

Vliv homogenizačního procesu a přídavku fycocoloidů na reologické vlastnosti mléčných nápojů

Bc. Lucie Cmajdálková

Diplomová práce
2021



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Lucie Cmajdálková
Osobní číslo: T190135
Studijní program: N0721A210004 Technologie potravin
Studijní obor: Technologie potravin
Forma studia: Kombinovaná
Téma práce: Vliv homogenizačního procesu a přídavku fycocoloidů na reologické vlastnosti mléčných nápojů.

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

1. Základní charakteristika mléčných nápojů.
2. Použité suroviny při výrobě mléčných nápojů.
3. Faktory působící na kvalitu mléčných nápojů.

II. Praktická část

1. Vyroberte modelové vzorky mléčných nápojů.
2. Provedte vybrané analýzy.
3. Vyhodnotte získané výsledky a zformulujte závěry.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] Cheng, N., Barbano, D. M., & Drake, M. A. (2019). Effects of milk fat, casein, and serum protein concentrations on sensory properties of milk-based beverages. *Journal Of Dairy Science*, 102(10), 8670-8690
- [2] Cheng, N., Barbano, D. M., & Drake, M. A. (2019). Effect of pasteurization and fat, protein, casein to serum protein ratio, and milk temperature on milk beverage color and viscosity. *Journal Of Dairy Science*, 102(3), 2022-2043
- [3] Paixão, J. A., Rodrigues, J. B., Esmerino, E. A., Cruz, A. G., & Bolini, H. M. A. (2014). Influence of temperature and fat content on ideal sucrose concentration, sweetening power, and sweetness equivalence of different sweeteners in chocolate milk beverage. *Journal Of Dairy Science*, 97(12), 7344-7353
- [4] Pushpadass, H. A., Emerald, F. M. E., Balasubramanyam, B. V., & Patel, S. S. (2019). Rheological Properties of Milk-Based Beverages. In *Milk-Based Beverages* (pp. 373-396). Elsevier

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Richardos Nikolaos Salek, Ph.D.**
Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce: **31. prosince 2020**

Termín odevzdání diplomové práce: **14. května 2021**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Robert Gál, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 8. února 2021

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

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

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala. V případě publikace výsledků budu uvedena jako spoluautorka.
- 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

V této diplomové práci byl zkoumán vliv přídavku furcellaranu a také vliv jednostupňové homogenizace na reologické vlastnosti vyrobených mléčných nápojů s příchutí kakaá. Modelové vzorky obsahovaly přídavek furcellaranu o koncentraci 0,25 % nebo 0,50 % (w/w). Jednostupňová homogenizace proběhla buď při tlaku 100 bar nebo 200 bar. Pro porovnání byly také zařazeny vzorky nehomogenizované a rovněž vzorek mléka, které sloužilo k výrobě všech modelových vzorků mléčných nápojů. Následně byla provedena základní fyzikálně-chemická analýza a reologická analýza.

Přídavek furcellaranu i homogenizační proces jednoznačně ovlivnili sledované vlastnosti modelových vzorků mléčných nápojů. Přídavek furcellaranu způsobil zvýšení smykového napětí i dynamické viskozity, patrný vliv na tyto reologické vlastnosti měla i homogenizace. Ze získaných křivek lze soudit, že modelové vzorky ochucených mléčných nápojů vykazovaly pseudoplastické chování kapalin. Výsledky fyzikálně-chemických analýz poukázaly na zvýšení celkového obsahu sušiny i refraktometrické sušiny v důsledku přídavku furcellaranu. Díky přídavku furcellaranu byla také zvýšena stabilita těchto ochucených mléčných nápojů. Homogenizace měla, vedle působení na reologické vlastnosti, vliv také na hodnotu pH (zvýšení) a aktivitu vody (snížení). Rozdíly byly patrné i v samotných podmínkách homogenizace, tj. v použitých tlacích.

Klíčová slova: mléčný nápoj, fykocoidy, furcellaran, homogenizace, reologické vlastnosti

ABSTRACT

In this diploma theses, the effect of furcellaran addition and single-stage homogenization on the rheological properties of cocoa-flavoured dairy beverages was investigated. The model samples contained furcellaran at concentrations of 0,25% or 0,50% (wt/wt). The single-stage homogenization régime was realized at a pressure of 100 bars or 200 bars. For comparison, non-homogenized samples of dairy beverages were taken, as well as a sample of milk (untreated), which was also used for the production of all tested model dairy beverage samples. Subsequently, basic physico-chemical analysis and rheological analysis were performed.

Moreover, furcellaran addition affected the properties of all dairy beverage samples. In addition homogenization had a noticeable effect on the properties of the tested samples.

It can be concluded, that all of the model samples of flavoured dairy beverages showed a pseudoplastic behaviour. The results of physico-chemical analysis showed an increase in the total dry matter content and refractometric dry matter due to the addition of furcellaran. The stability of these flavoured dairy beverages was also increased by the addition of furcellaran. In addition to affecting the rheological properties, homogenization had an effect on the pH value (increase) and water activity (decrease) as well. The differences were evident in the homogenization conditions themselves.

.

Keywords: milk beverage, phycocolloids, furcellaran, homogenization, rheological properties

Na prvním místě patří mé poděkování vedoucímu této práce, panu Ing. Richardu Nikolaosu Salekovi, Ph.D, především za vedení, trpělivost a cenné rady. Dále bych ráda poděkovala Ing. Vendule Kůrové a Ing et Ing Ludmile Zálešákové za pomoc při realizaci experimentální části této práce. Děkuji svojí rodině a blízkým přátelům za pomoc a podporu po celou dobu mého studia.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 MLÉKO JAKO VÝCHOZÍ SUROVINA	12
1.1 CHARAKTERISTIKA MLÉKA.....	12
1.2 SLOŽENÍ MLÉKA	13
1.3 VLASTNOSTI MLÉKA.....	17
2 MLÉČNÉ NÁPOJE	20
2.1 ACIDOFILNÍ MLÉKA	21
2.2 SYROVÁTKOVÉ NÁPOJE	21
2.3 KEFÍRY	22
2.4 FAKTORY MAJÍCÍ VLIV NA KVALITU MLÉČNÝCH NÁPOJŮ	22
3 HYDROKOLOIDY	26
3.1 ŠKROB.....	27
3.2 PEKTINY	28
3.3 ŽELATINA.....	29
3.4 FYCOCOLOIDY.....	30
II PRAKTICKÁ ČÁST	37
4 CÍLE	38
5 MATERIÁL A METODY	39
5.1 POPIS VZORKŮ A PŘÍSTROJŮ POUŽITÝCH PŘI JEJICH VÝROBĚ	39
5.1.1 Výroba vzorků.....	39
5.1.2 Homogenizace.....	40
5.2 METODY.....	41
5.2.1 Základní fyzikálně-chemická analýza.....	41
5.2.2 Reologická analýza	43
6 VÝSLEDKY A DISKUZE	46
6.1 SUŠINA	46
6.2 STABILITA - % SEDIMENTACE.....	46
6.3 REFRAKTOMETRICKÁ SUŠINA	47
6.4 PH	48
6.5 AKTIVITA VODY	49
6.6 REOLOGICKÁ ANALÝZA.....	50
6.6.1 Vliv přídavku fycocoloidu	50
6.6.2 Vliv homogenizace.....	52

7 ZÁVĚR.....	57
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	58
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	70
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	71
SEZNAM TABULEK.....	73

ÚVOD

Nápoje hrají velmi důležitou roli v lidské stravě, mimo jiné jsou vynikajícím prostředkem pro dodávání živin a bioaktivních sloučenin. Obliba mléčných nápojů v průběhu let postupně narůstá, kromě jiného jsou spotřebiteli vyhledávány pro potenciální zdravotní přínosy, které jim jejich konzumace může přinést. Mléčné nápoje je možné rozdělit do dvou základních skupin, a to na fermentované a nefermentované. Mezi nejoblíbenější příchutě nefermentovaných mléčných nápojů patří čokoládové. Kakaový prášek, kterým jsou mléčné nápoje ochucovány, není zcela rozpustný a v mléčném nápoji sedimentuje. I proto je nezbytný přídavek další složky (např. hydrokoloidu), který má funkci stabilizátoru, zabraňuje sedimentaci a ovlivňuje zejména reologické vlastnosti mléčných nápojů. Fycocoloidy jsou hydrokoloidy, které se extrahují z různých druhů mořských řas. Jejich použití v potravinářství i jiných odvětvích průmyslu stále roste. Některé z nich jsou často využívány právě v mléčných nápojích.

