

# Vliv přídatku bílkovin na vlastnosti mléčných dezertů

Bc. Jana Putalová

---

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. Jana Putalová**  
Osobní číslo: **T20809**  
Studijní program: **N0721A210004 Technologie potravin**  
Forma studia: **Prezenční**  
Téma práce: **Vliv přídavku bílkovin na vlastnosti mléčných dezertů**

## Zásady pro vypracování

### I. Teoretická část

1. Charakterizujte význam bílkovin ve výživě konzumentů zaměřených na zvýšených příjem bílkovin.
2. Popište metody koncentrace a izolace mléčných složek.
3. Popište výrobu mléčných dezertů.

### II. Praktická část

1. Vyroberte modelové vzorky mléčných dezertů.
2. Sledujte vybrané vlastnosti modelových vzorků.
3. Vyhodnoťte a porovnejte sledované parametry, diskutujte je s literaturou a vyvodte závěry.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] SMITHERS, Geoffrey W. a M. A. AUGUSTIN. *Advances in dairy ingredients*. Ames, Iowa: Institute of Food Technologists, 2013. ISBN 978-0-8138-2395-9
- [2] TAMIME, A. Y. *Dairy powders and concentrated products*. Chichester, U.K.: Wiley-Blackwell, 2009. ISBN 978-1-4051-5764-3.
- [3] Saarela, M. 2007. *Functional Dairy Products, Volume 2*. Woodhead Publishing. Bylund, G., 2015. *Dairy processing handbook*. Lund: Tetra Pak Processing Systems AB
- [4] KUSIO, Katarzyna, Jagoda O. SZAFRAŃSKA, Wojciech RADZKI a Bartosz G. SOŁOWIEJ. Effect of Whey Protein Concentrate on Physicochemical, Sensory and Antioxidative Properties of High-Protein Fat-Free Dairy Desserts. *Applied Sciences* [online]. 2020, **10**(20)
- [5] CHANDAN, Ramesh C., Arun KILARA a Nagendra P. SHAH. *Dairy processing and quality assurance*. Second edition. Hoboken, NJ, USA: Wiley Blackwell, 2016. ISBN 978-1-118-81031-6

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Vendula Pachlová, 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**

Tato diplomová práce byla zaměřena na sledování vlivu přídavku izolátu (WPI) a koncentrátu (WPC) syrovátkových bílkovin na chemické, texturní a reologické vlastnosti mléčných dezertů se zvýšeným obsahem vlákniny. Pro tyto účely byly vyrobeny modelové vzorky mléčných dezertů o různém poměru banánové plentejnové a tapiokové mouky (60:40 a 50:50), do kterých byl aplikován 1 až 8% přídavek izolátu nebo koncentrátu sérových bílkovin. U vyrobených vzorků pak byla provedena chemická analýza (stanovení pH, obsah sušiny, aktivita vody), analýza stability vzorků, texturní a reologická analýza v průběhu 14denního skladování. Z provedených analýz bylo zjištěno, že pH i obsah sušiny modelových mléčných dezertů se zvýšeným obsahem vlákniny se v průběhu skladování zvyšovaly s přídavkem syrovátkových proteinů. V průběhu skladování také docházelo ke zvyšování aktivity vody a k mírnému uvolňování kapaliny z mléčných dezertů, což bylo nejspíše způsobeno synerezí gelu dezertů. Z hlediska stability se jeví jako stabilnější mléčné dezerty s přídavkem WPC v poměru banánové plentejnové a tapiokové mouky 50:50. Z výsledků texturních a reologických analýz pak vyplynulo, že mléčné dezerty s vyšším přídavkem syrovátkových bílkovin vykazovaly vyšší tuhost, tvrdost a komplexní viskozitu a nejvíce tento rys vykazovaly šarže s WPI v poměru banánové plentejnové a tapiokové mouky 60:40.

**Klíčová slova:** mléčný dezert, izolát syrovátkového proteinu (WPI), koncentrát syrovátkového proteinu (WPC), banánová plentejnová mouka, tapioková mouka

## **ABSTRACT**

This diploma thesis was focused on determining the effect of addition a whey protein isolate (WPI) and a whey protein concentrate (WPC) on the chemical, textural and rheological properties of dairy desserts with increased fibre content. For this purpose were produced model samples of dairy desserts with different proportions of plantain and tapioca flour (60:40 and 50:50) and addition from 1 to 8 % WPC or WPI. The basic chemical analysis (pH, dry matter content, water activity), test of stability, texture and rheological analysis was performed in model dairy desserts during 14day storage. Based on the obtained results of the analysis, it was found that the pH and dry matter content of dairy desserts with increased fibre content increased with addition of whey proteins. During storage, there was also observed an increase in water activity and a slight release of liquid from dairy desserts, which was probably caused by syneresis of the gel. The dairy desserts with WPC were more stable in the ratio of plantain and tapioca flour 50:50. The results of texture and rheological analyses showed that dairy desserts with the higher addition of whey proteins, especially with WPI in the ratio of plantain and tapioca flour 60:40, show higher rigidity, hardness and complex viscosity.

**Keywords:** dairy desserts, whey protein isolate (WPI), whey protein concentrate (WPC), plantain flour, tapioca flour

Mé upřímné poděkování patří především paní docentce Vendule Pachlové, která mou diplomovou práci vedla s velkou trpělivostí, vstřícností a laskavostí, Ing. Vendule Kůrové, která mi pomáhala při výrobě modelových vzorků a následných analýzách a v neposlední řadě také mému manželovi, mým rodičům a blízkým, kteří byli mou velkou oporou během celého studia.

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

# OBSAH

<b>I</b>	<b>TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>11</b>
<b>1</b>	<b>BÍLKOVINY VE VÝŽIVĚ ČLOVĚKA .....</b>	<b>12</b>
1.1	CHARAKTERISTIKA BÍLKOVIN .....	12
1.2	VÝZNAM ZVÝŠENÉHO PŘÍJMU BÍLKOVIN .....	13
1.3	BÍLKOVINY VE SPECIÁLNÍ VÝŽIVĚ .....	14
1.4	SUPLEMENTACE BÍLKOVIN VE VÝŽIVĚ .....	16
<b>2</b>	<b>METODY KONCENTRACE A IZOLACE MLÉČNÝCH SLOŽEK.....</b>	<b>18</b>
2.1	LABORATORNÍ METODY SEPARACE MLÉČNÝCH SLOŽEK .....	18
2.1.1	Příprava vzorků .....	18
2.1.2	Metoda vysolování .....	18
2.1.3	Metoda izoelektrického bodu .....	19
2.1.4	Centrifugační metoda .....	19
2.1.5	Speciální metody izolace a koncentrace kaseinu .....	20
2.1.6	Speciální metody izolace a koncentrace sérových bílkovin.....	20
2.2	MEMBRÁNOVÉ METODY SEPARACE MLÉČNÝCH SLOŽEK .....	21
2.2.1	Mikrofiltrace .....	21
2.2.2	Ultrafiltrace .....	22
2.2.3	Nanofiltrace.....	23
2.2.4	Reverzní osmóza .....	23
2.2.5	Elektrodialýza .....	24
<b>3</b>	<b>VÝROBA MLÉČNÝCH DEZERTŮ.....</b>	<b>25</b>
3.1	SUROVINY A SLOŽENÍ .....	25
3.1.1	Mléko .....	26
3.1.2	Modifikátory textury .....	27
3.1.3	Barviva a ochucovadla .....	29
3.2	TECHNOLOGIE VÝROBY .....	30
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>	<b>33</b>
<b>4</b>	<b>CÍL PRÁCE .....</b>	<b>34</b>
<b>5</b>	<b>SUROVINY A METODIKA .....</b>	<b>35</b>
5.1	SUROVINY A VÝROBA MODELOVÝCH VZORKŮ.....	35
5.2	ANALÝZY MODELOVÝCH VZORKŮ.....	38
5.2.1	Stanovení pH.....	38
5.2.2	Stanovení obsahu sušiny .....	38
5.2.3	Stanovení aktivity vody.....	39
5.2.4	Stanovení stability .....	39
5.2.5	Stanovení texturních vlastností .....	39
5.2.6	Stanovení reologických vlastností.....	40
<b>6</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUZE.....</b>	<b>41</b>



6.1	CHEMICKÁ ANALÝZA .....	41
6.1.1	Analýza pH.....	41
6.1.2	Analýza obsahu sušiny .....	44
6.1.3	Analýza aktivity vody .....	47
6.2	ANALÝZA STABILITY VZORKŮ .....	50
6.3	ANALÝZA TEXTURNÍCH VLASTNOSTÍ.....	53
6.4	REOLOGICKÁ ANALÝZA.....	56
6.4.1	Komplexní viskozita .....	58
6.4.2	Elastický modul pružnosti.....	63
6.4.3	Ztrátový modul pružnosti.....	68
<b>7</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>73</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>74</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>85</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>86</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>91</b>

## ÚVOD

Mléčné dezerty jsou velmi populárním druhem mléčných výrobků nejen díky svému nutričnímu složení, ale také díky své rozmanitosti z hlediska chuti a konzistence. Do kategorie mléčných dezertů se řadí zejména mléčné rýže či krupice, tvarohové a smetanové krémy, ochucené zakysané smetany, pěny a pudinky. V posledních letech se stávají velmi populárními alternativní styly stravování a roste i celkový zájem spotřebitelů o kvalitní a plnohodnotné potraviny, které nejen dobře chutnají a vypadají, ale také přináší svým konzumentům přidanou hodnotu v podobě nutričních benefitů. Mléčné dezerty, kterými se zabývá tato diplomová práce, mají dvě přidané hodnoty: jsou obohaceny o vlákninu a o syrovátkové proteiny.

Práce je rozdělena na teoretickou část, která se zabývá obecně významem bílkovin ve výživě člověka, metodami koncentrace a izolace mléčných složek a samotnou technologií výroby mléčných dezertů. Praktická část je věnována pozorování vlivu přídatku izolátů a koncentrátů syrovátkových bílkovin na vybrané vlastnosti vyrobených mléčných dezertů se zvýšeným obsahem vlákniny. Výsledková část se pak zaměřuje zejména na chemické, texturní a reologické vlastnosti těchto modelových dezertů s přidanými proteiny.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 BÍLKOVINY VE VÝŽIVĚ ČLOVĚKA

## 1.1 Charakteristika bílkovin

Bílkoviny nebo také proteiny, jsou spolu s tuky a sacharidy základními živinami a stavebními prvky všech organismů. Slovo protein je odvozeno z řeckého *protos* (první, základní) a poprvé ho použil holandský lékař G. J. Mulder v roce 1839. V Česku se uchytil spíše německý překlad slova Eiweiß = bílek a tedy bílkovina. Bílkoviny jsou vysokomolekulární přírodní látky (biopolymery), jejichž základními stavebními jednotkami jsou  $\alpha$ -aminokyseliny. Proteiny mohou mít různé funkce v organismus jako např. stavební (kolagen), katalytické (enzymy), regulační (hormony), obranné (imunoglobuliny), transportní (transferin či hemoglobin) či zásobní (ovalbumin, ferritin) funkci. [47][103]

Spolu se sacharidy a tuky patří proteiny k základním a hlavním složkám potravy člověka. Mají energetickou hodnotu 17 kJ (4 kcal) v 1 gramu, a navíc jsou jediným zdrojem AMNK (aminokyselin) a tedy i dusíku, pro organismus. Díky aminokyselinám, které je tvoří, jsou také katalyzátory biochemických reakcí v organismu, stimulují a napomáhají vylučování hormonů, rychlejší regeneraci organismu a podílí se na nárůstu svalové hmoty a její ochraně před katabolismem. Díky těmto všem vlastnostem je jejich zvýšený příjem velice žádoucí nejen při přirozeném vývinu u dětí, ale také u fyzicky aktivních lidí, sportovců a při zdravém životním stylu, redukčních dietách nebo akutním či chronickým onemocnění. Denní energetický příjem by měl být pokryt z 12-15 % bílkovinami a z toho nejméně 50 % proteiny plnohodnotnými (tj. bílkovinami, které obsahují všechny nezbytné (esenciální) aminokyseliny, nejvíce zastoupené v mase, mléčných výrobcích a vejcích). Tyto hodnoty se pak dále odvíjí od věku, pohlaví, tělesné hmotnosti a prostředí, přičemž u dětí by měl být příjem až dvojnásobný. [20][82][92]

Podstatným faktorem z hlediska bílkovin ve stravě je i tzv. výživová hodnota proteinů, což je hodnota, která udává zastoupení a využitelnost aminokyselin v dané bílkovině. K určení této hodnoty lze využít několik metod, např. tzv. metodu Amino Acid Score (AAS), tedy metodu aminokyselinového skóre, což je poměrné zastoupení zpravidla esenciálních aminokyselin v daném proteinu ve srovnání se zastoupením v referenčním vzorku proteinu (nejčastěji vaječná bílkovina – optimální složení esenciálních AMNK), nebo způsobem dle tzv. Essential Amino Acid Index (EAAI), tedy indexu esenciálních aminokyselin, který podává přesnější informace o výživové hodnotě bílkovin. Další možností určení kvality bílkovin je pak tzv. Protein Efficiency Rating (PER), což je skóre efektivnosti využití dané

bílkoviny v organismu, či Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score (PDCAAS), tedy skóre stravitelnosti bílkoviny. [48][82]

## 1.2 Význam zvýšeného příjmu bílkovin

Kvalita a stravitelnost přijímaných bílkovin závisí na aminokyselinovém složení daného proteinu. Tato je vyjádřena biologickou hodnotou proteinů a značí, kolik gramů tělesných proteinů může být vytvořeno ze 100 g bílkovin přijatých ze stravy (nabývá hodnot 0-100). Čím je biologická hodnota proteinů vyšší, tím je jich pro vyrovnanou proteinovou bilanci potřeba méně. Vzhledem k širokému spektru aminokyselin, které mohou tvořit proteiny, je nutné přijímat pestrou stravu a v ní obsažené různé druhy bílkovin, zejména tedy takové, které obsahují větší množství esenciálních aminokyselin. Také je doporučeno přijímat jak bílkoviny živočišného, tak rostlinného původu, čímž jsou organismu dopřávány proteiny s vyšší biologickou hodnotou. [61]

Aminokyseliny tvořící bílkoviny fungují v organismu jako jediný zdroj dusíku. Podle aktuálního stavu dusíku v organismu je tedy stanovena buď pozitivní dusíková bilance, která značí syntézu bílkovin v organismu a nárůst svalové hmoty, nebo negativní dusíková bilance, která značí katabolismus bílkovin v organismu, tedy jejich úbytek a zužitkování na jiné funkce než stavební, tudíž dochází k úbytku svalů v těle. Tento stav nastává ve chvíli, kdy není organismu dodáván dostatek bílkovin v potravě, trpí podvýživou, nebo nevyváženou stravou a v extrémních případech může vést až k těžkým případům poruch příjmu potravy, marasmu (což je závažná malnutrice s nedostatkem proteinů spojená s nízkou tělesnou hmotností, atrofií svalů, oslabenou imunitou a celkovým rozvratem organismu) nebo onemocnění Kwashiorkor (tj. stresová malnutrice nebo také syndrom těžkého nedostatku bílkovin, kdy organismus není schopen využívat sacharidy a lipidy jako zdroj energie a spotřebovává proteiny viscerální, plasmatické a svalové. Také dochází k nedostatku přísunu energie do organismu a charakteristické jsou pro toto onemocnění otoky a selhání orgánů, které může vést až ke smrti, přičemž je toto onemocnění typické zejména pro rozvojové země). Pokud tedy organismus vykazuje zvýšený výdej energie (zejména u fyzické zátěže, výrazných změn v organismu nebo nemoci), je nutné také zvýšit příjem proteinů a esenciálních aminokyselin, aby nedocházelo k negativní dusíkaté bilanci. [62][98]

Při výběru a příjmu bílkovin jsou velmi důležité i tzv. limitující aminokyseliny, což jsou aminokyseliny, které se v bílkovině vyskytují ve velmi malém množství, musí být tedy

doplněny do organismu z rozličných zdrojů potravy. Mezi tyto se řadí např. lysin (obiloviny), methionin (luštěniny) nebo tryptofan (kukuřice). Pokud nastane v organismu stav, kdy je AMNK dostatek až přebytek, ale chybí limitující AMNK, jsou tyto pro syntézu proteinů nevyužitelné, proto je nejvhodnější přijímat ve stravě tzv. plnohodnotné proteiny, tedy proteiny, které obsahují esenciální aminokyseliny. Esenciální aminokyseliny jsou pro organismus nezbytné, nicméně ten si je nedokáže syntetizovat, tudíž musí být přijímány v potravě. Mezi tyto se řadí valin, leucin, isoleucin, threonin, methionin, lysin, fenylalanin a tryptofan. [62][101]

### 1.3 Bílkoviny ve speciální výživě

Jak již bylo zmíněno výše, doporučený denní příjem bílkovin se liší v závislosti na mnoha faktorech. U dospělého, zdravého člověka by se měl pohybovat od 0,4 g/kg tělesné hmotnosti, ideálně pak 0,8-1 g/kg tělesné hmotnosti za den a u dětí pak od 1 g/kg tělesné váhy za den. U těhotných žen je vzhledem k vyvíjejícímu se plodu v těle matky a zvýšenému vyčerpávání nejen energetických zásob organismu, nutno navýšit příjem proteinů, a to ideálně na 15–20 g čisté bílkoviny denně, stejně tak u žen kojících. Dále je potřeba navýšit příjem bílkovin u akutně či chronicky nemocných lidí, zejména pak u těch vyššího věku. Tady se doporučuje příjem 25-30 g bílkovin v jednom pokrmu, přičemž tento by měl obsahovat alespoň 2,5 g leucinu, tedy je nutné vybírat plnohodnotné zdroje bílkovin. Zvýšený příjem bílkovin je nutný i při zvýšené fyzické zátěži, zejména při vrcholovém či silovém sportu. Tady množství přijatých bílkovin závisí zejména na druhu sportu, stavu organismu, věku a pohlaví sportovce, a proto je nutné mít při takovéto fyzické zátěži správně nastavený jídelníček na míru. Jako ideální hodnota příjmu bílkovin se v těchto případech uvádí 1-1,2 g/kg tělesné hmotnosti u vytrvalostních sportovců a 1,6 – 1,8 g/kg tělesné váhy u silových sportovců a kulturistů. Hodnoty nad 2 g bílkovin na kilogram těl. hmotnosti se nedoporučují, neboť by docházelo k nadměrné nežádoucí zátěži jater a ledvin, které odbourávají odpadní dusík. Kromě toho se také nedoporučuje překračovat maximální jednorázovou dávku bílkovin pro podporu svalového růstu u sportovců (30 g) z důvodu neschopnosti organismu takto vysokou dávku správně využít. [3][38][89][93]

Problém s příjmem proteinů ve stravě může nastat v momentě, kdy se jídelníček zaměřuje jen na určité druhy potravin, či dochází k vyloučení určitého druhu potravin z jídelníčku, což je bohužel v dnešní době poměrně častý jev (vyjma speciálních stravovacích návyků ze zdravotních důvodů – celiakie, nesnášenlivost laktózy, potravinové alergie aj.). Vzhledem

k faktu, že trend tzv. alternativního stravování je v dnešní době velmi populární, je třeba věnovat zvýšenou pozornost výběru potravin s vhodným a dostatečným obsahem živin a dbát na příjem nejen bílkovin z různých zdrojů. V dnešní době se k nejběžnějším alternativním způsobům stravování řadí vegetariánství a s ním i jeho několik odnoží, včetně jeho nejprísrnější varianty tedy veganství. Ve všech těchto typech stravování je velice důležité hlídat dostatečný přísun všech nutných živin včetně bílkovin, zejména pak u veganství. Vegetariáni se zcela vyhýbají červeným druhům masa, drůbeži, rybám, mořským živočichům, želatině, sádlu a masovým vývarům. Z tohoto je patrné, že může nastat značné snížení příjmu plnohodnotných proteinů ve stravě, nicméně pokud dochází k alespoň trochu pravidelné konzumaci dostatečného množství mléka, mléčných výrobků a vajec (lakto-ovo-vegetariáni) nebo alespoň jedné z těchto potravin (mléko a mléčné výrobky = lakto-vegetariáni; vejce = ovo-vegetariáni), nejedná se z hlediska příjmu bílkovin o významnou komplikaci, neboť jak bylo zmíněno výše, mléko a výrobky z něj stejně jako vejce obsahují dostatek plnohodnotných proteinů a esenciálních AMNK. [22][111]

Při veganském typu stravování je příjem bílkovin značně komplikovanější, neboť jsou zde striktně odmítány jakékoliv živočišné zdroje potravin a povoleny jsou pouze rostlinné zdroje, které však většinou obsahují mnohem nižší podíl esenciálních AMNK a plnohodnotných bílkovin oproti živočišným zdrojům a vyšší podíl limitujících AMNK. Jako nejschůdnější alternativy se zde nabízí z rostlinných zdrojů hlavně kombinace luštěnin (hrách, čočka, cizrna, sója a fazole – limitující AMNK je methionin a cystein) a obilovin (pšenice, žito, ječmen, oves, kukuřice – limitující AMNK je lysin a tryptofan). Celkově vzato je tento způsob stravování nejen z hlediska příjmu bílkovin velmi diskutabilní, neboť při nedostatečné znalosti jednotlivých pochodů v organismu, potřebných nutrientů a složení jednotlivých potravin z hlediska výživových hodnot a tedy při nevhodně sestaveném jídelníčku, by mohlo dojít k nedostatku i jiných makronutrientů kromě bílkovin, jako např. vitaminů B<sub>12</sub> a D, minerálních látek (zejména vápníku, jodu a železa) a proto je doporučováno, aby se tomuto způsobu stravování vyhýbaly zejména těhotné a kojící ženy a také děti, které jsou nejvíce citlivé na správný výběr všech potřebných složek stravy. [5][15][43][58][64][65][75][79][85][111]

Nutno ještě dodat, že stejně jako nedostatek, tak i nadbytek proteinů může být kontraproduktivní, a to zejména při redukčních dietách a rekreačním sportování. Při nadbytku proteinů už totiž nedochází k syntéze vlastních bílkovin, které organismus

vyžaduje, ale ke katalýze aminokyselin nebo glukoneogenezi na zdroj energie a následnému ukládání do tukových rezerv organismu. [93]

#### 1.4 Suplementace bílkovin ve výživě

Zvláště u sportovců je velmi častá tzv. suplementace bílkovin pomocí proteinových preparátů neboli doplňování bílkovin (včetně dalších mikroelementů) do jídelníčku pomocí doplňků stravy. Ty se využívají zejména pro zefektivnění proteosyntézy v organismu a zabránění degradaci svalové hmoty. Stejně jako kvalita a množství přijatých bílkovin je pro sportovce podstatné i načasování. Jako ideální doba pro konzumaci proteinů (proteinových preparátů) vzhledem k požadovanému nárůstu svalové hmoty, se udává čas od 15 do 120 minut od ukončení cvičení či posilování, což je doba tzv. anabolického okna, kdy jsou živiny v organismu nejlépe vstřebávány. [42]

Jak již bylo zmíněno, skvělým zdrojem AMNK jsou živočišné bílkoviny, zejména pak mléčné proteiny, které obsahují glutamin a tryptofan (snadnější budování svalové hmoty), a navíc i laktózu, která zlepšuje přístup aminokyselin do svalů díky stimulaci sekrece insulinu, což je další velký benefit při budování svalové hmoty. Mezi mléčné proteiny se řadí hlavně kasein a syrovátkové proteiny, přičemž kasein je z hlediska budování svalové hmoty znám jako tzv. pomalý protein, neboť jeho transport do svalů je v porovnání se syrovátkovými bílkoviny pomalejší. [43]

Suplementy na trhu jsou buď rostlinného či živočišného původu a nacházejí se zde v několika formách – BCAA (branched-chained amino acids neboli větvené aminokyseliny), hydrolyzáty, v peptidových formách anebo s volnými aminokyselinami. Výhodou hydrolyzátů či produktů s volnými AMNK je lehká vstřebatelnost, zejména oproti větveným aminokyselinám, které zase velice dobře zabraňují katalýze bílkovin. Živočišné suplementy obsahují komplexní spektrum aminokyselin, bohužel často obsahují i nasycené tuky. Řadí se zde zejména syrovátkový protein, který se dělí dle obsahu syrovátkových bílkovin na koncentrát (50-80 %), izolát (nad 80 %) a hydrolyzát (nad 90 %), kasein a protein z vaječných bílků (nejdražší). Výše zmíněné jsou z živočišných zdrojů využívány jako suplementy nejčastěji. Rostlinné suplementy (hrachový a sójový protein) obsahují jako přidanou hodnotu vlákninu, jsou bez tuku a cholesterolu, dobře stravitelné a často jsou i levnější, nicméně kromě sójového proteinu neobsahují komplexní spektrum aminokyselin. BCAA jsou užívané hlavně při vysoké fyzické zátěži např. ve fitness či kulturistice (před nebo po tréninku) a jedná se o esenciální AMNK valin, leucin a izoleucin. Mají schopnost



ochrany svalových buněk, podílejí se na regeneraci svalové tkáně a napomáhají při proteosyntéze či některých biochemických funkcích v mozku. Udává se, že je vhodné je kombinovat i s dalšími výše uvedenými proteinovými suplementy. [43][59][86][102]

## 2 METODY KONCENTRACE A IZOLACE MLÉČNÝCH SLOŽEK

Mléčné složky jsou získávány z mléka, což je heterogenní systém obsahující hlavně vodu, tuky, bílkoviny, mléčný cukr (laktózu), ale také vápník, vitaminy a minerální látky a je tedy nutné na tento systém pohlížet jako na komplexní a různorodou směs složek s různými vlastnostmi a toto zohlednit i při izolaci některé z nich. Jako nejvíce problematická z hlediska vlivů prostředí se pak jeví izolace enzymů, vitaminů a proteinů, proto je nutné vždy zvolit co nejšetrnější metodu pro izolaci dané látky. V této práci se budu věnovat především izolaci mléčných bílkovin. [99]

### 2.1 Laboratorní metody separace mléčných složek

#### 2.1.1 Příprava vzorků

Pro získání bílkovin z mléka je nutné nejprve připravit vzorek. V případě cílení na bílkoviny je nutné odstranit ze vzorku nejprve tuk, protože tento je schopen ve své struktuře vázat nejen proteiny, ale i další složky systému. V případě mléka je tento proces vcelku jednoduchý, neboť mléko je v podstatě emulze tuku ve vodě, tedy je možno oddělit tukovou složku centrifugací, kdy dochází k mechanickému rozrušování obalů tukových kuliček, následnému shlukování tuku, jeho vystávání na povrchu a následnému oddělení. Pro dokonalejší oddělení tuku se uvádí ideální teplota pro centrifugaci 2-10 °C, tedy se zde využívá bodu tuhnutí tukové složky. [21][49][99]

#### 2.1.2 Metoda vysolování

Pro získání proteinů z mléka je často využívána metoda **vysolování** pomocí síranových solí ( $\text{MgSO}_4$  nebo  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ) nebo chloridu sodného. Tato metoda umožňuje částečné oddělení jednotlivých frakcí bílkovin (kaseiny a sérové bílkoviny) a jejich následné separátní využití. Během vysolování totiž dochází ke koncentrační změně v roztoku, následnému shluku kaseinů a imunoglobulinů a vytvoření jemné sraženiny, přičemž sérové bílkoviny zůstávají rozpuštěné v roztoku. Vzniklá sraženina kaseinu a imunoglobulinu je následně přefiltrována a promyta vodou (nebo centrifugována), vysušena a dále zpracována. Sérové bílkoviny získané touto metodou z roztoku lze po přečištění (zejména při použití síranových solí je přečištění nutné) také využít v dalších výrobcích. Výhodou je, že takto získané proteiny si zachovávají svou původní biologickou strukturu a funkci. [21][71][97][109]

