilová analýza

Jedná se o velmi využívanou metodu. Jedná se o imitativní metodu stimulující žvýkání. Principem analýzy je opakované stlačení vzorku ve dvou cyklech. Vzorky jsou během testu 2x stlačeny pomocí analyzátoru textury. To imituje chování vzorku v ústech. Tato metoda má za cíl změřit tlakovou sílu, která působí na sondy během dvou deformačních cyklů. Vyhodnocením závislosti síly deformace na čase (stlačovací křivky) se určuje tvrdost, křehkost, přilnavost, pružnost, gumovitost, žvýkatelnost a kohezivnost výrobku. [32,33]

Texturní profilová analýza byla měřena na texturometru TA.XT plus (Godalming, Anglie). K měření byla použita kruhová sonda o průměru 20 mm, kde docházelo ke stlačení vzorku do výšky 70 % při rychlosti 2 mm.s^{-1} ve dvou cyklech. Výsledky měření texturních parametrů byly následně vyhodnoceny pomocí programu Exponent Lite.

5.7 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 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. 2.

Tabulka 2: Průměrné hodnoty pH smetanových krémů během skladování po přidavku furcellaranů

	1. den	7. den	14. den	21. den	28. den
	Ø pH	Ø pH	Ø pH	Ø pH	Ø pH
FA 1	6,93 ± 0,01	6,87 ± 0,02	6,81 ± 0,03	6,65 ± 0,01	6,45 ± 0,05
FA 2	6,91 ± 0,05	6,84 ± 0,01	6,80 ± 0,05	6,70 ± 0,03	6,50 ± 0,05
FA 3	6,82 ± 0,03	6,70 ± 0,03	6,69 ± 0,02	6,65 ± 0,06	6,54 ± 0,02
FA 4	6,86 ± 0,04	6,72 ± 0,02	6,64 ± 0,05	6,61 ± 0,01	6,55 ± 0,07
FA 5	6,82 ± 0,02	6,74 ± 0,02	6,69 ± 0,01	6,62 ± 0,05	6,54 ± 0,04
FA 6	6,91 ± 0,04	6,82 ± 0,09	6,75 ± 0,03	6,62 ± 0,03	6,53 ± 0,05
FB 1	6,88 ± 0,03	6,78 ± 0,03	6,65 ± 0,02	6,61 ± 0,03	6,55 ± 0,06
FB 2	6,85 ± 0,03	6,73 ± 0,03	6,71 ± 0,04	6,65 ± 0,03	6,55 ± 0,03
FB 3	6,85 ± 0,05	6,77 ± 0,01	6,72 ± 0,03	6,64 ± 0,01	6,57 ± 0,02
FB 4	6,86 ± 0,04	6,75 ± 0,03	6,65 ± 0,05	6,61 ± 0,05	6,57 ± 0,03
FB 5	6,83 ± 0,02	6,76 ± 0,05	6,71 ± 0,06	6,63 ± 0,03	6,54 ± 0,01
FB 6	6,84 ± 0,05	6,74 ± 0,03	6,66 ± 0,04	6,63 ± 0,03	6,54 ± 0,01
FAM 1	6,66 ± 0,03	6,56 ± 0,03	6,53 ± 0,04	6,53 ± 0,08	6,50 ± 0,05
FAM 2	6,72 ± 0,03	6,59 ± 0,01	6,61 ± 0,03	6,53 ± 0,03	6,50 ± 0,01
FAM 3	6,68 ± 0,05	6,66 ± 0,03	6,59 ± 0,06	6,52 ± 0,03	6,51 ± 0,02
FAM 4	6,69 ± 0,07	6,65 ± 0,05	6,63 ± 0,03	6,54 ± 0,02	6,52 ± 0,03
FAM 5	6,68 ± 0,05	6,66 ± 0,04	6,63 ± 0,03	6,55 ± 0,03	6,50 ± 0,03
FAM 6	6,68 ± 0,03	6,63 ± 0,03	6,61 ± 0,09	6,53 ± 0,03	6,51 ± 0,03
FBM 1	6,67 ± 0,02	6,63 ± 0,06	6,60 ± 0,01	6,50 ± 0,01	6,52 ± 0,05
FBM 2	6,72 ± 0,03	6,64 ± 0,03	6,59 ± 0,04	6,52 ± 0,02	6,52 ± 0,04
FBM 3	6,74 ± 0,01	6,68 ± 0,04	6,61 ± 0,03	6,50 ± 0,02	6,51 ± 0,07
FBM 4	6,76 ± 0,05	6,67 ± 0,05	6,63 ± 0,01	6,49 ± 0,03	6,50 ± 0,08
FBM 5	6,75 ± 0,04	6,64 ± 0,01	6,63 ± 0,04	6,49 ± 0,02	6,50 ± 0,04
FBM 6	6,75 ± 0,04	6,65 ± 0,03	6,61 ± 0,03	6,52 ± 0,03	6,52 ± 0,06

Z naměřených hodnot lze stanovit, že průměrné hodnoty pH se pohybovaly v rozmezí od 6,49 do 6,93. Hodnota pH se během skladování u všech vzorků během skladování mírně snižovala. Toto snížení však nebylo statisticky významné ($p < 0,05$). Jelikož se jedná o výrobek ze smetany a bez přidání mikrobiologických kultur, pH výrobku se drží lehce pod neutrální hodnotou 7.

Vzorky bez přídavku směsi MAG a DAG měly během prvních 7 dní skladování v průměru o 0,2 vyšší hodnoty pH než vzorky s přídavkem MAG a DAG. Vzorky s přídavkem tvořily již v prvních dnech slabé gely a byly méně tekuté a více stabilní než vzorky bez směsi MAG a DAG. Mono a diacylglyceroly mají sami o sobě pH 5-6. Ve vzorcích je patrné že směs MAG a DAG svojí přítomností ovlivnila pH. [36]

28. den skladování se rozmezí pH u všech vzorků pohybovalo od 6,45 do 6,57. Všechny výrobky vytvořily alespoň slabý gel a hodnota pH se u nich vyrovnala. Sušina se u všech výrobků během skladování mírně zvýšila a znamená to, že během skladování došlo k mírnému úbytku vody, který také může zapříčinit snižování pH. [2,34]

Vyrobené smetanové krémy můžeme 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. [35]

6.2 Výsledky stanovení sušiny

Gravimetrické stanovení sušiny bylo provedeno 1. a 28. den skladování smetanových krémů.

Tabulka 3: Průměrné hodnoty obsahu sušiny smetanových krémů při skladování po přidavku furcellaranů

	1. den	28. den
	Ø obsah sušiny [%]	Ø obsah sušiny [%]
FA 1	48,37 ± 0,13	48,61 ± 0,18
FA 2	48,20 ± 0,23	48,99 ± 0,03
FA 3	48,24 ± 0,17	48,59 ± 0,16
FA 4	48,31 ± 0,06	48,51 ± 0,31
FA 5	48,20 ± 0,09	48,63 ± 0,26
FA 6	48,29 ± 0,06	48,66 ± 0,27
FB 1	48,54 ± 0,03	48,37 ± 0,21
FB 2	48,58 ± 0,04	48,67 ± 0,12
FB 3	48,21 ± 0,07	48,56 ± 0,32
FB 4	48,61 ± 0,08	48,42 ± 0,14
FB 5	48,36 ± 0,08	48,51 ± 0,09
FB 6	48,50 ± 0,06	48,50 ± 0,04
FAM 1	48,77 ± 0,15	49,07 ± 0,17
FAM 2	48,31 ± 0,13	48,62 ± 0,16
FAM 3	48,63 ± 0,09	49,07 ± 0,12
FAM 4	48,28 ± 0,07	48,94 ± 0,10
FAM 5	48,56 ± 0,02	48,95 ± 0,17
FAM 6	48,44 ± 0,19	48,52 ± 0,16
FBM 1	48,56 ± 0,07	49,49 ± 0,17
FBM 2	48,32 ± 0,23	49,00 ± 0,13
FBM 3	48,36 ± 0,21	48,51 ± 0,23
FBM 4	48,40 ± 0,16	48,98 ± 0,20
FBM 5	48,41 ± 0,06	48,68 ± 0,27
FBM 6	48,48 ± 0,07	49,01 ± 0,32

Z naměřených hodnot lze stanovit, že průměrný obsah sušiny se pohyboval v rozmezí 48,20 – 49,49 % (w/w). Obsah sušiny smetanových krémů se během skladování ve většině případů lehce zvýšil, viz. tabulka 3. 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, která byla pozorovatelná jako kondenzát na vnitřní straně víčka zabalených vzorků smetanových krémů. Proto i pokles pH byl u tekutějších výrobků výraznější. [38]

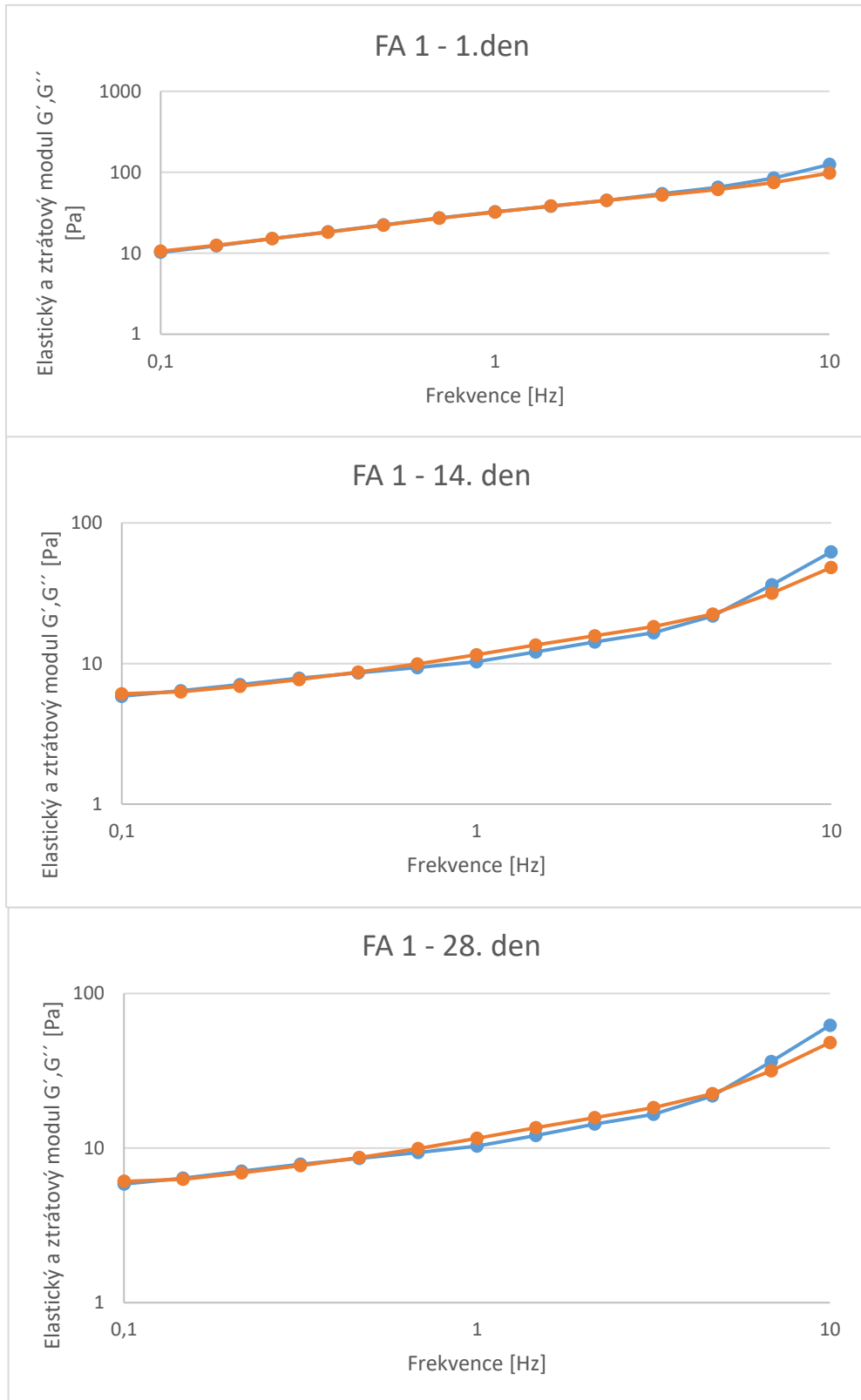
6.3 Výsledky dynamické oscilační reologie

Vliv furcellaranů na konzistenci vyrobených smetanových krémů v průběhu měsíčního skladování při teplotě 6 ± 2 °C byl sledován pomocí dynamické oscilační reologie 1., 7., 14., 21. a 28. den skladování. Každý vzorek byl 4x změřen.

Z obrázku 4 lze vyčíst, že ve smetanových krémech vyrobených s přidáním furcellaranu A o koncentraci 0,15 % (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 vyplývá, že se ve smetanovém krému vytvořil koncentrovaný roztok, který se při vyšších frekvencích stal roztokem zředěným. [37]

Tedy furcellaran A v koncentraci 0,15 % neposkytoval ani po 28 dnech skladování stabilní gel. Z obrázku 4 lze dále vyčíst, že pro smetanový krém vyrobený s přídavkem furcellaranu A o koncentraci 0,150 % (w/w) byly hodnoty G' a G'' po 28 dnech skladování nevýznamně nižší ve srovnání s vývojem křivek G' a G'' u vzorků po 1. a 14. dni skladování. Rovněž vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků smetanových krémů skladovaných po dobu 28 dnů je přibližně stejná jako vzdálenost křivek G' a G'' pro vzorky smetanových krémů po 1. a 14. dni skladování. Během skladování tedy nedošlo ke zvýšení pevnosti smetanového krému.

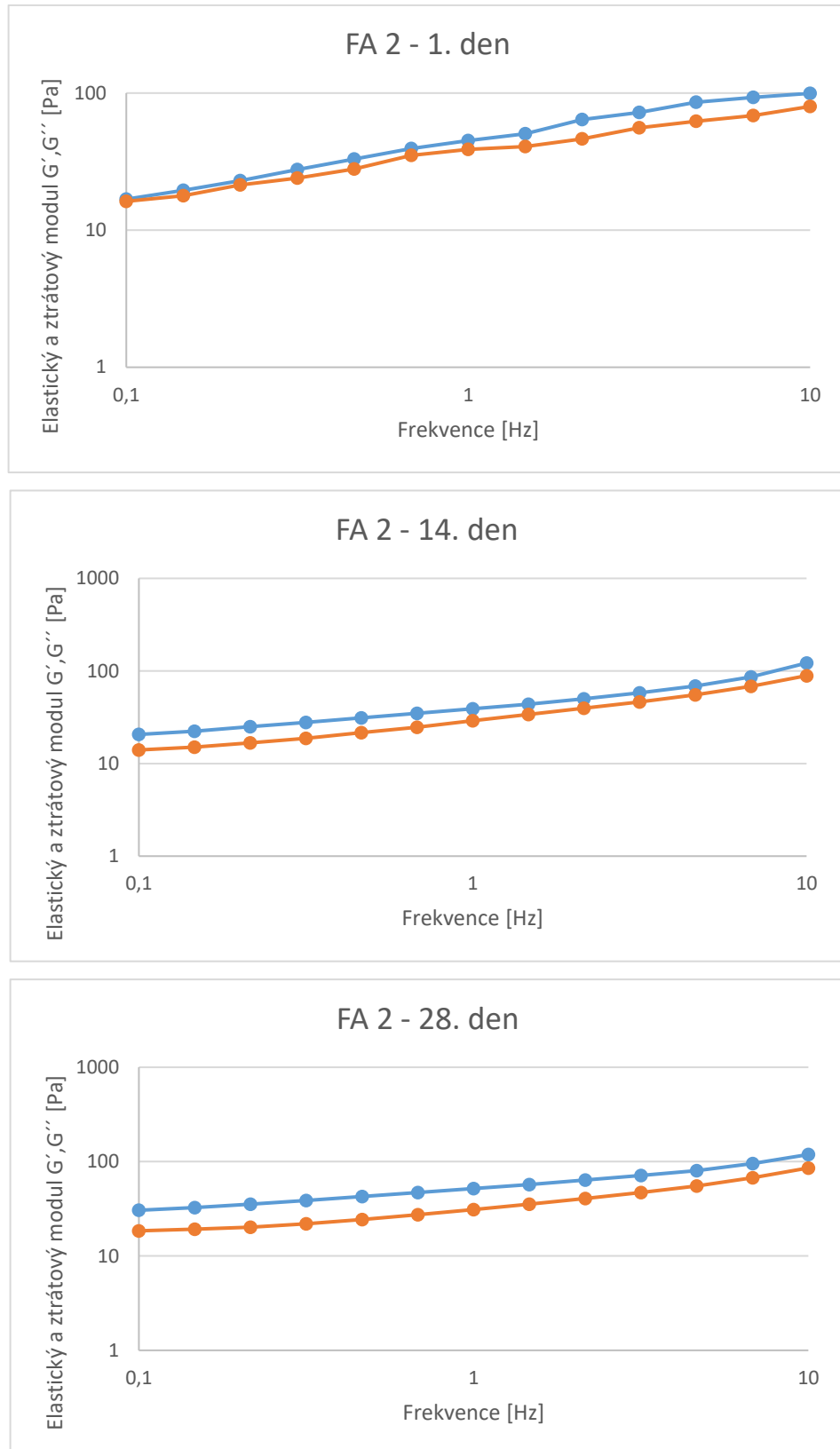
Tyto poznatky lze tedy shrnout následovně: Smetanový krém vyrobený s přídavkem furcellaranu A s koncentrací 0,15 % byl i po 28 dnech skladování zředěným roztokem. Koncentrace 0,15 % furcellaranu A byla vyhodnocena jako nedostačující pro výrobu smetanového krému požadované konzistence.