Pro účely experimentální části této diplomové práce byly vyrobeny mléčné nápoje s příchutí kaka a následně byl studován vliv homogenizačního procesu a také přídavku fycocoloidu furcellaranu na reologické vlastnosti těchto kakaových mléčných nápojů, provedena byla i základní fyzikálně-chemická analýza. Furcellaran byl přidáván v koncentraci 0,25 % nebo 0,50 % (w/w), jednostupňová homogenizace proběhla při tlaku 100 bar (10 MPa) nebo 200 bar (20 MPa). Z reologických vlastností byla sledována dynamická viskozita a smykové napětí, fyzikálně-chemická analýza zahrnovala stanovení sušiny, refraktometrické sušiny, % sedimentace, stanovení pH a aktivity vody.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 MLÉKO JAKO VÝCHOZÍ SUROVINA

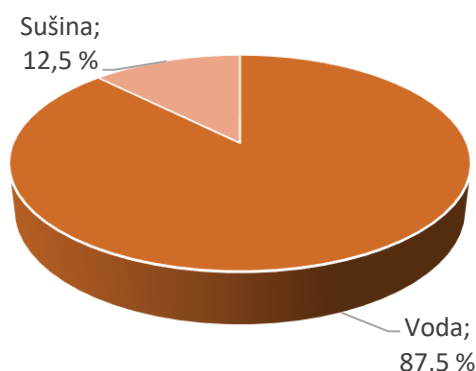
1.1 Charakteristika mléka

Mléko je produkováno mléčnými žlázami samic savců. Bývá obecně řazeno mezi hlavní zdroje základních živin, které jsou esenciální pro vývoj jedince. V jeho složení jsou zastoupeny všechny důležité složky – sacharidy, lipidy, proteiny, minerální látky, vitamíny a další nutričně významné látky. Zastoupení jednotlivých složek v mléce se v průběhu laktace mění. (Goodman *et al.*, 2003; Véghe, 2014). Rozlišují se tak dva druhy mléka – mlezivo a mléko zralé. Mlezivo je svým složením podobné složení krve, obsahuje například vyšší obsah imunoglobulinů než zralé mléko (souvisí s přenosem imunity z matky na mládě) a v potravinářství se nezpracovává, zatímco zralé mléko je využíváno jako potravina anebo jako výchozí surovina pro výrobu mlékárenských produktů. (Simeonovová *et al.*, 2003). V celosvětové spotřebě převládá mléko kravské, k výrobě různých mléčných produktů lze ale využít také např. mléko kozi, ovčí a jiné. Do popředí se také dostávají rostlinné alternativy živočišných mlék, jako např. mléko sójové, ovesné, nebo mandlové, které je také možné zpracovat na řadu výrobků. Poptávka a obliba těchto alternativních produktů v posledních letech postupně roste, zejména kvůli stále většímu rozšíření alergie na mléko a laktosové intolerance v populaci. (Silva *et al.*, 2020; Valencia-Flores *et al.*, 2013).

Legislativně se na mléko a mléčné produkty vztahuje zejména vyhláška č. 397/2016 Sb., o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. V této vyhlášce jsou zpracovány příslušné předpisy Evropské unie. Vyhláška obsahuje informace o způsobu označování potravin, a to dle jejich členění na jednotlivé druhy, skupiny, podskupiny a také rozdělení dle jejich složení. Dále jmenuje požadavky na jakost jednotlivých druhů potravin, jsou zde uvedeny technologické požadavky, teplotní režimy při uchování či zmrazování, požadavky na přepravu a také minimální technologické požadavky.

1.2 Složení mléka

Mléko je polydisperzní systém. Zatímco disperzním prostředím mléka je voda, dispergovanou fází lze rozdělit na molekulární, koloidní a emulzní. Molekulární fází mléka je mléčný cukr – laktosa, dále chloridy a fosforečnany. Koloidní fáze zahrnuje dusíkaté látky bílkovinného charakteru a hlavní emulzní část tvoří mléčný tuk. (Březina & Jelínek, 1990). Mléko se skládá z vody a sušiny, kdy obsah vody činí 87 – 88 %, sušina pak tvoří 12 – 13 %. Hodnota pH čerstvého mléka se pohybuje v rozmezí 6,5 – 6,7. (Janštová & Navrátilová, 2014). V rámci sušiny tvoří průměrně 4 – 5 % celkového obsahu laktosa, 3 % proteiny, 3 – 4 % lipidy, 0,7 % minerální látky a 0,1 % vitamíny. (Miller *et al.*, 2007). Mezi faktory, které mají vliv na konkrétní obsah těchto látek v mléce, patří zejména druh a plemeno zvířete, ze kterého mléko pochází, ale také např. jeho výživa či stádium laktace. (Friedmann, 2011; Kohout *et al.*, 2016; Larsen *et al.*, 2010; Stoop *et al.*, 2009).



Obrázek 1 Průměrné složení kravského mléka.

1.2.1 Jednotlivé složky kravského mléka

Proteiny

Proteiny (neboli bílkoviny) jsou z chemického hlediska polypeptidické řetězce L- α -aminokyselin, které spojuje peptidická vazba. Kravské mléko obsahuje asi 30-35 g/l proteinů a tvoří významnou část sušiny mléka. Mléčné bílkoviny jsou považovány za plnohodnotné, obsahují tedy i všech 9 esenciálních aminokyselin, které si lidský organismus nedokáže sám syntetizovat. Mezi pozitivní vlastnosti mléčných bílkovin patří jejich dobrá stravitelnost, která činí téměř 95 %. Mléčné bílkoviny se z pohledu stravitelnosti řadí hned za bílkoviny vajec, jejichž bílkoviny jsou považovány za nejvíce plnohodnotné. (Kohout *et al.*, 2016).

Hlavní část bílkovin mléka tvoří kaseiny, dále se zde vyskytují syrovátkové proteiny a další, minoritní, bílkoviny, které se navzdory nízkému zastoupení účastní velmi důležitých biologických pochodů, zejména pak obranných reakcí organismů – působí antimikrobiálně. (Claeys *et al.*, 2014). Mezi tuto skupinu bílkovin patří imunoglobuliny (v mléce především IgM, IgA, IgG), glykoproteiny (např. transferrin a laktoferrin) a enzymy (lysozym, laktoperoxidasa). Nezbytné biologické funkce však zastávají i hlavní bílkoviny mléka. (Golian, 2016).

Kaseiny představují až 80 % z celkového obsahu bílkovin v mléce. Jedná se o fosfoproteiny, mezi jejichž základní frakce patří α_{S1} , α_{S2} , β a κ -kasein. Tyto frakce mezi sebou vytváří různé komplexy a micely o velikosti 30 – 300 nm. Hlavní část micel tedy tvoří kaseiny (až z 93 %), dále se zde vyskytují vápenaté ionty (3 %), anorganický fosfát (3 %), vázaný fosfát ve formě fosfoserrinu (2 %), citrát (0,4 %) a dále soli sodné, draselné a hořečnaté v celkovém množství asi 0,5 %. (Gajdůšek, 2003). Vnitřní struktura a uspořádání kaseinové micely však nebyly navzdory rozsáhlým studiím dosud zcela objasněny a jsou předmětem aktivního vědeckého výzkumu. (De Kruif & Holt, 2003; De Kruif *et al.*, 2012; Ingham *et al.*, 2015).

Syrovátkové proteiny jsou proteiny zbývající po vysrážení kaseinů z mléka při pH 4,6, jejich obsah v mléce je 17-20 %. Jedná se o globulární bílkoviny, mezi které se řadí α -laktalbumin, β -laktoglobulin, sérový albumin nebo imunoglobuliny. Z nutričního hlediska jsou hodnotnější než kaseiny, především díky vysokému obsahu cystinu. (Gajdůšek, 2003; Velíšek, 1999). Aminokyselinový profil kaseinové a syrovátkové frakce je do značné míry odlišný. Kaseinová frakce proteinů je bohatší na aminokyseliny jako je histamin, methionin a fenylalanin, zatímco syrovátkové proteiny obsahují více leucinu, isoleucinu a valinu. (Tang *et al.*, 2009).

Výše popsané dusíkaté látky bílkovinného charakteru tvoří až 95 % celkového obsahu dusíkatých látek v mléce. Zbylých 5 % nebílkovinných látek obsahujících dusík tvoří močovina, amoniak, kyselina močová či kreatin. (Janštová & Navrátilová, 2014).

Lipidy

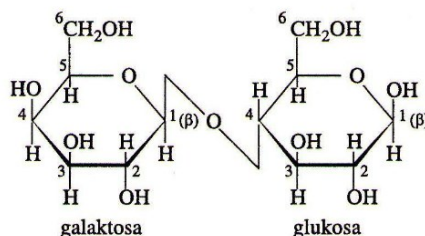
Lipidy lze definovat jako estery mastných kyselin (MK) a alkoholu. Jsou hlavním zdrojem energie – z 1 g tuku lidský organismus získá 38 kJ energie, zatímco ze sacharidů či proteinů 17 kJ. V těle tedy slouží jako bohatý zdroj, ale i jako zásobárna energie. (Sluková, 2016). Lipidy se v mléce vyskytují ve formě tukových kuliček. Triacylglyceroly (TAG) tvoří až 98 % mléčného tuku, dalšími zástupci jsou diacylglyceroly (2 %), cholesterol (< 0,5 %)

fosfolipidy (asi 1 %) a volné mastné kyseliny (0,1 %). Mléčné triacylglyceroly obsahují spektrum nasycených i nenasycených mastných kyselin. Jako příklad nasycených MK můžeme jmenovat např. kyselinu myristovou, palmitovou či stearovou. Vyskytují se zde ale také MK s krátkým uhlíkatým řetězcem (C4-C8), které především ovlivňují sensorické vlastnosti mléka. Kyselina olejová, linolová a linolenová jsou pak zástupci nenasycených MK, které se v mléčném tuku vyskytují a které jsou považovány za esenciální. (Gajdůšek, 2003). Pro mléčný tuk je typická vysoká stravitelnost, dále, krom energetické, plní také funkci například ochrannou či stavební – přímo se účastní stavby buněčných membrán. Lipidy jsou také zdrojem vitamínů rozpustných v tucích, zejména pak vitamínu A, D, E, K. Podíl lipidů závisí mimo jiné na konkrétním výrobku – nejvíce tuku nalezneme v tavených sýrech, naopak nejmenší obsah tuku mají odtučněné jogurty. Plemeno, roční období, krmná dávka nebo zdravotní stav dojníc jsou faktory, které významným podílem ovlivňují složení mléčného tuku. (Kopáček, 2014). Kravské mléko obsahuje 33-47 g/l lipidů. (Schmidt, 2016).

Sacharidy

Laktosa je disacharid, který vzniká spojením D-glukosy a D-galaktosy (Obr 2). Tento disacharid bývá označován jako mléčný cukr, jelikož je jeho jediným přírodním zdrojem mléčná žláza savců. Laktosa dává mléku nasládlou chuť, je v něm dobře rozpustná a kromě toho také napomáhá udržení osmotického tlaku mléka. (Sluková, 2016).