### 2.1.3 Metoda izoelektrického bodu

Metodou izoelektrického bodu lze docílit získání mléčných proteinů z mléka a zároveň ideálního oddělení kaseinů od sérových proteinů, ovšem za odlišných podmínek. Izolace kaseinu z mléka se provádí tzv. kyselým srážením, tedy snížením pH mléka na hodnotu tzv. izoelektrického bodu ( $\text{pH} = 4,6$ ), kterou je možno podpořit následnou inkubací při teplotě  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  po dobu 20-30 minut. V principu se jedná o reakci, kdy má kaseinová micela za normálního stavu negativní náboj, tedy se s ostatními micelami odpuzují. Nicméně pokud dojde ke snížení pH v roztoku (mléce), micela je nucena změnit polaritu svého náboje, stane se navenek neutrální, a tudíž se již nebude s ostatními micelami v mléce odpuzovat, naopak bude docházet ke srážkám na molekulární úrovni, což se ve výsledku projeví jako vznik sraženiny. Okyselení probíhá nejčastěji přidáním kyseliny např. citronové či octové. [4][21][72][108]

Izolace sérových bílkovin pomocí izoelektrického bodu je v principu totožná s izolací kaseinu touto metodou, nicméně hodnota izoelektrického bodu pro sérové proteiny nabývá jiné hodnoty a to  $\text{pH} = 4,9-5,2$ . V tomto případě je tedy nutné dodat do roztoku zásadu (nejčastěji NaOH), neboť pH vzniklé syrovátky po odstranění kaseinu z roztoku bývá zpravidla nižší než 4,5, tudíž je nutno naopak pH zvýšit, aby bylo dosaženo izoelektrického bodu. Tímto postupem opět vzniká jemná sraženina, která je následně oddělena centrifugací a dále zpracována. Metodou izoelektrického bodu vznikají nedestruované proteiny o vyšší čistotě oproti metodě vysolování. [19][107][112]

### 2.1.4 Centrifugační metoda

Další možností, jak získat buď koncentrát kaseinů nebo komplexní směs mléčných proteinů je centrifugací. Kaseinové micely tvoří poměrně velké agregáty, tudíž je lze jednoduše oddělit za pomoci odstředivé síly a zvýšené teploty ( $30-37\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Při použití této metody lze využít také vysrážení kaseinů za přídavku  $\text{CaCl}_2$ , který napomáhá rozkladu struktury micel a uvolnění kaseinových jednotek či výše zmíněnou metodu vysolování a tyto metody zkombinovat. Metodou centrifugace je pak tedy získán kaseinát vápenatý a komplex všech proteinů obsažených v mléce. [21][97]

### 2.1.5 Speciální metody izolace a koncentrace kaseinu

Mezi speciální a méně využívané metody pro získání koncentráту kaseinu v praxi se řadí i kryoseparace (kryodestabilizace) a gelová permeační chromatografie. Metoda kryoseparace využívá při oddělování kaseinu z mléka snížené skladovací teploty pod bod mrazu (cca v rozmezí -8 až -12 °C), čímž dochází k destabilizaci kaseinových micel a jejich srážení. Následné oddělení vysráženého kaseinu bývá prováděno formou ultracentrifugace. Literatura také uvádí, že při bližším testování bylo zjištěno, že nepřítomnost laktózy ve vzorcích způsobuje urychlení procesu destabilizace. Tímto způsobem separace byl získán až 95 % výtěžek lyofilizovaného kaseinu. [21][54]

Druhou speciální metodou pro separaci kaseinu je gelová permeační chromatografie. Jedná se o metodu, která jako filtrační médium využívá porézní gel o různých hustotách a dělí tedy proteiny dle molekulové hmotnosti (oddělují se proteiny i laktóza podle klesající molekulové hmotnosti). Proces probíhá na chromatografické koloně a výsledné frakce kaseinů a sérových bílkovin jsou rozpuštěny ve vodě, filtračně odděleny a vysoleny síranovými solemi. Tato metoda je velmi nákladná, proto se nevyužívá v provozech, ale spíše v menším měřítku, zejména v odborných vědeckých či univerzitních laboratořích. [21]

### 2.1.6 Speciální metody izolace a koncentrace sérových bílkovin

Pro získání sérových bílkovin izolačními metodami bývá doporučován spíše jednodušší postup, neboť by v průběhu procesu mohlo docházet k denaturaci, možným reakcím s použitými činidly či dokonce k hydrolyze proteinů. Jsou tedy zvoleny metody, které umožní získat maximum izolované látky v požadované čistotě (0,62-0,63 g/100ml) a co nejjednodušším způsobem. Dle literatury jsou jako nejčastěji používané postupy uváděny: vysolovací metoda nebo metoda izoelektrického bodu proteinů (viz výše) a také dialýza. [18][21][52]

Pokud je požadována vysoká čistota získaného produktu je nejčastěji volena metoda dialýzy po vysolování amonnými solemi, a to proto, aby došlo k odsolení a získání vysoce čistého produktu. Kombinací těchto metod lze získat až 99 % čistého proteinu. Při tomto postupu je nutné volit vhodný dialyzační roztok pro daný substrát, přičemž v principu tato metoda pracuje na bázi difúze (tedy vyrovnávání koncentrace jednotlivých roztoků po koncentračním spádu, ovšem bez dodání energie pro přenos částic). Substrát je vložen do dialyzačního střeva, které je tvořeno polopropustnou látkou a celý systém je přesunut do dialyzačního pufru, kde dochází k samotné difúzi. [4][41]

Jako další izolační metodu pro získání sérových bílkovin by bylo dobré zmínit také elektroforézu v polyakrylamidovém gelu, jinak taky nazývanou jako gelová elektroforéza. Tato metoda se řadí k jedné ze základních způsobů analýzy biopolymerů, zejména pak proteinů a nukleových kyselin. Využívá se hlavně pro identifikaci jednotlivých frakcí dříve oddělených např. kapalinovou chromatografií. Podstatou této metody je migrace iontů v gelu umístěném v elektrickém poli. Migrace iontů je pak závislá na jejich velikosti a síle náboje (ten musí být nenulový) a výsledek se porovnává se známými referenčními standardy. [4][25][46][52][108]

## 2.2 Membránové metody separace mléčných složek

V potravinářství nalezly membránové technologie velice široké uplatnění, zejména v oblasti mlékárenství a výroby nápojů. Tlakové membránové technologie jsou široce využívány zejména pro čištění, zahušťování nebo separaci jednotlivých složek nejen z mléka. Mezi nejvíce využívané membránové tlakové metody pro separaci mléčných složek patří mikrofiltrace, ultrafiltrace a nanofiltrace, které bývají případně doplněny o procesy reverzní osmózy či elektromembránového procesu-elektrodialýzy. Základním principem těchto metod je separace jednotlivých složek mléka za použití tlaku a membrán, kdy produktem separace je tzv. permeát (se sníženým nebo žádným obsahem separované složky) a retentát (obsahující zakoncentrované separované složky). Metody využívají tzv. uspořádání cross-flow, což je systém, kdy je zpracováván roztok hnán podél membrány a látky zadržované na membráně jsou od jejího povrchu odplavovány, přičemž toto je uplatňováno v jednorůchodovém režimu (single pass – velkoobjemové aplikace) či v jednorůchodovém režimu s částečnou recyklací (feed and bleed – menší nebo střední objemy). [67]

### 2.2.1 Mikrofiltrace

Mikrofiltrace (MF) je fyzikální proces schopný zachytit částice v rozmezí velikostí od 0,05  $\mu\text{m}$  až do 5  $\mu\text{m}$  při tlaku nižším než 0,2 MPa. Membrány pro mikrofiltraci bývají nejčastěji zhotoveny z polymerů s vysokou hustotou pórů a pro uchycení membrán bývají použity moduly kapilární, tubulární, s dutými vlákny nebo spirálně vinuté, nejčastěji ovšem membrány s moduly z dutých vláken v tlakovém nebo podtlakovém uspořádání, případně deskové systémy. Mikrofiltrace bývá často používána v mlékárnách jak při odstraňování mikrobiálních rizik v podobě bakterií a jejich spor, tak při oddělování sérových a kaseinových bílkovin z mléka (MFF = mikrofiltrační frakcionace). Při MFF se využívají

membrány s menšími póry a tato metoda bývá nejčastěji využívána pro získání koncentráty kaseinu (retentát) a nativních syrovátkových proteinů (permeát). Pro zpracování syrovátky je pak nutné ji zkombinovat s dalšími procesy, např. s ultrafiltrací při výrobě izolátů syrovátkových bílkovin (WPI). Takto získaný koncentrát kaseinu lze dále využívat jako surovinu pro výrobu sýrů nebo ke standardizaci obsahu kaseinu v mléce. Hlavní výhodou MF je, že chemické i organoleptické vlastnosti mléka a jeho složek zůstávají nezměněny a v případě syrovátkových bílkovin nedochází k denaturaci, lze ji tedy využít i např. při výrobě sýrů a dalších mléčných výrobků (MV), kde prodlužuje trvanlivost výsledného produktu a snižuje potřebu přísady konzervantů zejména dusičnanů. [24][51][57][77][83]

### 2.2.2 Ultrafiltrace

V případě ultrafiltrace (UF) je rozdíl zejména ve velikosti pórů použité membrány. Tyto se pohybují v rozmezí 0,003 až 0,05  $\mu\text{m}$  a pracovní tlaky se pohybují kolem 0,1 až 0,5 MPa. V tomto případě jsou membrány také nejčastěji vyrobené z organických polymerů jako např. polyamidů, acetátů celulózy nebo polyakrylonitrilů, případně z keramických materiálů ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  nebo  $\text{ZrO}_2$ ). Navíc mají membrány na povrchu velmi tenkou aktivní vrstvu, a proto musí být umístěny na silnější, nicméně vysoce porézní vrstvě o tloušťce min. 50–200  $\mu\text{m}$ . Pro tento typ membránové filtrace je velkou výhodou získání bílkovin a dalších složek bez nutnosti fázových změn a teplotních šoků. Nejčastějším využitím této metody v mlékárenství je výroba koncentrátů syrovátkových proteinů (WPC), ale lze ji také využít pro standardizaci bílkovin a celkové sušiny v mléce, zejména pro využití ve fermentovaných MV. Hlavní výhodou mléka upraveného UF je pak zvýšení obsahu sušiny a tím i vyšší výtěžnost výrobního procesu při zpracování, snížení nákladů na výrobu a zvýšení nutriční hodnoty výsledného produktu např. i v důsledku využití syrovátkového proteinu. Navíc lze z tohoto procesu zpracovat i permeát (obsahuje převážně laktózu) a to např. nanofiltrací pro zakonzentrování permeátu a získání laktózy, nebo zahuštěním reverzní osmózou a dále jej využít v přidružené výrobě. [24][74]

Průmyslová výroba **koncentráty syrovátkových proteinů (WPC)** bývá prováděna ze sladké syrovátky a jsou zde kombinovány procesy reverzní osmózy (RO), ultrafiltrace (UF) a diafiltrace (DF – kombinace ultrafiltrace a dialýzy), díky čemuž dochází ke značnému zvýšení koncentrace bílkovin. Pomocí RO je nejprve odstraněna část vody ze syrovátky a následně je získaný retentát (11 % sušiny) upraven kombinací ultrafiltrace a diafiltrace tedy tzv. třístupňovým procesem UF-DF-UF. Retentát a permeát jsou několikanásobně recyklovány a díky tomu je po skončení ultrafiltrace získán retentát s obsahem sušiny 25 %.

Tento je následně zahuštěn na odparce na obsah sušiny 35 % a usušen ve sprejové sušárně. Výsledný produkt má obsah sérových bílkovin až 80 %.

Průmyslová výroba **izolátu sérových proteinů (WPI)** využívá kombinace ultrafiltračních a mikrofiltračních frakcionačních procesů (MFF). Nejprve je zvýšen obsah proteinů s cílem snížit průtok skrz cenově nákladný MF systém, zvýšit koncentraci a míru shlukování tukových kuliček, čímž je také zvýšena účinnost membránového odstraňování tuku. V tomto kroku jsou odstraněny také nežádoucí mikroorganismy (MO) a shluky denaturovaných sérových proteinů, což zvyšuje účinnost následné ultrafiltrace o 50-100 % a napomáhá k získání kvalitnějšího finálního produktu s lepšími funkčními vlastnostmi. V dalším kroku výroby syrovátka podstupuje ultrafiltrační proces, poté retentát postupuje k mikrofiltrační frakcionaci a následné diafiltraci a ve finále ke konečné UF. Získaný finální retentát s obsahem sušiny 30 % je usušen ve sprejové sušárně a výsledný produkt dosahuje až 90% obsahu sérových proteinů. [12][110]

### 2.2.3 Nanofiltrace

Jako další z membránových metod využívaných v potravinářství lze zmínit také nanofiltraci (NF). Při tomto tlakovém membránovém procesu jsou zachytávány částice o maximální velikosti 0,002  $\mu\text{m}$  a pracovní tlak se pohybuje mezi 0,5 a 3,5 MPa. Opět je zde tenká aktivní vrstva (s mírně záporným nábojem), nosič musí mít tloušťku min. 50  $\mu\text{m}$  a jsou zde využívány výhradně polymerní spirálně vinuté membrány. Tato metoda se využívá nejčastěji při zakoncentrování a demineralizaci syrovátky, tj. snížení obsahu solí o max. 35 %. Membrány jsou vysoce propustné zejména pro monovalentní ionty, pro vícevalentní pak méně, přičemž transport solí lze značně ovlivnit intenzitou toku permeátu (flux) – při nízkém fluxu je prostup monovalentních iontů ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) vysoký, kdežto při vysokém fluxu nastává stav maximální retence (zadržování na membráně) dvojmocných iontů ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ). Pro odsolení syrovátky je ideální stav nízkého fluxu a použití sladké syrovátky o pH 5,8. Demineralizaci lze provést také procesem elektrodialýzy, nicméně dle některých zdrojů je použití NF levnější a šetrnější z hlediska spotřeby vody. [70][74][84]

### 2.2.4 Reverzní osmóza

Reverzní osmóza využívá membrány s velikostí pórů 0,001 až 0,0001  $\mu\text{m}$  a pracovní tlaky v rozmezí 0,2–0,6 MPa, přičemž vstupní materiál by měl mít teplotu mezi 15 a 25  $^{\circ}\text{C}$ , a to z hlediska dosažení maximální efektivity procesu. Tato technika bývá často využívána zejména pro konzervaci syrovátky před zahuštěním, odpařováním či sprejovým sušením

nebo z důvodu snížení transportních nákladů před dalším zpracováním v jiném podniku. Lze ji také využít ke konzervaci laktózy v ultrafiltračním permeátu a to z důvodu nízké energetické náročnosti procesu, případně pro odsolení nanofiltračního permeátu, přičemž odsolená voda se navrací zpátky do technologického procesu. [13][29][63]

### 2.2.5 Elektrodialýza

Tato metoda se řadí mezi tzv. elektromembránové procesy a jak již bylo zmíněno dříve, nejčastěji se využívá ke snížení obsahu solí v syrovátce, což umožňuje její širší využití a aplikaci v potravinářství. Elektrodialýza (ED) využívá potenciál stejnosměrného elektrického pole a stejně jako tlakové membránové procesy i uspořádání cross-flow, nicméně na rozdíl od tlakových metod se při použití této metody nejčastěji využívá tzv. vsádkový režim (batch). Při použití této metody vznikají 2 frakce – retentát obohacený o ionty (koncentrát) a odsolená syrovátka (diluát). Elektrodialýzou lze dosáhnout až 90% demineralizace při recyklaci či 60% demineralizace při kontinuálním procesu. Vzhledem k faktu, že před samotnou ED je pro zvýšení účinnosti nutno syrovátku zahustit na obsah sušiny cca 20 %, je výhodná zejména kombinace procesů ED a NF, kdy během nanofiltrace dochází k zahuštění, částečnému odsolení, a navíc lze takto docílit vyššího obsahu hořčíku a vápníku v syrovátce, což nese určité výhody, zejména pak pro využití v dětských výživách, kde takto získaná syrovátka našla široké uplatnění. Takto upravenou surovinu lze dále využívat např. jako nutričně kvalitní náhradu mléka či výživový doplněk pro sportovce, v cukrářském či pekárenském odvětví průmyslu či ve farmacii. Aplikace elektrodialýzy také našla skvělé uplatnění při zpracování kyselé syrovátky (z výroby tvarohů, jogurtů či kaseinu), kde by klasické metody byly velice problematické z důvodu vyšší kyselosti a vysokého obsahu vápníku. Takto získaná surovina je pak využívána ke krmným účelům či při výrobě v posledních letech velmi populárních syrovátkových nápojů. Navíc lze proces elektrodialýzy využít i při separaci laktózy z ultrafiltračního permeátu vzniklého v procesu výroby WPC nebo WPI. [7][63][66]



### 3 VÝROBA MLÉČNÝCH DEZERTŮ

Druhy mléčných dezertů nejsou přesně legislativně definovány, nicméně na trhu se vyskytuje velké množství různých druhů mléčných výrobků ochucených i neochucených, obohacených o vlákninu, bílkoviny, probiotické kultury, vitaminy, vápník a další a mezi dezerty tohoto typu se řadí např. mléčné pudinky, smetanové a tvarohové krémy, pěny, mléčné rýže, krupice, zakysané ochucené smetany apod. Tyto výrobky byly cíleny zejména na děti, nicméně v poslední době se staly populární u širšího spektra konzumentů.

Mezi základní suroviny pro výrobu mléčných dezertů se řadí mléko, tvaroh nebo smetana a cukr, případně jiné sladidlo. Dále mohou být použity ochucující složky, mezi které se řadí nejčastěji vanilka nebo vanilín, karamel, kakaový prášek či máslo (čokoláda) nebo různé ovocné přísady. Mléčné dezerty také mohou být aromatizovány či přibarvovány. V minulosti se využívalo spíše syntetických aromat a barviv, nicméně v dnešní době je velký tlak na používání spíše přírodních složek, zvláště pak do výrobků cílených primárně na děti. Mezi tyto přírodní barviva a aromata se řadí např.: extrakty z mrkve, papriky, červené řepy, karamel, bourbon vanilka apod. Konzistence těchto dezertů by pak měla být hladká, homogenní, polotuhá a lehce roztíratelná a chuť po mléce a použitých surovinách bez dalších nežádoucích příchutí. Dalším příkladem mléčných dezertů jsou mléčné pěny, které vznikají provzdušněním hmoty mléčného dezertu dusíkem, přičemž je nutné použít emulgátory a stabilizátory, a mléčné rýže, které jsou vyráběny povařením rýže ve slazeném mléce do změknutí zrn a přidáním ochucujících složek.

Pudinky a krémy se liší od výše zmíněných druhů mléčných výrobků jak složením, tak konzistencí. Tyto výrobky obvykle obsahují čistou mléčnou sušinu a škrob (např. pšeničný, kukuřičný apod.) a mají hustší a viskóznější konzistenci, neboť v nich obsažený škrob vytváří gel. Dále pak, stejně jako výše zmíněné mléčné výrobky, mohou obsahovat ochucující složky, aromata, barviva případně konzervační látky a látky zlepšující jejich složení jako je vláknina, bílkoviny, inulin a další. [45][88]

#### 3.1 Suroviny a složení

V různých oblastech světa se liší nejen druhy mléčných dezertů, ale i postupy jejich výroby, nicméně všechny obsahují značný podíl mléčné složky a jejich kvalita je přímo úměrná kvalitě použitých surovin. V rámci Evropské Unie musí všechny složky splňovat hygienické požadavky dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu, a také být zdravotně

nezávadné. Volba surovin závisí na druhu výrobku a technologii výroby, nicméně mezi základní suroviny pro výrobu mléčných dezertů se řadí:

- Voda
- Tukuprostá mléčná sušina
- Tuk (mléčný nebo rostlinný)
- Modifikátory textury výrobku (emulgátory, stabilizátory, gelující látky a zahušťovadla)
- Barviva a ochucovadla (přírodní nebo syntetická)

Souhrnně lze tedy říct, že v mléčných dezertech je obsažena mléčná a nemléčná složka. Vzhledem ke složení dezertů se považuje za mléčnou složku mléko, smetana, máslo, tvaroh, syrovátka či čistá mléčná bílkovina a jako nemléčná složka pak použitá barviva, sladidla, aromata, zahušťovadla, stabilizátory nebo želírující látky. [6][37][68][88]

### 3.1.1 Mléko

Mléko nebo jeho součásti jako tuk nebo tukuprostá mléčná sušina jsou základem pro mléčné dezerty všeho druhu. Hlavní důraz je kladen na mléčné proteiny, zejména pak na stabilitu kaseinových micel a jejich interakce s hydrokoloidy např. s karagenanem. Naopak mléčný tuk má nezastupitelnou roli z hlediska reologických vlastností výsledného produktu, kde ovlivňuje zejména tuhost, viskozitu a soudržnost výrobku a samozřejmě také sensorických vlastností, kde funguje jako nositel chuti a zajišťuje bohatou, jemnou a mléčnou chuť výrobku.

Technologie výroby mléčných dezertů umožňuje také použít jen některé z mléčných složek, případně je částečně nahradit či zkombinovat s jinými, čehož se v praxi často využívá s cílem snížit náklady na výrobu produktu, případně uvést na trh nový produkt vhodný pro konzumenty s výživovými omezeními. Asi nejvíce se toto využívá např. při náhradě části dražšího mléčného tuku z výrobku levnějším rostlinným, či odstranění laktózy z etikety produktu využitím delaktózovaného mléka při výrobě. V těchto případech nemusí jít nutně jen o snížení nákladů na výrobek, ale také o snahu využít nutričních a technologických benefitů rostlinné složky, jež čistě mléčná složka nemusí mít a také oslovení širšího spektra konzumentů, a to vzhledem k nárůstu alternativních směrů ve stravování v posledních letech. [17]

### 3.1.2 Modifikátory textury

Jinak taky označované jako hydrokoloidy jsou látky, které mají za cíl upravit strukturní vlastnosti potraviny tak, aby bylo dosaženo optimální konzistence výrobku. Tyto látky jsou zařazovány mezi polymery, tedy mají vysoce molekulární složitou strukturu a zařazují se zde zejména polysacharidy případně proteiny přírodního či syntetického charakteru. Z rostlinných modifikátorů lze zmínit hlavně škrob, celulózu a rostlinné gummy, mezi modifikátory bílkovinného charakteru pak hlavně želatinu, kolagen, kasein či albumin. Ve své podstatě se jedná o látky schopné vázat do své struktury vodu tak, že přecházejí v hustou disperzi a mají tak zahušťovací účinky, které vedou až k tvorbě gelu. [14][44][80][90][95][101]

Mezi přírodní rostlinné modifikátory textury řadíme zejména škroby. Škrob je biopolymerní látka (polysacharid) složená z lineární  $\alpha$ -D (1 $\rightarrow$ 4) amylozy a větveného  $\alpha$ -D (1 $\rightarrow$ 4) a  $\alpha$ -D (1 $\rightarrow$ 6) amylopektinu ve formě tzv. škrobových zrn, přičemž poměr těchto struktur se liší v závislosti na původu škrobu. Při výrobě dezertů lze využít několik druhů škrobů, a to jak nativních, tak modifikovaných. Nejčastěji využívanými druhy jsou kukuřičný, rýžový, pšeničný či bramborový, nicméně lze využít i jiných, méně typických zdrojů (např. tapiokový, plantejnový). Využití mouky obsahující škrob jako modifikátoru v technologickém procesu navíc často obohatí výsledný produkt i nad rámec použití, např. zvýšením nutriční hodnoty (zvýšený obsah vlákniny, minerálů nebo vitaminů) či ovlivněním sensorických nebo dokonce estetických vlastností produktu. Zásadní vlastností škrobu ovlivňující jeho schopnosti jako modifikátoru je to, že ve studené vodě či roztoku je nerozpustný. Škrobová zrna mají ve studené vodě pouze schopnost bobtnat (absorbovat vodu), nicméně při postupném zahřívání směsi dochází k rychlejší absorpci vody až k tzv. mazovatění (gelovatění). Během tohoto procesu dojde k rychlejšímu průniku molekul vody do struktury škrobových zrn a uvolnění části amylozy do vodního prostředí, z uspořádaného systému se tak stává neuspořádaný, dochází k rozrušování vodíkových vazeb a změně struktury škrobu – ten se stává amorfní. Při použití škrobnatých mouk jako gelující látky v dezertech je tedy nutné, aby došlo ke zmazovatění škrobu. Teploty mazovatění se mírně liší dle původu škrobu, např. u kukuřičného se teploty pohybují mezi 62 a 72 °C, kdežto u tapioky se jedná o teploty 58-70 °C. [17][94]

Netypickým druhem mouky, která může ve výrobku plnit hydrokoloidní funkci a zároveň dodat výrobku určitou přidanou hodnotu je **mouka plantejnová**. Tato je vyrobena ze zralých i nezralých zelených banánů *Musa paradisiaca*, jež jsou pěstovány v tropických a

subtropických oblastech, kde teplota neklesá pod 27 °C a roční úhrn srážek je alespoň 2000 mm. Sklizeny jsou zralé i nezralé plody, které jsou upravovány pražením či vařením v demineralizované vodě, umlety a následně sušeny při teplotě mezi 76 a 92 °C v sušárnách. Takto připravená mouka je poté skladována v čistých suchých plechovkách či pytlích při běžných pokojových teplotách a využití nachází např. při výrobě polévek či omáček, pudinků, dezertů, jako součást kojenecké výživy nebo tradičních pokrmů. [100]

Trendem poslední doby je také používání **tapioky** v kulinářském i technologickém odvětví průmyslu. Jedná se o škrob získaný z kořene Manioku jedlého, což je mírně dřevnatý keř původem z Jižní Ameriky, jež je k dostání v tržní síti ve formě tapiokových perel či mouky a má široké využití např. jako zahušťovadlo do omáček, polévek či krémů, k výrobě pudinků a moučníků, jako náhrada mouky či suplement vaječného bílku v pečivárenství a pekařství či při výrobě nápojů. Je vyhledáván zejména při určitých stravovacích omezeních, jako jsou bezlepkové, bezlaktózové či paleo diety. Některé literární zdroje dokonce uvádí, že obsahuje i vyšší podíl minerálních látek jako je vápník, hořčík či železo. [31][35][39]

Jak již bylo zmíněno výše, kromě škrobu lze využít jako modifikátory textury v potravinách také další látky jako např. karagenany, algináty, rostlinné gummy, pektiny apod., které plní nejen želírující funkci či funkci zahušťovadla, ale také emulgátoru a stabilizátoru. Jedná se jak o přírodní látky, tak o látky syntetizované a mohou se lišit funkcí ve výrobku, typem výrobku, strukturou apod. Obecně jsou tyto látky nazývány **hydrokoloidy** a jsou to ve vodě většinou rozpustné polysacharidy získávané z rostlin, semen, živočišného kolagenu či mikrobiologickou syntézou. V potravinách plní funkci zahušťovadel, stabilizátorů a gelujících přísad a nejvíce se využívají právě při výrobě mléčných výrobků, zmrzlin, nápojů či omáček, dresinků nebo cukrovinek. Mezi hydrokoloidy se řadí také **algináty**, které jsou získávány z mořských řas a využívají se hlavně při výrobě zmrzlin, mražených dezertů, pudinků či krémů, případně do nízkotučných dressingů a majonéz nebo pečiva a pekárenských výrobků. Dalšími látkami, které zde spadají, jsou **karagenany**, což je skupina lineárních sulfatovaných polysacharidů často získávaných z rostlinných zdrojů, opět zejména z červených mořských řas. Tyto bývají přidávány do potravin jako emulgátory, stabilizátory či také jako želírující látky a zahušťovadla, často do ochucených mlék, trvanlivých smetan, pudinků, šlehaček ve spreji, sýrů či pečiva. [30][33][34][80][90]

### 3.1.3 Barviva a ochucovadla

Jako sladidlo ve výrobě mléčných dezertů je stále nejvíce využívána sacharóza, a to z hlediska jak technologického, tak ekonomického. Nicméně v těchto typech produktů lze využít i jiné druhy sladidel, např. glukózový či glukózo-fruktózový sirup, což je ale nevýhodné z hlediska vyššího rizika vzniku Maillardových reakcí jako interakcí mezi redukcujícími cukry a mléčnými proteiny během zahřívání. U produktů s nižším obsahem cukrů se nejčastěji setkáváme s použitím tzv. polyolů, což jsou cukerné alkoholy, tedy přírodně identické látky ze sacharidických surovin. Tyto mají vyšší obsah energie, ale oproti sacharóze stejnou nebo nižší sladivost. Mezi nejznámější polyoly řadíme xylitol, sorbitol nebo maltitol. Velkou výhodou těchto náhradních sladidel je jejich termostabilita a neschopnost Maillardových reakcí, takže jejich užití při vyšším teplotním záhřevu je bezproblémové. [17][28]

Barviva se v potravinářství využívají zejména k obnovení přirozené barvy, kterou potravina ztratila v průběhu technologického procesu či získání barvy intenzivnější. Nicméně nejen ve výrobě mléčných dezertů, ale i v potravinářství obecně je v poslední době vyvíjen čím dál větší tlak na omezení používání syntetických barviv a jejich nahrazení přírodními barvivy. Tento požadavek naprosto splňuje skupina barviv zvaná anthokyany (E163), jelikož se jedná o skupinu přírodních intenzivních barviv, běžně se vyskytujících v ovoci, zelenině či v rostlinách. Jejich barva je značně ovlivněna pH prostředí a nejsou příliš stabilní, s čímž je tedy při jejich použití nutno počítat, nicméně některé literární zdroje dokonce uvádí jejich možný pozitivní vliv na cévní stěny a organismus obecně, neboť při jejich extrakci z grepu či hroznů révy vinné (což jsou zdroje pro potravinářský průmysl) byl v extraktu zjištěn značný obsah antioxidantů. [32][105]

Další možností, jak získat přírodní barvivo je extrakce z rostlin či jejich plodů. Tímto způsobem je získáváno i barvivo betanin (E 162), což je červeno-fialové barvivo extrahované z červené řepy nebo paprikový extrakt (E160 c), což je barvivo oranžovo-červené barvy získávané extrakcí z paprik pomocí organických rozpouštědel.