Obrázek 4: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FA 1 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Z obrázku 5 lze vyčíst, že ve smetanovém krému vyrobeném s přidáním furcellaranu A o koncentraci 0,16 (w/w) dosahoval elastický modul G' vyšších hodnot než ztrátový modul G'' . Z toho vyplývá, že velmi slabý gel se vytvořil již po 1 dni skladování. Pevnost gelu se po 14 dnech mírně zvýšila, elastický modul G' a ztrátový modul G'' byly při nižších frekvencích skoro rovnoběžné, ale při zvýšené frekvenci již opět byly na frekvenci více závislé. Po 28 dnech skladování byl vytvořen stabilnější gel, který byl ovšem stále slabý. Z obrázku 5 lze dále vyčíst, že pro smetanový krém vyrobený s přidavkem furcellaranu A o koncentraci 0,16 % (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. a 14. dni skladování. Vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků smetanových krémů skladovaných po dobu 28 dnů je nevýznamně vyšší jako vzdálenost křivek G' a G'' pro vzorky smetanových krémů po 1. a 14. dni skladování. To znamená, že během skladování došlo k mírnému zvýšení pevnosti po 14 dnech skladování. [37]

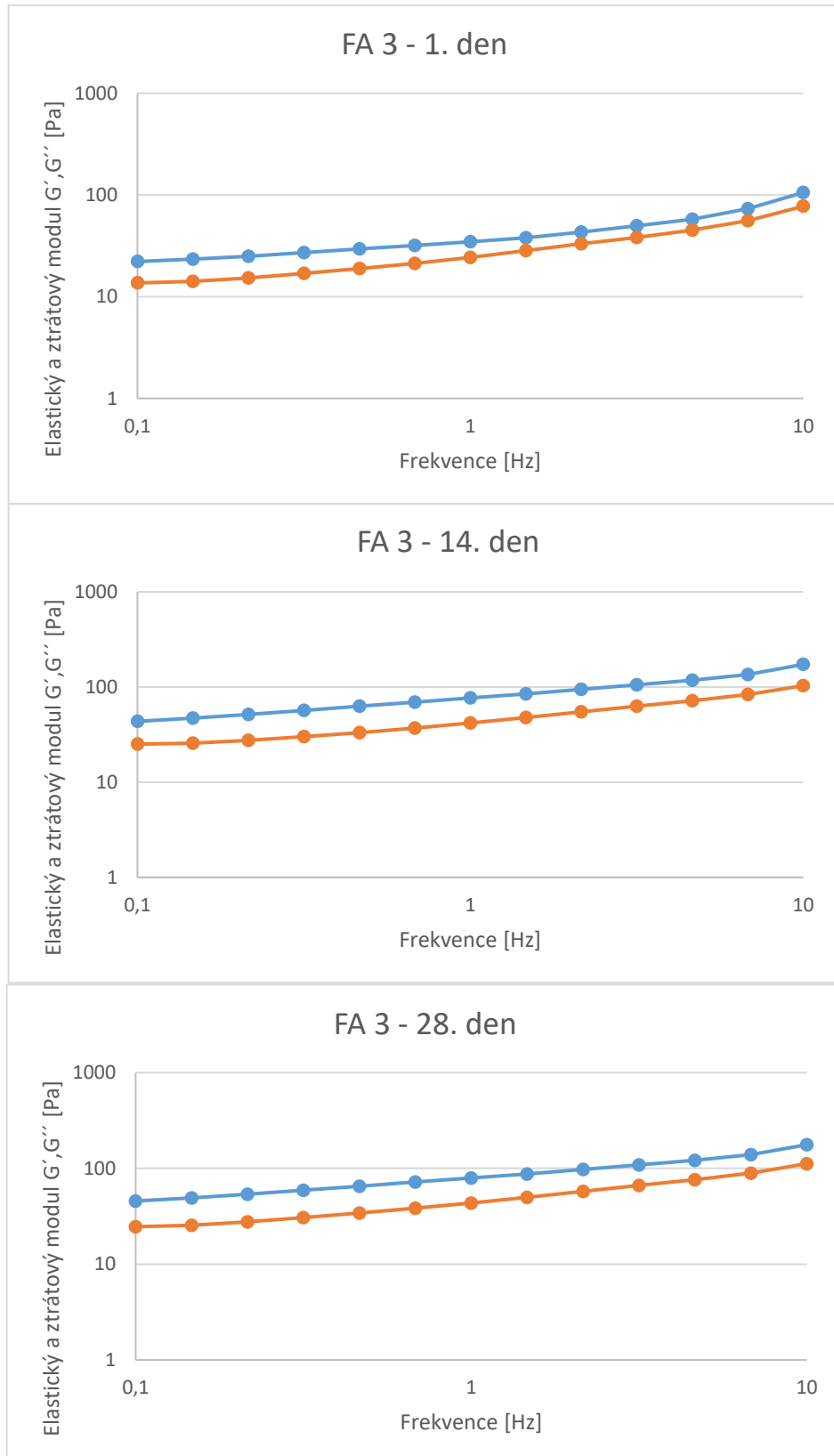
Tyto poznatky lze tedy shrnout následovně: Smetanový krém vyrobený s přidavkem furcellaranu A s koncentrací 0,16 % byl i po 28 dnech skladování velmi slabým gelem. Koncentrace 0,16 % furcellaranu A byla vyhodnocena jako nedostačující pro výrobu smetanového krému požadované konzistence.



Obrázek 5: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FA 2 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Z obrázku 6 lze vyčíst, že ve smetanovém krému vyrobeném s přidáním furcellaranu A o koncentraci 0,17 (w/w) dosahoval elastický modul G' vyšších hodnot než ztrátový modul G'' . Z toho vyplývá, že slabý gel se vytvořil již po 1 dni skladování. Pevnost gelu se po 14 dnech mírně zvýšila, elastický modul G' a ztrátový modul G'' byly při nižších frekvencích skoro rovnoběžné, ale při zvýšené frekvenci již opět byly na frekvenci více závislé. Po 28 dnech skladování byl vytvořen stabilnější gel, který byl rovněž slabý. Z obrázku 6 lze dále vyčíst, že pro smetanový krém vyrobený s přidavkem furcellaranu A o koncentraci 0,17 % (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. a 14. dni skladování. Rovněž vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků smetanových krémů skladovaných po dobu 28 dnů je přibližně stejná jako vzdálenost křivek G' a G'' pro vzorky smetanových krémů po 1. a 14. dni skladování. Během skladování tedy nedošlo ke zvýšení pevnosti smetanového krému.

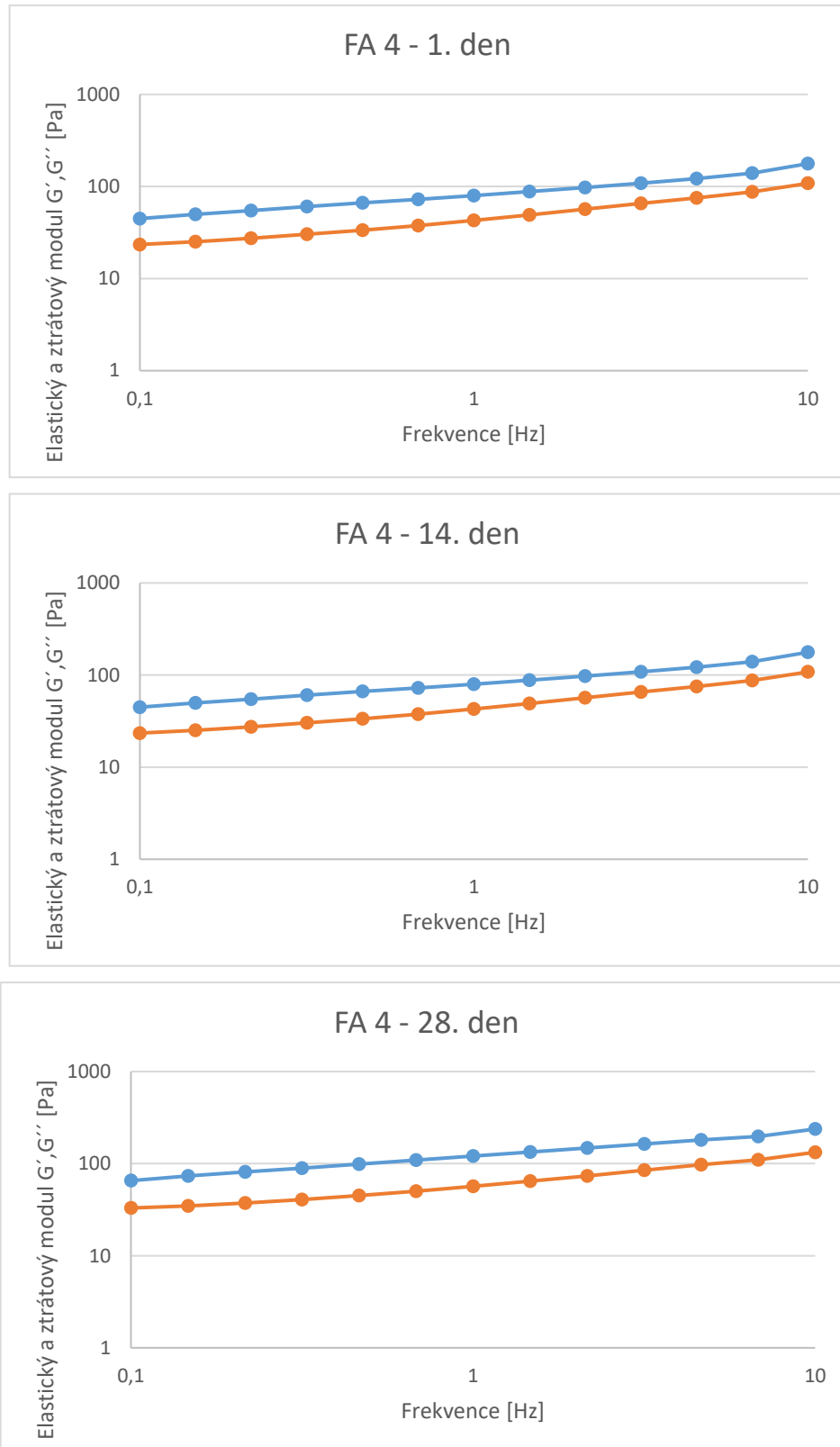
Tyto poznatky lze tedy shrnout následovně: Smetanový krém vyrobený s přidavkem furcellaranu A s koncentrací 0,17 % byl i po 28 dnech skladování slabým gelem. Koncentrace 0,17 % furcellaranu A byla vyhodnocena jako nedostačující pro výrobu smetanového krému požadované konzistence.



Obrázek 6: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FA 3 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Z obrázku 7 lze vyčíst, že ve smetanovém krému vyrobeném s přidáním furcellaranu A o koncentraci 0,18 (w/w) dosahoval elastický modul G' vyšších hodnot než ztrátový modul G'' . Z toho vyplývá, že velmi slabý gel se vytvořil již po 1 dni skladování. Pevnost gelu se po 14 dnech mírně zvýšila, elastický modul G' a ztrátový modul G'' byly rovnoběžné. Po 28 dnech skladování byl vytvořen stabilnější gel, který byl rovněž slabý. Z obrázku 7 lze dále vyčíst, že pro smetanový krém vyrobený s přidavkem furcellaranu A o koncentraci 0,18 % (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. a 14. dni skladování. Rovněž vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků smetanových krémů skladovaných po dobu 28 dnů je přibližně stejná jako vzdálenost křivek G' a G'' pro vzorky smetanových krémů po 1. a 14. dni skladování. Během skladování tedy nedošlo ke zvýšení pevnosti smetanového krému.

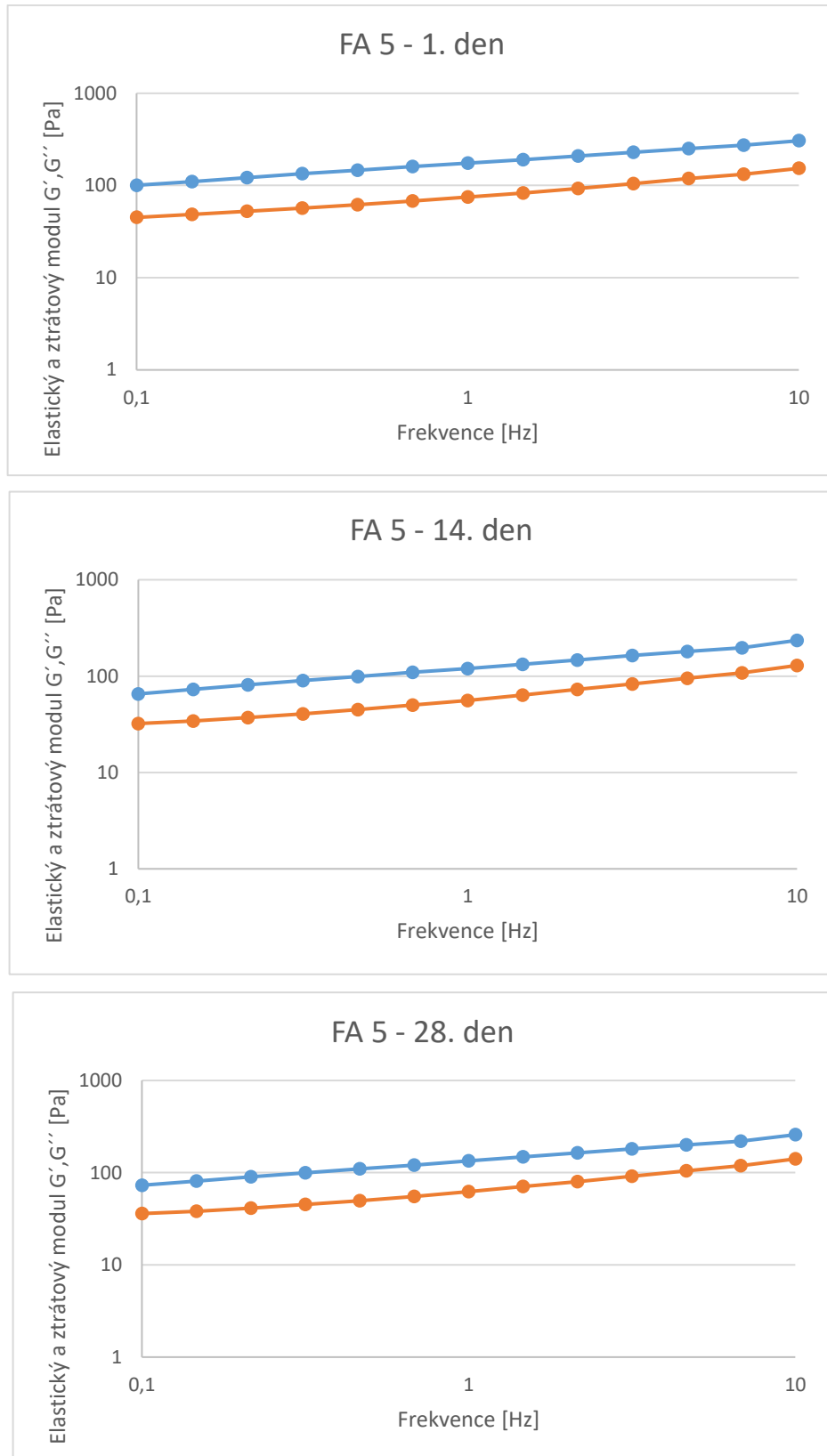
Tyto poznatky lze tedy shrnout následovně: Smetanový krém vyrobený s přidavkem furcellaranu A s koncentrací 0,18 % byl i po 28 dnech skladování slabým gelem. Koncentrace 0,18 % furcellaranu A byla vyhodnocena jako nedostačující pro výrobu smetanového krému požadované konzistence.



Obrázek 7: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FA 4 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Z obrázku 8 lze vyčíst, že ve smetanovém krému vyrobeném s přidáním furcellaranu A o koncentraci 0,19 (w/w) dosahoval elastický modul G' vyšších hodnot než ztrátový modul G'' . Z toho vyplývá, že velmi slabý gel se vytvořil již po 1 dni skladování. Pevnost gelu se po 14 dnech mírně zvýšila, elastický modul G' a ztrátový modul G'' byly rovnoběžné. Po 28 dnech skladování byl vytvořen stabilnější gel, který byl rovněž slabý. Z obrázku 8 lze dále vyčíst, že pro smetanový krém vyrobený s přidavkem furcellaranu A o koncentraci 0,19 % (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. a 14. dni skladování. Rovněž vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků smetanových krémů skladovaných po dobu 28 dnů je přibližně stejná jako vzdálenost křivek G' a G'' pro vzorky smetanových krémů po 1. a 14. dni skladování. Během skladování tedy nedošlo ke zvýšení pevnosti smetanového krému.

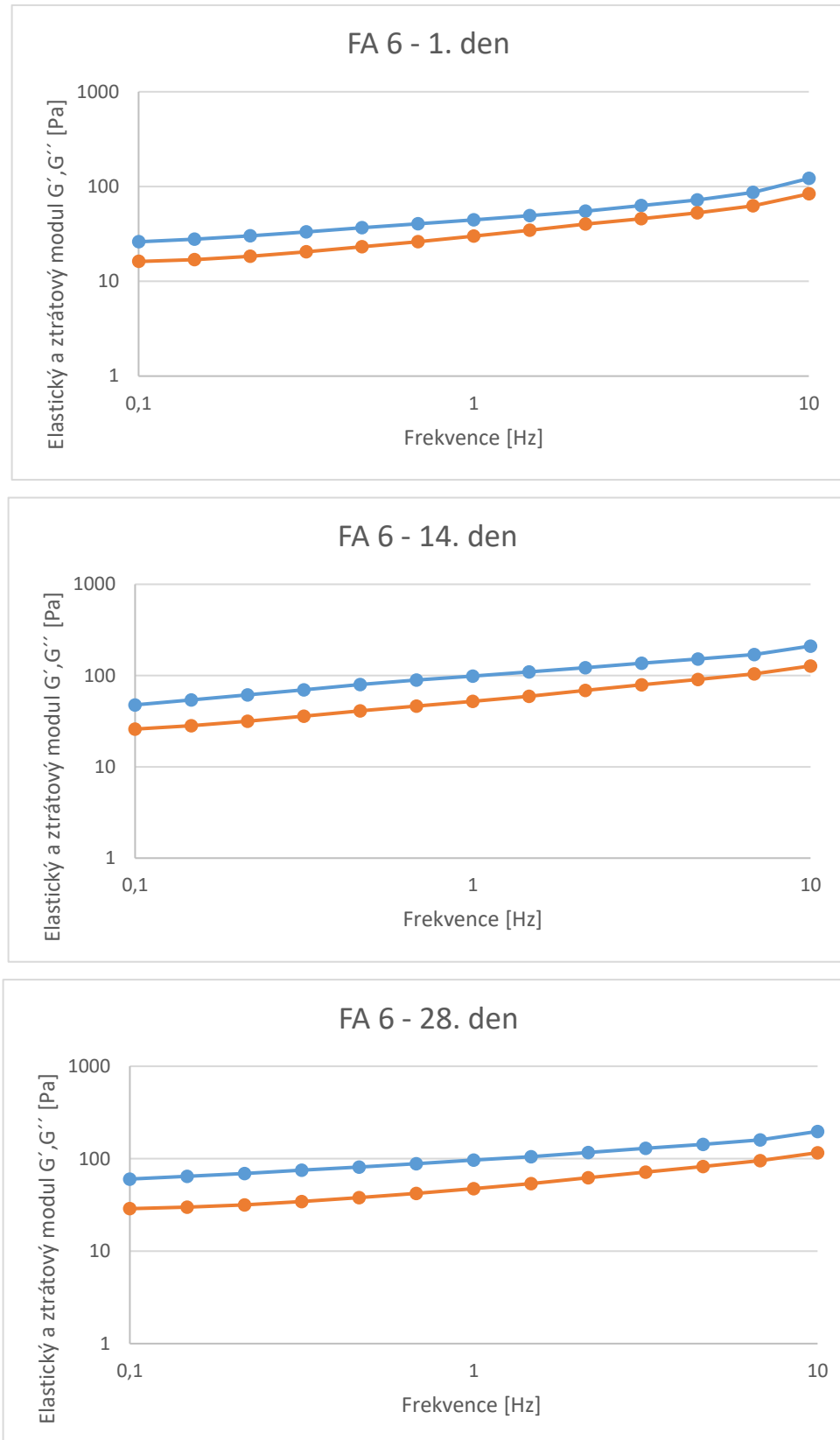
Tyto poznatky lze tedy shrnout následovně: Smetanový krém vyrobený s přidavkem furcellaranu A s koncentrací 0,19 % byl i po 28 dnech skladování slabým gelem. Koncentrace 0,19 % furcellaranu A byla vyhodnocena jako nedostačující pro výrobu smetanového krému požadované konzistence.