Laktosa je hlavním sacharidem obsaženým v mléce (až 90 %), kromě něj se zde vyskytují i monosacharidy (především glukosa), jejich obsah je však nízký. (Březina & Jelínek, 1990; Janštová & Navrátilová, 2014; Kadlec, 2002).



Obrázek 2 Chemický vzorec laktosy. Převzato z: Buňka *et al.*, 2013.

Laktosa je výchozí látkou pro fermentaci mléka bakteriemi mléčného kvašení (BMK). Jedná se o zásadní proces při výrobě fermentovaných mléčných výrobků – jogurtů, kysaných smetan, acidofilních mlék a dalších. Technologie výroby těchto produktů zahrnuje přidávek určitého množství kultur BMK, které jsou schopné procesem fermentace měnit laktosu na kyselinu mléčnou, popř. i další látky. Vzhledem k tomu, že při fermentaci dochází ke snížení obsahu laktosy v daném výrobku, mohou některé tyto výrobky konzumovat i lidé trpící laktosovou intolerancí. Byl také prokázán pozitivní vliv kysaných mléčných výrobků na mikroflóru střev. (Friedmann, 2011; Janštová & Navrátilová, 2014).

Minerální látky, enzymy, vitamíny

Zastoupení a množství minerálních látek v mléce se mění v závislosti na druhu mléka, stádiu laktace nebo složení krmné dávky dojnice a stanovuje se obvykle jako množství popela. (Králíčková *et al.*, 2012; Bilal *et al.*, 2014). Celkově tvoří asi 0,7 % obsahu mléka. Minerální látky se v mléce vyskytují v různých formách, mohou být vázány na jiné složky mléka, nacházet se zde ale mohou také volně v roztoku nebo ve formě koloidu. Nejvíce zastoupeny jsou v kravském mléce tyto minerální prvky: vápník, sodík, draslík, fosfor, síra, hořčík a chlor. (Fox *et al.*, 2015; Friedmann, 2011). Minerální látky v mléce často interagují s proteiny. Tyto interakce jsou velmi významné, jelikož díky nim dochází ke změnám v konfiguraci a struktuře proteinů a mění se tak biologické i strukturální vlastnosti mléka. (Gaucheron, 2011). Správná funkce řady enzymatických i neenzymatických proteinů přítomných v mléce závisí na jejich interakci s minerálními prvky. (Vegarud *et al.*, 2000).

Další významnou a nezastupitelnou složkou mléka jsou enzymy. V čerstvém kravském mléce se přirozeně vyskytuje až 60 různých enzymů. Vznikat mohou v krvi, somatických buňkách i v cytoplazmě. Některé z nich poukazují na jakost mléka, jiné se používají v testech, které hodnotí stupeň např. tepelného či mechanického působení na mléko. (Březina & Jelínek, 1990; Buňka *et al.*, 2013; Bylund, 1995). Jedním z těchto enzymů je laktoperoxidasa. Laktoperoxidasa patří do skupiny peroxidas, enzymů, které se v přírodě vyskytují ve velké míře – jsou přítomny v rostlinách, zvířatech a jsou součástí i lidského organismu. Peroxidasy katalyzují oxidaci řady organických i anorganických substrátů prostřednictvím peroxidu vodíku, který rozkládají za uvolnění kyslíku. Laktoperoxidasa je enzym významný z několika důvodů. Mimo jiné vykazuje tento enzym antimikrobiální aktivitu (je součástí tzv. laktoperoxidasového systému) a díky jeho relativně vysoké tepelné stabilitě v mléce se používá tzv. laktoperoxidasový test pro hodnocení

účinnosti tepelného ošetření mléka při HTST (z anglického *high-temperature short-time*) pasteraci (72 °C, 15 s) nebo nízké pasteraci s delší výdrží (63 °C, 30 min). (Buys, 2011). Dalším významným enzymem mléka je alkalická fosfatasa. Fosfatasy obecně hydrolyzují esterovou vazbu, čímž přerušují spojení kyseliny fosforečné a různých substrátů. Alkalická fosfatasa je membránově vázaný glykoprotein, který se vyskytuje především v živočišných tkáních a v mikroorganismech. V praxi se využívá tzv. fosfatasový test, kterým se také hodnotí účinnost tepelného ošetření mléka.

Vitamíny jsou esenciální nízkomolekulární sloučeniny, které v lidském organismu zajišťují řadu funkcí. Nejčastější rozdělení vitamínů je podle jejich rozpustnosti, a to na vitamíny rozpustné ve vodě a vitamíny rozpustné v tucích. Zatímco vitamíny A, D, E, K jsou rozpustné v tucích, vitamíny skupiny B, C a H jsou naopak rozpustné ve vodě. Vitamíny A (retinol) a E (tokoferoly a tokotrienoly) si lidské tělo nedokáže syntetizovat samo, a proto musí být dodávány v potravě. (Coultrate, 2002). Vitamín D (D₂-ergokalciferol a D₃-cholecalciferol) vzniká z jejich provitamínů působením UV záření. Jeho obsah v mléce je obvykle velmi nízký, proto dochází k fortifikaci mléka (i jiných potravin) tímto vitamínem. (Crevier *et al.*, 2017; Hanson & Metzger, 2010; Hasanvand *et al.*, 2015). Vitamín K₁ (fylochinon) je syntetizován rostlinami, K₂ (metachinon) vzniká v tlustém střevu díky činnosti přítomné mikroflóry. (Beulens *et al.*, 2013; Turner *et al.*, 2018). Mléko je dobrým zdrojem retinolu, β-karotenu (tedy provitamínu A) i α-tokoferolu (Bergamo *et al.*, 2003), ale obsahuje relativně nízký obsah vitamínu D₃ nebo K (Jensen & Robert, 1995). Z vitamínů skupiny B je v mléce a v mléčných výrobcích (a také vejcích) nejvýznamnějším zástupcem riboflavin, nebo-li vitamín B₂. (EFSA, 2017). Vitamín C se v čerstvém mléce také vyskytuje, tepelným ošetřením však dochází k jeho degradaci. Roční období či výživa dojnice jsou jedny z faktorů, které ovlivňují obsah vitamínů v mléce. (Friedmann, 2011).

1.3 Vlastnosti mléka

Sledování, měření či stanovení některých vlastností mléka je důležité pro mnohé technologické účely. Jedním z těchto ukazatelů je kyselost mléka, kdy je možné stanovit kyselost aktivní nebo titrační. Aktivní kyselost je stanovena měřením pH, jde tedy o měření koncentrace vodíkových kationtů. Aktivní kyselost čerstvého mléka se pohybuje v rozmezí pH 6,6 – 6,8. Titrační kyselost se standardně stanovuje metodou podle Soxhlet-Henkela. Dle této metody se k neutralizaci 100 ml mléka používá 0,25 M roztok NaOH, jako

indikátor se přidává fenolftalein. Aktivní kyselost čerstvého mléka se pak pohybuje mezi 6,8 – 7,2 °SH. Zvýšení kyselosti např. při skladování mléka je známkou rozvoje přítomné kontaminující mikroflóry, díky které může dojít ke zvýšení titrační kyselosti až o 4,4 °SH. (Březina & Jelínek, 1990; Kadlec *et al.*, 2009).

Bod mrznutí je dalším sledovaným parametrem, který poukazuje na možný přídavek vody do mléka. Běžně se hodnota bodu mrznutí mléka pohybuje mezi - 0,57 °C až - 0,54 °C, dojde-li však k přidání 1 % vody, zvýší se bod mrznutí o 0,005 – 0,006 °C. (Buňka *et al.*, 2013).

Hodnota hustoty mléka (nebo také specifická hmotnost mléka) do jisté míry závisí na jeho složení – vliv na ni má obsah bílkovin, laktosy, tuku i přítomné minerální látky. Ke zvýšení hustoty mléka dochází při vyšším obsahu bílkovin, laktosy či minerálních látek. Snížení hustoty zase způsobuje vyšší zastoupení tuku. Obecně se pohybuje v rozmezí 1,028 – 1,032 g/cm³. (Gajdůšek, 2003; Šustová & Lužová, 2013).

Přítomností řady povrchově aktivních látek, jako jsou bílkoviny a fosfolipidy, je povrchové napětí mléka nižší než povrchové napětí vody. (Gajdůšek & Kličník, 1985; Buňka *et al.*, 2013).

Dle České technické normy (ČSN) 57 0529 musí syrové mléko obsahovat minimálně 33,0 g/l tuku, obsah bílkovin minimálně 28 g/l, titrační kyselost by se měla pohybovat v rozmezí 6,2 – 7,8 °SH a bod mrznutí tohoto mléka by měl být -0,510 °C. (Čepička, 1995).

Elektrická vodivost poukazuje na celkový obsah přítomných iontů v mléce, jako např. iontů chloru, sodíku nebo draslíku. V průběhu fermentace dochází ke zvýšení elektrické vodivosti v důsledku přeměny vápníku a hořčíku na jejich iontové formy. Měření elektrické vodivosti se tak uplatňuje jako monitorovací index při výrobě jogurtů i jiných fermentovaných potravin. (Tallapragada & Rayavarapu, 2019).