Mezi potravinářsky dlouhodobě využívaná barviva patří také karoteny (E 160), tedy látky přírodního původu s oranžovým a žlutým zbarvením. Jako přidanou hodnotu mají také antioxidační účinky a běžně se vyskytují např. v mrkvi, vaječném žloutku či lososu. Nejvyužívanější z této skupiny je beta-karoten, který bývá i přes nespočet přírodních zdrojů vyráběn pro potravinářské účely synteticky. Beta-karoten je tzv. provitamin A, tedy se podílí na správné funkci imunitního systému nebo třeba hojení kůže. Mezi tzv. karotenoidy se pak

řadí i bixin (E160 b), což je látka žluté až červenooranžové barvy, která se přirozeně vyskytuje v semenech stromu *Bixa orellana*. Toto barvivo je stabilní a rozpustné v olejích, proto je hojně využíváno právě v mléčných výrobcích a margarínech. [105]

Jako zelená barviva při výrobě mléčných dezertů se nejčastěji využívají měďnaté komplexy chlorofylů a chlorofylinů (E 141), což jsou barviva rozpustná v olejích. Ty se získávají náhradou  $Mg^{2+}$  v chlorofylu za  $Cu^{2+}$ . [16]

### 3.2 Technologie výroby

Jak již bylo řečeno výše, technologie výroby závisí především na druhu výrobku, jeho složení, výrobním vybavení podniku a dostupných prostředcích. Ve všech krocích výroby je nutné dodržet základní hygienické předpisy vztahující se k výrobě a správný výrobní postup. Pro výrobu potravin obecně je nutné mít kvalitní vstupní suroviny, které jsou bezpečné a zdravotně nezávadné. Z tohoto důvodu probíhá ve většině potravinářských podniků nejprve předúprava vstupních surovin, což je žádoucí zejména u čerstvého, tepelně neupraveného mléka. Mléko je nejprve při příjmu podrobeno testům na kvalitu, následně je přečišťováno filtračními a odstředivkovými metodami pro odstranění možných nečistot, případně se provádí i tzv. baktofugace pro odstranění bakterií a jejich spor. Následně je standardizováno a tepelně ošetřeno dle požadavků daného výrobního postupu (nejčastěji pasterací na 72 °C po dobu 1 minuty). Voda musí být vždy použita pitná, a tedy se předpokládá její zdravotní nezávadnost, proto ji není nutno dále upravovat. Všechny ostatní složky dle receptury jako hydrokoloidy, ochucující složky, barviva a konzervanty musí také splňovat určitý standard a jsou průběžně během skladování kontrolovány a testovány. V rámci výrobního postupu jsou následně suroviny dle receptury váženy a dávkovány do výrobníků, přičemž jsou rozděleny na sypké složky (zejména hydrokoloidy a ochucující látky) a tekutiny (hlavně mléko nebo voda). Dostupné literární zdroje uvádí, že jsou dva možné postupy výroby mléčného dezertu typu pudink, které se liší zejména ve způsobu přidání sypké části surovin do tekutiny. Fáze tohoto výrobního procesu jsou následující:

- a) Výroba pasty: nejprve jsou smíchány sypké složky receptury v oddělené nádobě. Míchání směsi probíhá nepřetržitě, dokud není zcela homogenní a poté je do takto připravené směsi přidána část chladného mléka či vody (dle receptury). Míchání pokračuje kontinuálně až do vzniku jemné, homogenní pasty.

- b) Smísení pasty s tekutinou:
- a. Pasta je dávkována do horkého mléka či vody a zároveň je směs za neustálého míchání zahřívána na teplotu nutnou k úplnému zmazovatění škrobu.
  - b. Pasta je dávkována do studeného mléka či vody a za nepřetržitého míchání je takto vytvořená disperze postupně zahřívána až na teplotu mazovatění škrobu.
  - c. Horké mléko či voda jsou dávkovány do nádoby s pastou, vzniklá směs je důkladně promíchána a až poté opět zahřívána při kontinuálním míchání na teplotu potřebnou ke zmazovatění škrobu ve směsi [17]

Proces výroby není nijak komplikovaný, nicméně je nutné dbát na to, aby v průběhu výroby nedocházelo např. k připékání mléka nebo směsi při zahřívání ke stěnám nádoby, což by mohlo negativně ovlivnit sensorické vlastnosti výsledného produktu. Také je nutno mít na zřeteli, aby byla pasta skutečně dobře rozmíchána v tekutině a nevznikala tak hrudkovitá konzistence výrobku. Nejen, že by to mohlo ovlivnit sensorické vlastnosti, ale také by mohlo dojít k nedostatečně rovnoměrnému rozdělení všech složek receptury, což by mohlo mít za následek také zhoršení stability, údržnosti a celkově kvality výrobku.

Téměř posledním krokem ve výrobě mléčných dezertů je finální tepelné ošetření a plnění do spotřebitelských obalů. Tepelné ošetření umožňuje prodloužení trvanlivosti výrobku bez nutnosti použít vyšší množství konzervačních látek, aby bylo docíleno snížení či odstranění potenciálně škodlivých mikroorganismů, které by mohly během skladování způsobit zkázu výrobku či potenciální nebezpečí pro konzumenta. Dezerty, které mají údržnost od 3 do 21 dnů při skladování v chladírenských teplotách (2-8 °C) bývají nejčastěji ošetřeny pouze pasterizací (72 °C po dobu min. 15 s, v praxi většinou min. 1 minutu). Výhodou těchto dezertů je zachování jejich nutričních benefitů a původních sensorických vlastností, stejně jako možnost použít pro jejich výrobu nativní škrob či karagenany. V případě tohoto tepelného ošetření jsou zde 2 způsoby plnění do spotřebitelských obalů, které také ovlivňují dobu údržnosti výrobku, a to plnění za horka (70 °C) s údržností 3-4 týdny při teplotě do 7 °C a plnění za studena (pod 7 °C) s údržností 5-10 dní při stejné skladovací teplotě.

Výhodou použití vysokoteplotního záhřevu pro prodloužení údržnosti výrobku je jeho skladování při běžných pokojových teplotách a doba trvanlivosti v řádech let. Toto je způsobeno likvidací nejen bakterií, ale i jejich spor vlivem použití velmi vysoké teploty po

daný časový interval. Teplota, nad kterou je nutno výrobek zahřát, závisí také na pH výrobku. V případě mléčných nefermentovaných dezertů se tedy pohybujeme na škále pH nad 4,5 (nekyselé potraviny), kde je potřeba vyšší teplota pro inaktivaci *Clostridium botulinum*, které by mohlo svými toxiny potravinu degradovat. V praxi se u sterilizačního zákroku jedná o teplotu min. 121 °C po dobu 3 min. Tento zákrok má nicméně dopad také na nutriční a senzorické vlastnosti výrobku (snížení obsahu vitaminů a minerálů, denaturace bílkovin, změna barvy) a proto je víceméně již nahrazen UHT záhřevem, který využívá velmi vysoké teploty po velmi krátký časový úsek (140 °C po dobu 5-10 s). Tím pádem jsou nutriční a senzorické ztráty minimalizovány, ale prodloužení trvanlivosti výrobku s účinkem sterilizačního záhřevu zachováno. S využitím vysokoteplotního ošetření výrobku je nicméně nutno počítat již při volbě surovinové skladby, a to z hlediska teplotní zátěže zejména bílkovin obsažených v dezertu, ale také vitaminů a dalších složek. Z tohoto hlediska je výhodnější volit jako hydrokoloid modifikovaný škrob místo nativního, případně jej použít v kombinaci s karagenanem jako ochranným koloidem.

V případě jak sterilace, tak UHT ošetření je voleno aseptické plnění výrobku za horka do předem vysterilovaných spotřebitelských obalů, přičemž tyto jsou sterilovány ve většině případů horkou párou. Posledním krokem ve výrobě je pak skladování konečných produktů, během kterého probíhají ještě poslední testy kvality a údržnosti (skladovací experimenty) a následná expedice do tržní sítě. [17][27][72][80][90]



## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 CÍL PRÁCE

Hlavním cílem této diplomové práce bylo zjistit vliv přídatku izolátů a koncentrátů bílkovin na vlastnosti vyrobených mléčných dezertů se zvýšeným obsahem vlákniny, konkrétně posoudit rozdíly ve vlastnostech mléčných dezertů v závislosti na přídatku buď koncentrátu, nebo izolátu syrovátkových bílkovin a porovnat chemické, texturní a reologické vlastnosti těchto dezertů s přidávanými proteiny.

Aby bylo možné dosáhnout hlavního cíle, bylo potřeba splnit tyto dílčí cíle:

- Vyrobit modelové vzorky mléčných dezertů o různém poměru banánové a tapiokové mouky, které byly obohaceny přídatkem izolátu a koncentrátu syrovátkových bílkovin
- Analyzovat vybrané vlastnosti modelových vzorků – obsah sušiny, hodnoty pH, vodní aktivita, tvrdost, stabilita, reologické vlastnosti
- Vyhodnotit výsledky analýz sledovaných parametrů, diskutovat s literaturou a vyvodit závěry

## 5 SUROVINY A METODIKA

Pro výrobu modelových vzorků byly použity základní suroviny jako mléko, škrobnaté suroviny (mouky) a ochucující směs a byly přidány syrovátkové proteiny ve formě buď izolátu, nebo koncentrátu v závislosti na šarži. Vyrobené vzorky byly uskladněny při chladírenských teplotách  $6 \pm 2$  °C a následně u nich byla provedena analýza sledovaných parametrů, a to chemická analýza, kde bylo stanoveno pH, obsah sušiny, aktivita vody a stabilita a dále byly vzorky podrobeny analýze textury a reologických vlastností.

### 5.1 Suroviny a výroba modelových vzorků

Pro výrobu modelových vzorků mléčných dezertů byly použity tyto suroviny:

- Delaktózované mléko trvanlivé polotučné Pradolaktos s obsahem laktózy <0,01g/100ml
- Zdroje škrobu a vlákniny ve výrobku:
  - Banánová mouka (Plantejnová) v BIO kvalitě zn. Wolfberry ze 100 % zelených banánů *Musa paradisiaca*
  - Tapioková mouka v BIO kvalitě zn. Wolfberry ze škrobu hlíz Manioku jedlého *Manihot esculenta* (100%)
- Ochucující směs:
  - Sacharóza ve formě Cukru krystalu-Cukrovar Vrbátky
  - Chlorid sodný ve formě Jemně mleté kamenné jedlé soli s jódem (K+S Czech Republic a.s., Solné mlýny Olomouc-Holice)
- Zdroj přidaných bílkovin ve výrobku:
  - Bílkovinný izolát – 100% syrovátkový proteinový izolát s obsahem 90 % bílkovin, výrobce: MYPROTEIN, UK
  - Bílkovinný koncentrát – nedenaturovaný syrovátkový proteinový koncentrát s obsahem 80 % bílkovin, výrobce: Bulk Powders Unit, UK





## 5.2 Analýzy modelových vzorků

### 5.2.1 Stanovení pH

Hodnoty pH u modelových vzorků byly zjištěny pomocí potravinářského pH metru HANNA FoodCare HI 99161, a to 6 vpichy do různých částí vzorku a výsledná hodnota pro daný vzorek byla vzata z průměru všech naměřených hodnot pro daný vzorek. Měření bylo provedeno 1. a 14. den od výroby modelových vzorků.

### 5.2.2 Stanovení obsahu sušiny

Obsah sušiny ve vzorcích byl stanoven 1. a 14. den výroby a to ve 3 opakováních pro každou vyrobenou šarži. Pro tuto analýzu byla zvolena gravimetrická (vážková) metoda dle normy ČSN ISO 5534, kdy do předem vysušených a zvážených hliníkových misek s křemičitým pískem bylo s přesností na 4 desetinná místa naváženo zhruba 3 g vzorku mléčných dezertů a promícháno s pískem. Takto připravené vzorky byly umístěny do sušárny Venticell na  $102 \pm 2$  °C po dobu 5 hodin do konstantního úbytku hmotnosti a následně vloženy do exsikátoru až do úplného vychladnutí a znovu zváženy na analytických vahách. Z rozdílu hmotností před vysušením a po vysušení byl zjištěn obsah sušiny dle vzorce:

$$\text{obsah sušiny} = \frac{k_2 - k_0}{k_1} * 100 [\%]$$

Kde:

$k_0$ .....hmotnost prázdné váženky s křemenným pískem [g]

$k_1$ .....navážka vzorku [g]

$k_2$ .....hmotnost váženky se vzorkem po vysušení [g]

### 5.2.3 Stanovení aktivity vody

Měření bylo provedeno na přístroji AquaLab 4TE Dew Point Water aktivity meter, kdy byl nejprve vzorek rovnoměrně rozprostřen do plastové misky a následně vložen do přístroje k měření, přičemž samotné měření trvá přibližně 10 až 12 minut. U modelových vzorků byla stanovena aktivita vody 1. a 14. den, a to ve dvou opakováních a z těchto hodnot byly vzaty průměry pro další vyhodnocení.

### 5.2.4 Stanovení stability

Stabilita vzorků byla analyzována 1. a 14. den výroby, a to ve dvou opakováních, ze kterých byly opět pro výpočet vzaty průměrné hodnoty. Pro analýzu bylo naváženo do předem zvážené plastové zkumavky se šroubovacím uzávěrem přibližně 5 g vzorku s přesností na 4 desetinná místa a takto připravené vzorky byly centrifugovány při 6000 ot./min. po dobu 20min - Cetrifuga Hettich EBA 21. Po centrifugování byla ze vzorku odstraněna vzniklá voda a vzorek byl opět zvážen. Výsledná stabilita byla vypočítána dle následujícího vzorce:

$$stabilita = \frac{m_2 - m_0}{m_1} * 100 [\%]$$

Kde:

$m_0$ .....hmotnost prázdné plastové zkumavky s víčkem [g]

$m_1$ .....navážka vzorku [g]

$m_2$ .....hmotnost zkumavky se vzorkem po centrifugaci [g]

### 5.2.5 Stanovení texturních vlastností

Z texturních vlastností byla u vzorků analyzována tvrdost gelu, a to na principu průniku sondy gelem a zaznamenání síly potřebné k dosažení určité hloubky. K tomuto měření byl použit přístroj Texture Analyzer TA.XT Plus a válcová sonda s průměrem 20 mm. Čím větší síla je potřebná pro penetraci gelu, tím je gel odolnější a tvrdší (tužší). Z každé šarže byly vzaty 3 vzorky, proměřeny a následně zprůměrovány hodnoty pro každou šarži. [76]

### 5.2.6 Stanovení reologických vlastností

Byly zkoumány viskoelastické vlastnosti modelových vzorků metodou dynamické oscilační reometrie, přičemž tato analýza je založena na deformaci a toku vzorků potravin, konkrétně se jedná o vztah napětí působící na potraviny a následné deformaci v závislosti na čase. Viskoelastické vlastnosti jsou definovány elastickým modulem ( $G'$ ) a ztrátovým modulem ( $G''$ ) pružnosti, kde elastický modul pružnosti je definován jako míra pružnosti materiálu a ztrátový modul je definován jako míra viskózního chování a schopnosti materiálu rozptýlit energii. Oba mají jednotku Pascal (Pa). Komplexní modul ( $G^*$ ), který je definován jako odolnost materiálu vůči oscilačnímu smyku a vyjadřuje vztah mezi ztrátovým a elastickým modulem pružnosti lze tedy vypočítat dle vztahu:

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

Kde:

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

$G'$  .....elastický modul pružnosti [Pa]

$G''$  .....ztrátový modul pružnosti [Pa] [9][1]

U modelových vzorků byla provedena reologická analýza na přístroji RheoStress 1 HAAKE (Brémy, Německo), přičemž každý vzorek byl proměřen ve dvou opakováních a vzorky byly měřeny v rozsahu 0,1-10 Hz při  $t = 20,0 \pm 0,1$  °C s geometrií deska-deska. Modelový vzorek byl nanesen na spodní pevnou desku reometru a následně byla spuštěna horní oscilující deska, která způsobila dokonale rozptýlení vzorku po spodní desce. Přebytek vzorku byl vytlačen, odstraněn a až poté bylo spuštěno samotné měření.

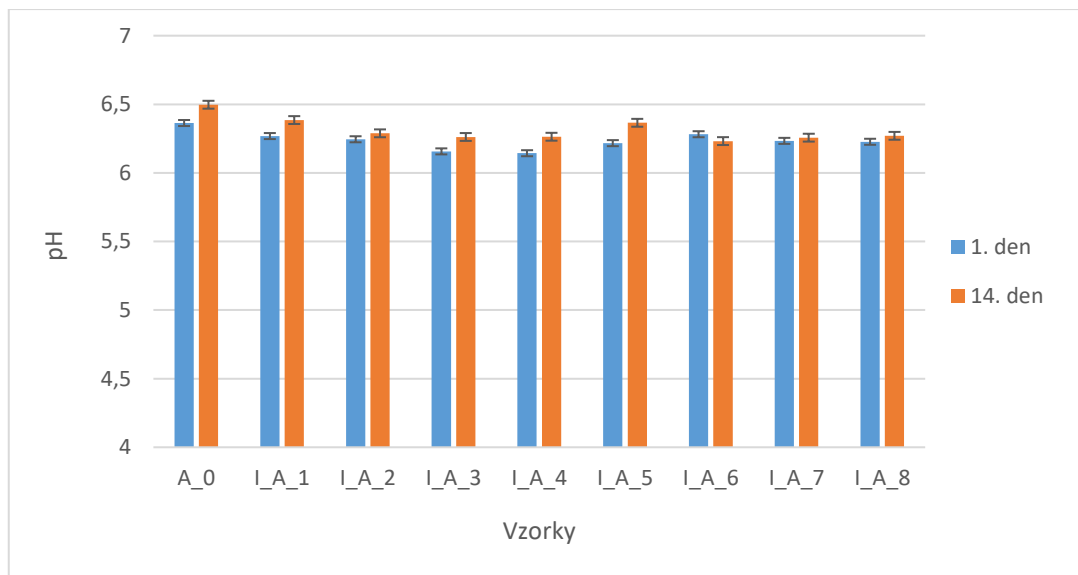


## 6 VÝSLEDKY A DISKUZE

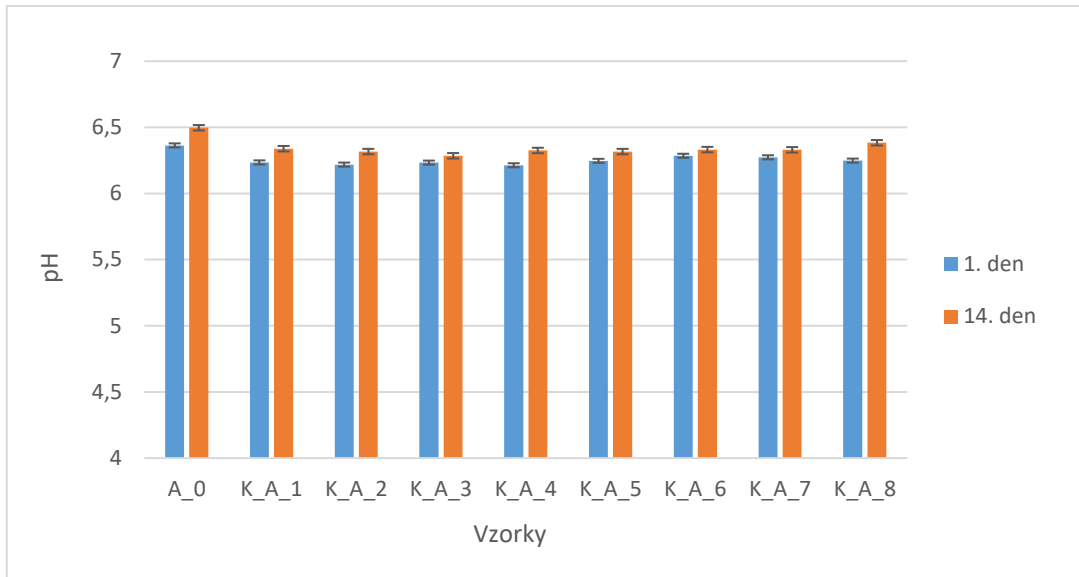
### 6.1 Chemická analýza

#### 6.1.1 Analýza pH

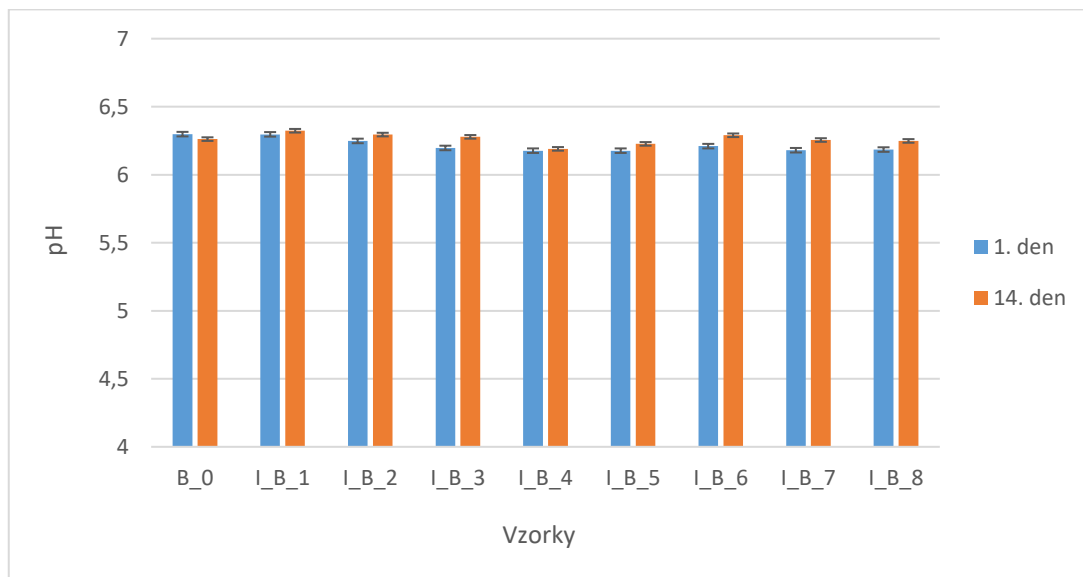
Modelové vzorky byly proměřeny 1. a 14. den, a to šesti vpichy pH metrem do různých částí vzorku (viz metodika) a z naměřených hodnot byla získána průměrná hodnota pro každý vzorek. Výsledné hodnoty jsou znázorněny na následujících Obrázcích 1-4 pro danou šarži modelových vzorků.



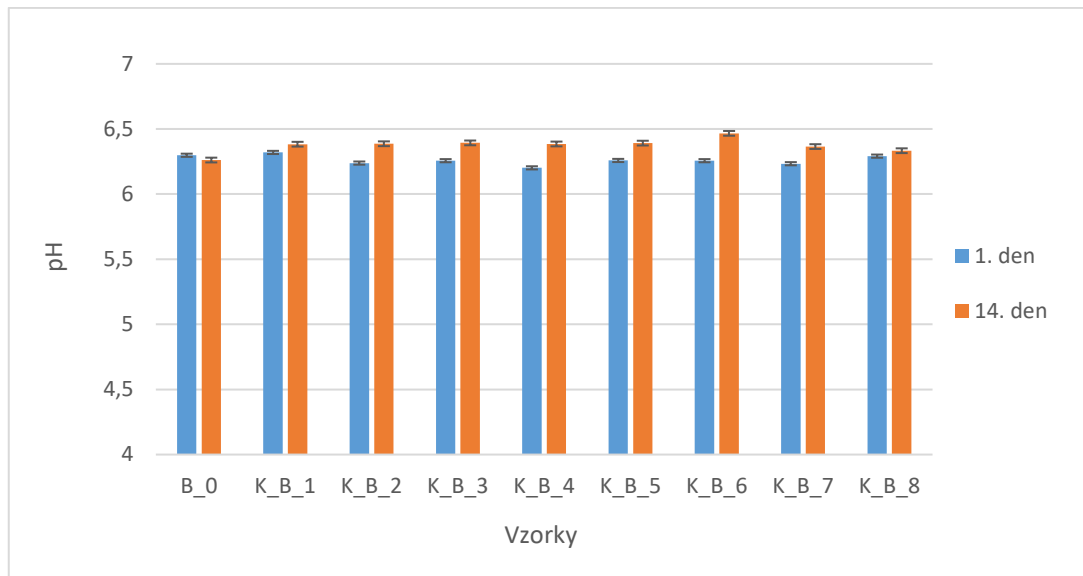
Obrázek 1: Hodnoty pH modelových vzorků mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 60:40 v průběhu 14denního skladování



Obrázek 2: Hodnoty pH modelových vzorků mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentráту v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 60:40 v průběhu 14denního skladování



Obrázek 3: Hodnoty pH modelových vzorků mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 50:50 v průběhu 14denního skladování



Obrázek 4: Hodnoty pH modelových vzorků mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentrátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 50:50 v průběhu 14denního skladování

Z uvedených Obrázků 1-4 je patrné, že hodnoty pH modelových vzorků se v průběhu skladování zvyšovaly, a to u všech šarží modelových vzorků. Z výše uvedených obrázků lze také vyvodit, že pH modelových vzorků mléčných dezertů s přidanými proteiny se pohybovalo v rozmezí 6,1 až 6,3 pro šarže se syrovátkovým izolátem v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 60:40 (I\_A), v rozmezí 6,2 až 6,4 pro šarže se syrovátkovým koncentrátem v poměru banánové a tapiokové mouky 60:40 (K\_A), v rozmezí 6,1 až 6,3 pro šarže se syrovátkovým izolátem v poměru banánové a tapiokové mouky 50: 50 (I\_B) a pro šarže se syrovátkovým koncentrátem v poměru mouk 50:50 (K\_B) v rozmezí 6,2 až 6,5.

Dále lze také konstatovat, že nejmenší rozdíly hodnot při měření 1. a 14. den od výroby vykazují vzorky obsahující izolát sérových bílkovin v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 50:50, tedy že jejich pH se v průběhu skladování nejméně měnilo vzhledem k ostatním modelovým vzorkům.