Obrázek 8: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FA 5 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Z obrázku 9 lze vyčíst, že ve smetanovém krému vyrobeném s přidáním furcellaranu A o koncentraci 0,20 (w/w) dosahoval elastický modul G' vyšších hodnot než ztrátový modul G'' . Z toho vyplývá, že velmi slabý gel se vytvořil již po 1 dni skladování. Pevnost gelu se po 14 dnech mírně zvýšila, elastický modul G' a ztrátový modul G'' byly rovnoběžné. Po 28 dnech skladování byl vytvořen stabilnější gel, který byl rovněž slabý. Z obrázku 9 lze dále vyčíst, že pro smetanový krém vyrobený s přidavkem furcellaranu A o koncentraci 0,20 % (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. a 14. dni skladování. Rovněž vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků smetanových krémů skladovaných po dobu 28 dnů je přibližně stejná jako vzdálenost křivek G' a G'' pro vzorky smetanových krémů po 1. a 14. dni skladování. Během skladování tedy nedošlo ke zvýšení pevnosti smetanového krému.

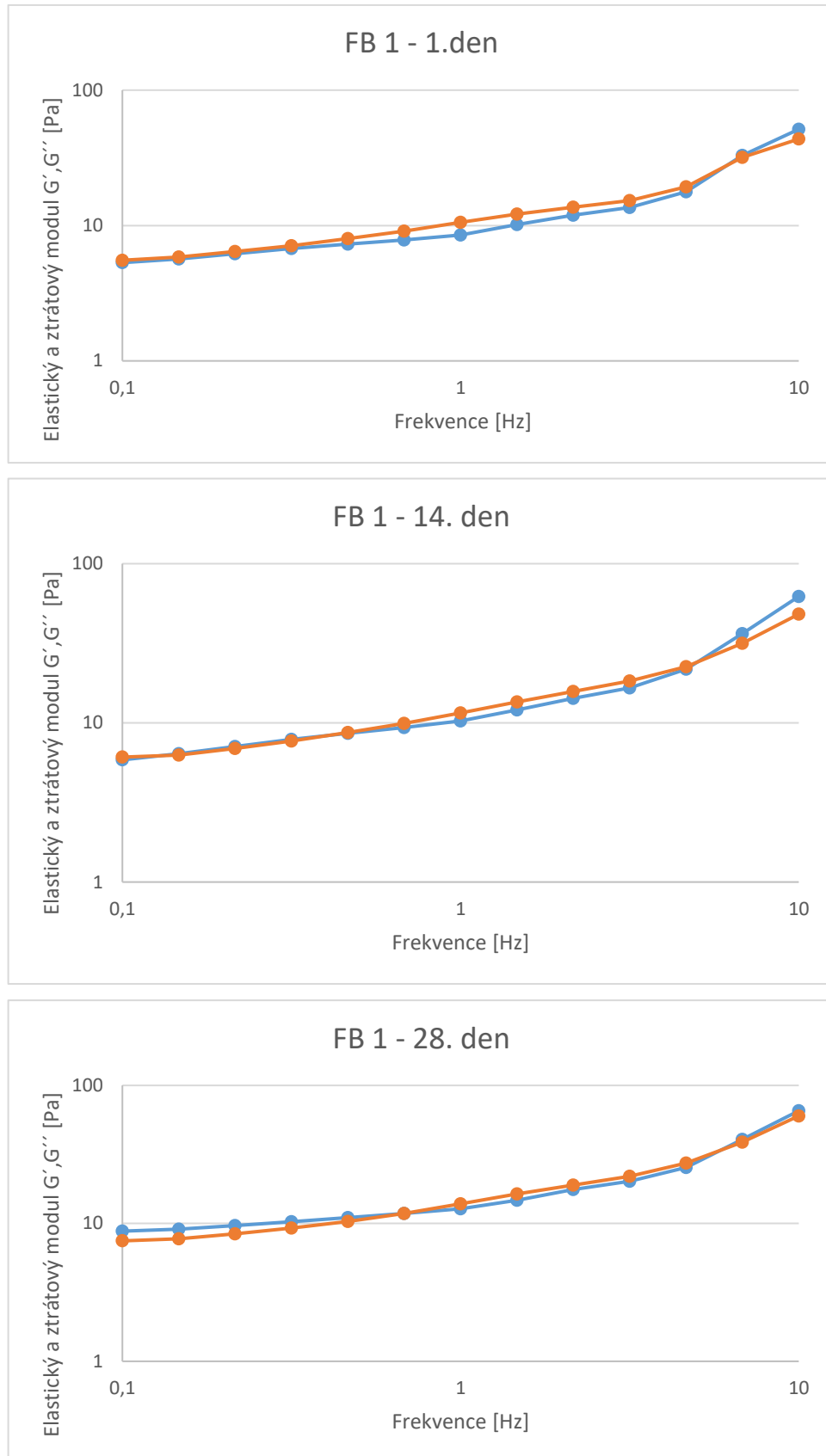
Tyto poznatky lze tedy shrnout následovně: Smetanový krém vyrobený s přidavkem furcellaranu A s koncentrací 0,190 % byl i po 28 dnech skladování slabým gelem. Koncentrace 0,190 % furcellaranu A byla vyhodnocena jako nedostačující pro výrobu smetanového krému požadované konzistence.



Obrázek 9: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FA 6 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Z obrázku 10 lze vyčíst, že ve smetanových krémech vyrobených s přidáním furcellaranu B o koncentraci 0,15 % (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 vyplývá, že se ve smetanovém krému vytvořil koncentrovaný roztok, který se při vyšších frekvencích stal roztokem zředěným. Tedy furcellaran B v koncentraci 0,15 % neposkytoval ani po 28 dnech skladování stabilní gel. Z obrázku 10 lze dále vyčíst, že pro smetanový krém vyrobený s přidavkem furcellaranu B o koncentraci 0,15 % (w/w) byly hodnoty G' a G'' po 28 dnech skladování nevýznamně nižší ve srovnání s vývojem křivek G' a G'' u vzorků po 1. a 14. dni skladování. Rovněž vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků smetanových krémů skladovaných po dobu 28 dnů je přibližně stejná jako vzdálenost křivek G' a G'' pro vzorky smetanových krémů po 1. a 14. dni skladování. Během skladování tedy nedošlo ke zvýšení pevnosti smetanového krému.

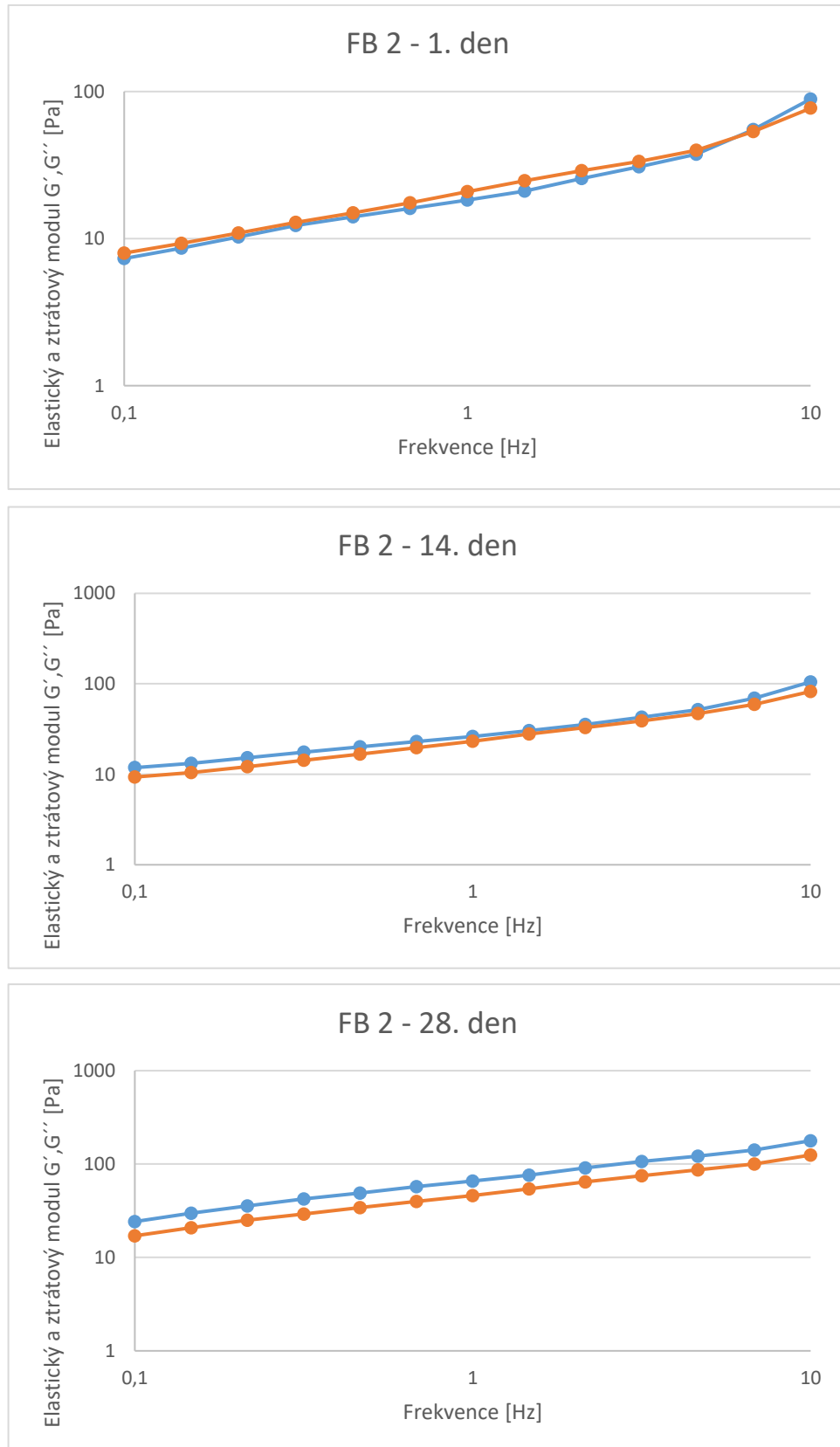
Tyto poznatky lze tedy shrnout následovně: Smetanový krém vyrobený s přidavkem furcellaranu B s koncentrací 0,15 % byl i po 28 dnech skladování zředěným roztokem. Koncentrace 0,15 % furcellaranu B byla vyhodnocena jako nedostačující pro výrobu smetanového krému požadované konzistence.



Obrázek 10: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FB 1 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Z obrázku 11 lze vyčíst, že ve smetanovém krému vyrobeném s přidáním furcellaranu B o koncentraci 0,16 (w/w) dosahoval elastický modul G' vyšších hodnot než ztrátový modul G'' . Z toho vyplývá, po 1 dni skladování se vytvořil pouze zředěný roztok. Po 14 dnech se vytvořil velmi slabý gel, elastický modul G' a ztrátový modul G'' byly při nižších frekvencích skoro rovnoběžné, ale při zvýšené frekvenci již opět byly na frekvenci více závislé. Po 28 dnech skladování se vytvořil gel, který byl rovněž slabý. Z obrázku 11 lze dále vyčíst, že pro smetanový krém vyrobený s přidavkem furcellaranu B o koncentraci 0,16 % (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. a 14. dni skladování. Křivky G' a G'' jsou rovnoběžné. Vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků smetanových krémů skladovaných po dobu 28 dnů je nevýznamně vyšší jako vzdálenost křivek G' a G'' pro vzorky smetanových krémů po 1. a 14. dni skladování. Během skladování došlo k mírné zvýšení pevnosti po 14 dnech skladování.

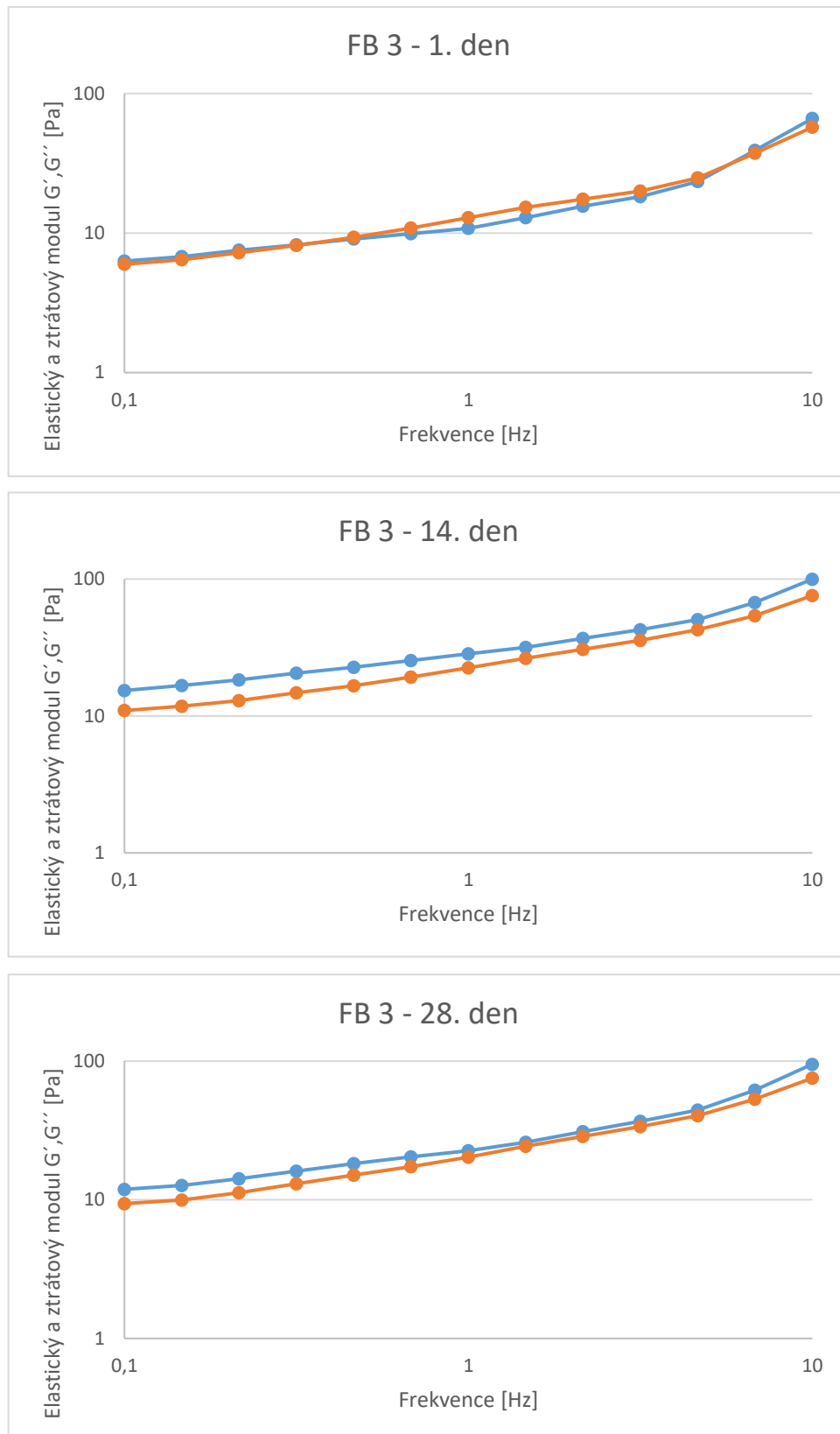
Tyto poznatky lze tedy shrnout následovně: Smetanový krém vyrobený s přidavkem furcellaranu B s koncentrací 0,16 % byl i po 28 dnech skladování velmi slabým gelem. Koncentrace 0,16 % furcellaranu B byla vyhodnocena jako nedostačující pro výrobu smetanového krému požadované konzistence.



Obrázek 11: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FB 2 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Z obrázku 12 lze vyčíst, že ve smetanových krémech vyrobených s přidáním furcellaranu B o koncentraci 0,17 % (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 vyplývá, že se ve smetanovém krému vytvořil koncentrovaný roztok, který se při vyšších frekvencích stal roztokem zředěným. Tedy furcellaran B v koncentraci 0,17 % neposkytoval ani po 28 dnech skladování stabilní gel. Z obrázku 12 lze dále vyčíst, že pro smetanový krém vyrobený s přidavkem furcellaranu B o koncentraci 0,17 % (w/w) byly hodnoty G' a G'' po 28 dnech skladování nevýznamně nižší ve srovnání s vývojem křivek G' a G'' u vzorků po 1. a 14. dni skladování. Rovněž vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků smetanových krémů skladovaných po dobu 28 dnů je přibližně stejná jako vzdálenost křivek G' a G'' pro vzorky smetanových krémů po 1. a 14. dni skladování. Během skladování tedy nedošlo ke zvýšení pevnosti smetanového krému.

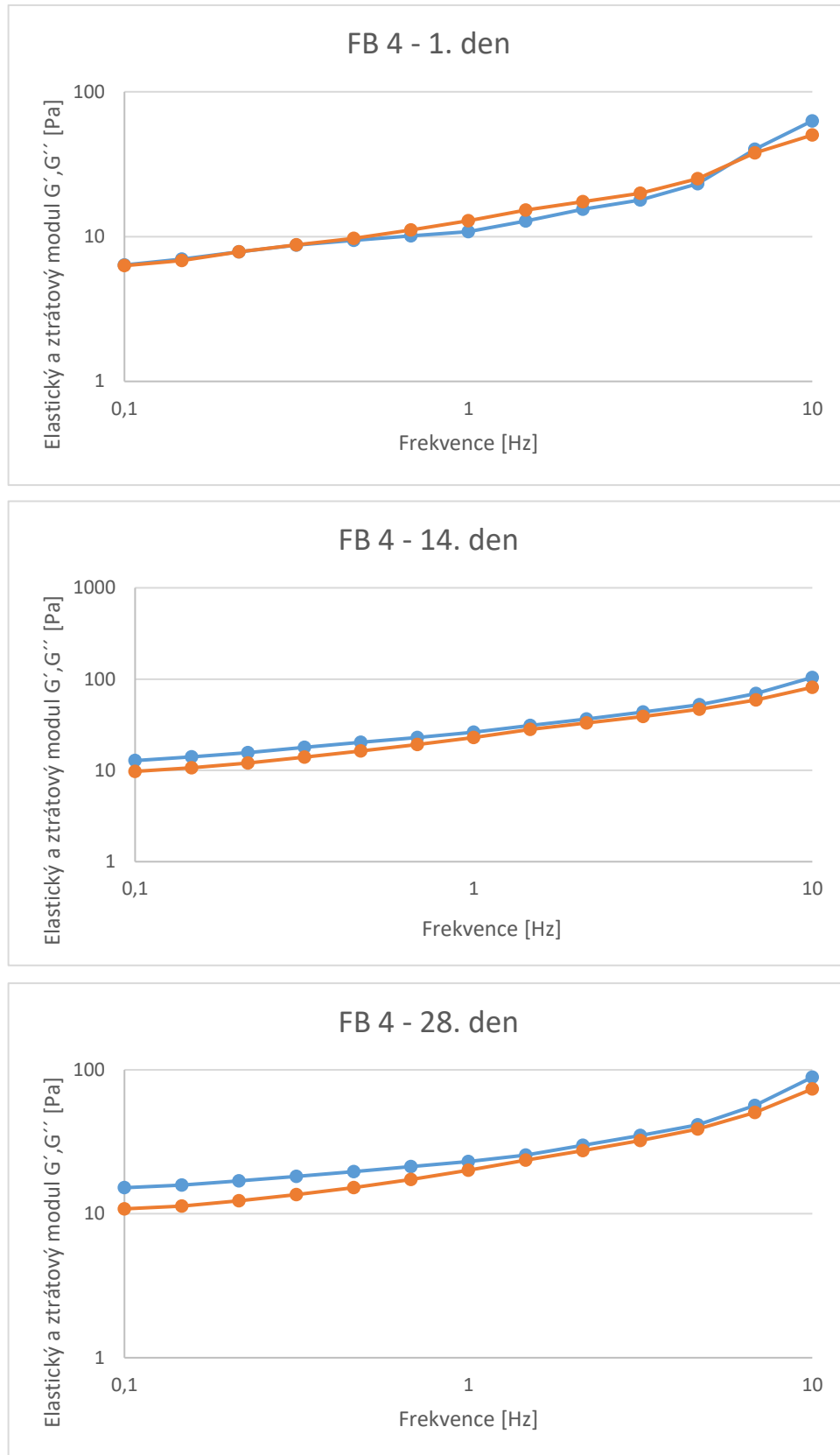
Tyto poznatky lze tedy shrnout následovně: Smetanový krém vyrobený s přidavkem furcellaranu B s koncentrací 0,17 % byl i po 28 dnech skladování zředěným roztokem. Koncentrace 0,17 % furcellaranu B byla vyhodnocena jako nedostačující pro výrobu smetanového krému požadované konzistence.