V potravinářském průmyslu má také velký význam studium reologických vlastností potravin. Termín *reologie* pochází z řeckého slova „*rheos*“, v češtině „*tok*“. Reologie může být tedy popsána jako věda, která se zabývá tokem látek a také deformacemi hmoty. Zabývá se také studiem vztahu mezi napětím, které působí na určitou látku a deformací a/nebo tokem, ke kterému v jeho důsledku dochází. Tyto změny jsou sledovány také v průběhu času. (Tabilo-Munizaga & Barobsa-Cánovas, 2005). Mezi základní veličiny používané v reologii patří mimo jiné viskozita a smykové napětí (mez toku). Viskozita popisuje tokové vlastnosti tekutých a polotekutých látek. V podstatě může být popsána jako jejich odpor vůči

toku. Do značné míry mají na viskozitu vliv přitažlivé síly mezi částicemi dané látky. Kromě viskozity dynamické, která se značí η a jednotkou je Pa.s lze také měřit viskozitu kinematickou. Její značkou je řecké písmeno ν a jednotka m^2s^{-1} . Mezi těmito veličinami existuje přímá úměra, jejímž koeficientem je hustota dané látky. (Janalík, 2010; Kasapis & Bannikova, 2017). Viskozita mléka je do značné míry závislá na jeho teplotě, přičemž s vyšší teplotou jeho viskozita klesá. Při 80 °C je viskozita mléka asi pětkrát nižší, než při 20 °C. Reologické vlastnosti obecně hrají velmi důležitou roli ve vývoji nových potravin, jsou však zásadní i pro optimalizaci výrobních procesů a zvyšování kvality výrobků. (Rao, 2014).

2 MLÉČNÉ NÁPOJE

Nápoje obecně hrají velmi důležitou roli v lidské stravě po celém světě. Jedná se o nejaktivnější funkční kategorii potravin, jelikož jsou vynikajícím prostředkem pro dodávání živin i bioaktivních sloučenin. Mléko je obecně považováno za populární nápoj, zejména proto, že se jedná o kompletní potravinu – jak již bylo popsáno v kapitole 1 této práce. Mléčné nápoje tvoří téměř 43 % celosvětového trhu s funkčními nápoji. (Özer & Kirmaci, 2010). Spotřeba mléka bez přídavků jakýchkoli příchutí je v porovnání např. s perlivými nealkoholickými nápoji stále nízká, v průběhu posledních let ale dochází ke změně pohledu spotřebitele na mléčné nápoje v souvislosti s možnými zdravotními přínosy, které může jejich konzumace přinést (vývoj a výživa kostí, dodávání komplexní dávky živin, aj.). (Murphy *et al.*, 2008; Noel *et al.*, 2013).

Mléčné nápoje se dle technologie výroby mohou rozdělovat na fermentované a nefermentované. Mezi skupinu fermentovaných mléčných nápojů, které jsou populární zejména díky pozitivnímu vlivu na zažívání, patří např. kefir, *lassi* (tradiční fermentovaný nápoj původem z Indie), koumiss, probiotické drinky, acidofilní mléka a další. (Marsh *et al.*, 2014). Příkladem nefermentovaného nápoje jsou např. tzv. *milkshakes*, mléčné nápoje, ochucená mléka, syrovátkové nápoje, nebo např. fortifikovaná mléka (s přídavkem vitamínů, rybího tuku, a jiných nutričně významných složek). (Guneses *et al.*, 2019; Pushpadass *et al.*, 2019). Skupiny fermentovaných a nefermentovaných nápojů se kromě technologie výroby samozřejmě liší svými fyzikálními, chemickými i senzorickými vlastnostmi, rozdíly se týkají i obsahu mikrobiálních kultur. (Guneser *et al.*, 2019).

Hlavní surovinou při výrobě nefermentovaných mléčných nápojů je nejčastěji tekuté mléko, ke kterému jsou přidávány specifické funkční přísady, které ovlivňují reologické i senzorické vlastnosti finálního výrobku. Mléčné nápoje tak představují široké spektrum výrobků, které se liší obsahem tuku i jednotlivých přísad, jako je cukr (či náhradní sladidlo), kakao, ovocné koncentráty, káva a jiné ochucující složky. Mezi obecně nejoblíbenější příchutě patří čokoláda, jahoda a banán. (Guo, 2020). Mléčné nápoje se liší také typem a množstvím použitého stabilizátoru. Složení mléčného nápoje pak může být např. následující: UHT mléko (2 % tuku), kakaový prášek (1,0 – 1,5 %), cukr (5 % - 7 %) a stabilizátor (např. alginát sodný, 0,2 %). (Guneser *et al.*, 2019).

Z legislativního hlediska se dle vyhlášky 397/2016 Sb. část 1., §6 označení *mléčný nápoj* vztahuje na takový tekutý mléčný výrobek, který obsahuje více než 50 %

hmotnostních mléka nebo syrovátky. U těchto výrobků musí být také uveden druh ochucující složky nebo údaje o ochucení potraviny podle vyhlášky o některých způsobech označování potravin.

Dále jsou stručně popsány některé druhy mléčných výrobků – acidofilní mléka, syrovátkové nápoje a kefíry.

2.1 Acidofilní mléka

Acidofilní mléka jsou fermentovanými mléčnými výrobky, k jejichž inokulaci se používá *Lactobacillus acidophilus* a *Bifidobacterium bifidus/longum*. Technologie jejich výroby zahrnuje záhřev mléka (120 °C) pro eliminaci patogenů a homogenizaci, poté je mléko ochlazeno a inokulováno 2 – 5 % kultury *L. acidophilus*. (Shiby & Mishra, 2013). Konečné hodnoty pH acidofilních mlék se pohybují v rozmezí 3,5 – 5,0. Stabilita těchto mléčných výrobků do značné míry závisí na velikosti makromolekul bílkovin. Velikost kaseinových micel se pohybuje v rozmezí 50 – 500 nm. Obecně platí, že větší velikost částic způsobuje vznik nestabilních disperzí, které jsou náchylné k synerezi. Stabilitu lze proto zvýšit zmenšením tukových kuliček a makromolekul bílkovin, např. prostřednictvím homogenizace. (Pushpadass *et al.*, 2019; Wu *et al.*, 2017).

2.2 Syrovátkové nápoje

Syrovátka vzniká jako vedlejší produkt při výrobě sýrů, až 93 % jejího složení tvoří voda. Syrovátkové proteiny jsou široce používány jako hlavní složka doplňků stravy pro sportovce. Na trhu je proto k dispozici stále se rozšiřující škála výrobků s vyšším obsahem těchto proteinů, a to v podobě např. fermentovaných mléčných nápojů, jogurtů a jiných produktů. (Pushpadass *et al.*, 2019).

Hodnoty pH syrovátkových mléčných nápojů se mohou značně lišit. Jednu skupinu tvoří výrobky s neutrálním, či mírně kyselým pH. Nápoje s neutrální hodnotou pH (6,8 – 7,0) jsou obvyklé kalné, při jejich výrobě se často využívají sladké příchutě jako je vanilka, čokoláda nebo i káva. Naopak kyselé syrovátkové nápoje (pH<3,5) jsou číré a k jejich ochucení se využívají spíše ovocné složky, jejichž hodnota pH se také pohybuje v kyselé oblasti. (Ahmadi *et al.*, 2018).

2.3 Kefiry

Kefír je osvěžující fermentovaný mléčný nápoj s mírně kyselou chutí a krémovou konzistencí. (Powell *et al.*, 2007). Tradiční technologie výroby kefiru spočívá v přidání malých, nepravidelně tvarovaných, žluto-bílých kefirových zrn do čerstvého mléka. Kefirové zrno, které je starterovou kulturou pro výrobu kefiru, je tvořeno z proteinů a polysacharidů, které obklopují komplexní mikroflóru. Funguje zde složitý symbiotický vztah některých bakterií s kvasinkami, které jsou spolu zodpovědné za průběh alkoholového a mléčného kvašení. (Güzel-Seydim *et al.*, 2000; Serencam & Dertli, 2019). Mezi bakterie, které se této symbiózy účastní, patří zástupci rodů *Leuconostoc*, *Lactococcus*, *Streptococcus* či *Acetobacter*, z kvasinek jsou to např. *Saccharomyces*, *Kluyveromyces*, *Pichia* a jiné. (Garofalo *et al.*, 2015; Diosma *et al.*, 2014).

2.4 Faktory mající vliv na kvalitu mléčných nápojů

2.4.1 Suroviny

Suroviny, které jsou použity k výrobě mléčných nápojů, do různé míry ovlivňují výsledný produkt. Proto je důležité pečlivě zvažovat řadu jejich parametrů a popřípadě také uvažovat nad jejich vlastnostmi ve společném systému.

Jedním z nejzásadnějších faktorů, který ovlivňuje reologické a viskoelastické vlastnosti mléka (popř. mléčných nápojů) je obsah tuku. (Swartzel *et al.*, 1980). Snížením obsahu tuku v mléčných potravinách dochází ke změně struktury a mění se také interakce mezi jednotlivými složkami, což může vést ke znatelným (a mnohdy nežádoucím) změnám barvy, chuti i dalších vlastností. (Bayarri & Costell, 2009). Vyšší obsah tuku vede k agregaci tukových kuliček, vzniku agregátů a mléko se potom chová jako neneutonská kapalina. (García *et al.*, 1988; Mineshita *et al.*, 1980). Vlastnosti mléčných nápojů však neovlivňuje jen jedna složka, účinek na fyzikálně-chemické, reologické i senzorické vlastnosti má celá řada faktorů, které na sebe navzájem do různé míry působí. Vliv teploty a obsahu tuku na ideální koncentraci sacharózy v čokoládovém mléčném nápoji studoval např. Paixão *et al.*, (2014). Vytvořili sadu nápojů, které obsahovaly 5, 10, 15, 20 nebo 25 % (w/w) sacharózy, teplota vzorků byla 6 ± 2 °C nebo 45 ± 2 °C, k výrobě bylo použito mléko plnotučné nebo odstředěné. Na základě senzorické zkoušky, které se účastnilo 100 hodnotitelů, byla jako ideální koncentrace sacharózy pro mléčný nápoj z odstředěného

mléka určena hodnota 5 %, a to v případě obou sledovaných teplot (6 i 45 °C). U nápojů z plnotučného mléka byla ideální koncentrace sacharózy 7 % při teplotě 6 °C a 5,2 % při teplotě 45 °C. Rozdíly v ideální koncentraci sacharózy nápojů byly detekovány pouze u plnotučného mléka, kdy koncentrace sacharózy byla vyšší při 6 °C než při 45 °C. I z předešlých studií (např. Calviño *et al.*, 1986) tedy vyplývá, že teplota daného nápoje při konzumaci má vliv na vnímání sladivosti sacharózy – vyšší sladivost je vnímána při vyšší teplotě nápoje. (Calviño *et al.*, 1986; Paixão *et al.*, 2014). Ve stejné studii Paixão *et al.*, (2014) dle získaných výsledků uvádí, že ideální koncentrace přísady kakaového prášku při výrobě čokoládových mléčných nápojů se pohybuje mezi 10 a 25 g/160 ml čokoládového nápoje. Kakaový prášek není zcela rozpustný, během konzumace dodává nepříjemný pocit zrnitosti v ústech. Také z tohoto důvodu je téměř nezbytný přísadový hydrokoloid, který tento nežádoucí faktor eliminuje a zlepšuje stabilitu daného nápoje. (Kazemalilou & Alizadeh, 2017).