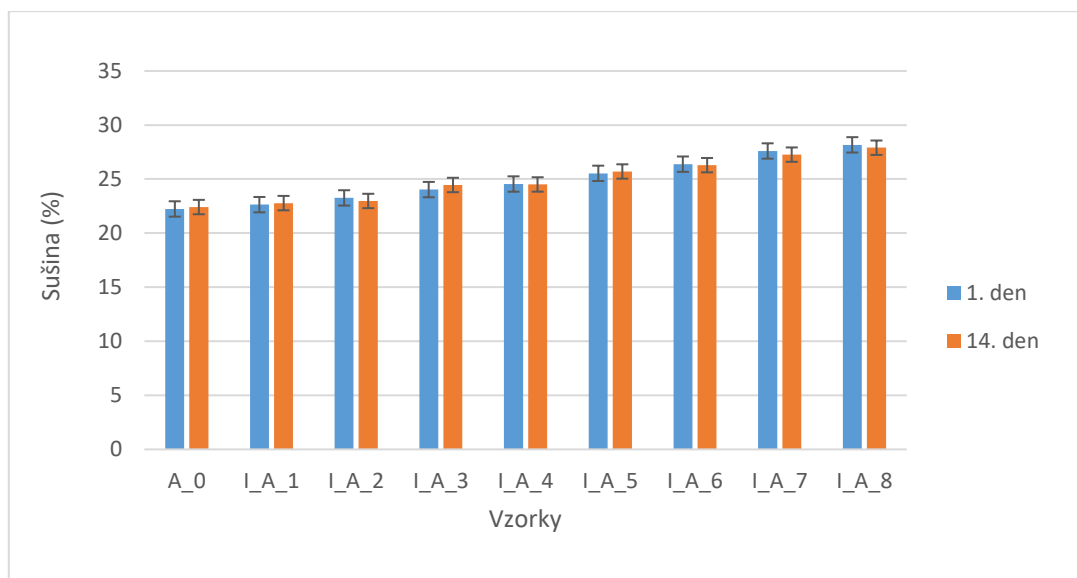
Sledování pH u potravin je podstatné zejména kvůli mikrobiální stabilitě finálního výrobku, kterou ovlivňuje [8][55]. Dle naměřených hodnot a srovnání s literaturou lze vyvodit, že modelové vzorky jsou technologicky nekyselé potraviny ( $\text{pH} > 4$ ) a spadají do rozmezí pH 4,6 až 7, což je oblast, která z hlediska kyselosti vyhovuje největšímu počtu škodlivých a

patogenních mikroorganismů [53][56], tedy pro zavedení těchto výrobků do tržní sítě, prodloužení jejich trvanlivosti a uchovávání při pokojové teplotě by bylo nutné provést jejich sterilaci či UHT záhřev (viz postup výroby) pro inaktivaci vegetativních forem MO a jejich spor, případně použít konzervační činidla či kombinaci obou způsobů, abychom zamezili nežádoucím zdravotním rizikům spojeným s konzumací těchto výrobků. [36][53][56]

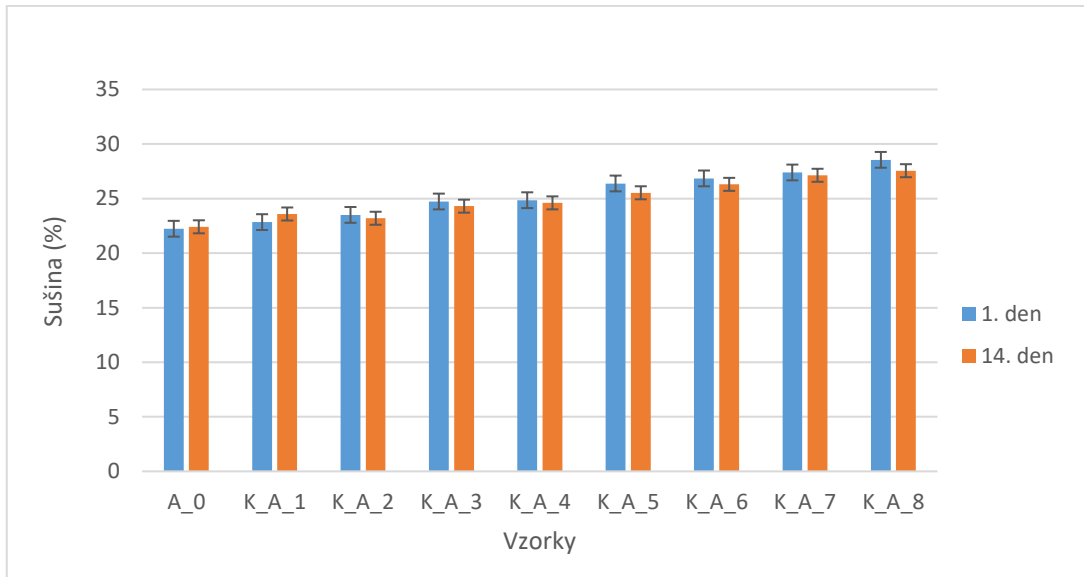
Literatura také uvádí, že hodnoty pH mohou ovlivňovat i stabilitu výrobku, tedy pokud by došlo ke snížení hodnoty pH pod 4,3, mohlo by dojít ke ztrátě viskozity a narušení pevnosti gelu. Toto nebylo v případě námi vyrobených modelových vzorků mléčných dezertů potvrzeno, neboť všechny modelové vzorky měly pH vyšší než 4,3. [104]

### 6.1.2 Analýza obsahu sušiny

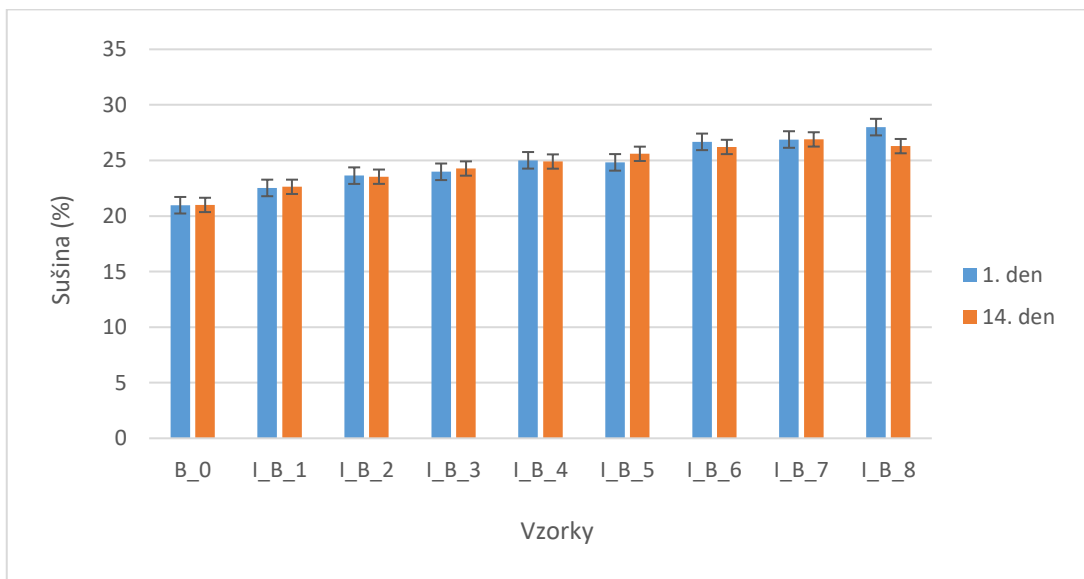
Analýza obsahu sušiny ve vzorcích byla provedena 1. a 14. den, a to ve třech opakováních a výsledná hodnota byla získána jako průměr z jednotlivých měření. Pro lepší názornost byly výsledné hodnoty vyneseny do následujících Obrázků 5-8.



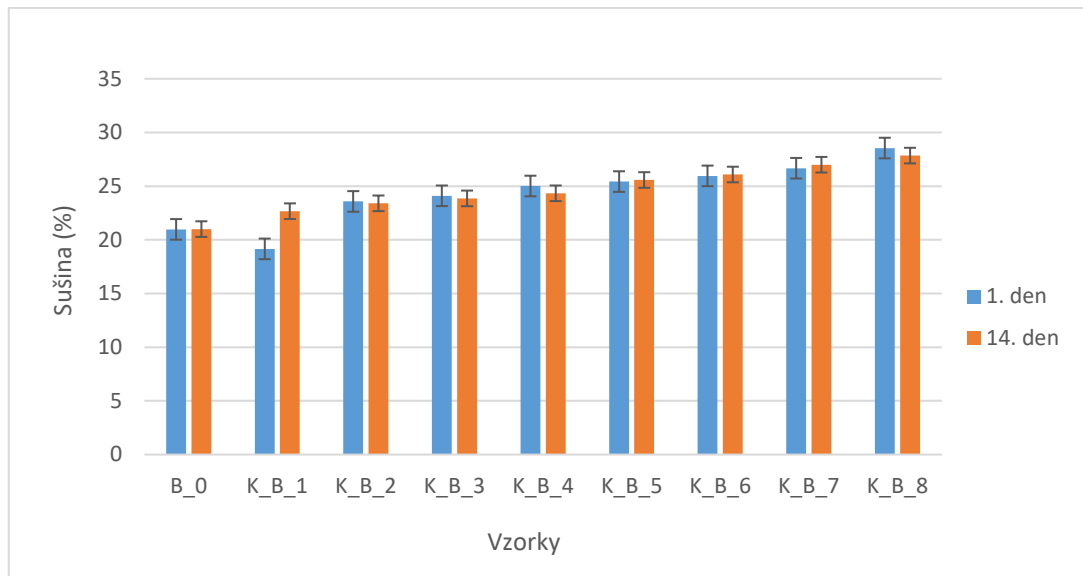
Obrázek 5: Vývoj obsahu sušiny modelových vzorků mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plentejnové a tapiokové mouky 60:40 v průběhu 14denního skladování



Obrázek 6: Vývoj obsahu sušiny modelových vzorků mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentrátu v poměru banánové plántejnové a tapiokové mouky 60:40 v průběhu 14denního skladování



Obrázek 7: Vývoj obsahu sušiny modelových vzorků mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plántejnové a tapiokové mouky 50:50 v průběhu 14denního skladování



Obrázek 8: Vývoj obsahu sušiny modelových vzorků mléčných dezertů s přidávkem syrovátkového koncentráту v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 50:50 v průběhu 14denního skladování

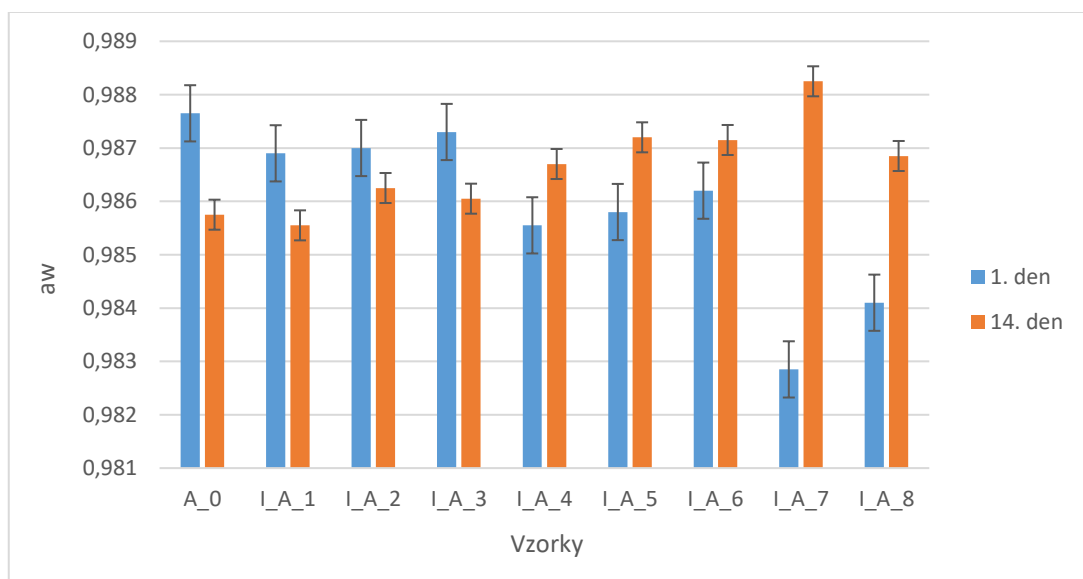
Z Obrázků 5 až 8 je patrný téměř konstantní nárůst obsahu sušiny, a to u všech vyrobených šarží modelových vzorků. Lze tedy říct, že s rostoucím obsahem přidaných syrovátkových proteinů v mléčných dezertech dochází zároveň k nárůstu obsahu sušiny ve vzorcích, a to nezávisle na tom, o jaký druh přidaného proteinu (koncentrát nebo izolát) se jedná. [69]

Obsah sušiny se pohyboval u vzorků se syrovátkovým izolátem v poměru banánová plantejnová a tapioková mouka 60:40 (I\_A) v rozmezí 22 až 28 %, pro vzorky s koncentrátem sérových bílkovin v poměru banánová a tapioková mouka 60:40 (K\_A) v rozmezí 22 až 29 %, vzorky s izolátem sérových bílkovin v poměru 50:50 (I\_B) pak v rozmezí 22 až 28 % a vzorky s koncentrátem sérových proteinů v poměru mouk 50:50 (K\_B) v rozmezí 19 až 29 % sušiny. Významnější rozdíly ve vývoji obsahu sušiny v průběhu skladování nebyly u jednotlivých vzorků daných šarží pozorovány.

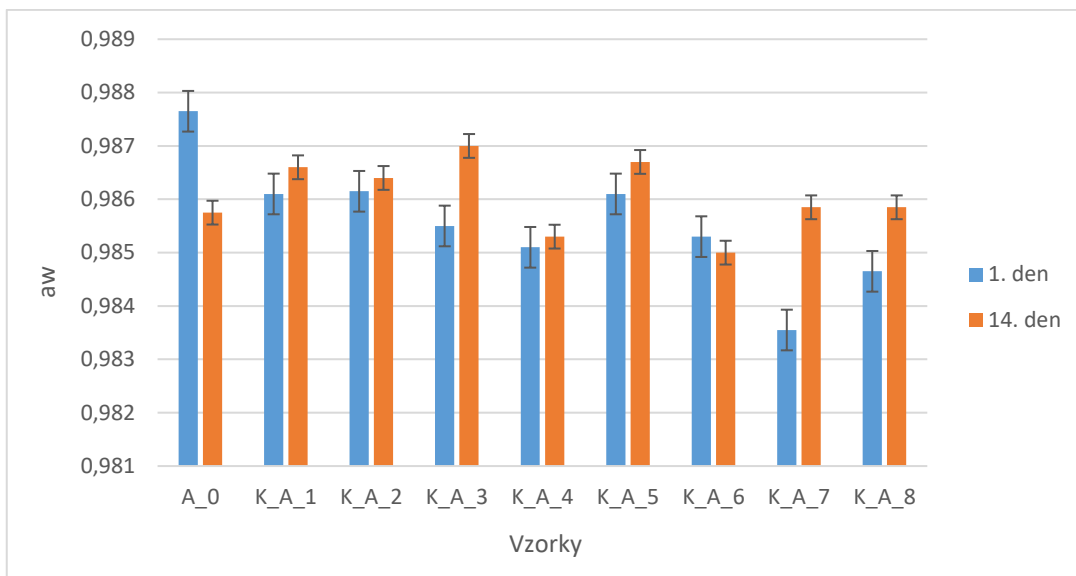
V praxi je také vcelku běžným jevem, že v průběhu skladování dochází u potravin obecně ke zvyšování obsahu sušiny v důsledku odpařování vody, pokud tomuto jevu není zabráněno vhodným obalovým materiálem. [73] V našem případě nebyla délka skladovacího experimentu příliš dlouhá a rovněž samotnému odpaření zabraňovaly dobré bariérové vlastnosti obalového materiálu.

### 6.1.3 Analýza aktivity vody

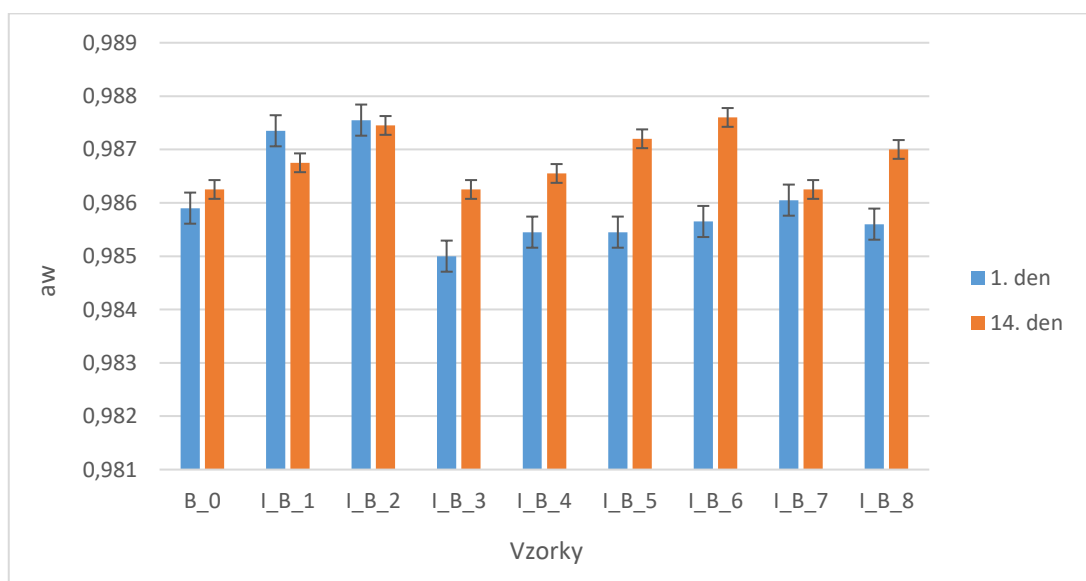
Stanovení aktivity vody ve vzorcích bylo provedeno 1. a 14. den od výroby, a to ve dvou opakováních, z nichž byly vzaty průměrné hodnoty a vyneseny do grafů na Obrázcích 9-12 pro jednotlivé šarže (viz níže). Na těchto grafech lze vidět, že aktivita vody u vyrobených vzorků vykazovala u všech šarží kolísavou tendenci. U většiny vzorků lze pak pozorovat také zvýšení aktivity vody po 14 dnech skladování, což bylo nejspíše způsobeno synerezí gelu a uvolněním kapaliny z jeho struktury (pozorováno také pouhým okem při manipulaci se vzorky). U šarží se syrovátkovým koncentrátem je pozorován mírně klesající trend aktivity vody v závislosti na přídávku proteinu na rozdíl od šarží se syrovátkovým izolátem, které mají naopak mírně rostoucí tendence s nárůstem přídávku proteinu. U vzorků se syrovátkovým izolátem zároveň dochází ke zvyšování vodní aktivity i v průběhu skladování. Hodnoty aktivity vody v modelových vzorcích se u všech šarží pohybovaly v rozmezí 0,982 až 0,989 nezávisle na použitém druhu syrovátkových proteinů (izolátu či koncentrátu).



Obrázek 9: Vývoj aktivity vody modelových vzorků mléčných dezertů s přídávkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plajejnové a tapiokové mouky 60:40 v průběhu 14denního skladování

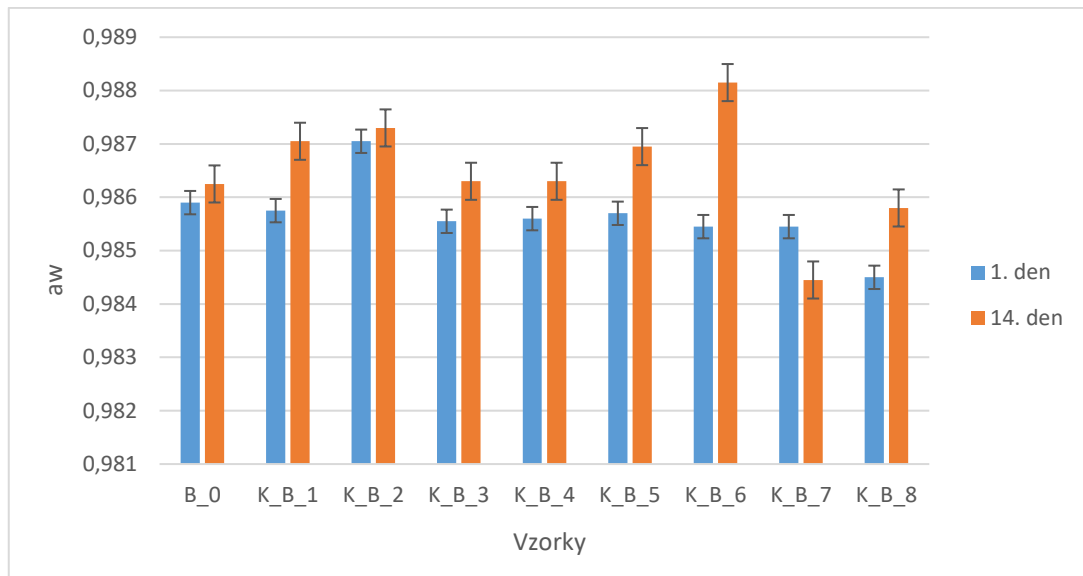


Obrázek 10: Vývoj aktivity vody modelových vzorků mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentrátu v poměru banánové plajejnové a tapiokové mouky 60:40 v průběhu 14denního skladování



Obrázek 11: Vývoj aktivity vody modelových vzorků mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plajejnové a tapiokové mouky 50:50 v průběhu 14denního skladování



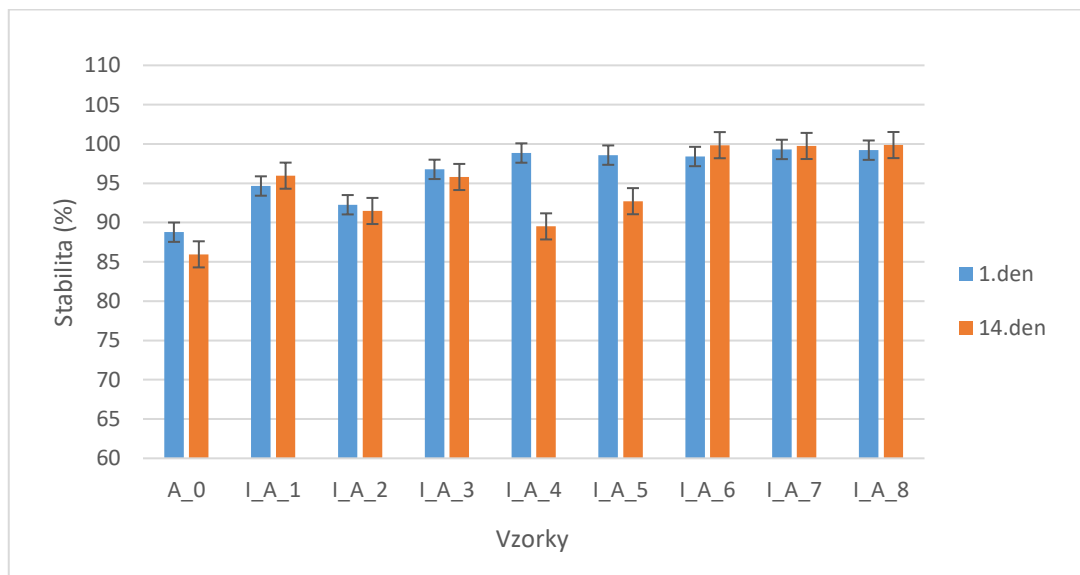


Obrázek 12: Vývoj aktivity vody modelových vzorků mléčných dezertů s přidávkem syrovátkového koncentráту v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 50:50 v průběhu 14denního skladování

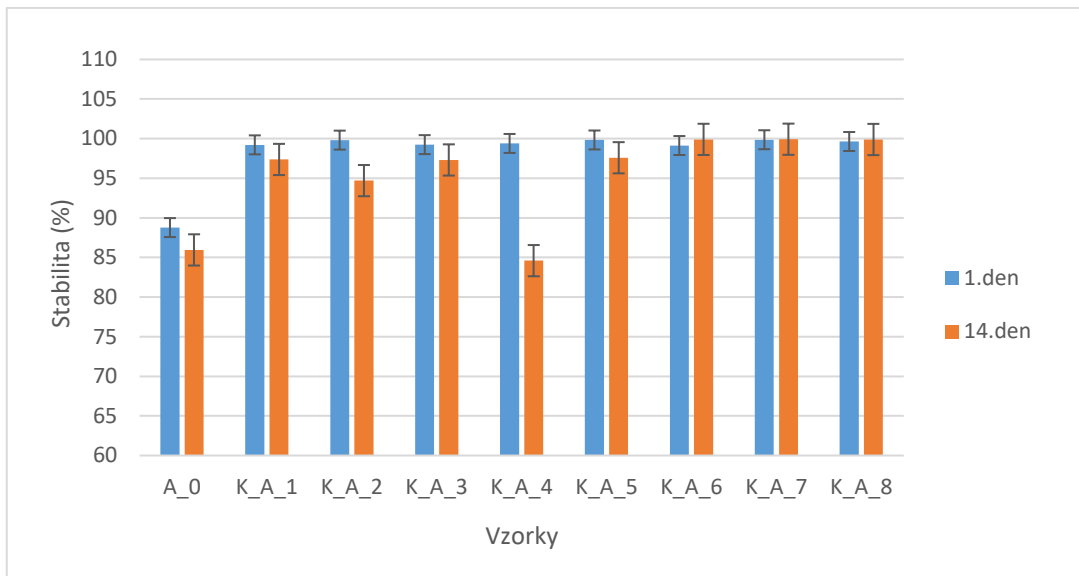
Parametr aktivity vody je podstatný zejména z hlediska údržnosti a mikrobiální stability výrobku a platí, že čím vyšší hodnoty jsou, tím jsou výrobky náchylnější k mikrobiální zkáze [2][11]. Z tohoto pohledu jsou naměřená data typická pro daný druh výrobku a v souladu s literaturou vztahující se na mléčné výrobky. Mléčné dezerty se dle literatury řadí mezi potraviny s vyšším obsahem vlhkosti (high moisture foods, tedy HMF) a jejich  $a_w$  spadá do rozmezí 0,9-1,0, což jsou ideální podmínky pro rozvoj mikroorganismů. Díky tomuto se běžně řadí také mezi potraviny podléhající rychle zkáze, tedy jejich datum spotřeby je většinou do 21 dnů od data výroby a musí se uchovávat v chladírenských teplotách (4-8 °C) [2][106]. Pokud bychom nicméně chtěli prodloužit jejich trvanlivost a uchovávat je při pokojové teplotě, bylo by nezbytné je ošetřit UHT záhřevem, jak již bylo zmíněno u analýzy pH viz výše (str. 45).