Obrázek 12: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FB 3 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Z obrázku 13 lze vyčíst, že ve smetanovém krému vyrobeném s přidáním furcellaranu B o koncentraci 0,18 (w/w) dosahoval elastický modul G' vyšších hodnot než ztrátový modul G'' . Z toho vyplývá, po 1 dni skladování se vytvořil pouze zředěný roztok. Po 14 dnech se vytvořil velmi slabý gel, elastický modul G' a ztrátový modul G'' byly při nižších frekvencích skoro rovnoběžné, ale při zvýšené frekvenci již opět byly na frekvenci více závislé. Po 28 dnech skladování se vytvořil gel, který byl rovněž slabý. Z obrázku 13 lze dále vyčíst, že pro smetanový krém vyrobený s přidavkem furcellaranu B o koncentraci 0,18 % (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. a 14. dni skladování. Křivky G' a G'' jsou rovnoběžné. Vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků smetanových krémů skladovaných po dobu 28 dnů je nevýznamně vyšší jako vzdálenost křivek G' a G'' pro vzorky smetanových krémů po 1. a 14. dni skladování. Během skladování došlo k mírnému zvýšení pevnosti po 14 dnech skladování.

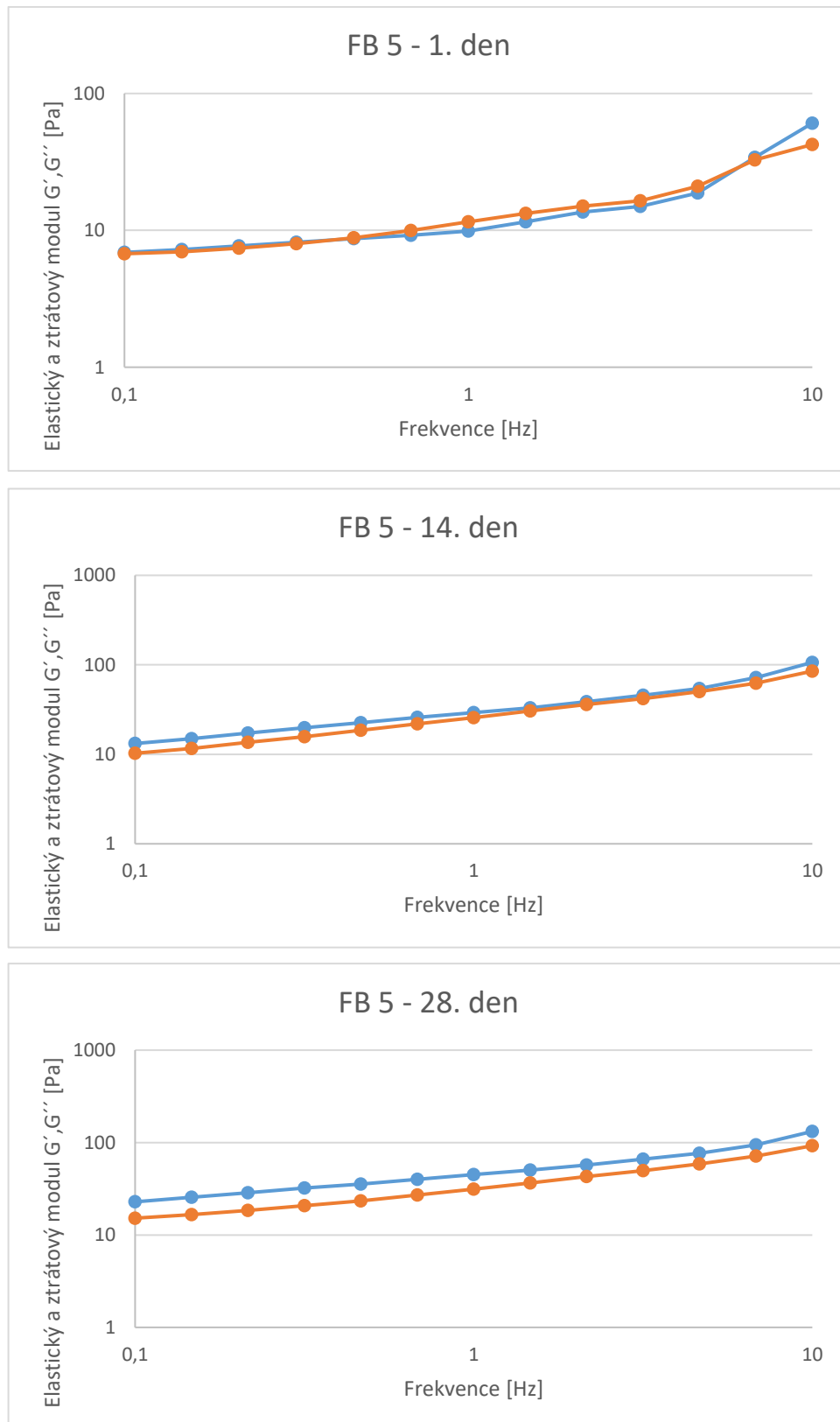
Tyto poznatky lze tedy shrnout následovně: Smetanový krém vyrobený s přidavkem furcellaranu B s koncentrací 0,18 % byl i po 28 dnech skladování velmi slabým gelem. Koncentrace 0,18 % furcellaranu B byla vyhodnocena jako nedostačující pro výrobu smetanového krému požadované konzistence.



Obrázek 13: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FB 4 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Z obrázku 14 lze vyčíst, že ve smetanovém krému vyrobeném s přidáním furcellaranu B o koncentraci 0,19 (w/w) dosahoval elastický modul G' vyšších hodnot než ztrátový modul G'' . Z toho vyplývá, po 1 dni skladování se vytvořil pouze zředěný roztok. Po 14 dnech se vytvořil velmi slabý gel, elastický modul G' a ztrátový modul G'' byly při nižších frekvencích skoro rovnoběžné, ale při zvýšené frekvenci již opět byly na frekvenci více závislé. Po 28 dnech skladování se vytvořil gel, který byl rovněž slabý. Z obrázku 14 lze dále vyčíst, že pro smetanový krém vyrobený s přidavkem furcellaranu B o koncentraci 0,19 % (w/w) byly hodnoty G' a G'' po 28 dnech skladování stejné ve srovnání s vývojem křivek G' a G'' u vzorků po 1. a 14. dni skladování. Křivky G' a G'' jsou rovnoběžné. Vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků smetanových krémů skladovaných po dobu 28 dnů je nevýznamně vyšší jako vzdálenost křivek G' a G'' pro vzorky smetanových krémů po 1. a 14. dni skladování. Během skladování došlo k mírnému zvýšení pevnosti po 14 dnech skladování.

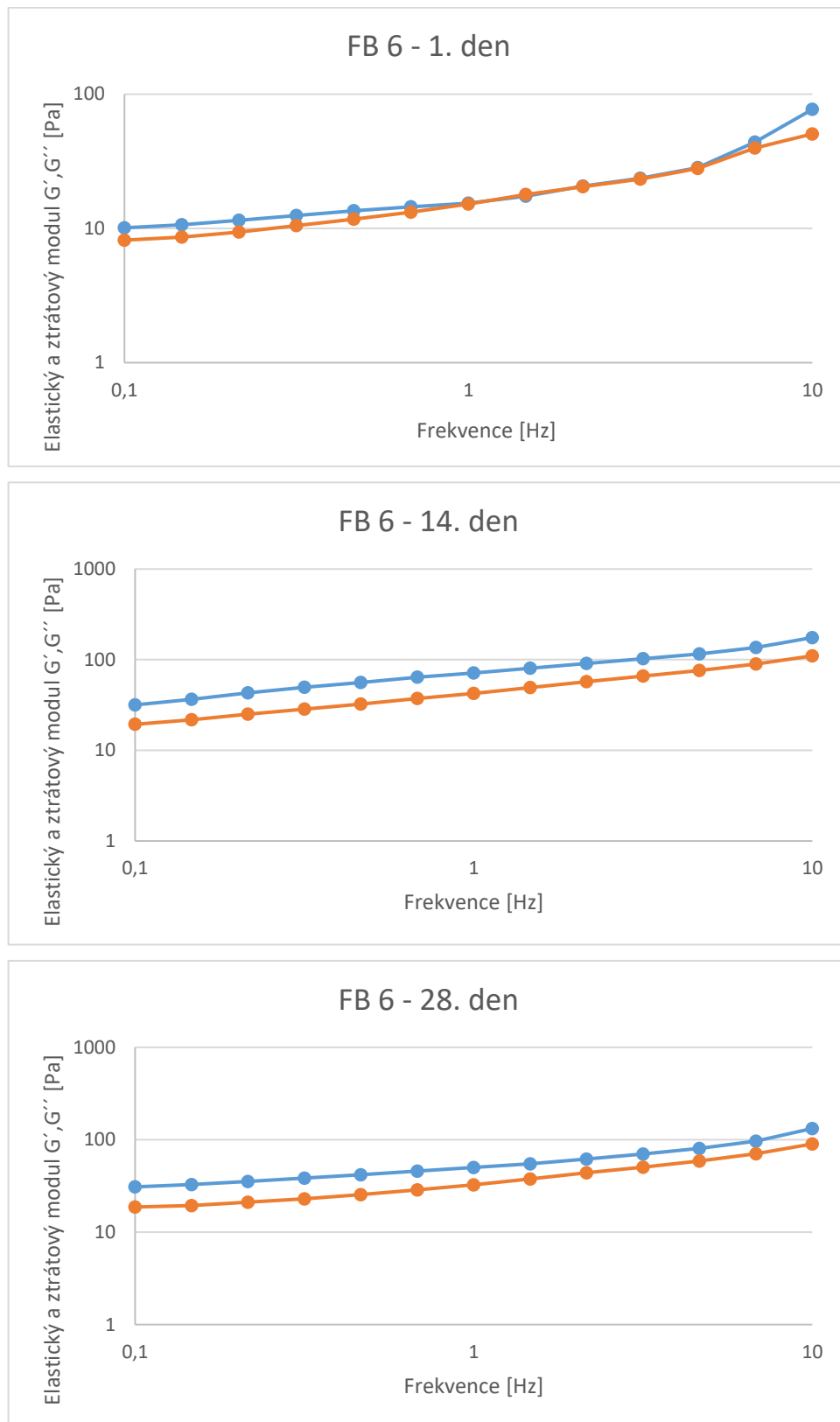
Tyto poznatky lze tedy shrnout následovně: Smetanový krém vyrobený s přidavkem furcellaranu B s koncentrací 0,19 % byl i po 28 dnech skladování velmi slabým gelem. Koncentrace 0,19 % furcellaranu B byla vyhodnocena jako nedostačující pro výrobu smetanového krému požadované konzistence.



Obrázek 14: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FB 5 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Z obrázku 15 lze vyčíst, že ve smetanovém krému vyrobeném s přidáním furcellaranu B o koncentraci 0,20 (w/w) dosahoval elastický modul G' vyšších hodnot než ztrátový modul G'' . Z toho vyplývá, po 1 dni skladování se vytvořil pouze zředěný roztok. Po 14 dnech se vytvořil slabý gel, elastický modul G' a ztrátový modul G'' byly rovnoběžné. Po 28 dnech skladování se vytvořil gel, který byl rovněž slabý. Z obrázku 15 lze dále vyčíst, že pro smetanový krém vyrobený s přídavkem furcellaranu B o koncentraci 0,20 % (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. a 14. dni skladování. Křivky G' a G'' jsou rovnoběžné. Vzdálenost křivek G' a G'' u vzorků smetanových krémů skladovaných po dobu 28 dnů je nevýznamně vyšší jako vzdálenost křivek G' a G'' pro vzorky smetanových krémů po 1. a 14. dni skladování. Během skladování došlo k mírnému zvýšení pevnosti po 14 dnech skladování.

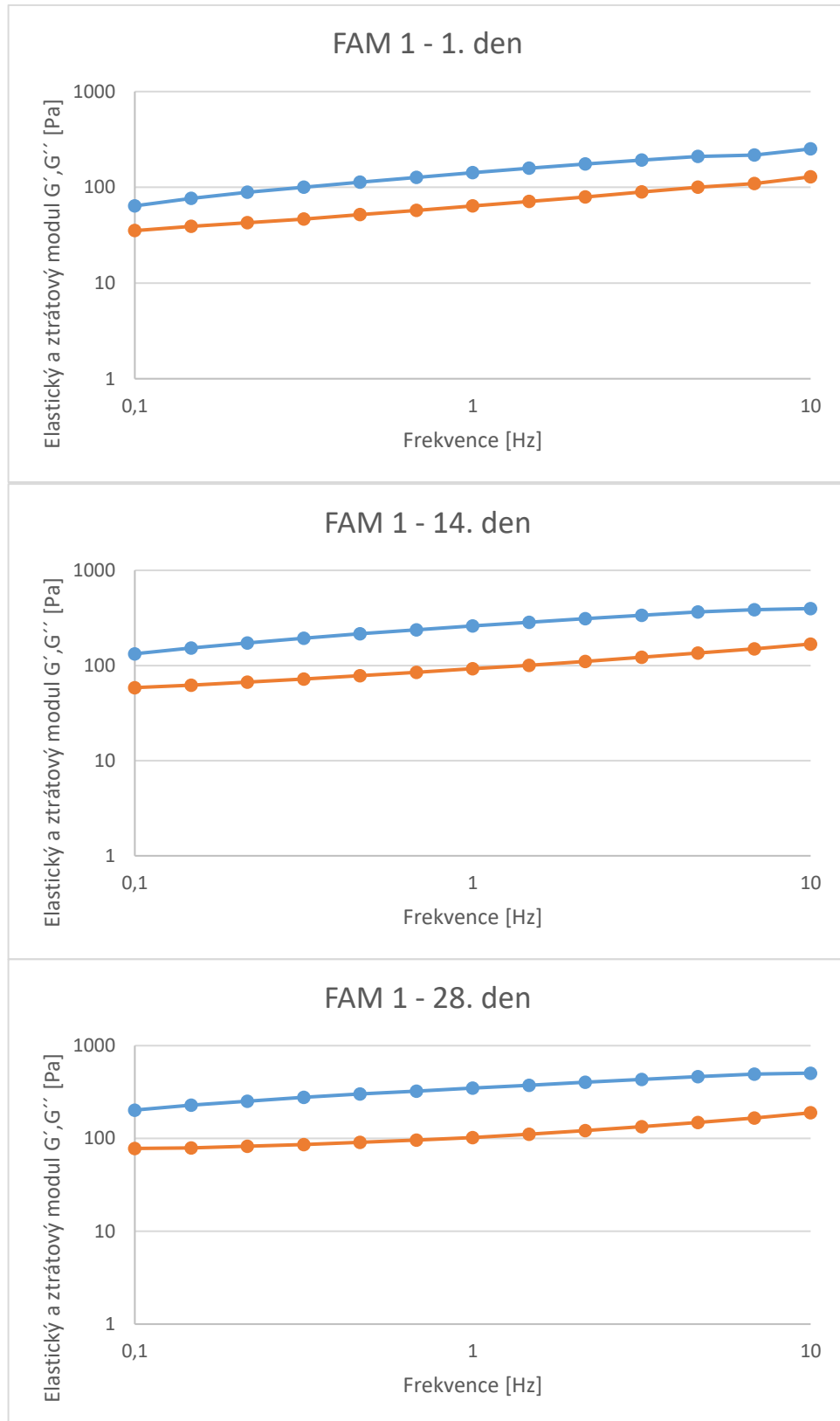
Tyto poznatky lze tedy shrnout následovně: Smetanový krém vyrobený s přídavkem furcellaranu B s koncentrací 0,20 % byl i po 28 dnech skladování velmi slabým gelem. Koncentrace 0,20 % furcellaranu B byla vyhodnocena jako nedostačující pro výrobu smetanového krému požadované konzistence.



Obrázek 15: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FB 6 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Z obrázku 16 lze pozorovat, že ve vyrobených smetanových krémech s přídavkem furcellaranu A o koncentraci 0,15 % (w/w) a směsí MAG a DAG 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. Dále lze z obrázku 16 vyčíst, že u smetanového krému vyrobeného s přídavkem furcellaranu A a směsí MAG a DAG o koncentraci 0,15 % (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.

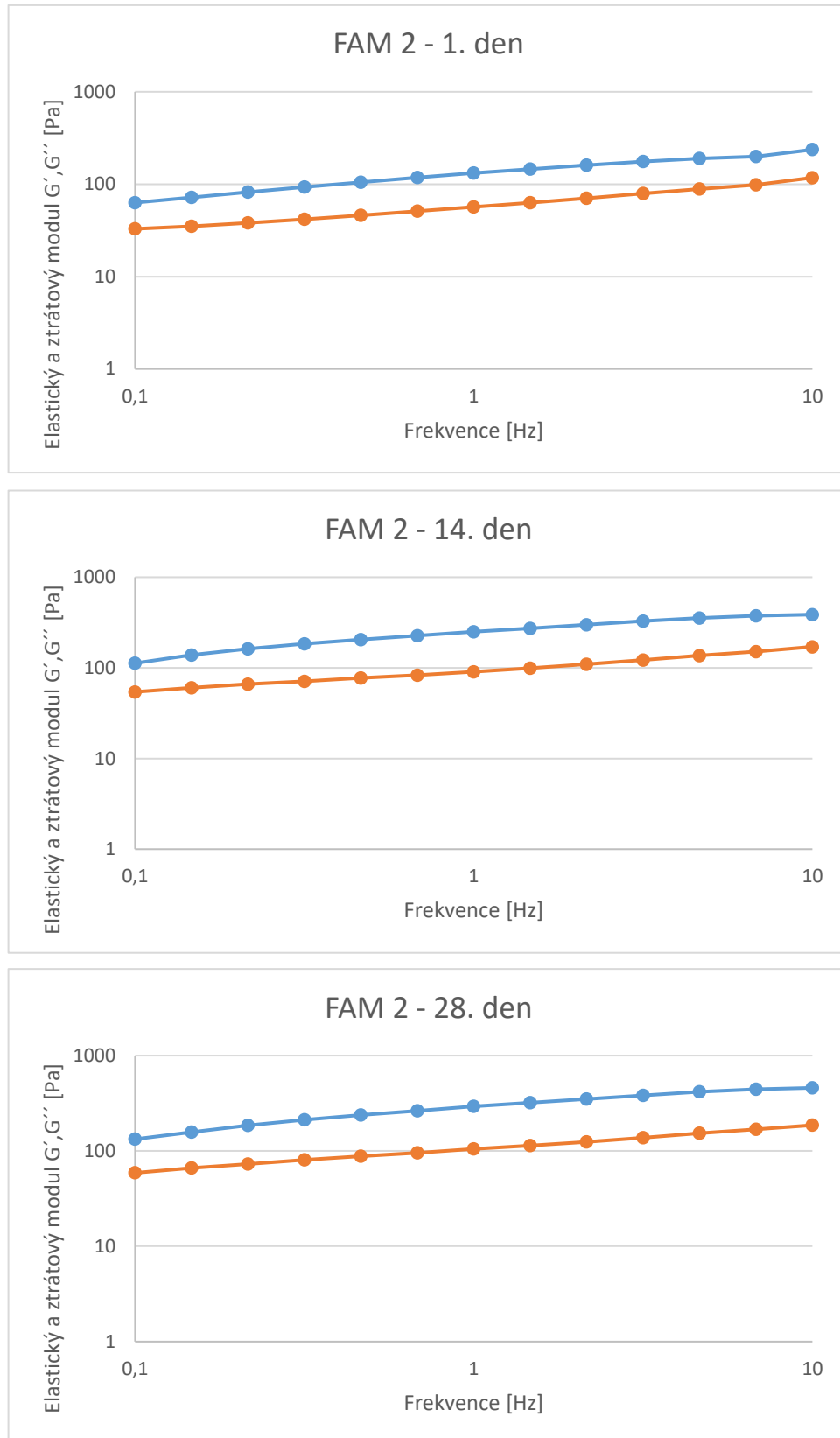
Tyto poznatky lze shrnout následovně: Smetanový krém vyrobený s přídavkem furcellaranu A o koncentraci 0,15 % (w/w) a směsí MAG a DAG byl 1. den slabým gelem, 14. den byl pevnější a po 28 dnech skladování se ještě více zpevnil. I přesto měl smetanový krém řidší konzistenci, než je pro sýr typu mascarpone obvyklé. Koncentrace 0,15 % furcellaranu A se směsí MAG a DAG nebyla tedy vyhodnocena jako vhodná pro výrobu smetanového krému.