Jakým způsobem jsou ovlivňovány některé vlastnosti mléčných nápojů studovali např. El-Tahra *et al.*, (2009). Konkrétně byl sledován vliv přísady manga a pulpy guavy, sušeného odstředěného mléka nebo tuku na fyzikálně-chemické vlastnosti daného nápoje. Bylo zjištěno, že přidání manga a pulpy guavy do odstředěného mléka vedlo ke zvýšení kyselosti, celkového obsahu pevných látek, redukcí i neredukcí cukrů a zvýšila se i viskozita finálního produktu. Na celkový obsah proteinů a nebílkovinného dusíku měl však tento přísadový zanedbatelný vliv. Zvýšením obsahu tuku byl navýšen celkový obsah pevných látek, celkový obsah bílkovin i nebílkovinného dusíku, vzrostly i hodnoty pH a viskozity. Naopak došlo ke snížení kyselosti, obsah redukcí/neredukcí cukrů nebyl ovlivněn. (El-Tahra *et al.*, 2009).

Vlivu přísady xylooligosacharidu (prebiotikum) na fyzikálně-chemické, reologické i sensorické vlastnosti syrovátkového nápoje s příchutí jahody se věnoval např. Souza *et al.*, (2019). Ve své studii uvádí, že přísadový xylooligosacharid zlepšil funkční vlastnosti daného nápoje. Byla např. zaznamenána vyšší antioxidační aktivita, došlo ke zvýšení viskozity, pozitivně ovlivněna byla také struktura a chuť tohoto ochuceného syrovátkového nápoje. (Souza *et al.*, 2019).

2.4.2 Homogenizace

K rovnoměrné distribuci tukových částic se při výrobě konzumního mléka a mléčných výrobků používá homogenizace. S použitím vysokotlaké homogenizace dochází k lepší disperzi mléčného tuku, pozitivně může být ovlivněna i mikrobiologická kvalita daného

mléka či mléčného výrobku. (Hayes *et al.*, 2005; Pedras *et al.*, 2012). Homogenizací lze docílit zvýšení stability daného výrobku a zabránit degradaci přítomných bioaktivních sloučenin. (Otemuyiwa *et al.*, 2017; Paquin, 1999). Homogenizace se provádí s využitím různých typů homogenizátorů. V mlékárenském, ale i kosmetickém či farmaceutickém průmyslu se často využívá homogenizace při tlaku 20 – 100 MPa. Kromě rovnoměrné distribuce tukových částic v celém objemu homogenizovaného materiálu dochází také ke zvýšení stability, zabrání se koalescenci i krémování. (Patriagni & Lanciotti, 2016). Celkový počet tukových kuliček v objemu mléka/mléčného výrobku po homogenizaci několikanásobně vzroste. Jejich obal již není tvořen jen původní membránou, ale i směsí proteinů z mléčné plazmy. Kvůli tomu je důležitý i obsah bílkovin v homogenizovaném materiálu, poněvadž při jejich nedostatku může docházet ke vzniku větších tukových kuliček, jejich shlukování a vyvstávání, nebo vzniká volný tuk, který je náchylný k oxidaci. (Buňka, 2013; Bylund, 2015). Kromě již zmíněné klasické homogenizace byly také vyvinuty homogenizátory aplikující vyšší tlak (HPH – z anglického *high pressure homogenization*, UHPH – *ultra-high pressure homogenization*.) S vývojem nových homogenizačních ventilů, které jsou schopny odolávat tlakům 350 – 400 MPa došlo k rozšíření možností výroby řady potravin, které se ve srovnání s klasickým způsobem homogenizace mnohdy liší svými strukturálními, sensorickými a/nebo funkčními vlastnostmi. (Patriagni & Lanciotti, 2016).

Ze studie Massona *et al.*, (2011), kteří se věnovali vlivu UHPH homogenizace na reologické vlastnosti (konkrétně smykové napětí a viskozitu) fermentovaných mléčných nápojů, vyplývá, že vzorky homogenizované při tlaku 150 MPa a vstupní teplotě 15 °C vykazují obdobné vlastnosti jako vzorky tepelně ošetřené (90 °C, 60 s). Metodu UHPH homogenizace je tedy potenciálně možné využít k modelování reologických vlastností fermentovaných mléčných nápojů, např. ke zlepšení jejich konzistence. (Masson *et al.*, 2011).

2.4.3 pH

Reologické i sensorické vlastnosti mléčných nápojů jsou výrazně ovlivňovány hodnotou pH. Vzhledem k tomu, že je mléko koloidním roztokem a ke srážení kaseinu dochází při pH poblíž izoelektrického bodu, je nezbytné pro získání požadovaného konečného produktu upravit pH již před zahříváním samotného mléka jako výchozí suroviny. Při nižším pH (pH 6,5) asociuje více denaturovaných syrovátkových proteinů s kaseiny než při vyšším pH (pH 7,1). Navíc, pokud je mléko zahříváno při vyšším pH, dochází ve velké míře k disociaci κ -kaseinu z kaseinových micel. Anema *et al.*, (2014) uvádí, že při zahřívání mléka při nízkém

pH dochází k interakci syrovátkových proteinů s kaseinovými micelami, načež se zvyšuje celkový objem kaseinových micel a také byla dochází ke zvýšení viskozity. (Anema *et al.*, 2014; Pushpadass *et al.*, 2019).

2.4.4 Skladování

Při vývoji mléčných nápojů je jedním ze základních požadavků jejich stabilita při skladování. Správné podmínky skladování pomáhají udržovat kvalitu výrobku tím, že jsou zachovány jeho vlastnosti, jako je konzistence, struktura, ale i chuť. Sedimentace a tvorba gelu jsou důležitými kvalitativními parametry, které snižují trvanlivost UHT mléka. Naopak u acidofilních mlék mezi hodnotící parametry patří viskozita, míra sedimentace a mikrostruktura proteinových frakcí. Fakt, že UHT mléko, které bylo zpracováno z nekvalitního mléka, podléhá při skladování proteolýze a vede ke gelovatění, publikoval např. Topçu *et al.*, (2006). Fermentované mléčné nápoje jsou lépe konzervované než tekuté mléko, nicméně i při jejich skladování dochází k oslabení a následně poškození gelové sítě tvořené zejména kaseiny v důsledku snížení pH, a tedy zvýšení kyselosti, která vede k synerezi a ke ztrátě stability. (Pushpadass *et al.*, 2019; Topçu *et al.*, 2006).

3 HYDROKOLOIDY

Termín *hydrokoloidy* označuje skupinu polysacharidů a proteinů rozličného původu (existují formy přírodní i syntetické), které jsou v současnosti hojně využívány v různých částech průmyslu, kde často zastávají více funkcí. V potravinářství nachází využití např. jako zahušťovadla, želírující činidla vodných roztoků a stabilizátory pěn, přidávají se do emulzí a disperzí, působí jako inhibitory krystalizace cukru, působí proti tvorbě krystalků ledu a napomáhají při řízeném uvolňování příchutí. Hydrokoloidy jsou velmi drobné částice hydrofilní povahy, které ve vodě mají schopnost bobtnat. Významným způsobem ovlivňují reologické vlastnosti mléčných nápojů, mohou ale pozitivně ovlivňovat i vlastnosti sensorické. Molekuly hydrokoloidu tvoří síť vazeb společně se složkami mléka, a to zejména v důsledku přítomnosti negativně nabitých skupin, jako jsou vodíkové či karboxylové radikály, nebo v důsledku přítomnosti solí, které vážou kationty vápníku. K častějšímu používání přídatku hydrokoloidů došlo také poté, co se ve větší míře začaly vyrábět nízkokalorické mléčné výrobky. Těm hydrokoloidy mimo jiné dodávají „plnější“ chuť. (Pushpadass *et al.*, 2019). Ačkoli jejich přírůstek při výrobě často činí i méně než 1 % (w/w), výrazně ovlivňují texturní i organoleptické vlastnosti těchto výrobků. Při výběru hydrokoloidu (nebo jejich směsi) je důležité uvažovat o jeho vlastnostech, jelikož při nevhodně zvoleném hydrokoloidu nemusí být dosaženo u finálního výrobku požadovaných vlastností. (Tan *et al.*, 2007). Žádný hydrokoloid tedy nelze označit za jednoznačně univerzální. Výběr konkrétního druhu se odvíjí od celkové surovinové skladby vyráběné potraviny, technologie výroby, a především záleží na fyzikálně-chemických vlastnostech konečného produktu. (Phillips & Williams, 2009). Komerčně nejvíce využívané a významné hydrokoloidy jsou uvedeny v Tabulce 2. Fycocoloidům je věnována podkapitola 3.4 této práce, dále tedy budou stručně popsány vybrané hydrokoloidy – škrob, pektin a želatina.