## 6.2 Analýza stability vzorků

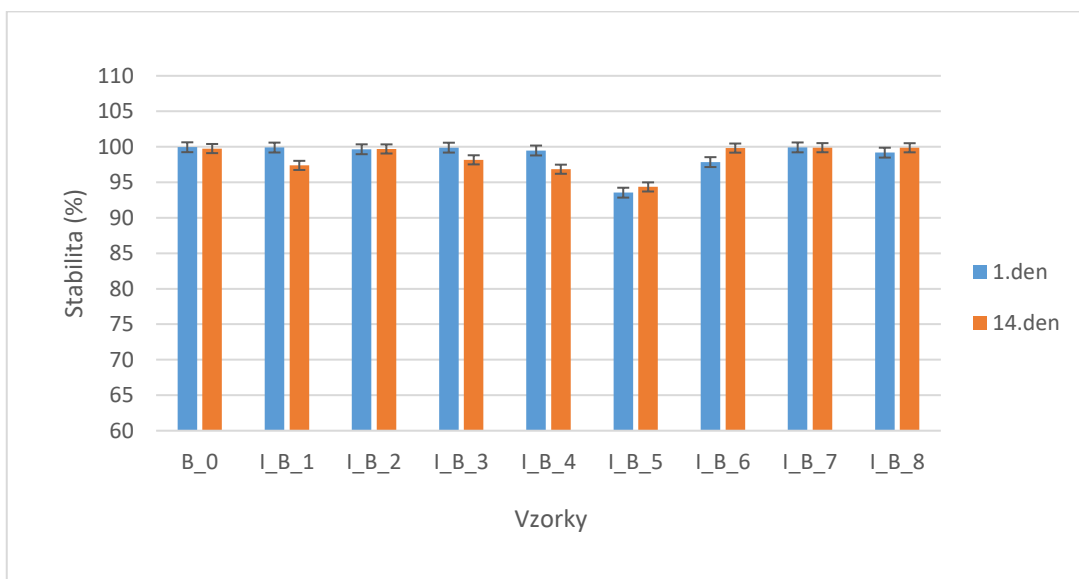
Analýza stability modelových vzorků byla rovněž provedena 1. a 14. den, a to ve dvou opakováních, z naměřených hodnot byly vzaty průměry a výsledné hodnoty pro dané šarže byly vyneseny do Obrázků 13-16 (viz dále). Při porovnání dat ze stanovení stability pro jednotlivé šarže můžeme konstatovat, že větší stabilitu vykazovaly modelové vzorky vyrobené v poměru banánová plentejnová a tapioková mouka 50:50 a to jak s přidavkem koncentrátu, tak s přidavkem izolátu. Jako celkově nejstabilnější modelové vzorky se pak jeví vzorky K\_B, tedy vzorky vyrobené v poměru mouk 50:50 a s přidavkem koncentrátu syrovátkových bílkovin, a naopak nejméně stabilní byly modelové vzorky s poměrem banánové a tapiokové mouky 60:40 a přidavkem izolátu syrovátkových bílkovin (I\_A).



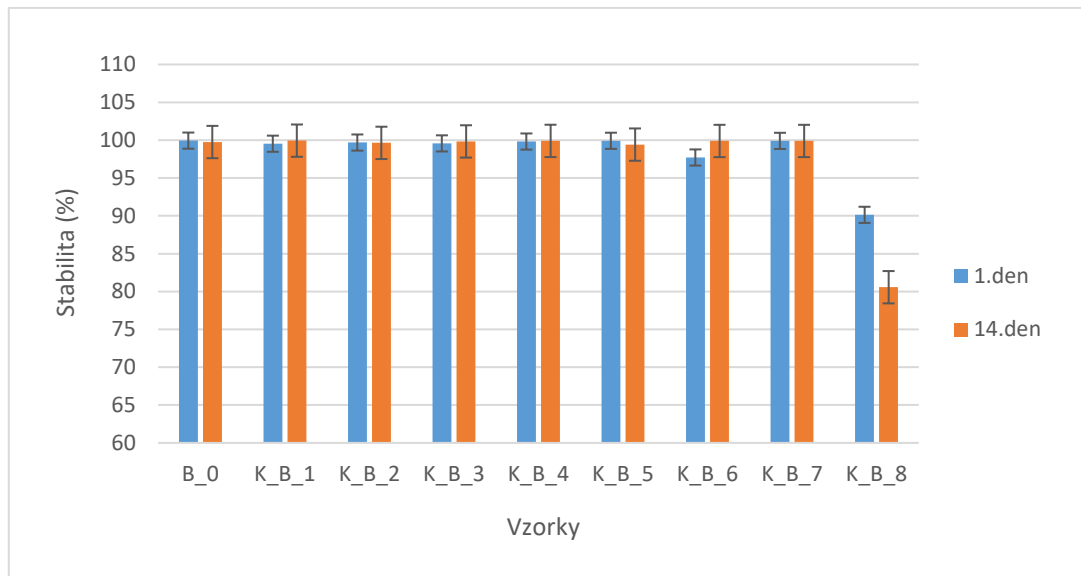
Obrázek 13: Vývoj stability modelových vzorků mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plentejnové a tapiokové mouky 60:40 v průběhu 14denního skladování



Obrázek 14: Vývoj stability modelových vzorků mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentrátu v poměru banánové plajejnové a tapiokové mouky 60:40 v průběhu 14denního skladování



Obrázek 15: Vývoj stability modelových vzorků mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plajejnové a tapiokové mouky 50:50 v průběhu 14denního skladování



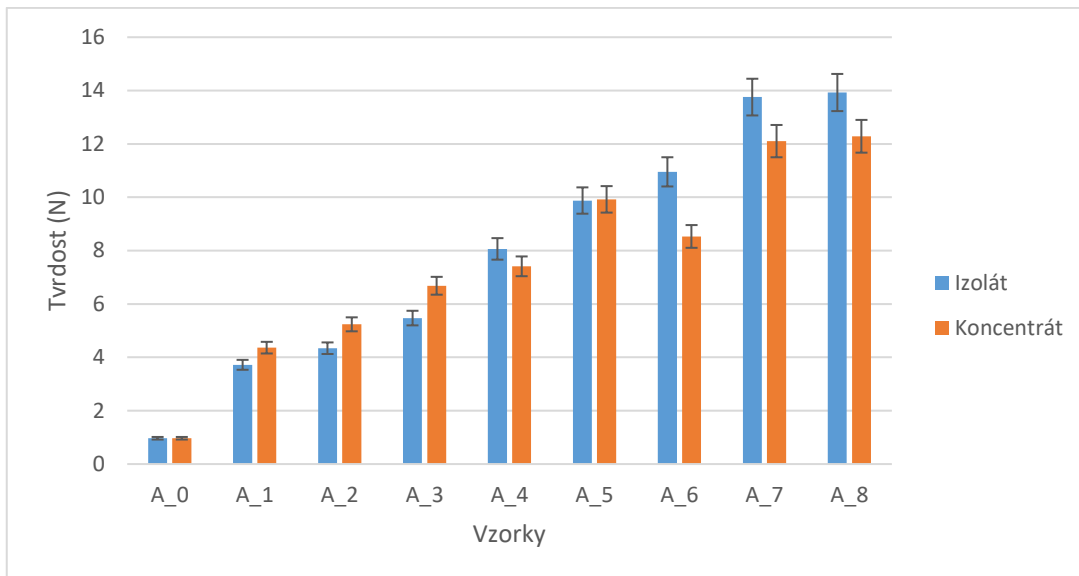
Obrázek 16: Vývoj stability modelových vzorků mléčných dezertů s přidávkem syrovátkového koncentrátu v poměru banánové plántejnové a tapiokové mouky 50:50 v průběhu 14denního skladování

Jak již bylo zmíněno v teoretické části práce, mléčné dezerty jsou komplexní systémy, tudíž bylo potřeba zjistit, zda u nich dochází k oddělování jednotlivých fází systému, tzn. zjistit jejich stabilitu v průběhu skladování. Dle literatury se mléčné dezerty chovají jako emulze typu olej ve vodě (O/V), tedy může docházet k oddělování hydrofilní a lipofilní složky a v extrémních případech až k úplnému oddělení vody nebo tuku z výrobku. Lze tedy usoudit, že stabilita úzce souvisí s texturními a reologickými vlastnostmi, viskozitou a aktivitou vody ve výrobku. [60][81][96]

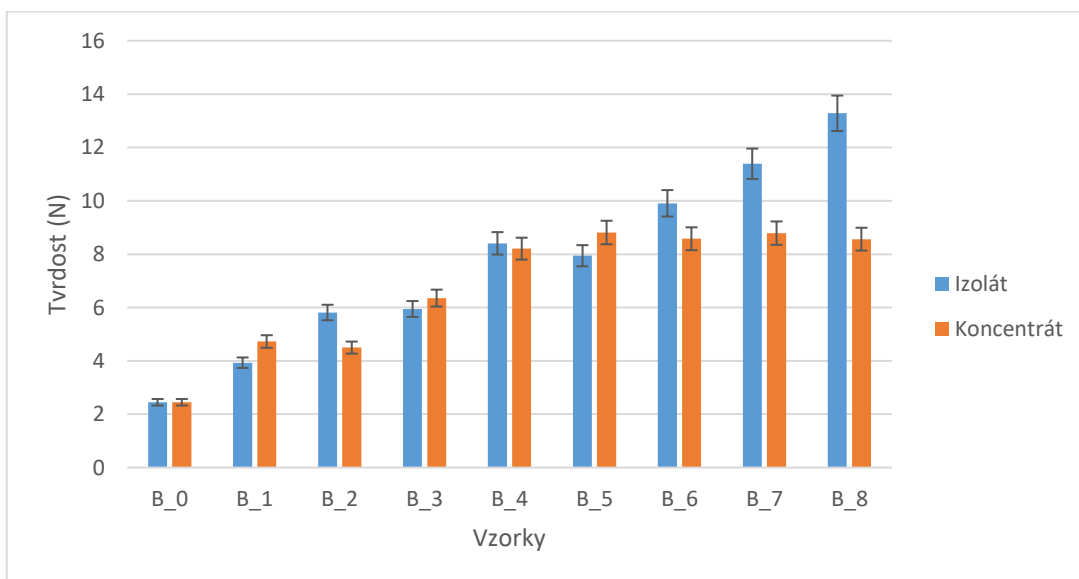
Z hodnot uvedených na Obrázcích 13 až 16 je patrné, že stabilita modelových vzorků se pohybovala v rozmezí 80-100 %, tedy jedná se o vcelku stabilní systém, nicméně v průběhu skladování bylo pozorováno zvýšení vodní aktivity (viz výše) a uvolněná kapalina byla patrná i pouhým okem, tedy v praxi by bylo nejspíše potřeba přidat vhodně zvolený stabilizátor. V tomto případě by zde mohlo být zajímavou alternativou použití  $\kappa$ -karagenanu v kombinaci s přírodním stabilizátorem zvaným Oat gum, který se získává z ovsa, v poměru 1:1. Po přidání těchto stabilizátorů do mléčných dezertů došlo k vytvoření silnějšího a stabilnějšího gelu a zlepšení viskoelastických vlastností výrobku. Tato teorie vychází z experiment, který publikoval v článku Zarzycki et al., 2019. [113]

### 6.3 Analýza texturních vlastností

Texturní analýza modelových vzorků byla provedena u všech šarží první den od výroby, a to ve třech opakováních pro daný vzorek. Výsledná data byla zprůměrována a vynesena do grafů na Obrázcích 17 a 18. Dle naměřených hodnot z těchto grafů a také Obrázků 5-8 je patrné, že obsah sušiny souvisí s obsahem proteinu (s přidavkem proteinu obsah sušiny narůstá – viz výše) a tedy, že oba tyto parametry ovlivňují texturní vlastnosti výrobku. Zároveň byla zjištěna vyšší tvrdost u vzorků s izolátem syrovátkových bílkovin v porovnání se vzorky obsahujícími syrovátkový koncentrát, a to jak v poměru banánová plentejnová a tapioková mouka 60:40, tak v poměru mouk banánová a tapioková 50:50. U šarží obsahujících koncentrát sérových bílkovin pak byla pozorována rostoucí tendence tvrdosti u šarže v poměru mouk banánová ku tapiokové 60:40 a v poměru mouk banánová ku tapiokové 50:50 pak rostoucí tendence pouze do přidavku 4 % proteinu (K\_B\_4). U vyšších přidavků syrovátkového koncentrátu již nebyl pozorován vliv na tvrdost modelových vzorků mléčných dezertů, a to i přesto, že docházelo i nadále k navyšování sušiny u těchto vzorků. Naproti tomu u vzorků obsahujících syrovátkový izolát byl pozorován konstantně rostoucí trend tvrdosti v obou poměrech banánové a tapiokové mouky. Hodnoty tvrdosti se pohybovaly v rozmezí 1-14 N pro izolát sérových proteinů, a to v poměru mouk banánová ku tapiokové 60:40, kdežto pro koncentrát sérových proteinů v tomto poměru byly hodnoty nižší (1-12 N). V poměru mouk 50:50 banánová ku tapiokové byly hodnoty tvrdosti pro oba druhy sérových proteinů celkově nižší, jak již bylo zmíněno výše a nabývaly hodnot pro izolát sérových bílkovin 2 až 13 N a pro koncentrát sérových bílkovin pak hodnot 2 až 9 N.



Obrázek 17: Srovnání hodnot tvrdosti modelových vzorků mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu a syrovátkového koncentrátu v poměru banánové plentejnové a tapiokové mouky 60:40 po 1. dnu od výroby



Obrázek 18: Srovnání hodnot tvrdosti modelových vzorků mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu a syrovátkového koncentrátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 50:50 po 1. dnu od výroby

Výsledky měření tvrdosti na Obrázcích 17 a 18 tedy potvrzují teorii, že se zvyšujícím se přídatkem syrovátkových proteinů se zvyšuje také tvrdost výrobku, přičemž toto tvrzení je platné u všech měřených vzorků bez ohledu na použitý druh syrovátkových proteinů a je podloženo studií, kterou publikovala Kusio et al., 2020 [50]. Tvrzení, že obsah syrovátkových proteinů ovlivňuje nejen texturní, ale i reologické vlastnosti mléčných výrobků, byl také experimentálně potvrzen v publikaci Černíková et al., 2017 [10]. Dále také literární zdroje uvádí, že existuje závislost mezi tvrdostí a viskozitou [23], což potvrzují data uvedená níže ve výsledkové části reologické analýzy, a že polysacharidy mohou ovlivnit tvrdost výrobku tak, že se váží do proteinových komplexů vytvořených v matici výrobku a tvoří v nich vláknité struktury, které podporují proteinovou síť gelu. Tuto teorii zmínil ve své publikaci Salek et al. (2020) [87], a dala by se považovat za jedno z možných vysvětlení kooperace mléčných a syrovátkových proteinů s polysacharidy z plavejnové mouky použité v modelových vzorcích pro tvorbu gelu.

## 6.4 Reologická analýza

Reologická analýza u modelových vzorků byla provedena s cílem zjistit, zda má přídavek izolátu a koncentrátu sérových proteinů do mléčných dezertů vliv na viskoelastické vlastnosti výsledného produktu, přičemž měření bylo provedeno 1. a 14. den ve dvou opakováních při frekvenci 0,1 až 10 Hz a byly získány hodnoty pro elastický modul pružnosti ( $G'$ ), ztrátový modul pružnosti ( $G''$ ) a komplexní viskozitu ( $\eta^*$ ). Z hodnot  $G'$  a  $G''$  byla výpočtem získána hodnota komplexního modulu pružnosti ( $G^*$ ) a tangens úhlu fázového posunu ( $\tan \delta$ ) pro frekvenci 1 Hz. Získané výsledky byly pro přehlednost vyneseny do Tabulky 5 (viz níže) a následně také znázorněny graficky.

Z dat uvedených v Tabulce 5 je patrné, že během skladování docházelo ke zvyšování hodnot elastického i ztrátového modulu a také komplexní viskozity. Ke zvyšování elastického modulu ( $G'$ ) docházelo také s přídavkem proteinu v jednotlivých šaržích. Dále můžeme vidět, že elastický modul ( $G'$ ) nabývá vyšších hodnot než ztrátový modul ( $G''$ ), což znamená, že modelové vzorky vykazují elastický charakter. Toto potvrzují i hodnoty  $\tan \delta$ , které nabývají hodnot menších než 1. Zároveň z hodnot také vyplývá, že vzorky nejsou pravé gely a jejich struktura odpovídá stavu mezi koncentrovaným roztokem a gelem, často označovaným jako slabé či nepravé gely. Toto tvrzení vychází z faktu, že naměřené hodnoty pro  $\tan \delta$  jsou větší než 0,1 a je potvrzeno také v publikaci Kusio et al. (2020) [50]. Dále z dat plyne, že komplexní modul pružnosti ( $G^*$ ) má rostoucí trend, tedy s přídavkem proteinu roste a tím současně roste i tuhost výrobku. Obdobný trend byl rovněž pozorován u analýzy texturních vlastností, kde s přídavkem proteinu rostla tvrdost výrobku. Z modelových vzorků s přídavkem proteinu dosáhl nejvyšších hodnot pro komplexní modul pružnosti ( $G^*$ ) vzorek I\_A\_8 po 1. i 14. dni od výroby a nejnižších hodnot vzorek I\_A\_1 po 1. i 14. dni. Celkově nejnižších hodnoty pro  $G^*$  nicméně vykazoval kontrolní vzorek s poměrem mouk 60:40 (A\_0), tedy bez přídavku syrovátkových proteinů. [50][60][78]

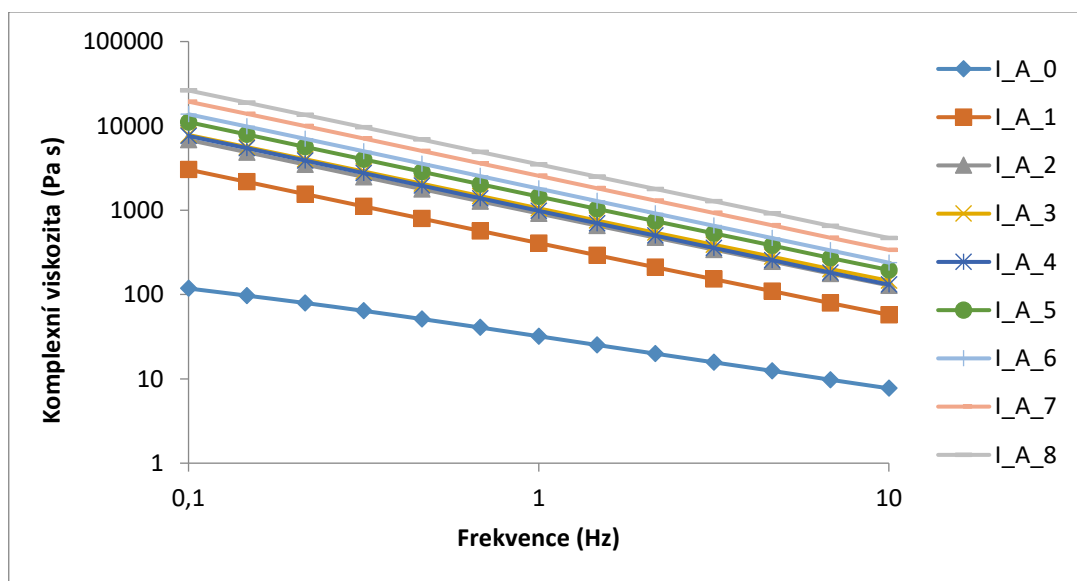


Tabulka 5: Hodnoty elastického modulu pružnosti ( $G'$ ), ztrátového modulu pružnosti ( $G''$ ), komplexního modulu pružnosti ( $G^*$ ), tangenty úhlu fázového posunu ( $\tan \delta$ ) a komplexní viskozity ( $\eta^*$ ) pro hodnoty frekvence 1 Hz

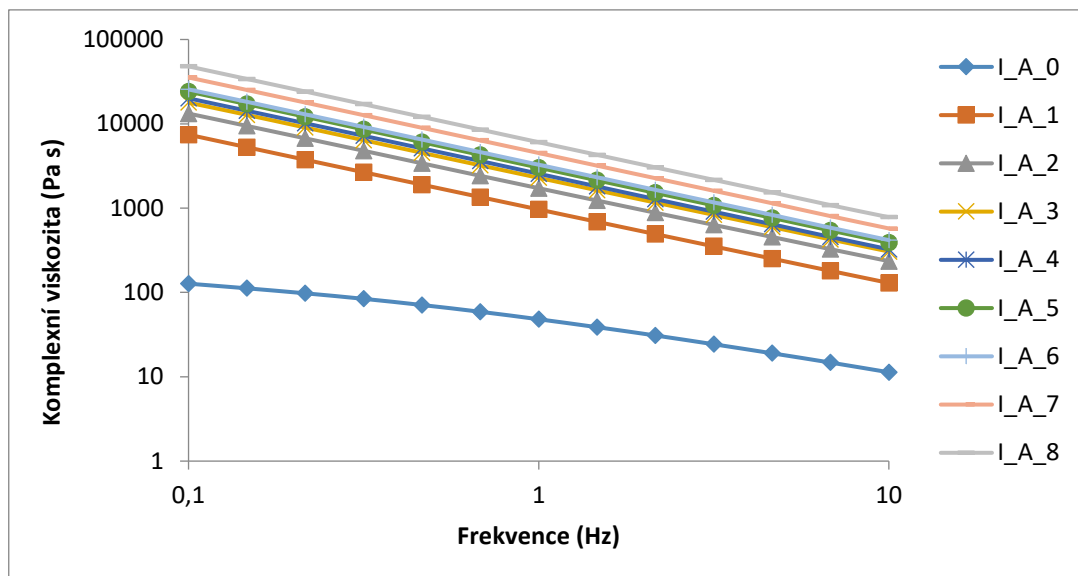
vzorek	1. DEN					14. DEN				
	$G'$ [Pa]	$G''$ [Pa]	$G^*$ [Pa]	$\tan \delta$ []	$\eta^*$ [Pa.s]	$G'$ [Pa]	$G''$ [Pa]	$G^*$ [Pa]	$\tan \delta$ []	$\eta^*$ [Pa.s]
A_0	171,95	156,26	232,35	0,91	25,21	255,72	249,58	357,32	0,98	38,75
B_0	410,90	150,45	437,58	0,37	69,82	1561,50	335,75	1597,19	0,22	254,20
I_A_1	2632,01	587,43	2696,77	0,22	292,42	6237,34	1190,63	6349,96	0,19	688,53
I_A_2	5922,68	1279,33	6059,27	0,22	657,02	11143,01	2161,24	11350,67	0,19	1230,77
I_A_3	6791,46	1437,49	6941,93	0,21	752,72	14791,46	2629,64	15023,39	0,18	1629,01
I_A_4	6342,42	1200,10	6454,97	0,19	699,92	16496,17	2494,29	16683,67	0,15	1809,04
I_A_5	9385,43	1799,02	9556,29	0,19	1036,20	19491,06	3007,11	19721,67	0,15	2138,45
I_A_6	11658,70	2088,19	11844,23	0,18	1284,28	21174,06	3236,73	21420,02	0,15	2322,61
I_A_7	16530,18	2929,95	16787,84	0,18	1820,32	29101,79	4314,50	29419,88	0,15	3190,04
I_A_8	22628,06	4181,77	23011,22	0,18	2495,14	39121,26	5791,60	39547,64	0,15	4288,19
I_B_1	1893,60	394,89	1934,34	0,21	209,74	4270,17	770,74	4339,17	0,18	470,50
I_B_2	3536,45	711,60	3607,33	0,20	391,15	8352,38	1252,54	8445,77	0,15	915,79
I_B_3	4558,42	916,45	4649,63	0,20	504,18	9288,86	1460,20	9402,93	0,16	1019,57
I_B_4	5211,77	1094,44	5325,45	0,21	577,45	15667,05	2329,16	15839,24	0,15	1717,47
I_B_5	6917,17	1400,26	7057,48	0,20	765,27	13668,65	2083,11	13826,47	0,15	1499,22
I_B_6	11136,19	2350,63	11381,58	0,21	1234,12	20560,67	3219,67	20811,24	0,16	2256,58
I_B_7	13706,14	2776,51	13984,54	0,20	1516,37	27358,73	4229,44	27683,72	0,15	3001,81
I_B_8	16103,69	3158,75	16410,56	0,20	1779,41	30011,84	4288,63	30316,71	0,14	3287,31
K_A_1	4062,91	813,63	4143,58	0,20	449,29	7034,87	1335,90	7160,58	0,19	776,43
K_A_2	3968,31	703,94	4030,26	0,18	437,01	6724,13	913,88	6785,95	0,14	735,81
K_A_3	6451,71	1170,36	6557,01	0,18	710,98	9241,49	1364,88	9341,74	0,15	1012,94
K_A_4	6827,52	1263,74	6943,49	0,19	752,91	10993,50	1566,24	11104,51	0,14	1204,08
K_A_5	8159,43	1389,43	8276,89	0,17	897,49	13666,94	1867,18	13793,90	0,14	1495,69
K_A_6	8763,38	1806,35	8947,61	0,21	970,20	20142,09	3113,96	20381,38	0,15	2209,97
K_A_7	13194,25	2551,63	13438,72	0,19	1457,19	25702,57	4022,07	26015,36	0,16	2820,89
K_A_8	16354,07	3170,68	16658,60	0,19	1806,31	29401,28	4259,58	29708,24	0,14	3221,30
K_B_1	1782,09	342,84	1814,77	0,19	196,78	5293,53	838,57	5359,54	0,16	581,14
K_B_2	1709,43	366,30	1748,24	0,21	189,56	7085,46	1031,45	7160,14	0,15	776,38
K_B_3	3154,78	602,25	3211,75	0,19	348,25	8355,69	1175,81	8438,01	0,14	914,94
K_B_4	4421,61	835,66	4499,88	0,19	487,93	11090,25	1557,68	11199,11	0,14	1214,33
K_B_5	6965,72	1269,82	7080,51	0,18	767,75	11367,88	1575,03	11476,47	0,14	1244,41
K_B_6	6870,50	1312,45	6994,73	0,19	758,45	17616,97	2396,31	17779,20	0,14	1927,83
K_B_7	9247,12	1893,66	9439,02	0,20	1023,48	18928,39	2922,28	19152,64	0,15	2076,74
K_B_8	14800,98	2654,26	15037,09	0,18	1630,49	23019,29	3616,33	23301,62	0,16	2526,62

### 6.4.1 Komplexní viskozita

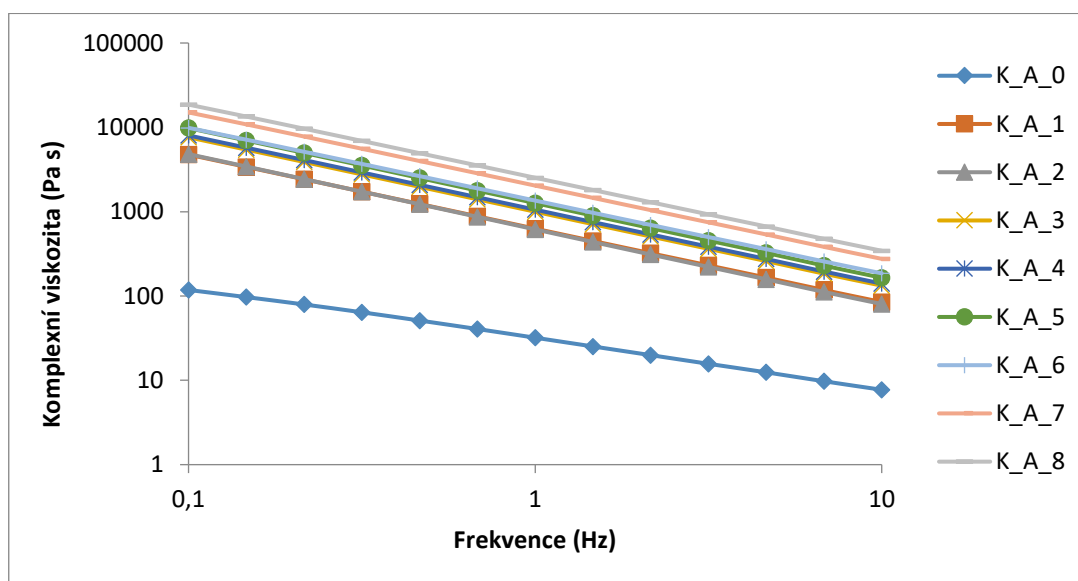
Vývoj komplexní viskozity pro jednotlivé modelové vzorky mléčných dezertů je uveden na Obrázcích 19-26. Modelové vzorky v poměru banánové plentejnové a tapiokové mouky 60:40 vykazovaly vyšší komplexní viskozitu v průběhu 14denního skladování oproti vzorkům v poměru mouk 50:50. V poměru banánové a tapiokové mouky 60:40 pak vykazovaly vyšší hodnoty pro komplexní viskozitu většinově vzorky s přidavkem izolátu sérových proteinů, stejně tak jako v poměru mouk 50:50. Z porovnání vzorků s přidavkem syrovátkového proteinu byly celkově nejvyšší naměřené hodnoty zjištěny u vzorku I\_A\_8. Nejnižší hodnoty komplexní viskozity pak byly pozorovány u vzorků s nejnižším přidavkem syrovátkového proteinu I\_B\_1 a K\_B\_1, kde byly hodnoty srovnatelné. Nicméně celkově nejnižších hodnot komplexní viskozity pak nabýval kontrolní vzorek A\_0 bez přidavku proteinu. Dále můžeme pozorovat, že hodnoty komplexní viskozity se téměř zdvojnásobily v průběhu skladování, a to u všech šarží nezávisle na použitém syrovátkovém proteinu.