Obrázek 16: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FAM 1 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Z obrázku 17 lze pozorovat, že ve vyrobených smetanových krémech s přídavkem furcellaranu A o koncentraci 0,16 % (w/w) a směsí MAG a DAG 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. Dále lze z obrázku 17 vyčíst, že u smetanového krému vyrobeného s přídavkem furcellaranu A a směsí MAG a DAG o koncentraci 0,16 % (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. a 14. dni skladování. To znamená, že během skladování došlo ke zvýšení pevnosti vyrobeného smetanového krému.

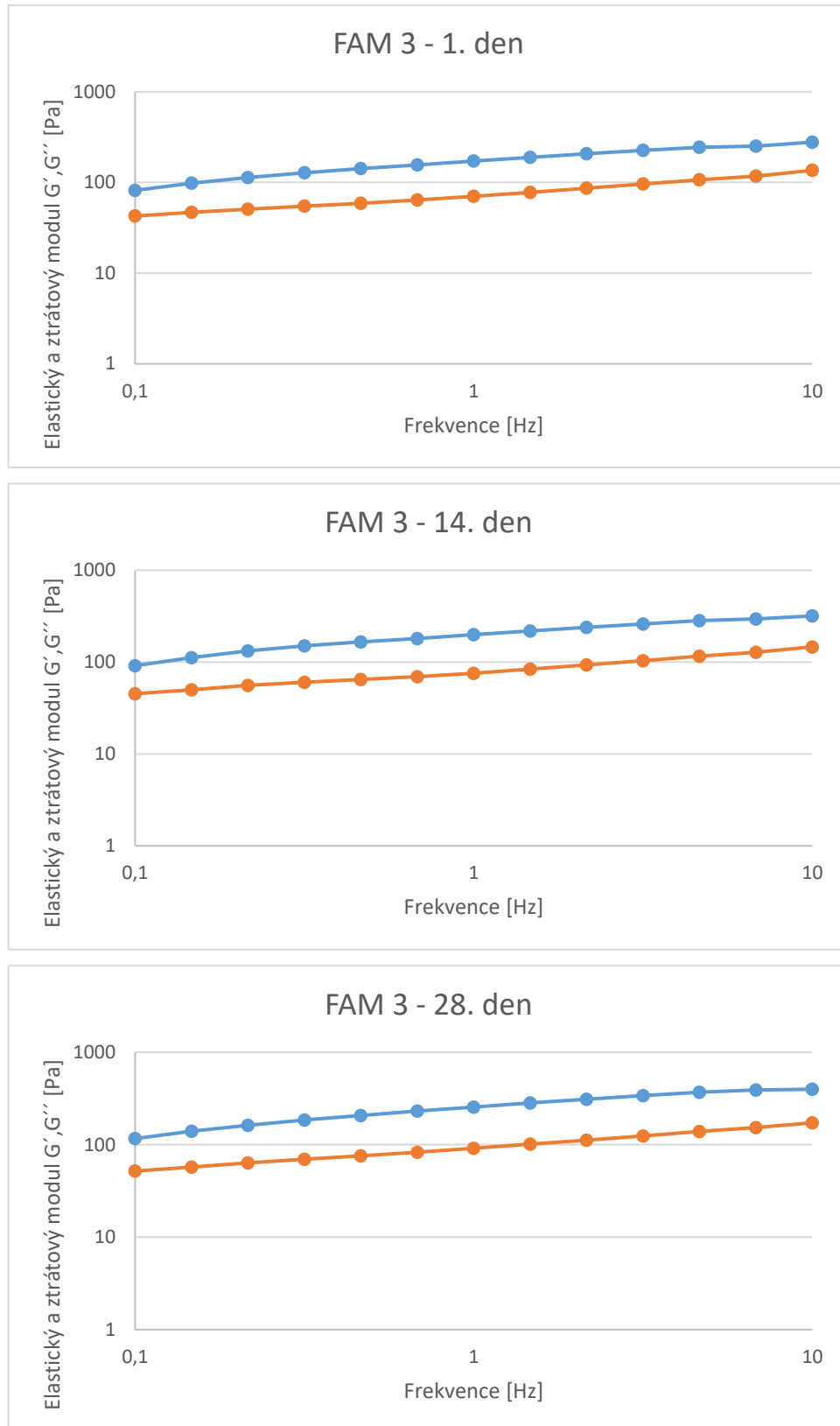
Tyto poznatky lze shrnout následovně: Smetanový krém vyrobený s přídavkem furcellaranu A o koncentraci 0,16 % (w/w) a směsí MAG a DAG byl 1. den slabým gelem, 14. den byl pevnější a po 28 dnech skladování se ještě více zpevnil. I přesto měl smetanový krém řidší konzistenci, než je pro sýr typu mascarpone obvyklé. Koncentrace 0,16 % furcellaranu A se směsí MAG a DAG nebyla tedy vyhodnocena jako vhodná pro výrobu smetanového krému.



Obrázek 17: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FAM 2 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Z obrázku 18 lze pozorovat, že ve vyrobených smetanových krémech s přídavkem furcellaranu A o koncentraci 0,17 % (w/w) a směsí MAG a DAG 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. Dále lze z obrázku 18 vyčíst, že u smetanového krému vyrobeného s přídavkem furcellaranu A a směsí MAG a DAG o koncentraci 0,17 % (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. a 14. dni skladování. To znamená, že během skladování došlo ke zvýšení pevnosti vyrobeného smetanového krému.

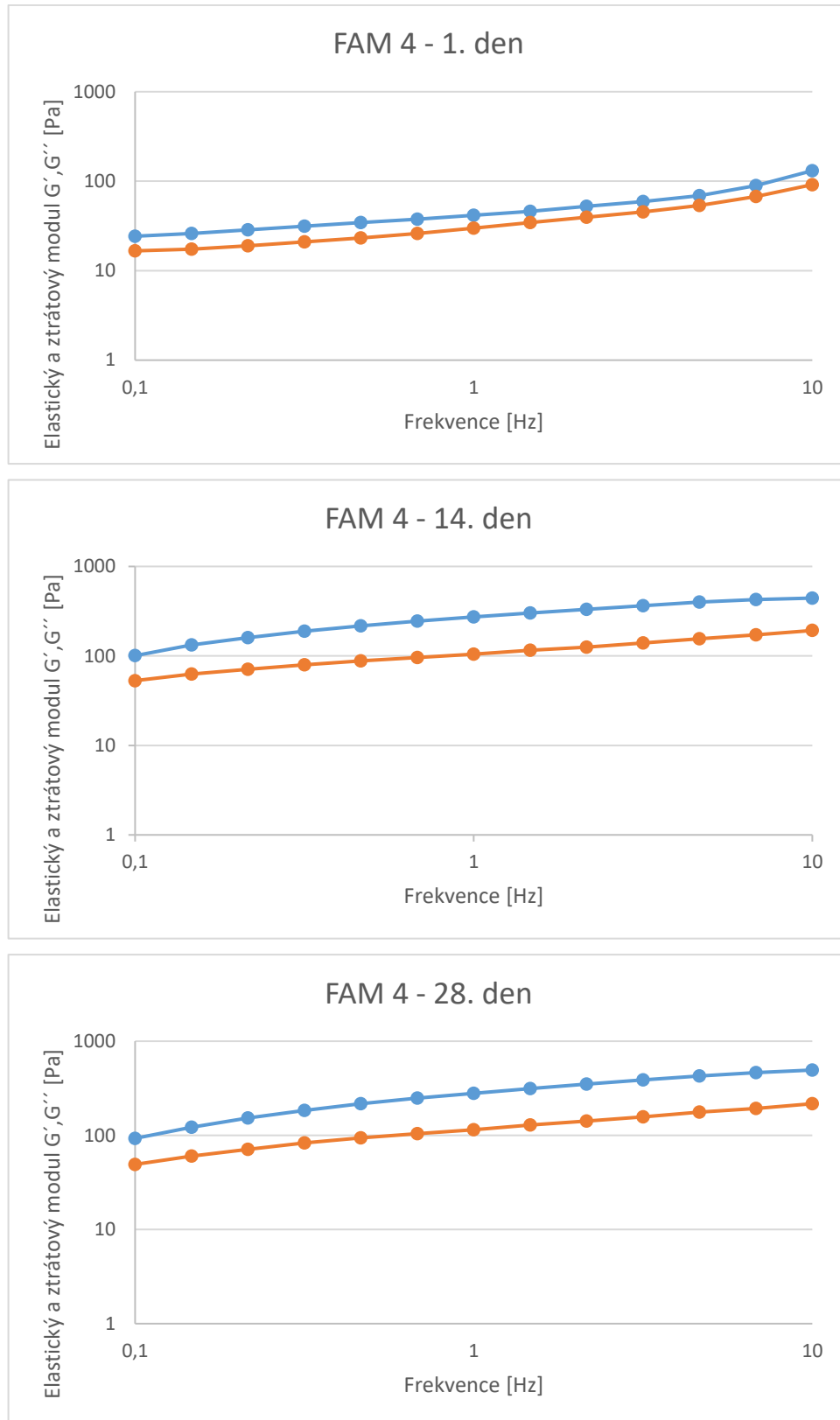
Tyto poznatky lze shrnout následovně: Smetanový krém vyrobený s přídavkem furcellaranu A o koncentraci 0,17 % (w/w) a směsí MAG a DAG byl 1. den slabým gelem, 14. den byl pevnější a po 28 dnech skladování se ještě více zpevnil. I přesto měl smetanový krém řidší konzistenci, než je pro sýr typu mascarpone obvyklé. Koncentrace 0,17 % furcellaranu A se směsí MAG a DAG nebyla tedy vyhodnocena jako vhodná pro výrobu smetanového krému.



Obrázek 18: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FAM 3 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Z obrázku 19 lze pozorovat, že ve vyrobených smetanových krémech s přídavkem furcellaranu A o koncentraci 0,18 % (w/w) a směsí MAG a DAG 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. Dále lze z obrázku 19 vyčíst, že u smetanového krému vyrobeného s přídavkem furcellaranu A a směsí MAG a DAG o koncentraci 0,18 % (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. a 14. dni skladování. To znamená, že během skladování došlo ke zvýšení pevnosti vyrobeného smetanového krému.

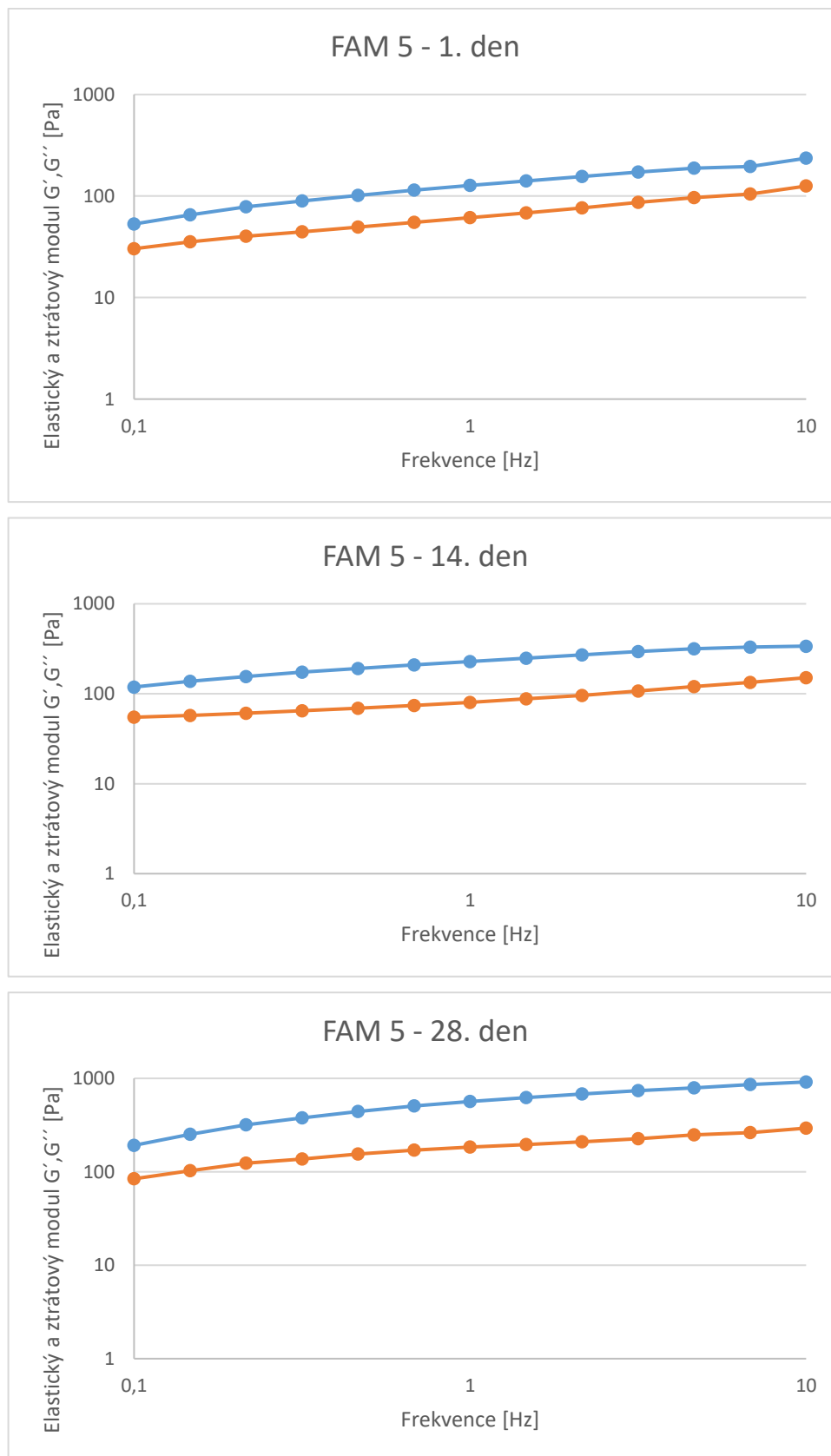
Tyto poznatky lze shrnout následovně: Smetanový krém vyrobený s přídavkem furcellaranu A o koncentraci 0,18 % (w/w) a směsí MAG a DAG byl 1. den slabým gelem, 14. den byl pevnější a po 28 dnech skladování se ještě více zpevnil. I přesto měl smetanový krém řidší konzistenci, než je pro sýr typu mascarpone obvyklé. Koncentrace 0,18 % furcellaranu A se směsí MAG a DAG nebyla tedy vyhodnocena jako vhodná pro výrobu smetanového krému.



Obrázek 19: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FAM 4 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Z obrázku 20 lze pozorovat, že ve vyrobených smetanových krémech s přídavkem furcellaranu A o koncentraci 0,19 % (w/w) a směsí MAG a DAG 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. Dále lze z obrázku 20 vyčíst, že u smetanového krému vyrobeného s přídavkem furcellaranu A a směsí MAG a DAG o koncentraci 0,19 % (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. a 14. dni skladování. To znamená, že během skladování došlo ke zvýšení pevnosti vyrobeného smetanového krému.

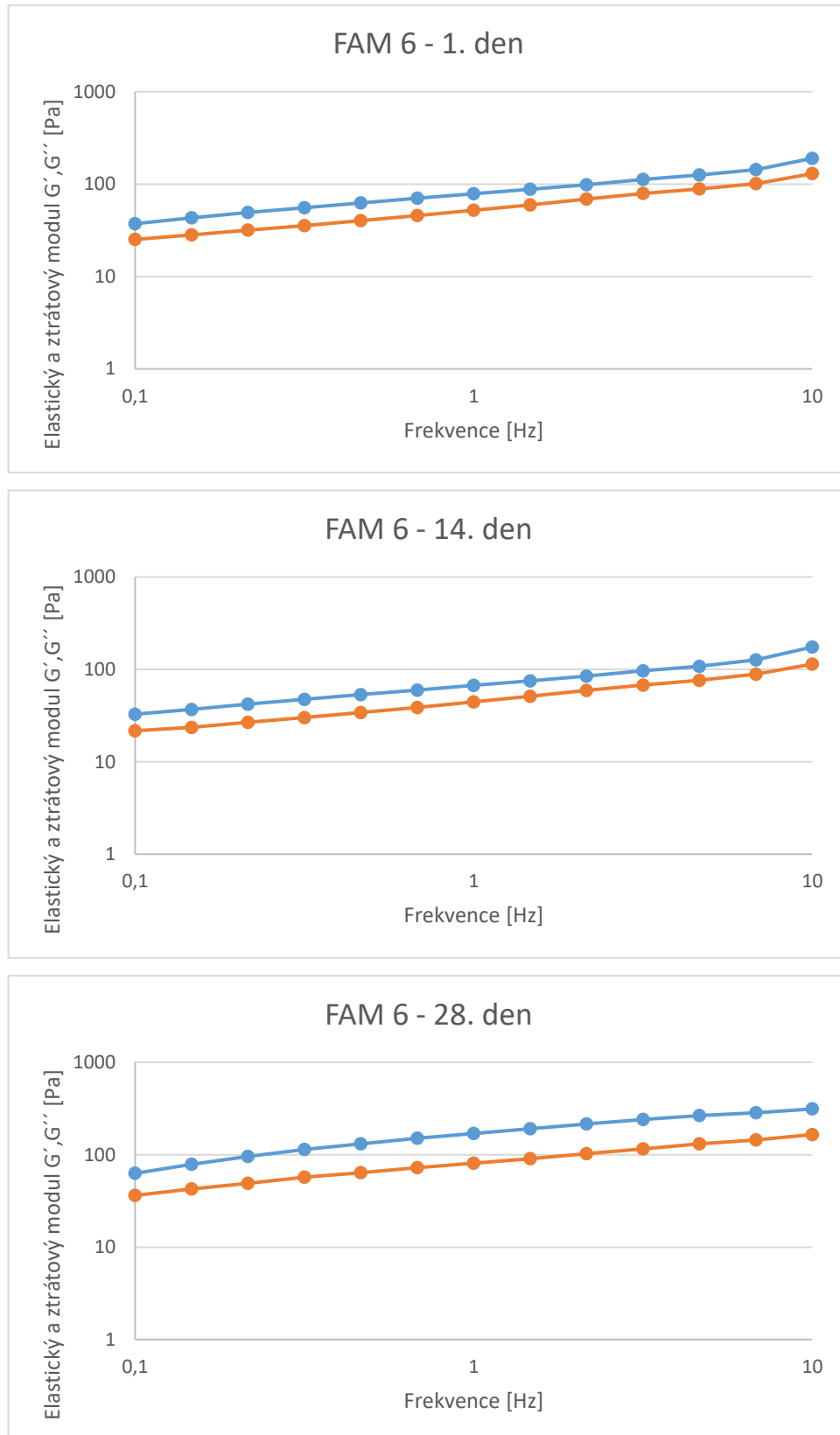
Tyto poznatky lze shrnout následovně: Smetanový krém vyrobený s přídavkem furcellaranu A o koncentraci 0,19 % (w/w) a směsí MAG a DAG byl 1. den slabým gelem, 14. den byl pevnější a po 28 dnech skladování se ještě více zpevnil. I přesto měl smetanový krém řidší konzistenci, než je pro sýr typu mascarpone obvyklé. Koncentrace 0,19 % furcellaranu A se směsí MAG a DAG nebyla tedy vyhodnocena jako vhodná pro výrobu smetanového krému.