Tabulka 1 Významné hydrokoloidy využívané v potravinářství. Převzato z: Phillips & Williams (2009) a upraveno.

Původ	Konkrétní zdroj	Hydrokoloid
Rostliny	stromy	celulosa
	exudáty stromových gum	arabská guma, gumy: ghatti, karaya, tragant
	rostliny	škrob, pektin, celulosa
	semena	guma guar, tara, tamarind, karubin
	hlízy	glukomannan (konjakový mannan)
Řasy	červené řasy	agar, karagenan
	hnědé řasy	alginát
Mikroorganismy		xanthan, dextran, celulosa, kurdlan, gellan
Zvířata		želatina, kaseinát, syrovátkový protein, sójový protein, protein vaječného bílku

3.1 Škrob

Škrob, zásobní polysacharid rostlin, je přítomen v celé řadě základních rostlinných surovin, jako např. v pšenici, bramborách, žitu, rýži, kukuřici a také v luštěninách. V rostlinách je škrob uložen ve formě škrobových granulí, a to v různých orgánech rostliny – kořenech, semenech nebo i listech, vzniká jako konečný produkt fotosyntézy. Vlastnosti škrobových granulí, jako velikost a tvar, se liší a jsou pro každý zdroj charakteristické. Škrob se pro potravinářské účely používá již několik století, a to v několika formách – jako škrobové granule, ve zmazovatěném či disperzním stavu nebo i ve formě prášku. Významný podíl škrobu podléhá úpravám a používá se jako tzv. modifikovaný škrob. Škrob je tvořen zejména lineární amylosou a rozvětveným amylopektinem, jejichž vzájemný poměr je variabilní vzhledem ke zdroji, ze kterého se škrob získává. Obecně se udává obsah amylosy 20 % a 80 % amylopektinu. (Kadlec, 2002; Pegg, 2012; Vasanthan *et al.*, 2012).

Rozpustnost škrobových granulí významně závisí na míře poškození jejich povrchu a také na teplotě. Neporušené škrobové granule jsou ve studené vodě nerozpustné, do jisté míry ale vodu přijímají, čímž zvětšují svůj objem. Tento stav je reversibilní, po vysušení se jejich původní velikost vrací. S vyšší teplotou dochází k praskání granulí a tvorbě gelů. Probíhající změny ve struktuře amylosy i amylopektinu vedou k postupnému mazovatění

škrobu za vzniku škrobového mazu. Teplota mazovatění je charakteristickým znakem každého druhu škrobu. (Velíšek, 1999; Chen *et al.*, 2019).

Škrob, případně modifikovaný škrob, v potravinách nejčastěji plní funkci stabilizátoru, zahušťovadla či plnidla, používá se také jako náhrada tuků nebo nosič vonných látek. Z mléčných výrobků tak nachází uplatnění např. v mražených smetanových krémech, termixech, kysaných mléčných výrobcích a dalších. (Kadlec, 2002; Taggart & Mitchell, 2009). V neposlední řadě jej lze použít ke stabilizaci různých druhů dresingů a majonéz. Škrob je možné přidávat samostatně, nebo společně s jinými druhy hydrokoloidů. Častá je např. jeho kombinace s karagenany, se kterými interagují a jejich účinek na stabilitu a reologické vlastnosti dané potraviny bývá synergický. (Huc *et al.*, 2017).

3.2 Pektiny

Pektiny jsou přírodní rozvětvené heteropolysacharidy, které obsahují zbytky kyseliny α -D-galakturonové, určitý podíl v jejich chemickém složení zaujímá také ramnosa. V postranním řetězci se pak objevují cukry jako D-galaktosa, D-xylosa nebo L-arabiosa. Chemická struktura daného pektinu závisí především na zdroji, ze kterého je získáván a dále na podmínkách extrakce. Ačkoli jsou pektiny jednou z hlavních složek všech rostlin (nachází se zejména v primární buněčné stěně a mezibuněčných prostorech), pro komerční účely se získávají především z kůry citrusových plodů a výlisků jablek. Z těch se tyto polysacharidy izolují okyselením a následnou extrakcí vodou. (May, 2000). Pektiny patří mezi přídatné látky, značí se kódem E440. V potravinářství se používají pro mnohé účely – využití nachází jako želírující činidla, emulgátory, stabilizátory nebo zahušťovadla, přičemž síla účinku je do značné míry závislá na vlastnostech daného výrobku – na jeho složení, koncentraci a druhu přítomných sladidel, nebo na jeho pH. Pektiny mohou také fungovat jako náhražka tuku či cukru při výrobě nízkokalorických potravin. Novějším příkladem aplikace pektinů je jejich použití jako potahová látka či jedlý film. Pro tyto účely se pektiny používají ve formě polymeru. Filmy tvořené pektinem působí jako přirozená bariéra pro výměnu plynů, lipidů a těkavých složek mezi potravinou a prostředím a také působí jako ochrana před mikrobiální kontaminací. (Vanitha & Khan, 2020).

Pektiny jsou rozpustné ve vodě, v roztoku sacharózy, v roztoku chloridu sodného i v roztoku etanolu o nízké koncentraci. Mezi faktory, díky kterým se mění jejich rozpustnost ve vodě, patří zejména rozdíly v jejich chemické struktuře, molekulová hmotnost, pH nebo přítomnost a celkový obsah kationtů. Pouze omezeně jsou pektiny rozpustné v rostlinných

olejích či propylenglykolu, nerozpustné jsou v podmínkách přítomnosti dvojmocných a trojmocných solí. (May, 2000).

Pro účely mlékárenství se pektiny využívají zejména pro jejich schopnost stabilizovat daný výrobek (např. jogurt, jogurtové mléko, syrovátkový nápoj, a jiné), přičemž účinek tohoto hydrokoloidu spočívá v zabránění sedimentace kaseinových micel. Při výrobě jogurtů a jogurtových mlék dochází v důsledku fermentace BMK ke snížení pH a k agregaci kaseinových micel, čímž se destabilizuje celý výrobek. Molekuly pektinu obalí tyto koloidní částice a tím je stabilizují. (Koksoy & Kilic, 2004, Tromp, 2004).

3.3 Želatina

Kolagen je nejvíce zastoupený protein v tělech savců. Tvoří hlavní část strukturních proteinů zejména pojivových tkání. Želatina, která se získává částečnou hydrolyzou kolagenu, je pak jedním z nejuniverzálnějších biopolymerů s širokou škálou možných aplikací. Používá se ve vysoké míře v potravinářství, dále ve farmacii a lékařství, ale také ve výrobě řady kosmetických i technických výrobků. (Dille *et al.*, 2021).

Vlastnosti želatiny se odvíjí od původu kolagenu, ze kterého se vyrábí, záleží však také na podmínkách extrakce. V současné době se želatina získává zejména ze skotu a prasat, je však možné ji extrahovat i z ryb nebo drůbeže. (Dille *et al.*, 2021). Kvalita želatiny pro její konkrétní aplikaci do značné míry závisí na jejích reologických vlastnostech. (Stainsby, 1987). Kromě základních fyzikálně-chemických vlastností (jako je složení, rozpustnost, barva, průhlednost, vůně a další), jsou hlavními prvky, které definují celkovou komerční kvalitu želatiny pevnost gelu a tepelná stabilita (tzv. teplota gelování a teplota tání). (Wainwright, 1977). Díky gelotvorným a viskoelastickým vlastnostem želatiny se již desítky let používá v potravinářství, farmacii, kosmetice či ve fotografii. Pro účely potravinářství je želatina důležitá zejména jako emulgátor, pěnidlo nebo stabilizátor koloidů. Vzhledem k stále rostoucímu trendu vyhledávání a nahrazování syntetických materiálů více přírodními, nachází i želatina uplatnění např. při výrobě biodegradabilních obalových materiálů nebo materiálů určených k enkapsulaci. (Gómez-Guillén *et al.*, 2011).

Při výrobě mléčných výrobků je želatina kromě výše zmíněných důvodů ceněna také pro její schopnost tvorby emulzí a gelů, nebo schopnost vázat vodu. Díky ní tak zůstává zachována např. textura a chuť mléčných výrobků. Proto byla také dříve nejvýznamnějším stabilizátorem používaným při výrobě zmrzlin. Kromě dotváření textury a vazby části vody zde také zpomalovala růst krystalků ledu a chránila před teplotním šokem. Ačkoli v současné

době její funkci přebraly i jiné hydrokoloidy, nadále se používá v jejich směsi. V jogurtech na sebe želatina dokáže vázat syrovátku a bránit tak spotřebitelsky neatraktivnímu vystávání na jejich povrchu. Želatina se také může kombinovat s máslem, čímž dojde ke zvýšení emulgační kapacity v důsledku snížení povrchové napětí. Takto vyrobené máslo pak nevyžaduje chlazení jako máslo klasické (bez přídavku želatiny). V neposlední řadě lze přídavkem želatiny zlepšit vlastnosti mléčných nápojů kombinovaných s ovocnými šťávami. Díky ní nedochází ke srážení mléka s kyselou šťávou. (Domb *et al.*, 1997; Nussinovitch & Hirashima, 2014).

3.4 Fycocoloidy

Jak již bylo nastíněno v přechozí podkapitole, fycocoloidy jsou extrakty mořských řas. Tyto sloučeniny jsou nejčastěji přítomny v buněčných stěnách a v extracelulární matrix řas převážně třídy *Phaeophyceae* a *Rhodophyta*. (Quin, 2018). Červené řasy *Rhodophyceae* (ruduchy) přirozeně obsahují polysacharidy, které vyplňují prostory mezi celulózovými vlákny rostlinných pletiv. Mezi tyto polysacharidy patří karagenan, furcellaran a agar.

Používání červených řas má dlouhou historii zejména v Evropě a na Dálném Východě. První zmínka o použití agaru v potravinářství je z roku 1658, zatímco karagenan se pro potravinářské aplikace používá déle než 100 let. (Imeson, 2009).