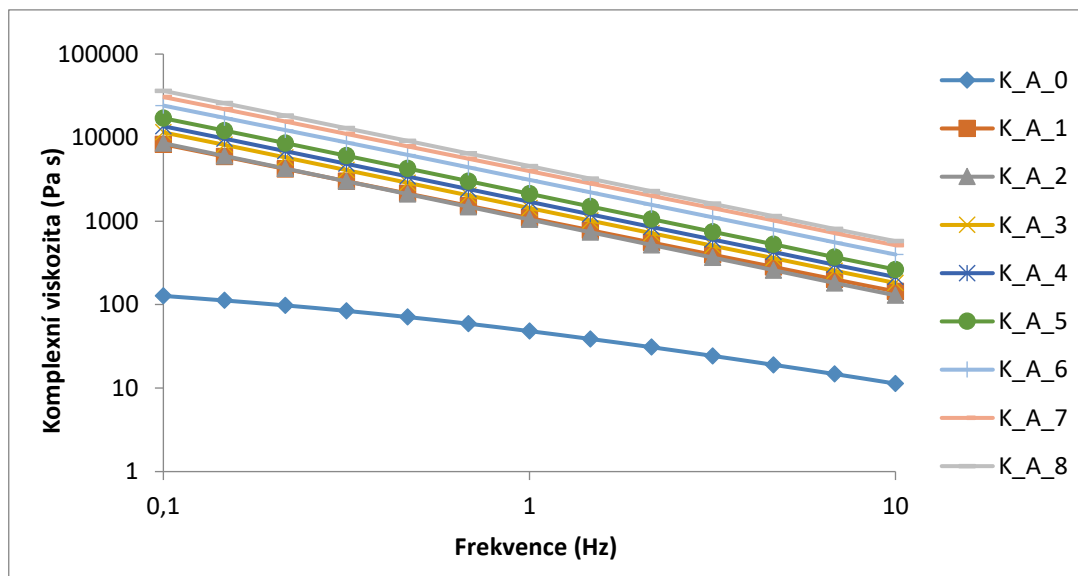
Obrázek 19: Srovnání hodnot závislosti komplexní viskozity na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plentejnové a tapiokové mouky 60:40 po 1. dnu od výroby



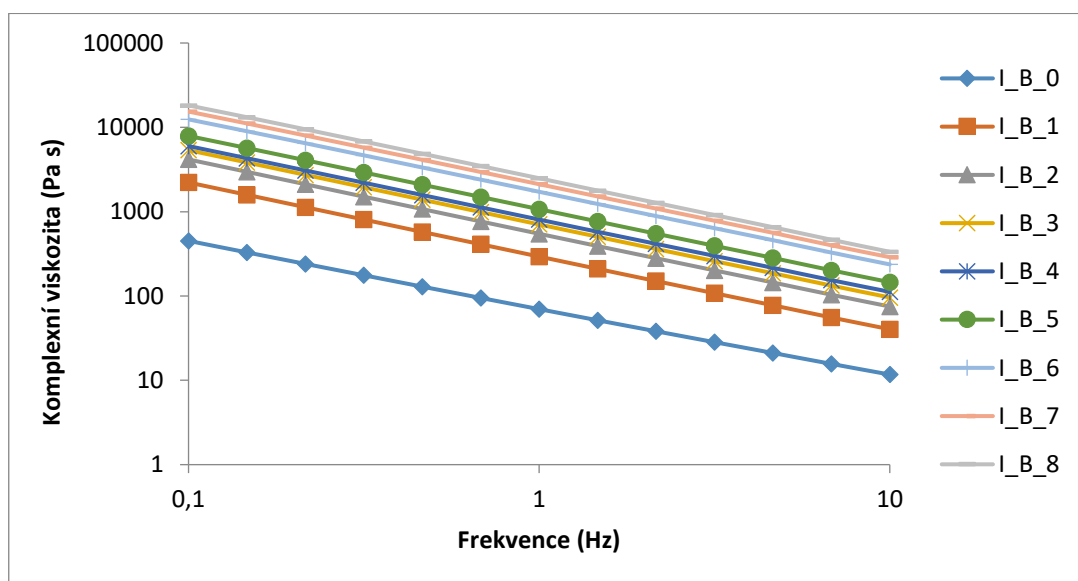
Obrázek 20: Srovnání hodnot závislosti komplexní viskozity na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 60:40 po 14. dnu od výroby



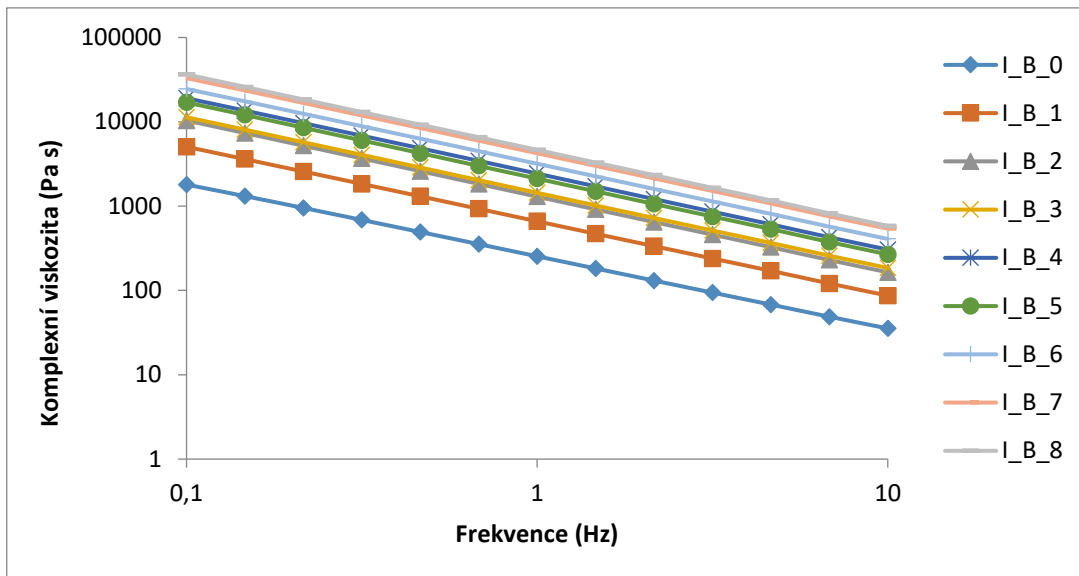
Obrázek 21: Srovnání hodnot závislosti komplexní viskozity na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentrátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 60:40 po 1. dnu od výroby



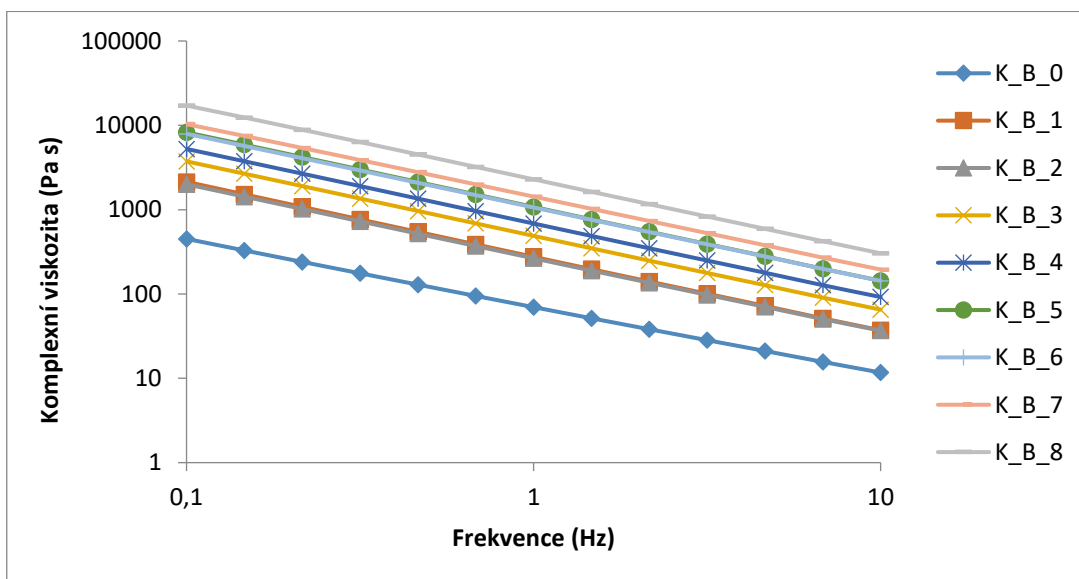
Obrázek 22: Srovnání hodnot závislosti komplexní viskozity na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentráту v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 60:40 po 14. dnu od výroby



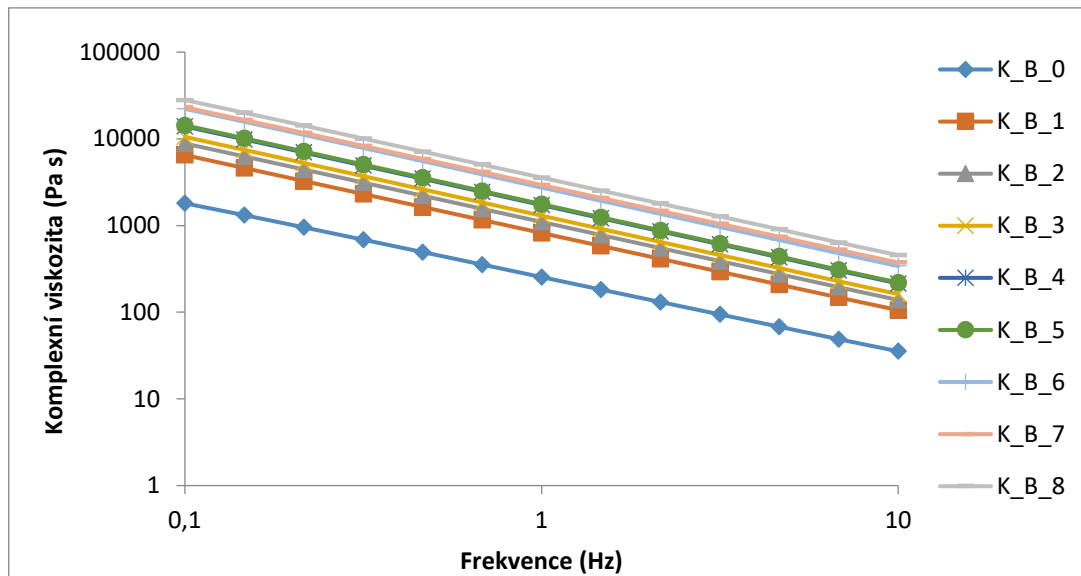
Obrázek 23: Srovnání hodnot závislosti komplexní viskozity na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 50:50 po 1. dnu od výroby



Obrázek 24: Srovnání hodnot závislosti komplexní viskozity na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 50:50 po 14. dnu od výroby



Obrázek 25: Srovnání hodnot závislosti komplexní viskozity na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentrátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 50:50 po 1. dnu od výroby



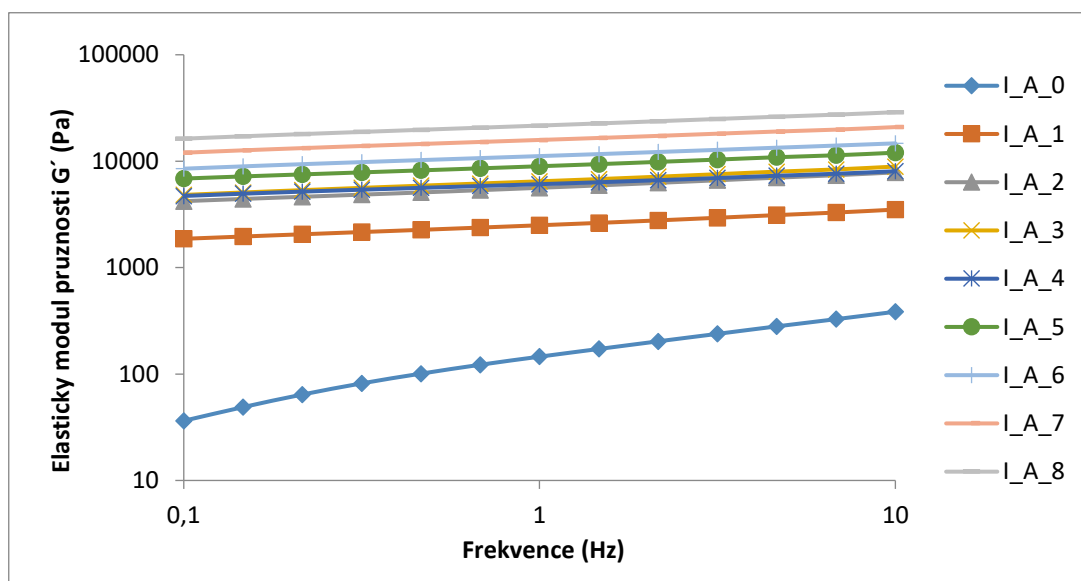
Obrázek 26: Srovnání hodnot závislosti komplexní viskozity na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentrátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 50:50 po 14. dnu od výroby

Zjištěné výsledky chování komplexní viskozity modelových vzorků mléčných dezertů potvrzuje také publikace Kusio et al. (2020) [60], kde autoři uvádí, že přidáním syrovátkových proteinů do mléčných výrobků dochází ke zvýšení komplexní viskozity výrobku. Na Obrázcích 19 až 26 můžeme vidět, že vzorky s přidavkem syrovátkových proteinů vykazovaly vyšší komplexní viskozitu než kontrolní vzorek bez přidavku proteinů a zároveň se zvyšujícím se přidavkem bílkovin se zvyšovala i komplexní viskozita v rámci jednotlivých skupin šarží (poměr použitých mouk a druh syrovátkového proteinu). Toto tvrzení je podepřeno i studií Sołowiej et al., 2014 [91].

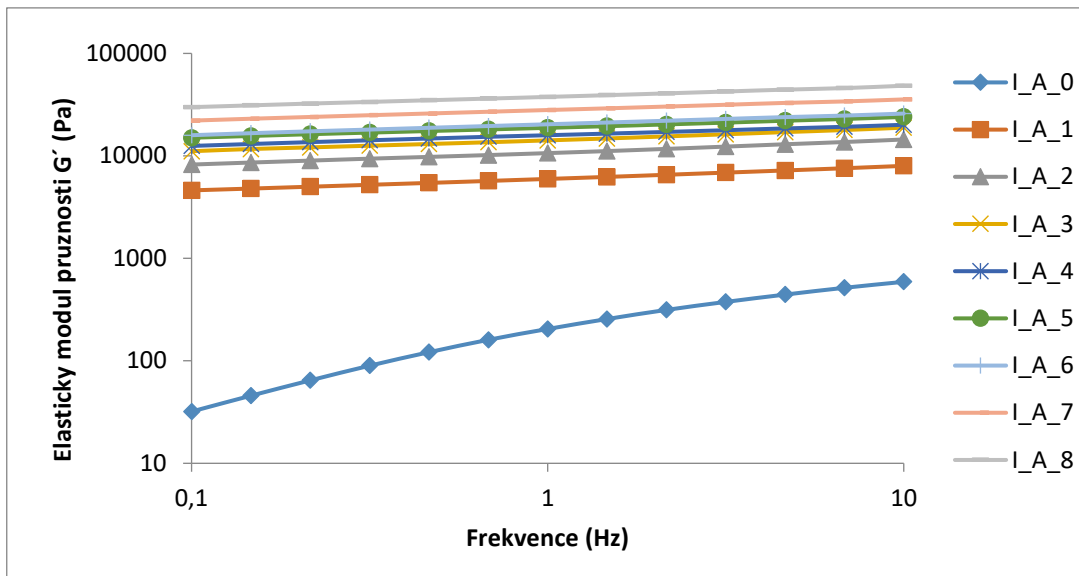
Na Obrázcích 19-26 také můžeme vidět, že všechny křivky mají s rostoucí frekvencí konstantně klesající charakter komplexní viskozity. Navíc je patrné, že šarže modelových vzorků obsahujících izolát sérových proteinů, vykazovaly mírně vyšší komplexní viskozitu oproti šaržím s koncentrátem sérových proteinů. Tento jev také souvisí s vyššími hodnotami komplexního modulu pružnosti  $G^*$ , tedy tuhostí, u vzorků s obsahem izolátu syrovátkových bílkovin ve srovnání se vzorky s obsahem koncentrátu proteinu.

### 6.4.2 Elastický modul pružnosti

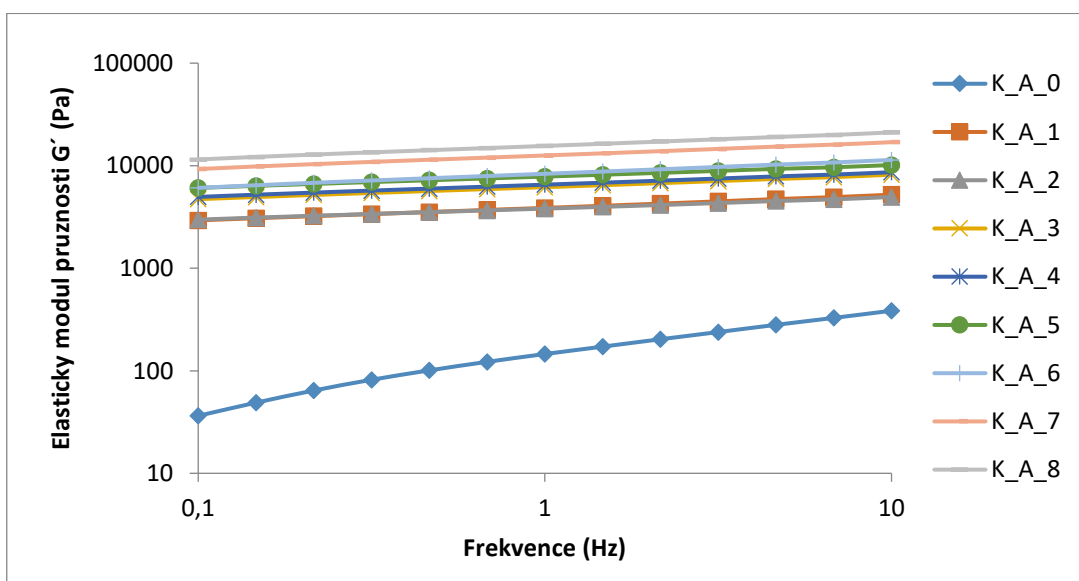
Vývoj hodnot elastického modulu pružnosti v průběhu 14denního skladování je uveden na Obrázcích 27-34. V grafech lze vidět, že všechny křivky modelových vzorků s přidavkem proteinu vykazují se zvyšující se frekvencí konstantně rostoucí charakter, přičemž mají velice podobný trend jako hodnoty pro komplexní viskozitu, tedy hodnoty pro poměr banánové plentejnové a tapiokové mouky 60:40 nabývají vyšších hodnot v porovnání s poměrem banánové a tapiokové mouky 50:50 a v těchto poměrech vykazují vždy vyšší hodnotu modelové vzorky obsahující izolát sérových proteinů. Z pohledu přidavku syrovátkových proteinů do modelových vzorků nabývá celkově nejvyšších hodnot pro  $G'$  z měření v průběhu 14denního skladování vzorek I\_A\_8 a nejnižších hodnot pro  $G'$  pak vzorek I\_B\_1. Celkově pak nabývá nejnižších hodnot opět kontrolní vzorek bez přidavku proteinu A\_0 (1. i 14. den).



Obrázek 27: Srovnání hodnot závislosti elastického modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 60:40 po 1. dnu od výroby

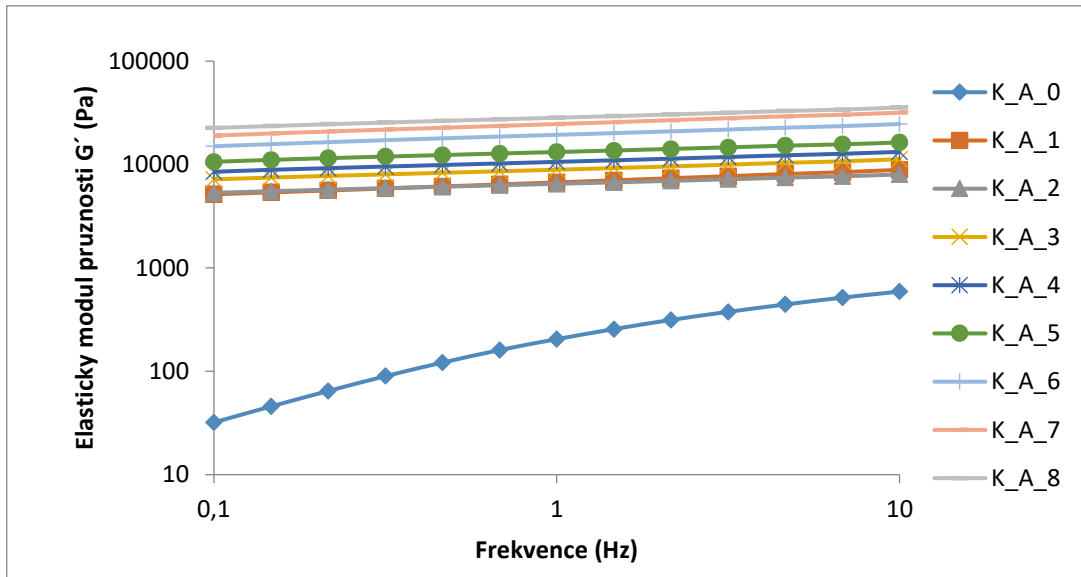


Obrázek 28: Srovnání hodnot závislosti elastického modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 60:40 po 14. dnu od výroby

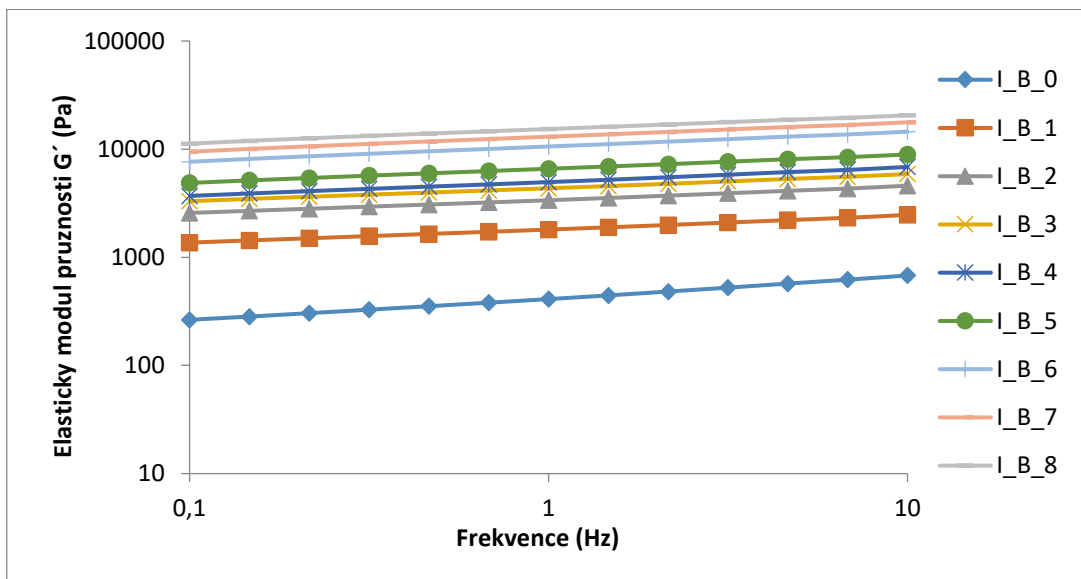


Obrázek 29: Srovnání hodnot závislosti elastického modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentrátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 60:40 po 1. dnu od výroby

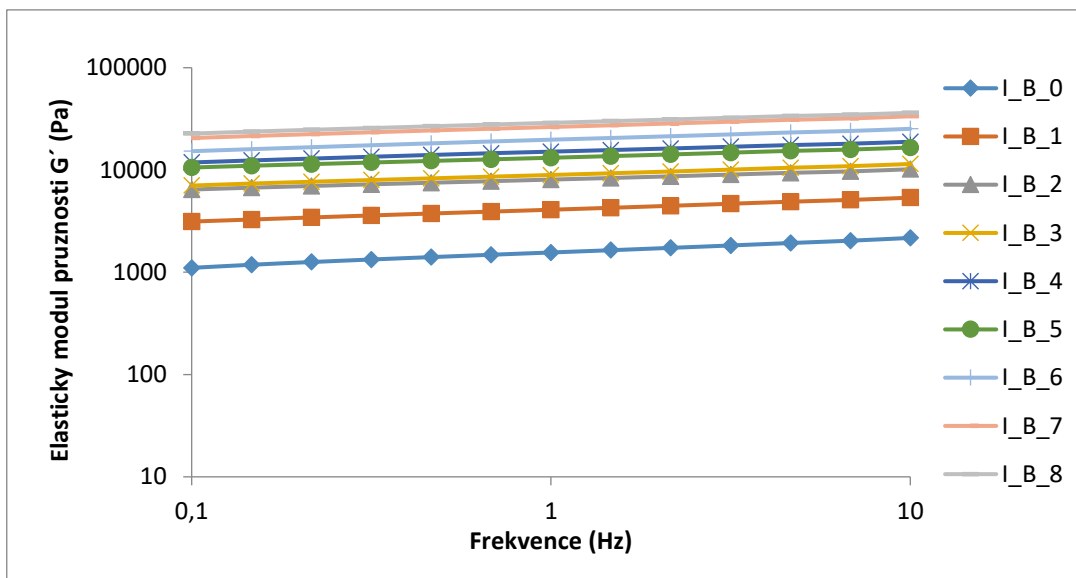




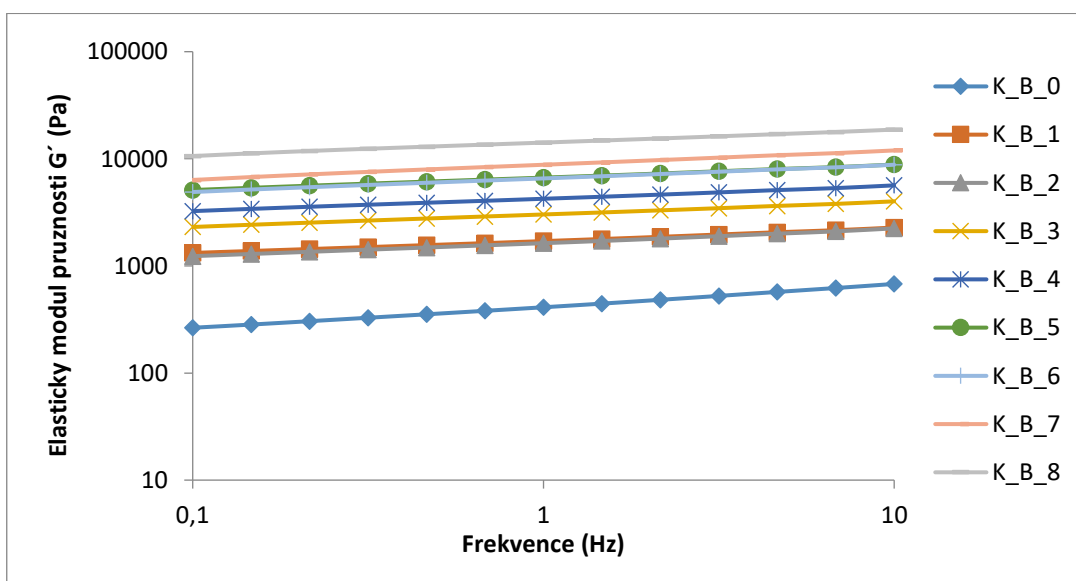
Obrázek 30: Srovnání hodnot závislosti elastického modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentrátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 60:40 po 14. dnu od výroby