Obrázek 20: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FAM 5 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Z obrázku 21 lze pozorovat, že ve vyrobených smetanových krémech s přídavkem furcellaranu A o koncentraci 0,20 % (w/w) a směsí MAG a DAG 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. Dále lze z obrázku 21 vyčíst, že u smetanového krému vyrobeného s přídavkem furcellaranu A a směsí MAG a DAG o koncentraci 0,20 % (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. a 14. dni skladování. To znamená, že během skladování došlo ke zvýšení pevnosti vyrobeného smetanového krému.

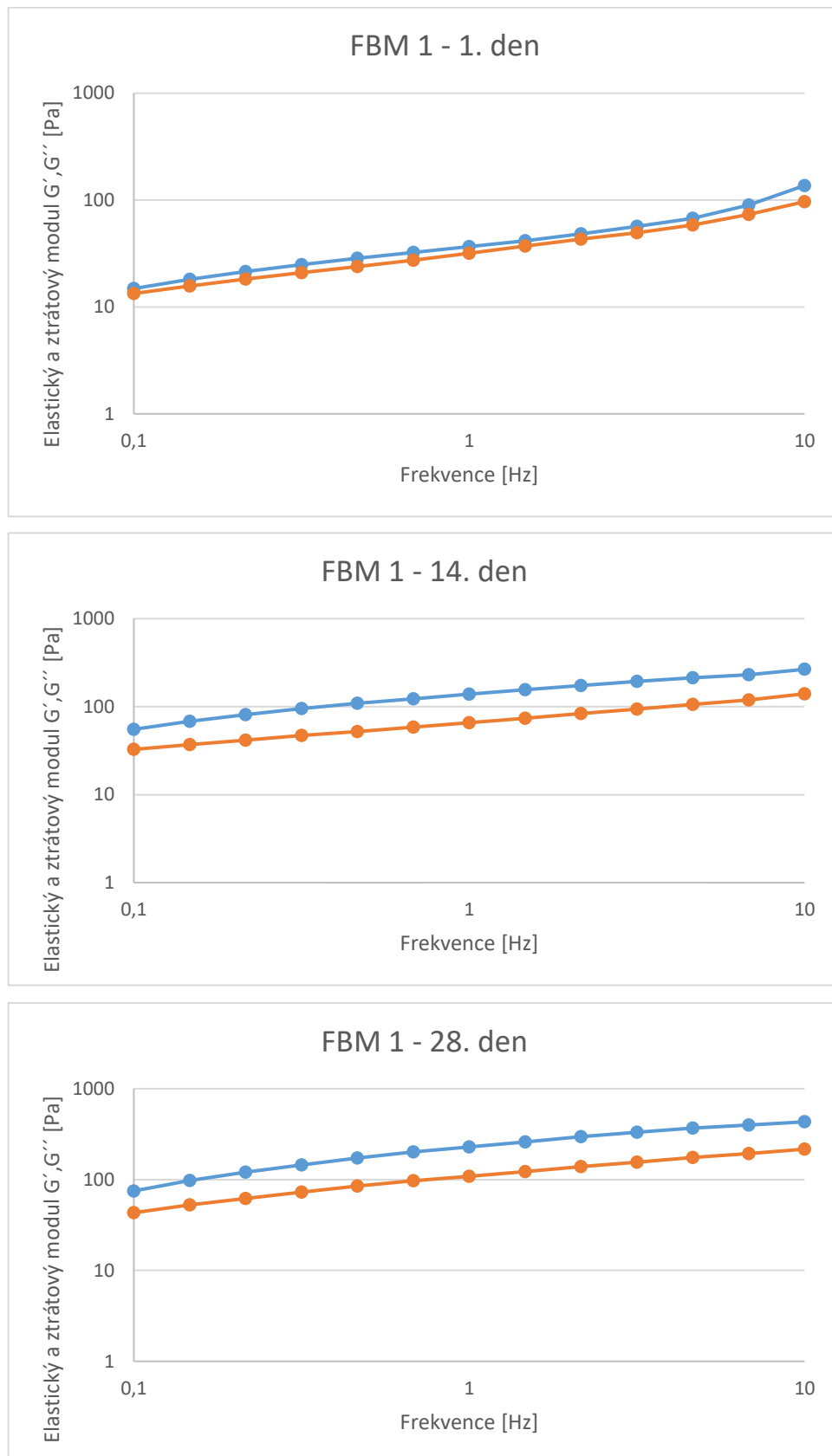
Tyto poznatky lze shrnout následovně: Smetanový krém vyrobený s přídavkem furcellaranu A o koncentraci 0,20 % (w/w) a směsí MAG a DAG byl 1. den slabým gelem, 14. den byl pevnější a po 28 dnech skladování se ještě více zpevnil. I přesto měl smetanový krém řidší konzistenci, než je pro sýr typu mascarpone obvyklé. Koncentrace 0,20 % furcellaranu A se směsí MAG a DAG nebyla tedy vyhodnocena jako vhodná pro výrobu smetanového krému.



Obrázek 21: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FAM 6 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Z obrázku 22 lze pozorovat, že ve vyrobených smetanových krémech s přídavkem furcellaranu B o koncentraci 0,15 % (w/w) a směsí MAG a DAG 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. Dále lze z obrázku 22 vyčíst, že u smetanového krému vyrobeného s přídavkem furcellaranu B a směsí MAG a DAG o koncentraci 0,15 % (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. a 14. dni skladování. To znamená, že během skladování došlo ke zvýšení pevnosti vyrobeného smetanového krému.

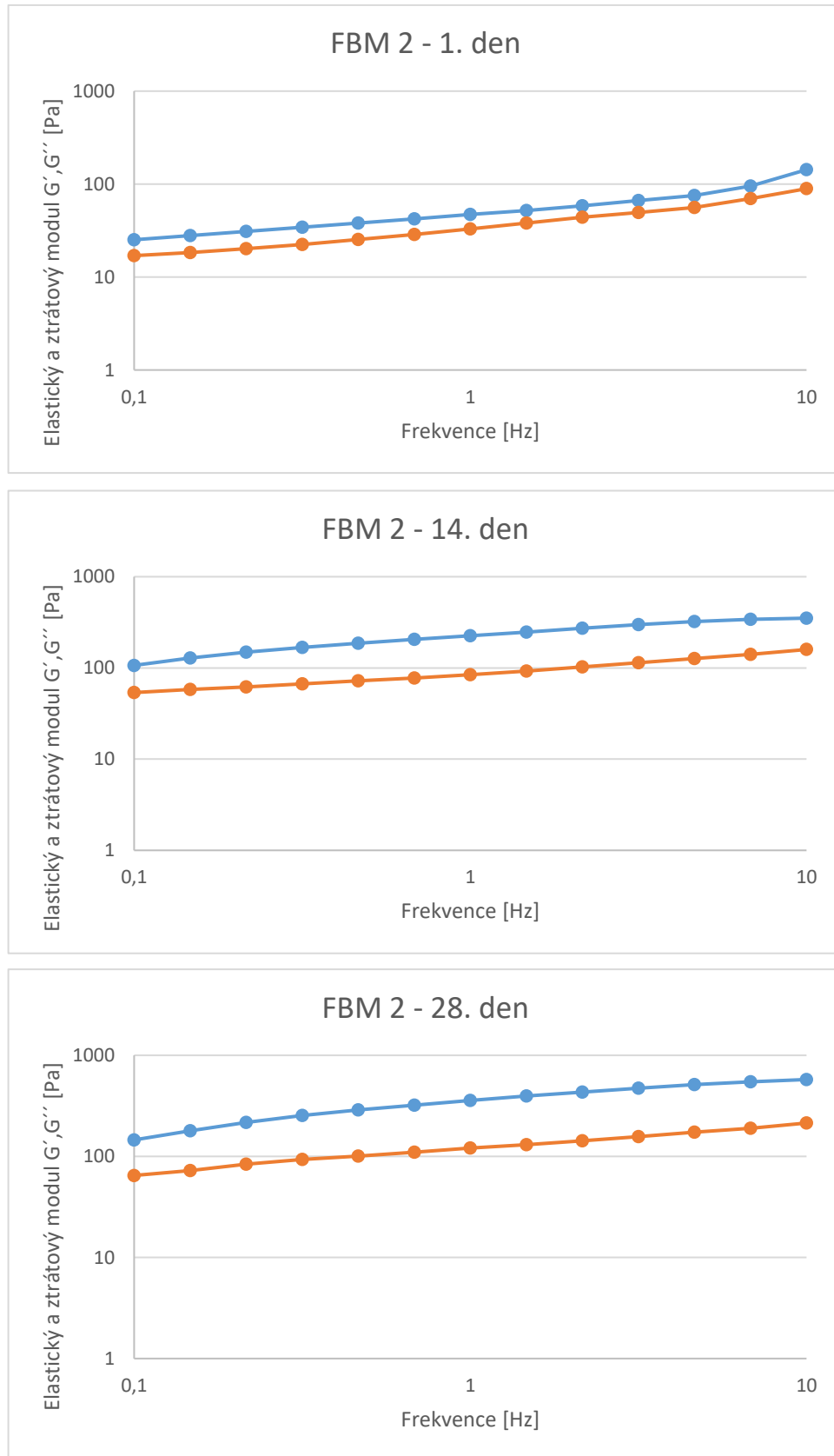
Tyto poznatky lze shrnout následovně: Smetanový krém vyrobený s přídavkem furcellaranu B o koncentraci 0,15 % (w/w) a směsí MAG a DAG byl 1. den slabým gelem, 14. den byl pevnější a po 28 dnech skladování se ještě více zpevnil. I přesto měl smetanový krém řidší konzistenci, než je pro sýr typu mascarpone obvyklé. Koncentrace 0,15 % furcellaranu B se směsí MAG a DAG nebyla tedy vyhodnocena jako vhodná pro výrobu smetanového krému.



Obrázek 22: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FBM 1 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Z obrázku 23 lze pozorovat, že ve vyrobených smetanových krémech s přídavkem furcellaranu B o koncentraci 0,16 % (w/w) a směsí MAG a DAG 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. Dále lze z obrázku 23 vyčíst, že u smetanového krému vyrobeného s přídavkem furcellaranu B a směsí MAG a DAG o koncentraci 0,16 % (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. a 14. dni skladování. To znamená, že během skladování došlo ke zvýšení pevnosti vyrobeného smetanového krému.

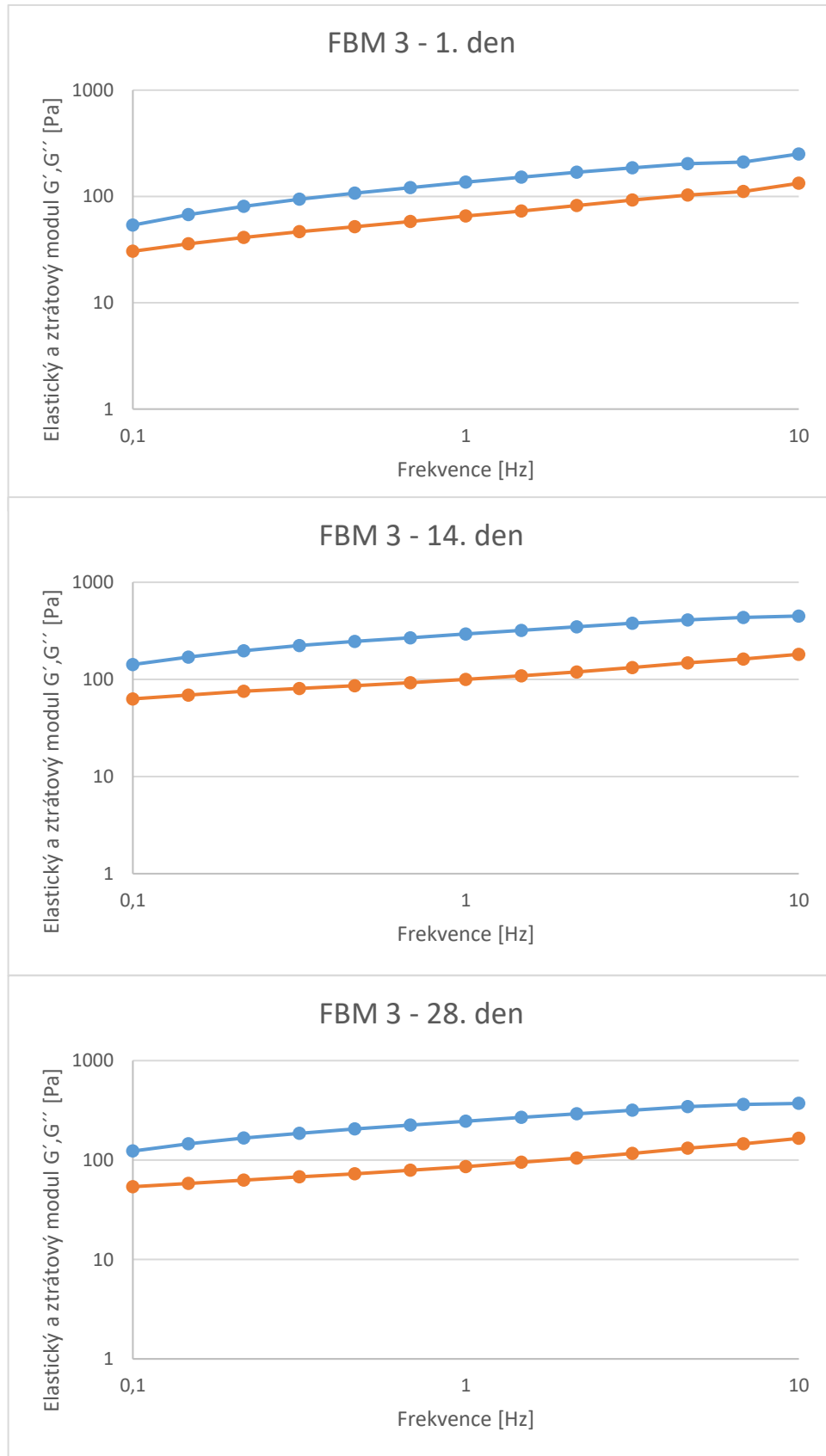
Tyto poznatky lze shrnout následovně: Smetanový krém vyrobený s přídavkem furcellaranu B o koncentraci 0,16 % (w/w) a směsí MAG a DAG byl 1. den slabým gelem, 14. den byl pevnější a po 28 dnech skladování se ještě více zpevnil. I přesto měl smetanový krém řidší konzistenci, než je pro sýr typu mascarpone obvyklé. Koncentrace 0,16 % furcellaranu B se směsí MAG a DAG nebyla tedy vyhodnocena jako vhodná pro výrobu smetanového krému.



Obrázek 23: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FBM 2 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Z obrázku 24 lze pozorovat, že ve vyrobených smetanových krémech s přídavkem furcellaranu B o koncentraci 0,17 % (w/w) a směsí MAG a DAG 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. Dále lze z obrázku 24 vyčíst, že u smetanového krému vyrobeného s přídavkem furcellaranu B a směsí MAG a DAG o koncentraci 0,17 % (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. a 14. dni skladování. To znamená, že během skladování došlo ke zvýšení pevnosti vyrobeného smetanového krému.

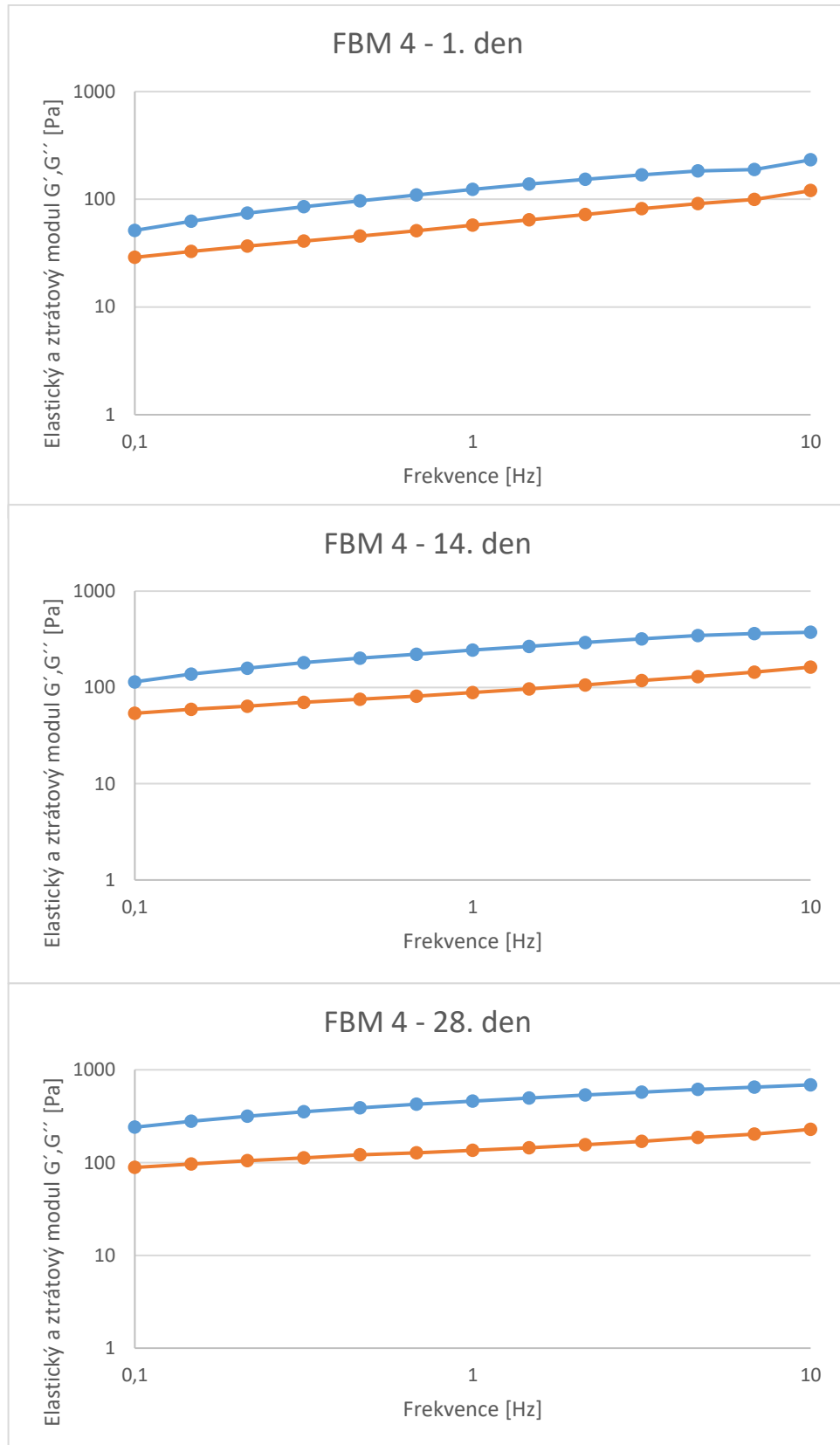
Tyto poznatky lze shrnout následovně: Smetanový krém vyrobený s přídavkem furcellaranu B o koncentraci 0,17 % (w/w) a směsí MAG a DAG byl 1. den slabým gelem, 14. den byl pevnější a po 28 dnech skladování se ještě více zpevnil. I přesto měl smetanový krém řidší konzistenci, než je pro sýr typu mascarpone obvyklé. Koncentrace 0,17 % furcellaranu B se směsí MAG a DAG nebyla tedy vyhodnocena jako vhodná pro výrobu smetanového krému.