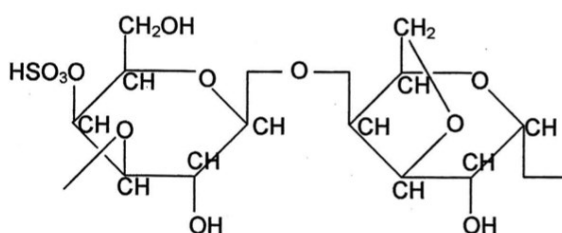
3.4.1 Karagenany

Karagenany jsou v potravinářství i v jiných odvětvích průmyslu využívány již desítky let. Z celkového množství vyprodukovaného karagenanu je pro potravinářské účely využíváno okolo 80 %, zejména pak v pekárenském, mlékárenském, ale i masném průmyslu. (Pereira, 2016). Neméně důležité je využití karagenanů ve výrobě kosmetických přípravků, léčiv, barev a průmyslových suspenzí. (Stephen *et al.*, 2006).

Chemické složení karagenanů je podobné agarům. Ačkoli se také jedná o lineární polysacharidy, narozdíl od nich jejich strukturu tvoří opakující se sekvence β -D-galaktopyranosy společně s 3,6-anhydro- α -D-galaktopyranosou, které tvoří disacharid karabinosu a tím také strukturu karagenanů (Obrázek 3). Karagenany jsou však ve své struktuře více komplexní. Monomery v molekule karagenanu mohou být různé, označovány jsou písmeny řecké abecedy. Podle toho, který monomer v dané molekule převládá, je také označován řeckým písmenem i typ karagenanu. V potravinářství mají význam zejména 3 druhy karagenanů, které se označují jako ι -karagenan, κ -karagenan a λ -karagenan. Z těchto

tří je v potravinářství nejvíce používán κ -karagenan. (Velíšek, 1999; Kravchenko *et al.*, 2020).

Karagenan se získává extrakcí z řas *Rhodophyceae*, zejména rodů *Euchema* (např. *E. cottonii*, *E. spinosum*), *Chondrus* (např. *Ch. crispus*), *Gigartina* (např. *G. pistillata*, *G. acicularis*). Někteří zástupci těchto řas rostou např. na korálových útesech v oblasti Indonésie, jiné se vyskytují podél pobřeží severního Atlantiku nebo jsou sbírány v chladných pobřežních vodách Jižní Ameriky. Také jsou pěstovány a sbírány na tzv. mořských farmách. (Janaswamy & Chandrasekaran, 2008; Kodet *et al.*, 1993; Velíšek, 1999). Řasy pro získání karagenanu jsou pečlivě vybírány, sklizeň musí proběhnout ve vhodnou dobu. Po jejich omytí jsou rychle usušeny, aby bylo zabráněno mikrobiální degradaci. Usušené řasy jsou zabaleny a transportovány do továren ke zpracování. Zde probíhá řada testů pro kontrolu jejich kvality a rozdělení do výrobních dávek pro produkci žádoucího extraktu. Před zpracováním jsou ještě ošetřeny vhodným množstvím a složením různých zásad, aby došlo ke zvětšení celkové hmoty těchto řas. Karagenany se poté extrahují ve formě sodných solí, a to extrakcí horkou vodou v alkalickém prostředí. Následně se suší nebo sráží za přítomnosti rozpouštědla. (Kodet *et al.*, 1993; Velíšek, 1999). Karagenany je však možné získávat i jiným způsobem, a to s použitím enzymů. Příkladem může být např. Blanco-Pascual *et al.*, (2014), který reportoval výtěžek 28,65 % κ /t hybridu karagenanu při použití komerčně dostupné proteasy, a to z řasy *Mastocarpus stellatus*. (Blanco-Pascual *et al.*, 2014). Porovnat účinnost klasického způsobu získávání karagenanu s metodou enzymatickou se pokusil např. Varadarajan *et al.*, (2009), který pro tyto účely použil enzym celulasu a také *Aspergillus niger*. Nejvyšší výtěžek karagenanu zaznamenal při použití enzymu (výtěžek 45 %), zatímco klasickou extrakcí horkou vodou činil výtěžek 37 %, s pomocí *Aspergillus niger* pak 37,5 %. (Varadarajan *et al.*, 2009).



Obrázek 3 Chemický vzorec κ -karagenanu.

O rozpustnosti karagenanů ve vodě rozhodují faktory jako přítomnost a skladba iontů, teplota, pH prostředí, záleží také na konkrétním typu karagenanu. Značný vliv na jejich míru rozpustnosti má především obsah hydrofilních sulfátových skupin, které snižují teplotu rozpustnosti. Rozpustnost ovlivňují např. kationty sodíku, vápníku, draslíku či hořčíku. (Montero *et al.*, 2002). Všechny známé druhy karagenanů jsou rozpustné v teplé vodě, ve studené vodě jen některé – např. sodné soli ι - a κ - karagenanu. Obecně jsou karagenany vůči všem jmenovaným faktorům značně citlivé, z čehož také vyplývá rozmanitost gelů, které je možné z nich vytvořit. Tyto faktory ovlivňují zejména pevnost gelu a jeho strukturu, rozpustnost, synerezi, elasticitu, čírost a další vlastnosti. (Phillips *et al.*, 2000; Stephen *et al.*, 2006).

Mezi nejdůležitější vlastnosti, z pohledu využití karagenanů v potravinářství, je právě schopnost tvořit gel. V přítomnosti Ca^{+2} , K^{+} i jiných kationtů mohou vznikat krátké, elastické a teplotně reverzibilní gely, které jsou stále i při pokojových teplotách. Vlastnosti gelů jednotlivých typů karagenanů se liší. Pevný a křehký gel, který podléhá synerezi, vytváří κ -karagenan, naopak gel z ι -karagenanu synerezi nepodléhá, je pružný a soudržný. (Kodet *et al.*, 1993, Phillips *et al.*, 2000).

Další významnou vlastností karagenanů je jejich schopnost reagovat s kaseiny. Této vlastnosti se využívá např. ke stabilizaci částic kakaa v mléčných nápojích ale i jiných mléčných výrobcích. (Kodet *et al.*, 1993; Velíšek, 1999). Právě v mléčných nápojích s příchutí kakaa je díky jejich unikátním interakcím s kaseiny nejpoužívanějším hydrokoloidem κ -karagenan. Dále se této vlastnosti využívá např. při výrobě šlehaček s dlouhou trvanlivostí, do kterých je možné karagenan přidat jako zahušťovadlo. Karagenan pomáhá zlepšit vlastnosti tohoto výrobku, pěna je pevná a stabilní, není náchylná k synerezi. Přídavek karagenanu do výrobku může zlepšovat více vlastností, působí také např. jako stabilizační činidlo. (Štětina *et al.*, 2010). Ve výrobě mléčných výrobků se také často κ -karagenan používá společně s λ -karagenanem, díky jejich společnému účinku vzniká suspenze či krémový gel. (Imeson, 2009). Karagenany se dále uplatňují jako želírující látky a emulgátory. Používány jsou tak při výrobě potravin, jako jsou mléčné nápoje, deserty a další mléčné výrobky, zmrzliny, želé, pudinky, pekařské náplně a další. Využívají se i v konzervárenství (např. při výrobě masových konzerv) a v masném průmyslu i ve výrobě uzenin a šunek. (Stephen *et al.*, 2006).

V potravinářských výrobcích karagenany můžeme nalézt pod označením E407 nebo E407a, v souladu se směrnicí Evropského parlamentu a Rady č. 1333/2008. Narozdíl od želatiny, která se získává z živočišných zdrojů, je karagenan vhodný také pro vegany.

3.4.2 Furcellaran

Furcellaran byl v minulosti označován jako „Dánský agar“. Tento název sice vyjadřoval zejména jeho gelotvornou schopnost a místo výskytu, byl však poněkud zavádějící. Furcellaran je záporně nabitý sulfatovaný polysacharid (galaktan). V jeho chemickém složení figuruje fragment (1→3)-β-D-galaktopyranosy se sulfátovou skupinou na 4. uhlíku a (1→4)-3,6,-anhydro-α-D-galaktopyranosa. Strukturálně se tak podobá spíše κ-karagenanu, avšak s tím rozdílem, že obsah sulfátu v jeho chemickém složení je nižší. (Imeson, 2009). V potravinách je označován stejným kódem jako karagenan, tedy E407, v souladu s nařízením Evropského parlamentu a Rady č. 1333/2008.



Obrázek 4 Červené řasy rodu *Furcellaria*. Převzato z: Baker, 2016.

Furcellaran se získává zejména extrakcí z červených mořských řas *Furcellaria lumbricalis* (Obr 4). (Laos *et al.*, 2007). Tato řasa se vyskytuje zejména podél pobřeží severní části Atlantského oceánu. Najít ji můžeme v oblastech Barentsova moře, Baltského moře, v přilehlých mořích Švédska, Norska, Dánska. V současné době je největším zdrojem těchto řas území centrální oblasti Baltského moře, zejména pak vody náležící Estonsku. Výskyt těchto řas však není omezen jen na výše zmíněné oblasti, rostou dále např. podél částí francouzského a španělského pobřeží, podél kanadského pobřeží omývaného Atlantským oceánem, nebo dokonce na území Arktidy. Ne všechna tato naleziště je ale možné využít pro komerční produkci furcellaranu.

Furcellaran se nejčastěji získává extrakcí ve vodném či alkalickém prostředí. Technologie získávání tohoto polysacharidu spočívá ve sběru a identifikaci příslušných řas,

kteřé se promyjí, jsou ošetřeny vhodným typem alkálie a následně probíhá extrakce. Použitá alkálie se vybírá pečlivě tak, aby byla vyprodukována konkrétní forma soli. Každá sůl totiž nese jiné vlastnosti, a tak i výsledná forma furcellaranu bude vykazovat odlišné vlastnosti při jeho použití. Typ soli má vliv zejména míru disperze a hydratace a mimo to také ovlivňuje schopnost tvořit gel. (Imeson, 2009).