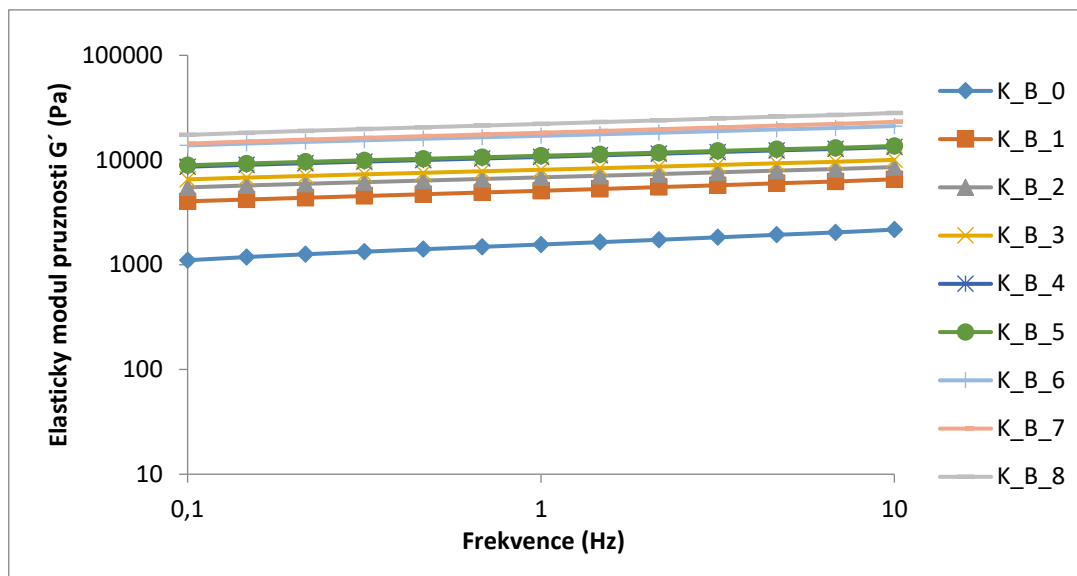
Obrázek 31: Srovnání hodnot závislosti elastického modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 50:50 po 1. dnu od výroby



Obrázek 32: Srovnání hodnot závislosti elastického modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 50:50 po 14. dnu od výroby



Obrázek 33: Srovnání hodnot závislosti elastického modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentrátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 50:50 po 1. dnu od výroby

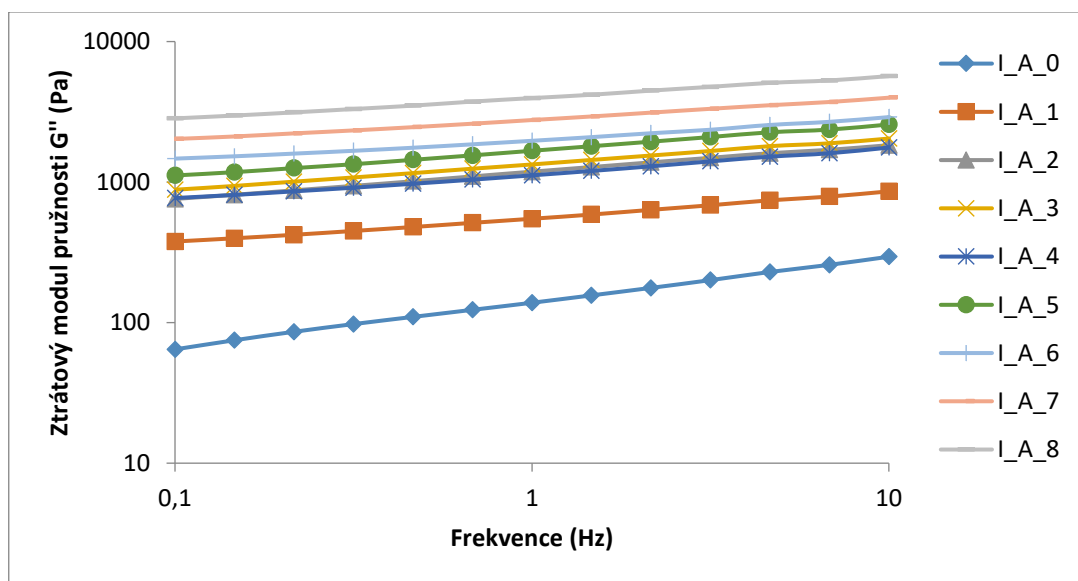


Obrázek 34: Srovnání hodnot závislosti elastického modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentráту v poměru banánové plántejnové a tapiokové mouky 50:50 po 14. dnu od výroby

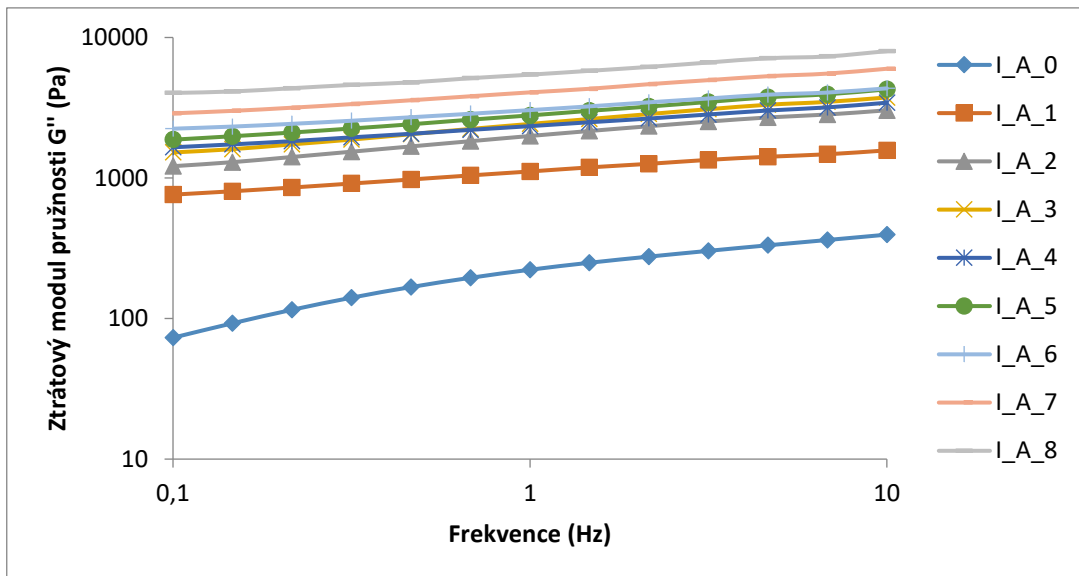
Literatura uvádí, že syrovátkové bílkoviny mají schopnost interagovat s kaseinovými molekulami, což má při vystavení systému vyšší teplotě za následek zvýšení tuhosti vzniknuvšího gelu. Toto tvrzení dokládají data zobrazená na Obrázcích 27 až 34. Bylo pozorováno zvyšování elastického modulu pružnosti u všech šarží v závislosti na přidavku proteinu, přičemž kontrolní vzorky bez přidavku proteinu nabývaly nejnižších hodnot pro elastický modul pružnosti ( $G'$ ) ze všech vyrobených vzorků. Z toho tedy vyplývá, že syrovátkové bílkoviny mění vlastnosti a strukturu gelu, a ten pak vykazuje vyšší tuhost oproti kontrolnímu vzorku bez přidavku těchto proteinů. [26][40][78]

### 6.4.3 Ztrátový modul pružnosti

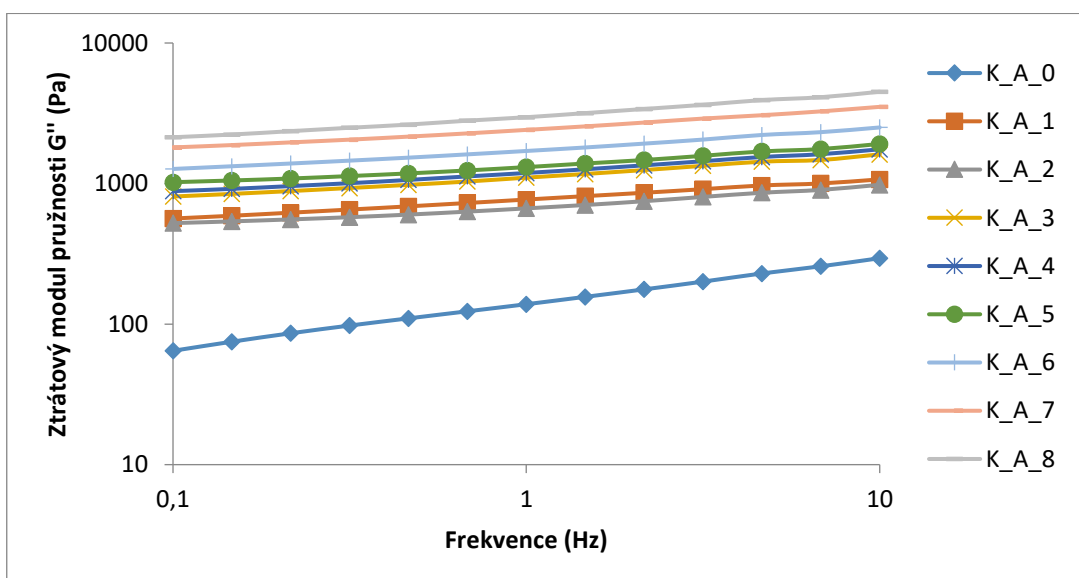
Vývoj hodnot ztrátového modulu pružnosti modelových vzorků mléčných dezertů je znázorněn na Obrázcích 35-42. Na těchto grafech lze opět pozorovat konstantně rostoucí charakter hodnot ztrátového modulu pružnosti v závislosti na rostoucí frekvenci a přidavku proteinu. Stejně jako komplexní viskozita a elastický modul pružnosti, i ztrátový modul pružnosti modelových vzorků vykazuje vyšší hodnoty pro poměr banánové a tapiokové mouky 60:40 v porovnání s poměrem banánové a tapiokové mouky 50:50. V těchto poměrech opět nabývají vyšších hodnot vzorky s přidavkem izolátu sérových proteinů, a to v průběhu celého 14denního skladování. Z modelových vzorků s přidávanými syrovátkovými proteiny nabýval celkově nejvyšších hodnot pro ztrátový modul pružnosti vzorek I\_A\_8 a naopak nejnižších hodnot vzorky I\_B\_1 a K\_B\_1, jejichž hodnoty byly srovnatelné. Celkově nejnižší hodnoty pro  $G''$  měl opět vzorek kontrolní (A\_0) bez přidavku syrovátkového proteinu, a to v obou odběrových dnech.



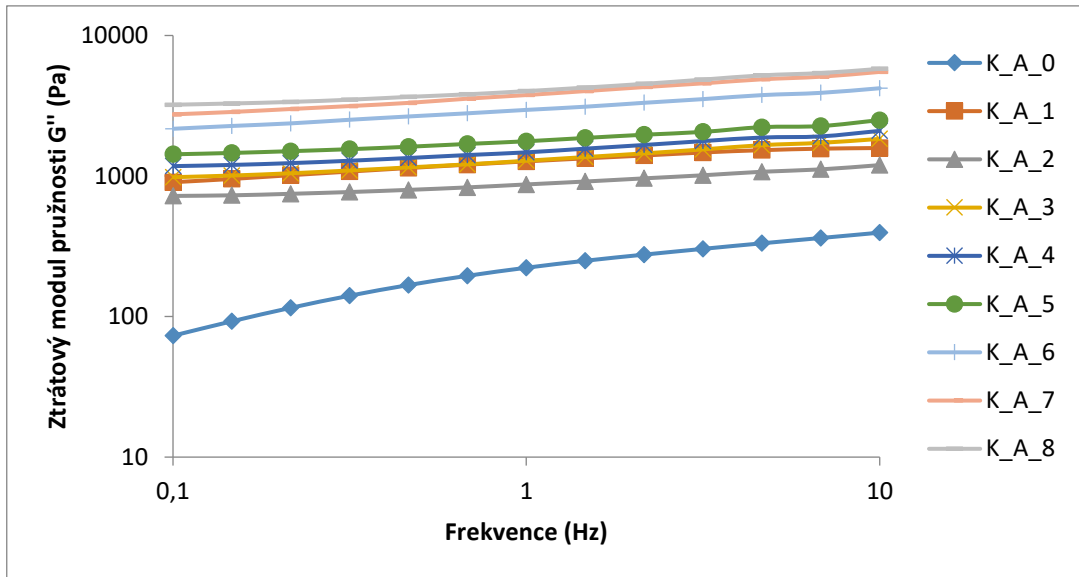
Obrázek 35: Srovnání hodnot závislosti ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plavejnové a tapiokové mouky 60:40 po 1. dnu od výroby



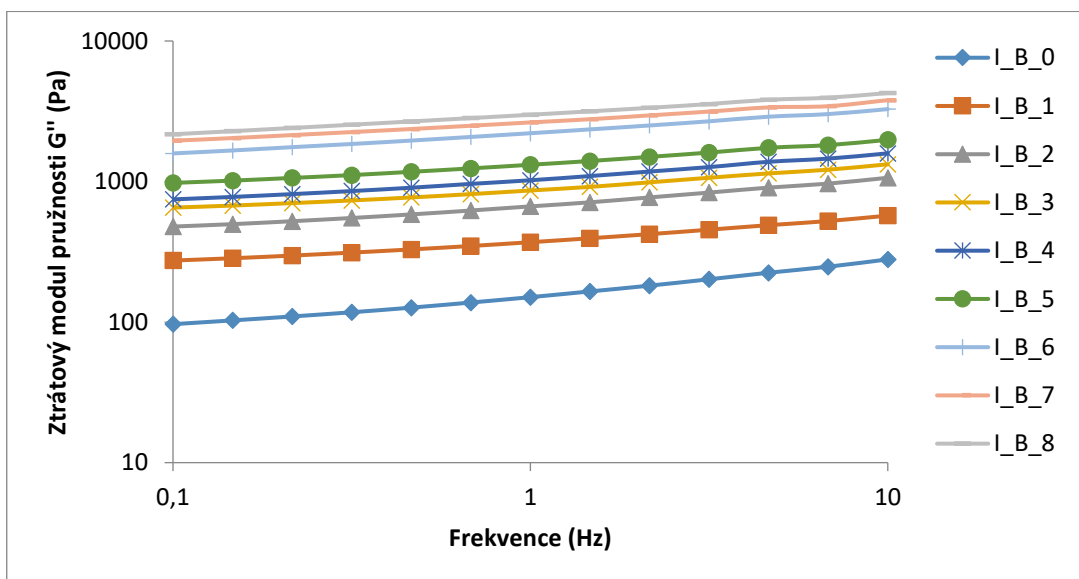
Obrázek 36: Srovnání hodnot závislosti ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 60:40 po 14. dnu od výroby



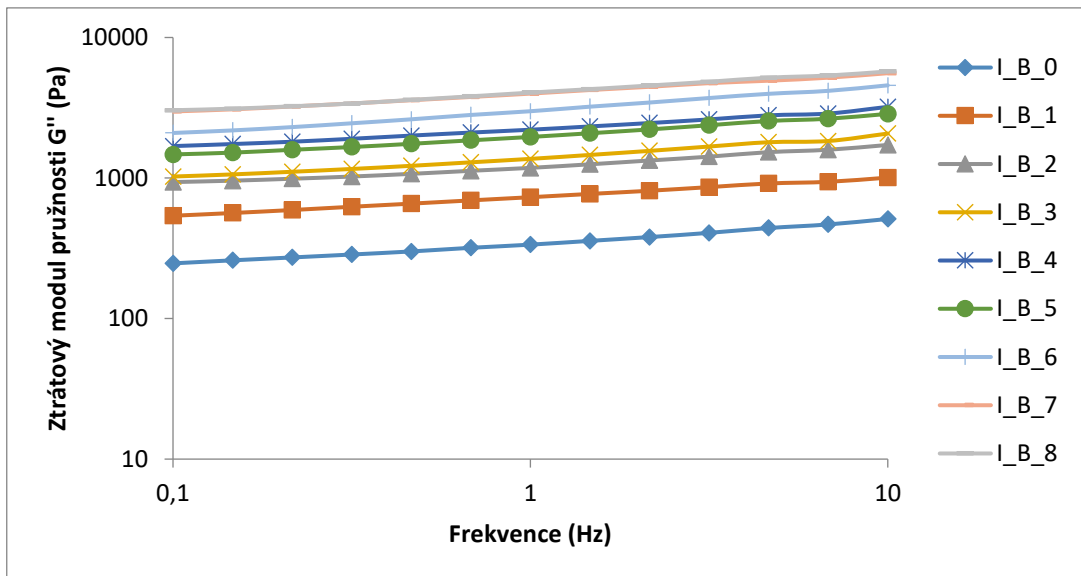
Obrázek 37: Srovnání hodnot závislosti ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentrátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 60:40 po 1. dnu od výroby



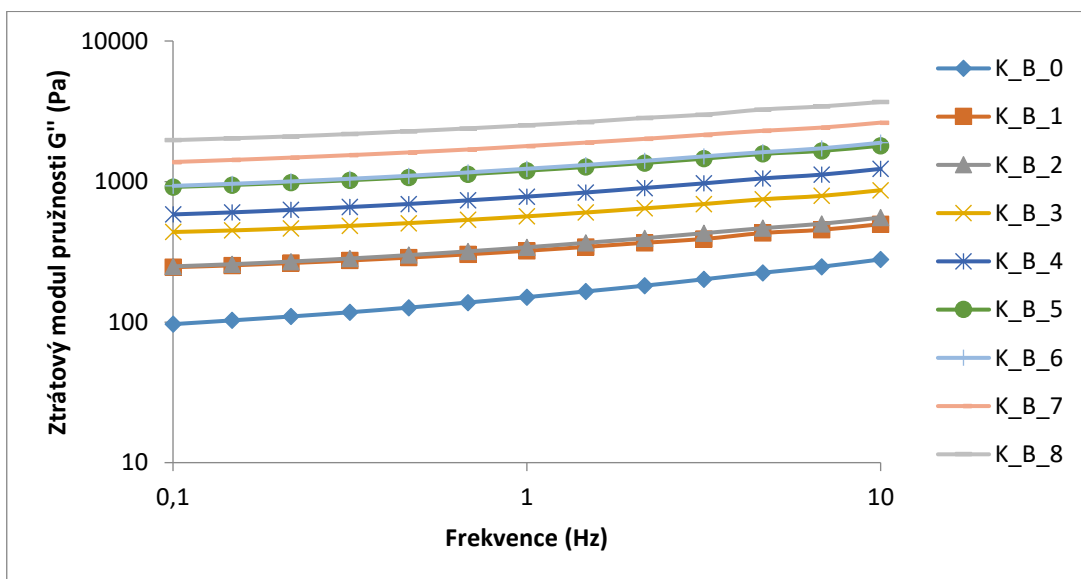
Obrázek 38: Srovnání hodnot závislosti ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentrátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 60:40 po 14. dnu od výroby



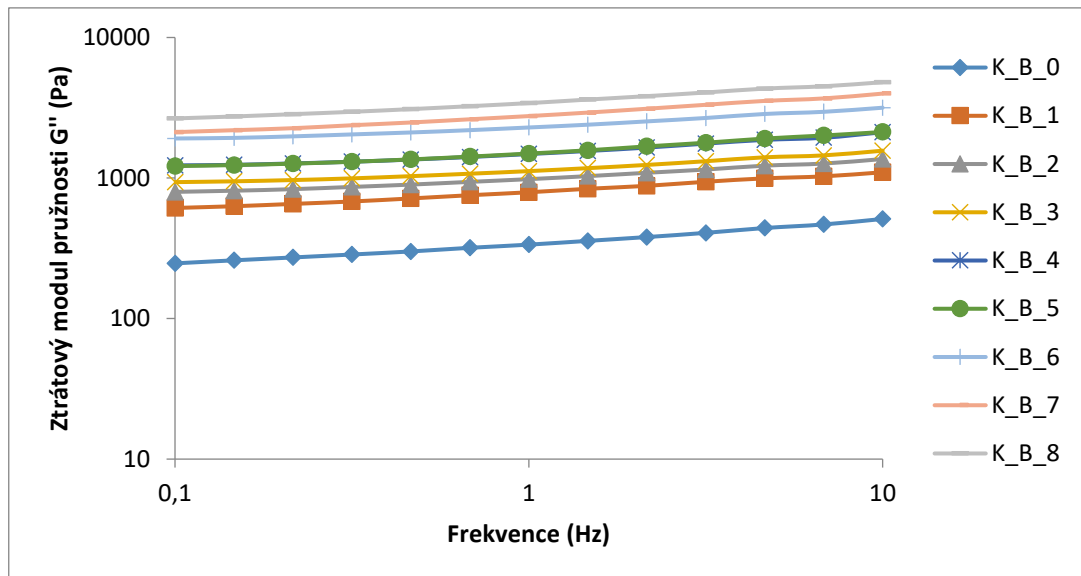
Obrázek 39: Srovnání hodnot závislosti ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 50:50 po 1. dnu od výroby



Obrázek 40: Srovnání hodnot závislosti ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 50:50 po 14. dnu od výroby



Obrázek 41: Srovnání hodnot závislosti ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentrátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 50:50 po 1. dnu od výroby



Obrázek 42: Srovnání hodnot závislosti ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentrátu v poměru banánové plántejnové a tapiokové mouky 50:50 po 14. dnu od výroby



## 7 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo zjistit vliv přídavku izolátů a koncentrátů syrovátkových bílkovin na vlastnosti mléčných dezertů se zvýšeným obsahem vlákniny. Pro tento účel byly použity chemické, texturní a reologické analýzy mléčných dezertů s přidanými syrovátkovými proteiny (izolátem nebo koncentrátem).

Ze získaných a vyhodnocených dat lze tedy vyvodit tyto závěry:

- **pH** mléčných dezertů s přidanými proteiny kolísalo nezávisle na použitém druhu proteinu a v průběhu skladování narůstalo, což se z hlediska mikrobiální stability výrobku jeví jako potenciální problém, který je nutné řešit vhodnou volbou tepelného ošetření, resp. podmínkami skladování
- Mléčné dezerty s vyšším obsahem syrovátkových bílkovin (bez rozdílu použitého druhu syrovátkového proteinu) vykazují také vyšší **obsah sušiny**
- V průběhu skladování docházelo u všech vyrobených šarží mléčných dezertů ke zvyšování **vodní aktivity** a mírnému uvolňování vody v důsledku synereze gelu, což by mohlo být v budoucnu vyřešeno vhodnou volbou stabilizátoru
- Z hlediska **stability** se jedná do jisté míry o stabilní výrobky, přičemž jako stabilnější se jeví dezerty s koncentrátem syrovátkových bílkovin (WPC) v poměru plavejnové a tapiokové mouky 50:50
- Mléčné dezerty s rostoucím přídavkem syrovátkového proteinu vykazují oproti dezertům bez přídavku bílkovin vyšší **tuhost, tvrdost a komplexní viskozitu**, a to zejména šarže s izolátem sérových bílkovin (WPI) v poměru plavejnové a tapiokové mouky 60:40

Z výše uvedených informací je tedy patrné, že mléčné dezerty obohacené o vlákninu a syrovátkové proteiny mají oproti běžným mléčným dezertům odlišné nejen nutriční vlastnosti, ale také chemické, texturní a reologické. Z hlediska volby přídavku buď WPC nebo WPI jsou pak rozhodující zejména požadované vlastnosti konečného produktu.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] AHMED, J.; PTASZEK, P.; BASU, S. *Advances in Food Rheology and its Applications*. Cambridge: Elsevier, 2017. ISBN 978-0-08-100432-6.
- [2] BARBOSA-CANOVAS, G. V. *Water activity in foods: fundamentals and applications*, (1st ed.) Ames, Iowa: Blackwell Publishing, IFT Press series. 435 p, 2007. ISBN 978-0-8138-2408-6
- [3] BAUER, J.; BIOLO, G.; CEDERHOLM, T.; CESARI, M.; CRUZ-JENTOFT, A. J.; MORLEY, J. E. et al. *Evidence-based recommendations for optimal dietary protein intake in older people: a position paper from the PROT-AGE Study Group*. Journal of the American Medical Directors Association, vol. 14 (8), p. 542-559, 2013. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23867520>
- [4] BOESMAN-FINKELSTEIN, M.; FINKELSTEIN, A. R. *Sequential purification of lactoferrin, lysozyme and secretory immunoglobulin A from human milk*. Elsevier Biomedical Press, vol. 144 (1), 1-5, 1982.
- [5] BULKOVÁ, V. *Rostlinné potraviny*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a 81 nelékařských zdravotnických oborů, 2011. ISBN 9788070135327.
- [6] BURATTO, T. *Mastering Mascarpone: What it takes to make a perfect batch of Mascarpone Cheese*, p. 1-42, 2010. Dostupné z: <https://digitalcommons.calpoly.edu/dscisp/40>
- [7] BYLUND, G. *Dairy Processing Handbook*, S-221 86 Lund, Sweden: Tetra Pak Processing Systems AB, 1995.
- [8] CEMPÍRKOVÁ, R.; LUKÁŠOVÁ, J.; HEJLOVÁ, Š. *Mikrobiologie potravin*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 1997. ISBN 80-70415-47.
- [9] ČERNÍKOVÁ, M.; PACHLOVÁ, V.; HOLAS, O.; MOUDRÁ, K.; SLINTÁKOVÁ, K.; BUŇKA, F. *The Effect of Dairy Fat Source on Viscoelastic Properties of Full-Fat Processed Cheese Spreads*. European Journal of Lipid Science and Technology, vol. 120, 2017. ISSN 14387697. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/ejlt.201700319>
- [10] ČERNÍKOVÁ, M.; SALEK R. N.; KOZÁČKOVÁ, D.; BĚHALOVÁ, H.; LUŇÁKOVÁ, L.; BUŇKA, F. *Effect of selected processing parameters on*

- viscoelastic properties of model processed cheese spreads*. International Dairy Journal, vol. 66, p. 84-90, 2017.
- [11] ČSN ISO 21807 *Mikrobiologie potravin a krmiv - stanovení vodní aktivity*: česká technická norma 1. vyd. Praha: Český normalizační institut, 12 s., 2006.
- [12] De BOER R. *From Milk By-Products to Milk Ingredients: Upgrading the Cycle*, John Wiley & Sons, Ltd., 288 p., 2014.
- [13] De BOER R.; HIDDING, J. *Membrane processes in the dairy industry: Desalination*, vol. 35, p. 169-192, 1980.
- [14] DICKINSON, E. *Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems*. Food hydrocolloids, vol. 17, p. 25-39, 2003.
- [15] DOSTÁLOVÁ, J.; KADLEC, P. *Potravinářské zboží*. 1. vyd. Ostrava: KEY Publishing, 2014. ISBN 978807418208.
- [16] *E 141-Měďnaté komplexy chlorofylů a chlorofylinů*. Zdravá potravina.cz [online]. 2015. Dostupné z: <http://zdravapotravina.cz/seznam-ecek/E141>
- [17] EARLY, R. *The technology of dairy products* (2.ed), Springer US, 1997. ISBN 978-0-7514-0344-2.  
Dostupné z: [https://books.google.cz/books?redir\\_esc=y&hl=cs&id=BuR28Y-S4SMC&q=puddings#v=onepage&q&f=false](https://books.google.cz/books?redir_esc=y&hl=cs&id=BuR28Y-S4SMC&q=puddings#v=onepage&q&f=false)
- [18] ELAGAMY, E. I.; RUPPANNER, R.; ISMAIL, A.; CHAMPPANGE, C. P.; ASSAF, R. *Purification and characterization of lactoferrin, lactoperoxidase, lysozyme, and immunoglobulins from camel's milk*. International Dairy Journal, vol. 6 (2), p. 129-145, 1996. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0958694694000557>
- [19] FELIPE, X.; LAW, A. J. R. *Preparative-scale fractionation of bovine, caprine and ovine whey proteins by gel permeation chromatography*. Journal of Dairy Research, vol. 64 (3), p. 459-464, 1997.
- [20] FOŘT, P. *Výživa hlavně pro kulturistiku a fitness*. 1 vyd., Pardubice: Svět kulturistiky, 1998. 151 s. ISBN 978-80-902589-1-4.
- [21] FOX, P. F.; MCSWEENEY, P.L.H. *Dairy Chemistry and Biochemistry*. London: Blackie Academic and Professional Publishers: London, 1998.