Obrázek 24: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FBM 3 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Z obrázku 24 lze pozorovat, že ve vyrobených smetanových krémech s přídavkem furcellaranu B o koncentraci 0,18 % (w/w) a směsí MAG a DAG 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. Dále lze z obrázku 24 vyčíst, že u smetanového krému vyrobeného s přídavkem furcellaranu B a směsí MAG a DAG o koncentraci 0,18 % (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. a 14. dni skladování. To znamená, že během skladování došlo ke zvýšení pevnosti vyrobeného smetanového krému.

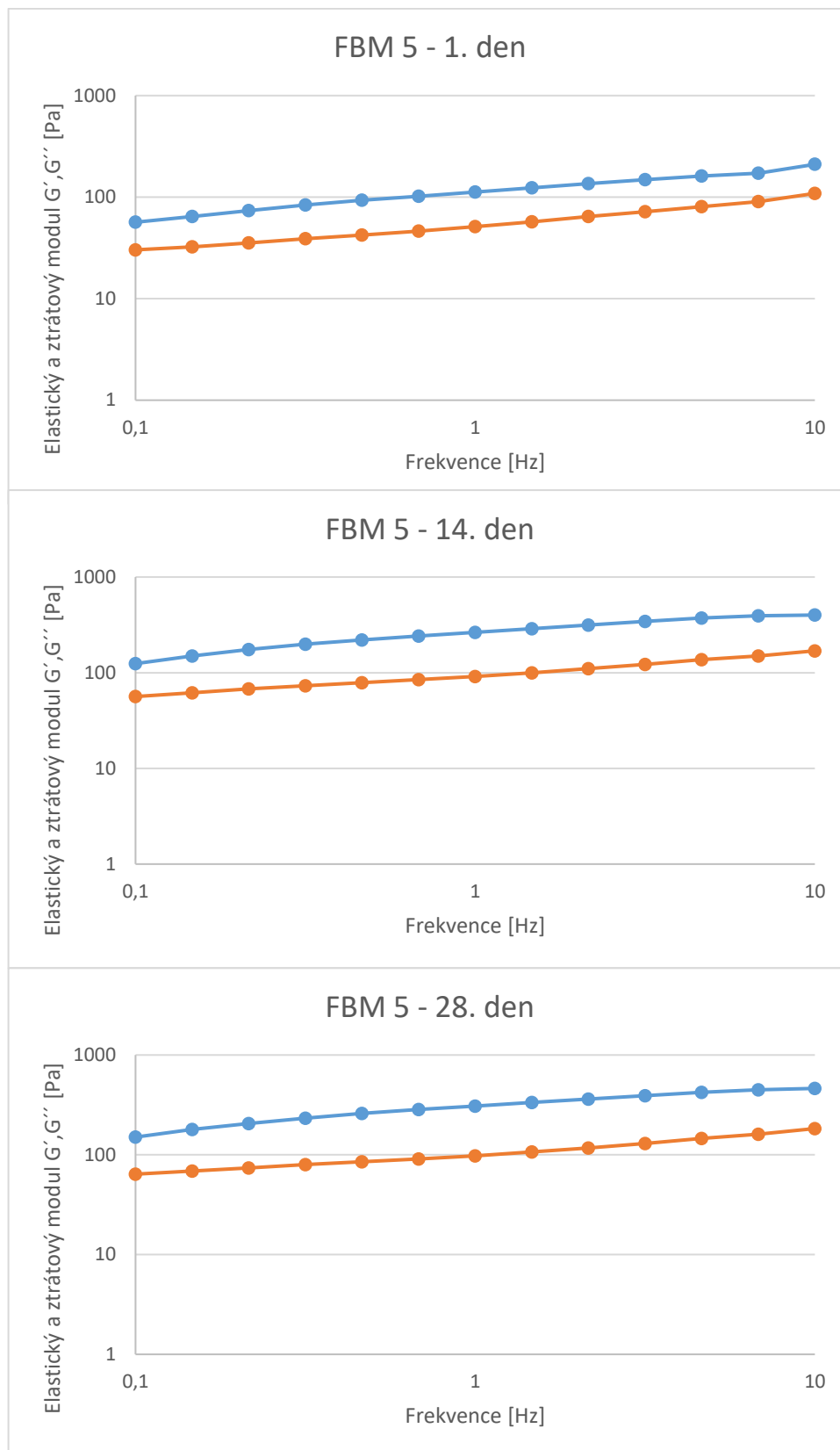
Tyto poznatky lze shrnout následovně: Smetanový krém vyrobený s přídavkem furcellaranu B o koncentraci 0,18 % (w/w) a směsí MAG a DAG byl 1. den slabým gelem, 14. den byl pevnější a po 28 dnech skladování se ještě více zpevnil. I přesto měl smetanový krém řidší konzistenci, než je pro sýr typu mascarpone obvyklé. Koncentrace 0,18 % furcellaranu B se směsí MAG a DAG nebyla tedy vyhodnocena jako vhodná pro výrobu smetanového krému.



Obrázek 25: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FBM 4 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Z obrázku 24 lze pozorovat, že ve vyrobených smetanových krémech s přídavkem furcellaranu B o koncentraci 0,19 % (w/w) a směsí MAG a DAG 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. Dále lze z obrázku 24 vyčíst, že u smetanového krému vyrobeného s přídavkem furcellaranu B a směsí MAG a DAG o koncentraci 0,19 % (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. a 14. dni skladování. To znamená, že během skladování došlo ke zvýšení pevnosti vyrobeného smetanového krému.

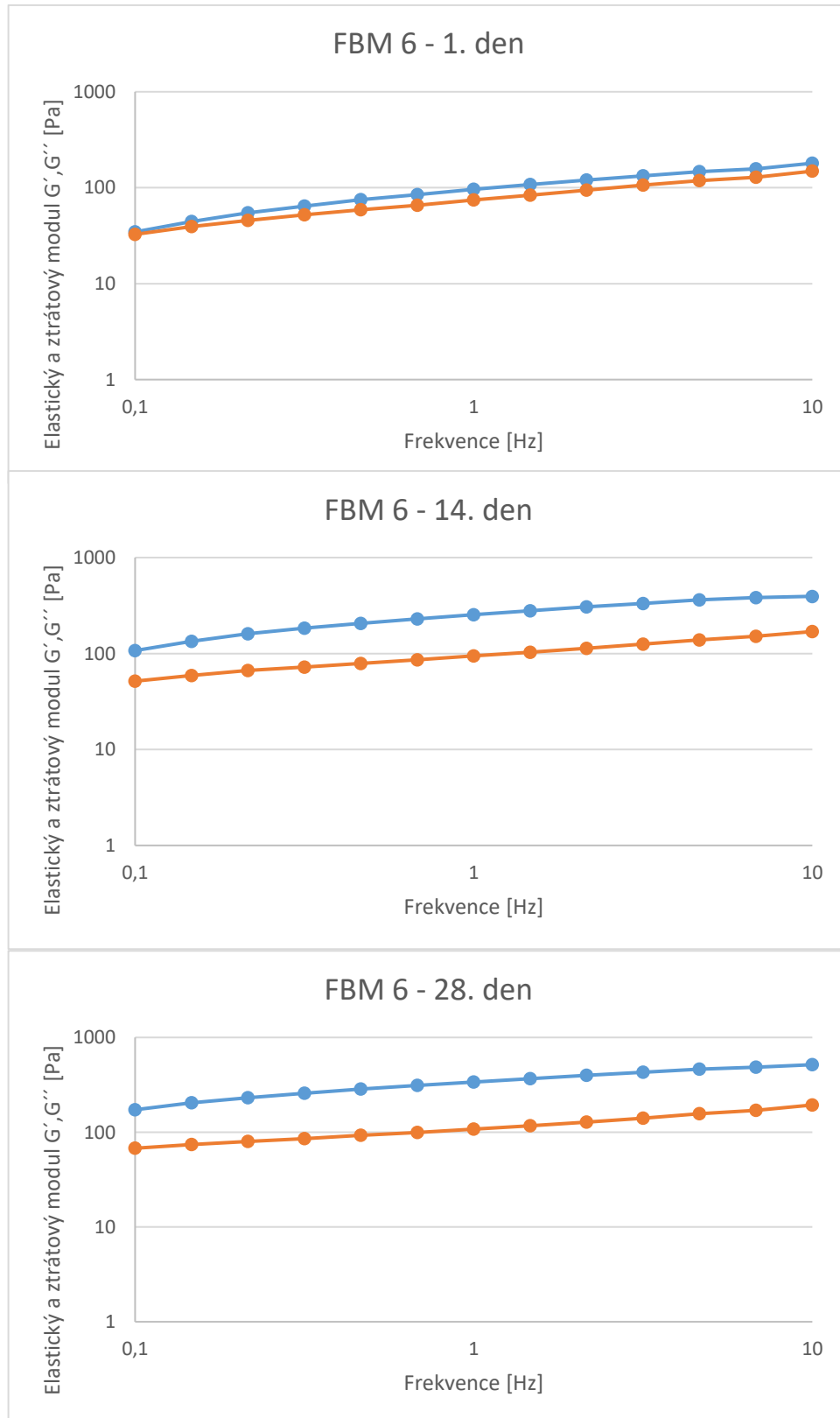
Tyto poznatky lze shrnout následovně: Smetanový krém vyrobený s přídavkem furcellaranu B o koncentraci 0,19 % (w/w) a směsí MAG a DAG byl 1. den slabým gelem, 14. den byl pevnější a po 28 dnech skladování se ještě více zpevnil. I přesto měl smetanový krém řidší konzistenci, než je pro sýr typu mascarpone obvyklé. Koncentrace 0,19 % furcellaranu B se směsí MAG a DAG nebyla tedy vyhodnocena jako vhodná pro výrobu smetanového krému.



Obrázek 26: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FBM 5 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Z obrázku 25 lze pozorovat, že ve vyrobených smetanových krémech s přídavkem furcellaranu B o koncentraci 0,20 % (w/w) a směsí MAG a DAG 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. Dále lze z obrázku 25 vyčíst, že u smetanového krému vyrobeného s přídavkem furcellaranu B a směsí MAG a DAG o koncentraci 0,20 % (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. a 14. dni skladování. To znamená, že během skladování došlo ke zvýšení pevnosti vyrobeného smetanového krému.

Tyto poznatky lze shrnout následovně: Smetanový krém vyrobený s přídavkem furcellaranu B o koncentraci 0,20 % (w/w) a směsí MAG a DAG byl 1. den slabým gelem, 14. den byl pevnější a po 28 dnech skladování se ještě více zpevnil. I přesto měl smetanový krém řidší konzistenci, než je pro sýr typu mascarpone obvyklé. Koncentrace 0,20 % furcellaranu B se směsí MAG a DAG nebyla tedy vyhodnocena jako vhodná pro výrobu smetanového krému.



Obrázek 27: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FBM 6 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)

Tabulka 4: Vypočítaný komplexní modul pružnosti smetanových krémů po 28. dni skladování

	28. den
	G* [Pa]
FA 1	38,83
FA 2	92,75
FA 3	135,79
FA 4	223,11
FA 5	209,86
FA 6	155,21
FB 1	39,83
FB 2	136,61
FB 3	60,13
FB 4	57,41
FB 5	95,55
FB 6	92,40
FAM 1	406,09
FAM 2	454,05
FAM 3	358,67
FAM 4	419,68
FAM 5	773,69
FAM 6	267,56
FBM 1	497,15
FBM 2	466,52
FBM 3	446,72
FBM 4	599,84
FBM 5	412,48
FBM 6	452,50

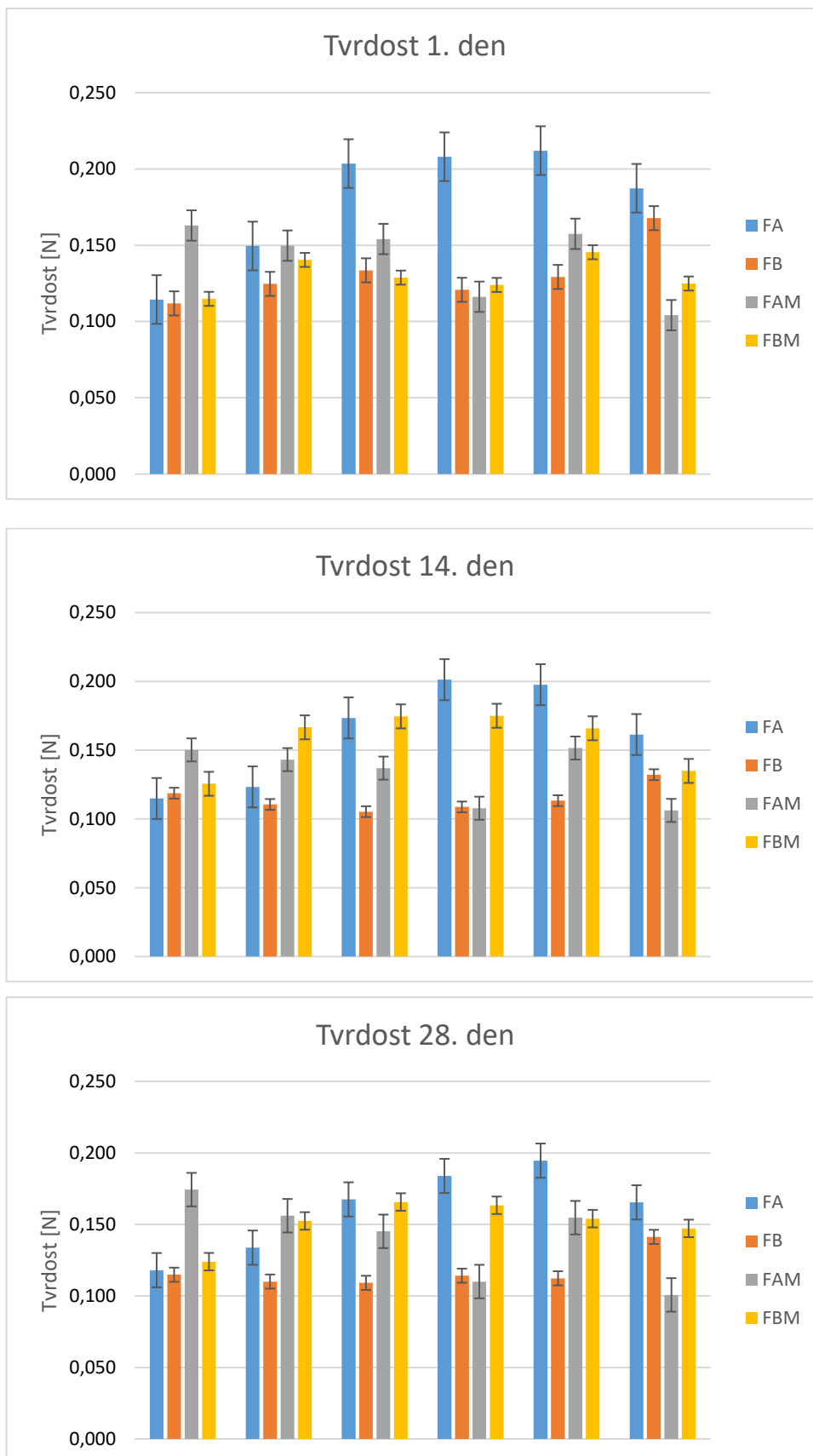
Z Tabulky 4 lze určit, že komplexní modul pružnosti G^* se u vzorků s přídatkem pouze furcellaranů pohyboval v rozmezí 38,83 – 223,11 Pa. Ze vzorků bez přídatku směsi MAG a DAG byl největší komplexní modul pružnosti G^* u vzorku s přídatkem furcellaranu A o koncentraci 0,18 % (w/w) 223,11 Pa. Tento vzorek byl i přesto málo tuhý, tudíž nedosáhl požadované konzistence. Dále z Tabulky 4 můžeme určit, že komplexní modul pružnosti G^* se u vzorků s přídatkem furcellaranů se směsí MAG a DAG pohyboval v rozmezí 267,56 – 773,69 Pa. Lze konstatovat, že nejvyšší komplexní modul pružnosti G^* měl po 28 dnech skladování vzorek s přídatkem furcellaranu A o koncentraci 0,19 % (w/w) s přídatkem směsi MAG a DAG a to 773,69 Pa. Tento vzorek byl nejvíce tuhý ovšem i přesto nebyla

dosažena požadovaná konzistence výsledného smetanového krému. Na první pohled je patrné, že směs MAG a DAG měla výrazný podíl na tuhosti výrobku, tuhost výrobků se směsí MAG a DAG byla vyšší než u smetanových krémů, ve kterých přídavek směsi nebyl. [40]

6.4 Výsledky texturní profilové analýzy

Vliv furcellaranů na tvrdost vyrobených smetanových krémů v průběhu měsíčního skladování při teplotě 6 ± 2 °C byl sledován pomocí texturní profilové analýzy 1., 7., 14., 21. a 28. den skladování. Tvrdost je definována jako síla dosažená během prvního kompresního cyklu. Každý vzorek byl měřen 6x.

Tvrdost vzorků se pohybovala v rozmezí 0,108 – 0,212 N. Tyto čísla spíše značí, že vzorky byly hodně měkké, sílu, kterou musel přístroj vyvinout ke stlačení vzorku je velmi malá. Z obrázku 28 lze určit, že nejnižší měkkost mají vzorky FA, konkrétně koncentrace 0,18 % (w/w) a koncentrace 0,19 % (w/w). Nízká měkkost byla ve výrobcích již od 1. dne a během 28 dní skladování se neměnila. Měkkost smetanových krémů se výrazně neměnila po dobu 28 dní skladování. Vzorky s přídavkem furcellaranů a směsí MAG a DAG vykazovaly nižší měkkost než vzorky pouze s furcellaranem A, což vypovídá o tom, že v tomto experimentu pevnost gelů, která u vzorků FAM a FBM byla vyšší, neovlivnila měkkost výsledného smetanového krému. [32,33]



Obrázek 28: Graf naměřených hodnot tvrdosti [N] u vzorků FA, FB, FAM a FBM v koncentrační řadě 0,15 – 0,20 % (w/w)

V této práci byla sledována změna pH vyrobených smetanových krémů v průběhu 30 dní skladování v závislosti na použitých koncentracích furcellaranů a přídavcích směsi MAG a DAG. 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 drobivé, tudíž nedrží pohromadě. Pokud je pH krémů příliš nízké, může to naznačovat kontaminaci, v tom případě může být struktura zrnitá a chuť nakyslá. Vyrobené smetanové krémy se pohybovaly v rozmezí hodnot pH 6,49 – 6,93, konzistence byla spíše tuhé povahy. Stanovené pH všech vyrobených smetanových krémů bylo větší jak 5,2, každopádně po skladování byly výrobky tekuté až mírně tuhé konzistence, která nebyla u žádného vzorku vyhodnocena jako vhodná. Při skladování většinou docházelo k poklesu pH, kyselost se tedy zvyšovala, což odpovídá výsledkům zveřejněné ve výzkumu Gulzar, Sameen a kol., kteří se věnovali vlivu hydrokoloidů na smetanové sýry. [1,29,34]

Sušina u všech smetanových krémů se pohybovala v rozmezí 48,20 – 49,49 % (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. Hodnoty sušiny po 30 dnech skladování se významně neměnily, lehce stoupaly. Zde je možno vidět vliv přídavku hydrokoloidů, ve vzorcích se zvyšovala vazba vody a ve vzorcích nedochází k synerezi. Vyšší obsah celkové sušiny vede k získání silnějšího gelu, a tedy produktu s pevnější a méně roztíratelnou konzistencí dle výzkumu Buňka kol. [38]

Výsledky dynamické oscilační reologie prezentují tuhnutí vyrobených smetanových krémů vlivem skladování. S přídavkem hydrokoloidů je možno pozorovat úpravu viskozity a dotváření textury, po přídavku furcellaranu A i furcellaranu B se textura výrobku měnila. Převážně docházelo k přechodu z viskózní disperze na velmi slabé gely, které měly spíše tekutou konzistenci. Vzorky měly homogenní strukturu. Ve většině případů hodnoty elastického modulu G' a ztrátového modulu G'' pro vyrobené smetanové krémy se po 28 dnech skladování buď nepatrně zvýšily nebo snížily 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. Zvýšení tuhosti vyrobených sýrů během skladování bylo rovněž pozorováno v práci Černíková a kol. [39]

Vzorky s přidavkem furcellaranu A a B v koncentracích 0,15 – 0,20 % (w/w) nejsou vhodné pro výrobu smetanových krémů požadované konzistence. Mezi furcellaranem A a furcellaranem B nebyly shledány žádné významné rozdíly při tvorbě gelů u smetanových krémů.

Ve výrobcích s přidavkem furcellaranu A a B se směsí MAG a DAG se vytvořil slabý gel již po 1. dni skladování, jelikož ve většině případů hodnoty elastického modulu G' byly vyšší než ztrátový modulu G'' . 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. Vzorky s přidavkem furcellaranu A a B v koncentracích 0,15 – 0,20 % (w/w) a přidavku MAG a DAG nejsou vhodné pro výrobu smetanových krémů požadované konzistence. [40]

Hodnota komplexního modulu pružnosti se pohybovala v rozmezí 38,83 – 773,69 Pa. Z hodnoty komplexního modulu pružnosti G^* lze jednoznačně tvrdit, že vzorky s přidavkem MAG a DAG, které působí jako stabilizátory gelů, vykazují vyšší tuhost než přidavky pouze s furcellarany. Nejvyšší tuhost vykazoval vzorek s přidavkem furcellaranu A v koncentraci 0,19 % (w/w) s přidavkem směsi MAG a DAG, která činila 773,69 Pa. I tento vzorek, který měl nejvyšší G^* nebyl určen jako vhodný smetanový krém. Konzistence byla mírně tuhá, ale neblížila se svými vlastnostmi smetanovým krémům požadovaného typu. Nejnižší hodnotu G^* , která činila 38,83 Pa, měl vzorek, ve kterém byl přidán furcellaran A v koncentraci 0,15 % (w/w). Tento vzorek měl velmi řídkou konzistenci. Samotný přidavek furcellaranů není vhodný pro výrobu smetanových krémů požadované konzistence. [40]

Měkkost vzorků se v závislosti na dobu skladování neměnila. Měkkost vzorků se pohybovala v rozmezí 0,108 – 0,212 N. Nejtvrdší vzorky byly paradoxně vzorky s přidavkem pouze furcellaranu A při koncentracích 0,18 a 0,19 % (w/w). Měkkost vzorků je ovlivněna obsahem tuku ve výrobku, dle studie Brighenti a kol. Jelikož se obsah tuku během skladování neměnil zůstávala stejná i měkkost. [29]

ZÁVĚR

Diplomová práce byla zaměřena na furcellarany typu 1000 a 8500, které by mohly být vhodné pro výrobu smetanových krémů požadované konzistence a homogenní struktury, která by se měla podobat konzistenci sýru typu mascarpone. Také byl testován vliv přídavku mono a diacylglycerolů do smetanových krémů společně s hydrokoloidy.

V této práci 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 48,20 – 49,49 %. Dále bylo pozorováno, že během skladování se obsah sušiny u většiny smetanových krémů lehce zvyšoval. Souvislost snižování pH a zvyšování sušiny odpovídá mírným ztrátám vody při skladování smetanových krémů.

Smetanové krémy pouze s přídavkem furcellaranu 1000 a 8500 v koncentrační řadě 0,15 – 0,20 % (w/w) se svými reologickými vlastnostmi nepřibližovaly určené optimální konzistenci. Komplexní modul pružnosti G^* u těchto vzorků se pohyboval v rozmezí 38,83 - 209,86 Pa, což znamená, že byly vytvořeny velmi slabé gely, které svojí konzistencí neodpovídaly optimální konzistenci.

Smetanové krémy s přídavkem furcellaranu 1000 a 8500 se směsí monodiacylglycerolů a diacylglycerolů v koncentrační řadě 0,15 – 0,20 % (w/w) vykazovaly lepší reologické vlastnosti. Hodnota komplexního modulu pružnosti G^* se pohybovala v rozmezí 267,56 – 773,69 Pa.

Žádný z vyrobených smetanových krémů svými vlastnostmi neodpovídal požadované konzistenci sýru typu mascarpone. Dá se tedy říct, že furcellarany nejsou vhodné hydrokoloidy pro výrobu smetanových krémů. Přídavek vyšších koncentrací furcellaranů do smetanových krémů by již nebyl z ekonomického hlediska výroby efektivní.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] GULZAR N., SAMEEN A., *Nutritional and Functional Properties of Fruited Cream Cheese Spread as Influenced by Hydrocolloids*. Journal of Food and Nutrition Research 2015, 3(3), 191-195
Dostupné z: <http://pubs.sciepub.com/jfnr/3/3/10/index.html>
- [2] ADNAN T., ed. *Structure of Dairy Products*. New Jersey: Blackwell Publishing, 2007. ISBN 978-0-470-99592-1.
- [3] 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: Sbíрка zákonů České republiky. 2016.
Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-397>
- [4] HINRICHS J., *Mediterranean milk and milk products*. *European Journal of Nutrition* 2004, 43, 1-1 DOI: 10.1007/s00394-004-1104-8.
ISSN 1436-6207. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00394-004-1104>
- [5] BURATTO T., *Mastering Mascarpone: What it takes to make a perfect batch of Mascarpone Cheese*, 12-2010, s. 1-42 [cit. 2022-03-18].
Dostupné z: <https://digitalcommons.calpoly.edu/dscisp/40>
- [6] COZZOLINO A, Di PIERRO P, MARINIELLO L, SORRENTINO A, MASI P, PORTA R. *Incorporation of whey proteins into cheese curd by using transglutaminase*. *Biotechnol Appl Biochem*. 2003 Dec;38(Pt 3), s. 289-295. doi: 10.1042/BA20030102.
Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12906711>
- [7] KYUNG H., RANKIN S., LEE M.R, LEE W.. *Development and Characterization of Whey Protein-Based Nano-Delivery Systems: A Review*. *Molecules*. 2019 doi: 10.3390/molecules24183254.
Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31500127/>
- [8] SAINANI M.R et. al. *Characterization of Particles in Cream Cheese*. *Journal of Dairy Science*, Volume 87, Issue 9, s. 2854 – 2863, 2004 [online]
Dostupné z: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(04\)73414-1/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(04)73414-1/fulltext)
- [9] BRIGHENTI M., LUCEY S., JAEGGI J.J., JOHNSON M.E., *Behavior of stabilizers in acidified solutions and their effect on the textural, rheological, and sensory properties of cream cheese*. *Journal of Dairy Science*, Volume 103, Issue 3, 2065-2076, 2020
Dostupné z: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(20\)30038-2/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(20)30038-2/fulltext)

- [10] ROGINSKI, H; FUQUAY, W.J.; FOX, F.P. *Encyclopedia of Dairy Science*. Vol 1, Amsterdam: Academic Press, 2003, 557 s. ISBN 0122272358
- [11] ŠUSTOVÁ, K; SÝKORA, V. *Mlékárenská technologie*. Brno, Mendelova univerzita, 2013, 223 s. ISBN 978-80-7375-704-5.
- [12] FARKYE, N. Y., *Acid-Heat Coagulated Cheeses*. *Cheese*. Elsevier, 2017, s. 1111-1115 DOI: 10.1016/B978-0-12-417012-4.00044-2.
Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780124170124000442>
- [13] PHILLIPS, G. O., WILLIAMS P.A., *Handbook of hydrocolloids*. 2nd edition Boca Raton, FL: CRC Press, New York 2009. ISBN 9781845695873
- [14] DUMITRIU, S. *Polysaccharides: Structural Diversity and Functional Versatility*, 2nd edition. Marcel Dekker, New York, 2005 ISBN 0824754808
- [15] WILLIAMS, P.A. and PHILLIPS, G.O. *Gums and Stabilisers for the Food Industry 14*. Royal Society of Chemistry, Cambridge. 2008 ISBN 9780854044610
- [16] BIMPIZAS-PINIS M., SANTAGATA R., KAISER S., *Additives in the food supply chain: Environmental assessment and circular economy implications*, Environmental and Sustainability Indicators, Volume 14, 2022, 100172, ISSN 2665-9727, <https://doi.org/10.1016/j.indic.2022.100172>.
Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2665972722000046>
- [17] VINHA A.F., RODRIGUES F., NUNES A.M., *Natural pigments and colorants in foods and beverages*, Polyphenols: Properties, Recovery, and Applications, Woodhead Publishing, 2018, S. 363-391, ISBN 9780128135723,
Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128135723000117>
- [18] GILSENAN M.B, *Additives in Dairy Foods*, Encyclopedia of Dairy Sciences (Second Edition), Academic Press, 2011, S. 55-60, ISBN 9780123744074, doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00005-4.
Dostupné z: www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123744074000054)
- [19] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 o potravinářských přídatných látkách [vid. 2008-12-16].
- [20] SONG Y.S., HEPP M.A., *US Food and Drug Administration approach to regulating intelligent and active packaging components*, In Food Science and Technology, Innovations in Food Packaging, Academic Press, 2005, S. 475-481, ISBN 9780123116321, <https://doi.org/10.1016/B978-012311632-1/50058-9>.
Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123116321500589>

[21] DICKINSON, E. *Effect of hydrocolloids on emulsion stability*, in Williams, P. A. and Phillips, G. O., *Gums and Stabilisers for the Food Industry ± 12*, Cambridge, Royal Society of Chemistry, s. 394-404, 2004, ISBN 9780824048915

[22] SAHA D., BHATTACHARYA S. *Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review*. *Journal of Food Science and Technology*. 47, S. 587–597 2010. <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0162-6>

Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13197-010-0162-6>

[23] GUZEY, D. and MCCLEMENTS, D. J. *Formation, stability and properties of multilayer emulsions for application in the food industry'*, *Advances in Colloid and Interface Science*, S. 128-130, 227-248., 2007, DOI: 10.1016/j.cis.2006.11.021

Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17223060/>

[24] BIXLER, H.J., JOHNDRO, K. and FALSHAW, R. *Kappa-2 carrageenan: structure and performance of commercial extracts II. Performance in two simulated dairy applications*, *Food Hydrocolloids* 15, S. 619-630, 2001, DOI: 10.1016/S0268-005X(01)00047-9

Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/222641086>

[25] BLAKEMORE, R.B. and HARPELL, A. *Carrageenan. In: Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents for Food*, A.P. Imeson (ed.), Blackwell Publishing, Oxford (in press). 2009 ISBN 9781405132671

[26] DE VRIES, J.A, ARLTOFT, D. and MADSEN, F. (2008) *Interaction of different gelling carrageenans with milk proteins*. In: *Gums and Stabilisers for the Food Industry 14*, P.A. Williams and G.O. Phillips (eds). RSC Publishing, Cambridge, pp. 440-445. ISBN 9780854044610

[27] CAMPO V.L., KAWANO D.F, SILVA D.B., CARVALHO I., *Carrageenans: Biological properties, chemical modifications, and structural analysis – A review*, *Carbohydrate Polymers*, Volume 77, Issue 2, 2009, S. 167-180, ISSN 0144-8617 <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2009.01.020>.

Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861709000459>

[28] MARANGONI L., VIEIRA R.P., JAMRÓZ E., *Furcellaran: An innovative biopolymer in the production of films and coatings*, *Carbohydrate Polymers*, Volume 252, 2021, ISSN 0144-8617, <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.117221>.

Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861720313941>

- [29] BRIGHENTI, M. et al., *Characterization of the Rheological, Textural, and Sensory Properties of Samples of Commercial US Cream Cheese with Different Fat Contents*. Journal of Dairy Science. 91(12), 4501-4517. 2008, DOI: 10.3168/jds.2008-1322. ISSN 00220302. Dostupné také z <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030208709160>
- [30] BUREY P, BHANDARI BR, HOWES T, GIDLEY M *Hydrocolloid gel particles: formation, characterization and application*. Crit Rev Food Sci Nutr 48, S. 361–377, 2008, <https://doi.org/10.1080/10408390701347801>,
Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408390701347801>
- [31] SODINI I., REMEUF F., HADDAD C., CORRIEU G. *The Relative Effect of Milk Base, Starter, and Process on Yogurt Texture: A Review*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 44 (2), S. 113-137. DOI: 10.1080/10408690490424793
Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15116758/>
- [32] PELEG M., *The Instrumental Texture Profile Analysis (TPA) Revisited*, Journal of Texture Studies 50 (5) DOI: 10.1111/jtxs.12392
Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/330853466>
- [33] ALVAREZ, M. D., CANET, W., LOPEZ, M. E. (2002). *Influence of deformation rate and degree of compression on textural parameters of potato and apple tissues in texture profile analysis*. European Food Research Technology, 215, S. 13–20. <https://doi.org/10.1007/s00217-002-0515-0>
Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-002-0515-0>
- [34] PHADUNGATH, Ch.. *Cream cheese products: A review*. Journal of Science and Technology. 2005, 27(1), S. 191-199 DOI: 10.12691/jfnr-3-3-10 Dostupné z: <http://www.sciepub.com/reference/104028>
- [35] LINTON, Richard. *Food Safety Hazards in Foodservice and Food Retail Establishments*. Department of Food Science 1996, 5, s. 11-15
Dostupné z: <https://www.extension.purdue.edu/extmedia>
- [36] CABALLERO B., TRUGO L.C., FINGLAS P.M. *Encyclopedia of food science, food technology and nutrition*. San Diego, Calif.; London: Academic, 2003. ISBN 9780122270550
- [37] UPADHYAY R., a CHEN J., *Rheology, and tribology assessment of foods*. Biopolymer-Based Formulations. Elsevier, 2020, s. 697-715. DOI: 10.1016/B978-0-12-816897-4.00028-X. ISBN 9780128168974.
Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B978012816897400028X>

- [38] BUŇKA, F. *Mlékárenská technologie I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013. ISBN 978-80-7454-254-1.
- [39] ČERNÍKOVÁ M., PACHLOVÁ V., HOLAS O., BUŇKA F. *The Effect of Dairy Fat Source on Viscoelastic Properties of Full-Fat Processed Cheese Spreads*. *European Journal of Lipid Science and Technology* 2018, 120(1) DOI: 10.1002/ejlt.201700319. ISSN 14387697. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ejlt.201700319>
- [40] MCKENNA, B.M. a J.G. LYNG. *Principles of food viscosity analysis*. Instrumental Assessment of Food Sensory Quality. Elsevier, 2013, 2013, s. 129-162
DOI: 10.1533/9780857098856.1.129. ISBN 9780857094391.
Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780857094391500055>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

MAG	Monoacylglyceroly
DAG	Diacylglyceroly
SVHP	Správná výrobní a hygienická praxe
ot.	Otáčky
G'	Elastický modul pružnosti [Pa]
G''	Ztrátový modul pružnosti [Pa]
G^*	Komplexní modul pružnosti [Pa]
w/w	Hmotnostní procenta

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Chemická struktura karagenanů	28
Obrázek 2: Chemická struktura furcellaranu	29
Obrázek 3: Stephan UMC 5	35
Obrázek 4: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FA 1 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)	43
Obrázek 5: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FA 2 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)	45
Obrázek 6: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FA 3 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)	47
Obrázek 7: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FA 4 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)	49
Obrázek 8: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FA 5 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)	51
Obrázek 9: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FA 6 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)	53
Obrázek 10: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FB 1 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)	55
Obrázek 11: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FB 2 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)	57
Obrázek 12: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FB 3 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)	59
Obrázek 13: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FB 4 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)	61
Obrázek 14: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FB 5 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)	63
Obrázek 15: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FB 6 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)	65
Obrázek 16: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FAM 1 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz)	67

Obrázek 17: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FAM 2 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz).....	69
Obrázek 18: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FAM 3 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz).....	71
Obrázek 19: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FAM 4 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz).....	73
Obrázek 20: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FAM 5 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz).....	75
Obrázek 21: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FAM 6 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz).....	77
Obrázek 22: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FBM 1 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz).....	79
Obrázek 23: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FBM 2 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz).....	81
Obrázek 24: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FBM 3 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz).....	83
Obrázek 25: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FBM 4 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz).....	85
Obrázek 26: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FBM 5 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz).....	87
Obrázek 27: Závislost elastického modulu pružnosti (G' ; Pa; modře) a ztrátového modulu pružnosti (G'' ; Pa; oranžová) pro vzorek FBM 6 po 1, 14 a 28 dnech skladování při 6 ± 2 °C na frekvenci (Frekvence; v rozmezí 0,1-10 Hz).....	89
Obrázek 28: Graf naměřených hodnot tvrdosti [N] u vzorků FA, FB, FAM a FBM v koncentrační řadě 0,15 – 0,20 % (w/w).....	92

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Označení vzorků smetanových krémů vyrobených v koncentrační řadě jednotlivých hydrokoloidů.....	35
Tabulka 2: Průměrné hodnoty pH smetanových krémů během skladování po přidavku furcellaranů	39
Tabulka 3: Průměrné hodnoty obsahu sušiny smetanových krémů při skladování po přidavku furcellaranů	41
Tabulka 4: Vypočítaný komplexní modul pružnosti smetanových krémů po 28. dni skladování	90