- [22] FRÜHAUF, P. *Alternativní výživa u dětí*. *Pediatric pro praxi*, vol. 11(2), p. 110-114, 2010.
- [23] GLIBOWSKI, P., ZARZYCKI, P., KRZEPKOWSKA, M. *The rheological and instrumental textural properties of selected table fats*. *International Journal of Food Properties*, vol. 11, p. 678-686, 2008.
- [24] GRAY, N. F. *Water Technology: An Introduction for Environmental Scientists and Engineers*. 3rd edition. Elsevier. 747 p., 2010. ISBN 978-1-85617-705-4.
- [25] GREK, E.; TYMCHUK, A. *Intensification of the process of whey protein denaturation in milk*. *Food Chemistry and Technology*, vol. 47 (2), p. 23-31, 2013.
- [26] GUINEE, T. P.; CARIĆ, M.; KALÁB, M. *Pasteurized Processed Cheese and substitute/Imitation Cheese Products*. In Fox, P.F. (Ed.) *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Elsevier Applied Science, London and New York, vol. 2, p. 349-394, 2004. ISBN 0-1226-3653-8.
- [27] <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/76688.aspx> (22.2.2022)
- [28] <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92501.aspx> (22.2.2022)
- [29] <https://www.bkg.cz/reverzni-osmoza-80> (25.2.2022)
- [30] <https://www.ceff.info/cz/additives/detail/138?seo=e-407> (21.2.2022)
- [31] <https://www.drmax.cz/wolfberry-tapiokova-mouka-bio-400-g> (24.3.2022)
- [32] <https://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E163> (21.2.2022)
- [33] <https://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E401> (21.2.2022)
- [34] <https://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E407> (21.2.2022)
- [35] <https://www.mouky.cz/mouky/eshop/42-1-TAPIOKOVA-MOUKA> (24.3.2022)
- [36] <https://www.vfu.cz/files/konzervace.pdf> (25.2.2022)
- [37] CHANDAN, R. C.; KILARA, A.; SHAH, N. P. *Puddings and Dairy-Based Desserts*. *Dairy Processing and Quality Assurance* (2nd ed.), John Wiley, p. 397-428, 2015. ISBN 978-1-5231-1861-8.
- [38] CHRPOVÁ, D. *S výživou zdravě po celý rok*. (1. vyd.). Praha: Grada, 2010.

- [39] JNAWALI, P.; KUMAR, V.; TANWAR, B. *Celiac disease: Overview and considerations for development of gluten-free foods*. Food Science and Human Wellness, vol. 5, p. 169–176, 2016. ISSN 2213-4530.
- [40] KAPOOR, R.; METZGER, L. E. *Process Cheese: Scientific and Technological Aspects — A Review*. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, vol. 7 (2), p. 194–214, 2008.
- [41] KAWAKAMI.H. *Physicochemical and biochemical characteristics of basic proteins in milk*. Milk Science, vol. 62 (3), p. 85-104, 2013.
- [42] KERKSICK, CH. M.; ARENT, S.; SCHOENFELD, B. J. et al. *International society of sports nutrition position stand: nutrient timing*. Journal of the International Society of Sports Nutrition, vol. 14 (1), 2017. ISSN 1550-2783.  
Dostupné z: <http://jissn.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12970-017-0189-4>
- [43] KLEINER, S. M.; GREENWOOD-ROBINSON, M. *Fitness výživa: Power Eating program*. (2.vyd.) Praha: Grada, 2010.
- [44] KODET, J.; ŠOTOLOVÁ, I.; ŠTĚRBA, S. *Plnicí, zahušťovací, gelotvorné a stabilizační látky pro potraviny* (1. vyd.) Praha: Středisko potravinářských informací, 236 s, 1993. ISBN 80-85120-32-1.
- [45] KOPÁČEK, J. *Jak poznáme kvalitu? Mléko a mléčné výrobky*, Praha: Česká technologická platforma pro potraviny, 2014. ISBN 978-80-87719-18-3.
- [46] KORHONEN, H. J.; ARMAND, M.; FLOURIS, A. D. *Production and properties of health-promoting proteins and peptides from bovine colostrum and milk*. Cellular and Molecular Biology, vol. 59 (1), p. 12-24, 2013.
- [47] KOŠTÍŘ, J. V. *Biochemie známá i neznámá*. (1. vyd.), Praha: Avicenum, 381 s, 1980.
- [48] KOTULÁN, J. *Zdravotní nauky pro pedagogy*. (3. vyd.), Brno: Masarykova univerzita, 258 s, 2012. ISBN 9788021057630.
- [49] KOUICHIROU. S.; MAMORU. T.; LONNERDAL, B. *Identification of lactoperoxidase in mature human milk*. The Journal of Nutritional Biochemistry, vol. 11 (2), p. 94-102, 2000. Dostupné z:

- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0955286399000820?via%3Dihub>
- [50] KUSIO, K.; SZAFRAŃSKA, J.; RADZKI, W.; SOŁOWIEJ, B. *Effect of Whey Protein Concentrate on Physicochemical, Sensory and Antioxidative Properties of High-Protein Fat-Free Dairy Desserts*. Applied Sciences, vol. 10, p. 7064, 2020.
- [51] KUTAL, T.; CABEJŠEK, L. *Praktické zkušenosti s využitím membránových separačních metod pro úpravu pitné vody*. SOVÁK: Časopis oboru vodovodů a kanalizací, č. 3, s. 12-15, 2007. ISSN 1210-3039.
- [52] LIANG, M.; CHEN, V.Y.T.; CHEN, H-L.; CHEN, W. *A simple and direct isolation of whey components from raw milk by gel filtration chromatography and structural characterization by Fourier transform Raman spectroscopy*. Talanta, vol. 69 (5), p. 1269-1277, 2006. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0039914006000178?via%3Dihub>
- [53] LINTON, R. *Food Safety Hazards in Foodservice and Food Retail Establishments*. Department of Food Science, vol. 5 (11), 1996.
- [54] LONERGAN, D. A. *Isolation of Casein by Ultrafiltration and Cryodestabilization*, Journal of Food Science, vol. 48 (6), p. 1817-1821, 1983.
- [55] LUKÁŠOVÁ, J. *Hygiena a technologie mléčných výrobků*. Brno: Vysoká škola zemědělská, 2001. ISBN 80-730541-59
- [56] LUND, B. M.; BAIRD-PARKER, T. C.; GOULD, G. W. *The microbiological safety and quality of food*. Maryland: Springer, 2000. ISBN 0-834-21323-0.
- [57] MADAENI S. S.; YASEMI, M.; DELPISHEH, A. *Milk sterilization using membranes*. Journal of Food Process Engineering, vol. 34 (4), p. 1071-1085, 2011.
- [58] MAHAN, L. K.; RAYMOND J. L. *Krause's food & the nutrition care process* (14. vyd.), St. Louis, Missouri: Elsevier, 2017. ISBN 9780323340755
- [59] MACH, I.; BORKOVEC, J. *Výživa pro fitness a kulturistiku* (1. vyd.), Praha: Grada, 2013.

- [60] MANDALA, I. G.; SAVVAS, T. P.; KOSTAROPOULOS, A. E. *Xanthan and locust bean gum influence on the rheology and structure of a white model-sauce*. Journal of Food Engineering, vol. 64 (3), p. 335-342, 2004. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-food-engineering/vol/64/issue/3>.
- [61] MANDELOVÁ, L., HRNČIŘÍKOVÁ, I. *Základy výživy ve sportu* (1.vyd.), Brno: MU Brno, 72 s., 2007. ISBN 978-80-210-4281-0.
- [62] MAUGHAN, J.R.; BURKE, M.L. *Výživa ve sportu (Příručka pro sportovní medicínu)* (1. vyd.) Praha: Galén, 311 s., 2006. ISBN 80-7262-318-44.
- [63] MEGA a.s.: *Procesy: Elektrodialýza (ED/EDR)*. Staženo 20.02.2022. Dostupné z: <http://www.ralex.eu/Horni-navigace/Procesy.aspx>
- [64] MELINA, V.; CRAIG, W.; LEVIN, S. *Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: Vegetarian Diets*. Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics, vol. 116 (12), p. 1970–1980, 2016. ISSN 22122672.
- [65] MELINA, V.; DAVIS, B. *Průvodce (začínajícího) vegetariána: kompletní průvodce zdravou vegetariánskou stravou*. Radňovice: Andrea Komínková, 2008.
- [66] *Membrane processes in industrial applications*, 20. 2. 2022. Dostupné z: <https://www.mega.cz/membrane-programme/>
- [67] *Membránové procesy v potravinářství*, Česká membránová platforma O.S., Česká technologická platforma pro potraviny při Potravinářské komoře ČR, Česká Lípa, 2015, ISBN: 978-80-904517-5-9.
- [68] Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX%3A32004R0853> (17.2.2022)
- [69] NAVRÁTILOVÁ, P.; KRÁLOVÁ, M.; JANŠTOVÁ, B.; PŘIDALOVÁ, H.; CUPÁKOVÁ, Š.; VORLOVÁ, L. *Hygiena produkce mléka*, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, VFU Brno, Brno, 2012. Dostupné z: <https://cit.vfu.cz/ivbp/wp-content/uploads/2011/07/Navratilova-skripta-web.pdf>

- [70] NOVÁK L. *Elektromembránové procesy*, VŠCHT Praha, 2014.
- [71] O'DONNELL, R.; HOLLAND, J.W.; DEETH, H.C.; ALEWOOD, P. *Milk proteomics*. International Dairy Journal, vol. 14, p. 1013-1023, 2004.
- [72] PACHLOVÁ, V. *Studijní materiály Technologie mléka a mléčných výrobků*, Fakulta technologická, Univerzita Tomáše Bati, Zlín.
- [73] PACHLOVÁ, V.; WEISEROVÁ, E.; ŽALUDEK, M.; HLADKÁ, K.; KRÁČMAR, S.; BUŇKA, F. *Změny vybraných jakostních parametrů u přírodních sýrů v průběhu půlročního zrání/skladování za různých teplot*, Potravinářstvo, vol. 4, p. 217-223, 2010.
- [74] PALATÝ, Z.; BERNAUER, B. *Membránové procesy* (1. vyd.), Praha: VŠCHT Praha, 282 s., 2012. ISBN 978-80-7080-808-5.
- [75] PÁNEK, J.; POKORNÝ, J.; DOSTÁLOVÁ, J.; KOHOUT, P. *Základy výživy* (1. vyd.), Praha: Svoboda Servis, 2002. ISBN 8086320235.
- [76] PECHOVÁ, V.; GAJDZIOK, J. *Texturní analýza jako moderní přístup k hodnocení lékových forem*, Studijní podklady, Veterinární a Farmaceutická Univerzita Brno, Farmaceutická fakulta, Brno, 2016. Dostupné z: [https://www.vfu.cz/files/3130\\_77\\_iva\\_201faf\\_3130\\_77\\_studijni-material.pdf](https://www.vfu.cz/files/3130_77_iva_201faf_3130_77_studijni-material.pdf)
- [77] PEINEMANN K.V et al. *Membranes for Food Applications*, Membrane technology, Weinheim: Wiley-VCh, vol. 3, 2010.
- [78] PERRECHIL, F.; CUNHA, R. *Oil-in-water emulsions stabilized by sodium caseinate*. Journal of Food Engineering, vol. 97 (4), p. 441-448, 2010. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877409005482>
- [79] PETTI, A.; PALMIERI, B.; VADALÀ, M.; LAURINO, C. *Vegetarianism and Veganism: Not Only Benefits but Also Gaps*. A review. Progress in Nutrition, vol. 19 (3), p. 229–242, 2017. ISSN 1129-8723.
- [80] PHILLIPS, G. O., WILLIAMS, P. A. *Handbook of Hydrocolloids*, CRC Press, Boca Raton, New York, 442 p., 2000. ISBN 0-8493-0850-X.
- [81] PHILLIPS, G. O.; WILLIAMS, P. A. *Handbook of Hydrocolloids* (2nd Ed.), Cambridge: Woodhead Publishing, 2009. ISBN 978-1-84-569587-3. Dostupné



- z: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpHHE00002/handbook-hydrocolloids/handbookhydrocolloids>)
- [82] PIŤHA, J.; POLEDNE, R. *Zdravá výživa pro každý den*. (1. vyd.), Praha: Grada, 143 s., 2009. ISBN 978-80-247-2488-1.
- [83] POULIOT, Y. Review: *Membrane processes in dairy technology - From a simple idea to worldwide panacea*. International Dairy Journal, vol. 18 (7), p. 735-740, 2008. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958694608000460?via%3Dihub>
- [84] RICE, G.; BARBER, A.; O'CONNOR, A. et al. *Fouling of NF membranes by dairy ultrafiltration permeates*. Journal of Membrane Science, vol. 330 (1-2), p. 117-126, 2009. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0376738808010909?via%3Dihub>
- [85] RISI, A.; ZÜRRER, R. *Vegetariánský život: přednosti bezmasé výživy*. Praha: EarthSave CZ, 2007.
- [86] ROUBÍK, L. *Příprava na soutěž v kulturistice od A do Z* (1.vyd.), Praha: Grafixon, 2012.
- [87] SALEK, R.-N.; LORENCOVÁ, E.; MÍŠKOVÁ, Z.; LAZÁRKOVÁ, Z.; PACHLOVÁ, V.; ADÁMEK, R.; BEZDĚKOVÁ, K.; BUŇKA, F. *The impact of Chios mastic gum on textural, rheological and melting properties of spread-type processed cheese during storage*. International Dairy Journal, vol. 109, 2020. ISSN 0958-6946. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958694620301254>.
- [88] SAUNDERS, A. B. *Dairy Desserts*. Reference Module in Food Science. Cambridge: Elsevier, 2016. ISBN 9780081005965.
- [89] SKOLNIK, H.; CERNUS, A. *Výživa pro maximální sportovní výkon*. Praha: Grada. 2011.
- [90] SMEWING, J. *Hydrocolloids*. In A. J. Rosenthal (Ed.), *Food texture: measurement and perception*. Maryland, Aspen Publishers, p. 282-303, 1999.

- [91] SOŁOWIEJ, B.; IMELDA W. Y. CH.; EUNICE C. Y. L. *Texture, rheology and meltability of processed cheese analogues prepared using rennet or acid casein with or without added whey proteins*. International Dairy Journal, vol. 37 (2), p. 87-94, 2014.
- [92] SVAČINA, Š. et al. *Klinická dietologie*. (1. vyd.) Praha: Grada, 381 s., 2008. ISBN 978-80-247-2256-6.
- [93] SVAČINA, Š.; MÜLLEROVÁ, D.; BRETŠNAJDROVÁ, A. *Dietologie pro lékaře, farmaceuty, zdravotní sestry a nutriční terapeutky* (2. upr. vyd.), Praha: Triton, 2013.
- [94] ŠÁRKA, E.; SMRČKOVÁ, P.; SEILEROVÁ, L. *Rezistentní a pomalu stravitelný škrob*, Chemické Listy, VŠCHT Praha, vol. 107, p. 929-935, 2013. Dostupné z: [http://chemicke-listy.cz/docs/full/2013\\_12\\_929-935.pdf](http://chemicke-listy.cz/docs/full/2013_12_929-935.pdf)
- [95] TAN, Y. L.; YE, A.; SINGH, H.; HEMAR, Y. *Effects of biopolymer addition on the dynamic rheology and microstructure of renneted skim milk systems*. Journal of Texture Studies, vol. 38, p. 404-422, 2007.
- [96] THANASUKARN, P.; PONGSAWATMANIT, R.; MCCLEMENTS, D. J. *Influence of emulsifier type on freeze-thaw stability of hydrogenated palm oil-in-water emulsions*. Food Hydrocolloids, vol. 18 (6), p. 1033-1043, 2004. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X04000499>.
- [97] THOMPSON, A.; BOLAND, M.; SINGH, H. *Milk Proteins: From Expression to Food*. Academic Press, 2008.
- [98] THORNE, G.; EMBLETON, P. *Suplementy ve výživě*, (1. vyd.) Pardubice: Svět kulturistiky, 576 s., 1999. ISBN 80-902589-7-2.
- [99] TOWLER, G.; SINNOTT, R. *Separation of Fluids*, 2013. ISBN:9780080966595.
- [100] UKHUN, M. E.; UKPEBOR, I. E. *Production of instant plantain flour, sensory evaluation and physicochemical changes during storage*, Food chemistry, Oxford, England, vol. 42 (3), p. 287-299, 1991. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/030881469190071U>.

- [101] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 1*, 1. vyd. Tábor: OSSIS, 352 s., 1999. ISBN 80-902391-3-7.
- [102] VILIKUS, Z. *Výživa sportovců a sportovní výkon* (1.vyd.), Praha: Karolinum, 2012.
- [103] VODRÁŽKA, Z. *Biochemie I: Živé systémy, jejich složení a organizace. Biopolymery - základ živých systémů. Obdivuhodné katalysátory-enzymy* (1. vyd.), Praha: Academia, 180 s., 1992. ISBN 80-200-0439-4.
- [104] VOLDŘICH, M. *Potravinářské aditivní látky: Zahušťovadla a stabilizátory*. Potraviny info. Praha, 2004. Dostupné z: [https://www.potravinyinfo.cz/33/potravinarske-aditivni-latky-zahustovadla-a-stabilizatoryuniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EtI668NLI3LvF0c7\\_f2a3CVZwRYsMFH\\_3w/](https://www.potravinyinfo.cz/33/potravinarske-aditivni-latky-zahustovadla-a-stabilizatoryuniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EtI668NLI3LvF0c7_f2a3CVZwRYsMFH_3w/)
- [105] VRBOVÁ, T. *Víte co jíte aneb průvodce „Éčky“ v potravinách*. Praha: EcoHouse, 268 s., 2001. ISBN 80-238-7504-3.
- [106] Vyhláška 397/2016 Sb. o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-397#cast1>
- [107] WEDHOLM, A.; HALLÉN, E.; LARSEN, L. B. *Comparison of milk protein composition in a Swedish and a Danish dairy herd using reversed phase HPLC*. Acta Agriculturae Scandinavica. Section A, Animal Science, vol. 56 (1), p. 8-15, 2006.
- [108] WU, M.; WANG, X.; ZHANG, Z.; WANG, R. *Isolation and purification of bioactive proteins from bovine colostrum*. Progress in Molecular and Environmental bioengineering-From Analysis and Modeling to Technology Application, 2011.
- [109] YE, X.; YOSHIDA, S.; NG, T.B. Isolation of lactoperoxidase, lactoferrin,  $\alpha$ -lactalbumin,  $\beta$ -laktoglobulin B and  $\beta$ -laktoglobulin A from bovine rennet whey using ion exchange chromatography. The International Journal of Biochemistry & Cell Biology, vol. 32 (11-12), p. 1143-1150, 2000. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1357272500000637?via%3Dihub>

- [110] YEE K. W. K.; ALEXIADIS, A.; BAO, J.; WILEY D. E. *Effect of multi-stage membrane proces designs on the achievable performance of automatic control*. Journal of Membrane Science, vol. 320 (1-2), p. 280-291, 2008. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0376738808003207>
- [111] YNTEMA, S.; BEARD, C. H. *Vegetariánství a děti*. Brno: Mercurius, 2004.
- [112] YUKSEL, Z.; ERDEM, Y. K.; *Detection of the milk proteins by RP-HPLC*. GIDA - Journal of Food, vol. 35 (1), p. 5-11, 2010.
- [113] ZARZYCKI, P.; CIOŁKOWSKA, A. E.; JABŁOŃSKA-RYŚ, E.; GUSTAW, W. *Rheological properties of milk-based desserts with the addition of oat gum and  $\kappa$ -carrageenan*. Journal of food science and technology, vol. 56 (11), p. 5107–5115, 2019.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

AMNK	aminokyselina
AAS	Amino Acid Score (aminokyselinové skóre)
EAAI	Essencial Amino Acid Index (index esenciálních aminokyselin)
PER	Protein Efficiency Rating (skóre efektivnosti využití bílkoviny)
PDCAAS	Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score (skóre stravitelnosti bílkoviny)
BCAA	branched-chained amino acids (větvené aminokyseliny)
MF	mikrofiltrace
MFF	mikrofiltrační frakcionace
UF	ultrafiltrace
DF	diafiltrace
WPI	whey protein isolate (izolát syrovátkových bílkovin)
WPC	whey protein concentrate (koncentrát syrovátkových bílkovin)
NF	nanofiltrace
RO	reverzní osmóza
ED	elektrodialýza
MV	mléčný výrobek
MO	mikroorganismus

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

- Obrázek 1: Hodnoty pH modelových vzorků mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 60:40 v průběhu 14denního skladování.....41
- Obrázek 2: Hodnoty pH modelových vzorků mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentrátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 60:40 v průběhu 14denního skladování.....42
- Obrázek 3: Hodnoty pH modelových vzorků mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 50:50 v průběhu 14denního skladování.....42
- Obrázek 4: Hodnoty pH modelových vzorků mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentrátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 50:50 v průběhu 14denního skladování.....43
- Obrázek 5: Vývoj obsahu sušiny modelových vzorků mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 60:40 v průběhu 14denního skladování.....44
- Obrázek 6: Vývoj obsahu sušiny modelových vzorků mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentrátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 60:40 v průběhu 14denního skladování .....45
- Obrázek 7: Vývoj obsahu sušiny modelových vzorků mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 50:50 v průběhu 14denního skladování.....45
- Obrázek 8: Vývoj obsahu sušiny modelových vzorků mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentrátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 50:50 v průběhu 14denního skladování.....46
- Obrázek 9: Vývoj aktivity vody modelových vzorků mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 60:40 v průběhu 14denního skladování.....47

- Obrázek 10: Vývoj aktivity vody modelových vzorků mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentrátu v poměru banánové plajejnové a tapiokové mouky 60:40 v průběhu 14denního skladování.....48
- Obrázek 11: Vývoj aktivity vody modelových vzorků mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plajejnové a tapiokové mouky 50:50 v průběhu 14denního skladování.....48
- Obrázek 12: Vývoj aktivity vody modelových vzorků mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentrátu v poměru banánové plajejnové a tapiokové mouky 50:50 v průběhu 14denního skladování.....49
- Obrázek 13: Vývoj stability modelových vzorků mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plajejnové a tapiokové mouky 60:40 v průběhu 14denního skladování.....50
- Obrázek 14: Vývoj stability modelových vzorků mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentrátu v poměru banánové plajejnové a tapiokové mouky 60:40 v průběhu 14denního skladování.....51
- Obrázek 15: Vývoj stability modelových vzorků mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plajejnové a tapiokové mouky 50:50 v průběhu 14denního skladování.....51
- Obrázek 16: Vývoj stability modelových vzorků mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentrátu v poměru banánové plajejnové a tapiokové mouky 50:50 v průběhu 14denního skladování.....52
- Obrázek 17: Srovnání hodnot tvrdosti modelových vzorků mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu a syrovátkového koncentrátu v poměru banánové plajejnové a tapiokové mouky 60:40 po 1. dnu od výroby.....54
- Obrázek 18: Srovnání hodnot tvrdosti modelových vzorků mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu a syrovátkového koncentrátu v poměru banánové plajejnové a tapiokové mouky 50:50 po 1. dnu od výroby.....54
- Obrázek 19: Srovnání hodnot závislosti komplexní viskozity na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plajejnové a tapiokové mouky 60:40 po 1. dnu od výroby.....58

- Obrázek 20: Srovnání hodnot závislosti komplexní viskozity na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 60:40 po 14. dnu od výroby.....59
- Obrázek 21: Srovnání hodnot závislosti komplexní viskozity na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentráту v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 60:40 po 1. dnu od výroby....59
- Obrázek 22: Srovnání hodnot závislosti komplexní viskozity na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentráту v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 60:40 po 14. dnu od výroby...60
- Obrázek 23: Srovnání hodnot závislosti komplexní viskozity na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 50:50 po 1. dnu od výroby.....60
- Obrázek 24: Srovnání hodnot závislosti komplexní viskozity na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 50:50 po 14. dnu od výroby.....61
- Obrázek 25: Srovnání hodnot závislosti komplexní viskozity na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentráту v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 50:50 po 1. dnu od výroby....61
- Obrázek 26: Srovnání hodnot závislosti komplexní viskozity na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentráту v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 50:50 po 14. dnu od výroby...62
- Obrázek 27: Srovnání hodnot závislosti elastického modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 60:40 po 1. dnu od výroby....63
- Obrázek 28: Srovnání hodnot závislosti elastického modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 60:40 po 14. dnu od výroby ...64
- Obrázek 29: Srovnání hodnot závislosti elastického modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentráту v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 60:40 po 1. dnu od výroby.....64



- Obrázek 30: Srovnání hodnot závislosti elastického modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentráту v poměru banánové plentejnové a tapiokové mouky 60:40 po 14. dnu od výroby...65
- Obrázek 31: Srovnání hodnot závislosti elastického modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plentejnové a tapiokové mouky 50:50 po 1. dnu od výroby.....65
- Obrázek 32: Srovnání hodnot závislosti elastického modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plentejnové a tapiokové mouky 50:50 po 14. dnu od výroby...66
- Obrázek 33: Srovnání hodnot závislosti elastického modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentráту v poměru banánové plentejnové a tapiokové mouky 50:50 po 1. dnu od výroby.....66
- Obrázek 34: Srovnání hodnot závislosti elastického modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentráту v poměru banánové plentejnové a tapiokové mouky 50:50 po 14. dnu od výroby...67
- Obrázek 35: Srovnání hodnot závislosti ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plentejnové a tapiokové mouky 60:40 po 1. dnu od výroby.....68
- Obrázek 36: Srovnání hodnot závislosti ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plentejnové a tapiokové mouky 60:40 po 14. dnu od výroby...69
- Obrázek 37: Srovnání hodnot závislosti ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentráту v poměru banánové plentejnové a tapiokové mouky 60:40 po 1. dnu od výroby.....69
- Obrázek 38: Srovnání hodnot závislosti ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentráту v poměru banánové plentejnové a tapiokové mouky 60:40 po 14. dnu od výroby...70
- Obrázek 39: Srovnání hodnot závislosti ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plentejnové a tapiokové mouky 50:50 po 1. dnu od výroby.....70

- Obrázek 40: Srovnání hodnot závislosti ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového izolátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 50:50 po 14. dnu od výroby...71
- Obrázek 41: Srovnání hodnot závislosti ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentrátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 50:50 po 1. dnu od výroby.....71
- Obrázek 42: Srovnání hodnot závislosti ztrátového modulu pružnosti na frekvenci pro modelové vzorky mléčných dezertů s přidavkem syrovátkového koncentrátu v poměru banánové plantejnové a tapiokové mouky 50:50 po 14. dnu od výroby...72

**SEZNAM TABULEK**

- Tabulka 1: Surovinová skladba modelových vzorků se syrovátkovým izolátem v poměru 60:40.....36
- Tabulka 2: Surovinová skladba modelových vzorků se syrovátkovým izolátem v poměru 50:50.....37
- Tabulka 3: Surovinová skladba modelových vzorků se syrovátkovým koncentrátem v poměru 60:40.....37
- Tabulka 4: Surovinová skladba modelových vzorků se syrovátkovým koncentrátem v poměru 50:50.....37
- Tabulka 5: Hodnoty elastického modulu pružnosti ( $G'$ ), ztrátového modulu pružnosti ( $G''$ ), komplexního modulu pružnosti ( $G^*$ ), tangentu úhlu fázového posunu ( $\tan \delta$ ) a komplexní viskozity ( $\eta^*$ ) pro hodnoty frekvence 1 Hz.....57