Komerčně se furcellaran získává zejména ve formě draselné soli. Je rozpustný v horké vodě, po ochlazení vytváří gel. Furcellaran lze dispergovat i ve studené vodě, kdy vytváří homogenní suspenzi. Částice furcellaranu postupně hydratují, bobtnají a ačkoli přestávají být okem viditelné, k jejich rozpuštění dochází až při zvýšení teploty na 24 – 27 °C. Gely tvořené furcellaranem jsou termoreversibilní. Součástí těchto gelů může být řada dalších látek – soli, kyseliny, sacharidy i proteiny. Všechny tyto látky tak mohou ovlivňovat gelotvornou schopnost furcellaranu. Pevnost gelu může být zvýšena přidávkem draselných solí, pružnost gelu je naopak možné zvýšit přidávkem lokustové gumy nebo gumy guar. Roztoky furcellaranu je také možné autoklávovat, aniž by došlo k výrazné ztrátě pevnosti gelu nebo jeho degradaci. Důležitou roli v tomto případě hraje hodnota pH daného roztoku, která musí být přibližně neutrální. Při zahřívání roztoků furcellaranu při pH nižší než 5 dochází k hydrolyze a ztrátě pevnosti gelu. (Featherstone, 2015).

V potravinářství se furcellarany používají do výrobků typu džemů, marmelád a želé, kde mají funkci gelotvorné látky a také pozitivně ovlivňují jejich sensorické vlastnosti. V masném průmyslu bývají součástí masových a rybích konzerv, používat se ale mohou i v jiných masných výrobcích, např. masových past či pomazánek. Využití nalézá i v pekařství, a to především jako součást různých cukrových polev. (Imeson, 2009).

3.4.3 Agary

Agary se komerčně získávají z červených mořských řas rodů *Gelidium*, *Gelidiella* a *Gracilaria*. Zástupci rodu *Gelidium* se vyskytují především na severním pobřeží Španělska, jihu Portugalska a západním pobřeží Maroka. Řasy rodu *Gelidiella*, konkrétně *G. acerosa* je hlavním zdrojem agaru na území Indie, rod *Gracilaria* je možné nalézt ve velkém množství v chladných vodách Atlantiku, např. u pobřeží Kanady, také na jihu Chile, některé druhy se již adaptovaly na teplejší vody, dokonce je možné je nalézt na území Indonésie. (McHugh, 2003).

Agary jsou hydrofilní galaktany, které jsou tvořeny L-galaktopyranosovými jednotkami, se střídajícími se vazbami α -1,3 a β -1,4. Ačkoli je struktura agarů poměrně

komplexní, jako základní neutrální polysacharid je označována agarosa. Agaropektin je frakcí, jehož gelotvorná schopnost je oproti agarose nižší.

Jednou z nejdůležitějších vlastností je jejich schopnost tvořit reverzibilní gely, a to pouhým ochlazením jejich horkých vodných roztoků. Díky této vlastnosti je agar hojně využíván jako přídatná látka v potravinářství, kromě toho slouží i v mikrobiologii, biochemii, molekulární biologii a v neposlední řadě v různých odvětví průmyslu. Při jeho gelovatění není nutná přítomnost iontů, jako je to u některých jiných hydrokoloidů (např. karagenanů), a proto jsou vhodné pro použití do jemně ochucených potravin. Nehrozí totiž vznik nežádoucích kovových příchutí. Agary jsou dobře kompatibilní s jinými polysacharidy i proteiny, i proto také bývají používány např. při výrobě mléčných dezertů. Při jejich použití je zamezeno vzniku odchylek v textuře, ke kterým by jinak mohlo docházet v důsledku rozdílů v kvalitě výchozího mléka. Dále se používají při výrobě želé, zeleninových, rybích či masových aspiků, cukrovinek, nugátu a džemu. V pekařství nacházejí uplatnění nejčastěji ve formě polev při výrobě např. koblihů, koláčů či donutů. (Imeson, 2010).

3.4.4 Algináty

Algináty se na rozdíl od výše popsaných fycocoloidů získávají z druhů hnědých mořských řas čeledi *Phaeophyceae*. (Rinaudo, 2007). V buněčných stěnách těchto řas představují algináty klíčovou složku, ale jsou součástí i mezibuněčné matrix. Algináty se vyskytují pravděpodobně u všech zástupců hnědých řas, jejich obsah v nich se ale výrazně liší. Mezi hlavní zástupce řas, ze kterých se algináty komerčně získávají, patří *Laminaria* ssp., *Macrocystis* ssp., *Ascophyllum* ssp., *Sargassum* ssp. nebo *Fucales* ssp. V těchto druzích mohou tvořit až 40 % sušiny. (Draget *et al.*, 2006; McHugh, 2003). Alginát označuje sůl alginové kyseliny. Nejčastěji se získává extrakcí vodou za přítomnosti alkalických roztoků – v závislosti na zvolené alkálii je poté možné získat různé soli. Nejčastější je použití vodného roztoku hydroxidu sodného (NaOH), získaná forma fycocoloidu je potom alginát sodný. (Gennadios *et al.*, 1997).

Podobně jako u jiných hydrokoloidů, i u alginátu ovlivňuje jeho rozpustnost ve vodě hodnota pH, iontová síla prostředí a skladba přítomných iontů. Ve vodě jsou rozpustné soli sodné, draselné, hořečnaté i amonné, naopak nerozpustné jsou soli vápenaté. (Draget, 2009).

V potravinářském průmyslu se algináty používají zejména jako stabilizátory, zahušťovadla a emulgátory, bývají proto součástí dezertů, želé, pudinků

ale i nápojů. Jelikož ovlivňují strukturu řady výrobků, používají se pro zlepšení konzistence např. omáček a dresingů. Významné je jejich použití ve výrobě mléčných výrobků, přidávají se do jogurtů, krémů, mléčných nápojů, sýrů, mražených krémů a jiných mlékárenských produktů. Uplatňují se i při výrobě pečiva, přidávat se mohou do těsta, bývají také součástí ovocných náplní a krémů. (Draget, 2009; Pegg, 2012; Rhein-Knudsen *et al.*, 2015). Na etiketách potravin jsou označovány kódem E401, kyselina alginová pod kódem E400. (Vrbová, 2001).

Kromě potravinářství jsou algináty důležité i v jiných odvětvích, a to např. ve zdravotnictví a farmaceutickém průmyslu. Používají se při výrobě obvazů a také při výrobě léčiv, využívají se pro enkapsulaci a řízené uvolňování léčiv. Kromě toho se uplatňují v kosmetice nebo tiskařství. (Finotelli *et al.*, 2010; Rhein-Knudsen *et al.*, 2015).

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍLE

- Hlavním cílem této diplomové práce bylo provést reologickou analýzu vyrobených modelových vzorků mléčných nápojů s příchutí kakaa a zhodnotit vliv přídavku furcellaranu a homogenizačního procesu na reologické vlastnosti (smykové napětí a dynamickou viskozitu) modelových vzorků
- Dílčím cílem bylo provedení základní fyzikálně-chemické analýzy a následné zhodnocení případných změn ve vlastnostech daných modelových vzorků v závislosti na surovinové skladbě a podmínkách homogenizačního procesu

5 MATERIÁL A METODY

Pro účely experimentální části této diplomové práce byly vyrobeny vzorky kakaových mléčných nápojů, které se primárně lišily v množství přidaného furcellaranu a také v podmínkách jednostupňové homogenizace. Furcellaran byl přidán v koncentracích 0,25 % nebo 0,50 % (w/w). Homogenizace vzorků probíhala buď při tlaku 100 bar nebo 200 bar. Jako kontrola byly použity i vzorky bez přídavku furcellaranu a vzorky nehomogenizované. Pro porovnání výsledků bylo také zařazeno plnotučné mléko (3,5 % tuku), které bylo výchozí surovinou pro výrobu všech vzorků kakaových mléčných nápojů.

První den proběhla výroba všech vzorků. Ty byly následně uloženy do zásobních lahví a umístěny ke krátkodobému skladování při chladírenské teplotě (6 ± 2 °C). Druhý den proběhla homogenizace za výše uvedených podmínek. Následně byly provedeny analýzy v podobě základní chemické analýzy (stanovení sušiny, refraktometrické sušiny - RS, pH, aktivity vody, elektrické vodivosti), testu stability a byla provedena reologická analýza. Výroba vzorků i jejich analýza proběhla na ústavu Technologie potravin v rámci Technologické fakulty Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně.

5.1 Popis vzorků a přístrojů použitých při jejich výrobě

- Trvanlivé mléko plnotučné, ošetřeno UHT, obsah tuku min. 3,5 %, výrobce: Mlékárna Hlinsko a.s., Česká republika
- Kakaový prášek GT 78 10 /12%, výrobce: Cargill cocoa & chocolate, Nizozemsko
- Cukr krystal, výrobce: Cukrovar Vrbátky a.s., Česká republika
- Furcellaran Est-Agar 1000, výrobce: Kärlla, Estonsko

5.1.1 Výroba vzorků

Mléčné nápoje byly připraveny smícháním mléka, cukru, kakaového prášku a daného množství furcellaranu (Tab 2) v přístroji Stephan UMC-5 (Stephan Machinery GmbH, Hameln, Německo) (Obr 5). Doba přípravy byla celkově 30 minut, po celou dobu byla směs udržována při teplotě 65 ± 1 °C a míchána při 3000 ot. /min. Po ukončení výrobního procesu byly nápoje umístěny do skleněných nádob o objemu 1 l ke krátkodobému skladování při chladírenské teplotě 6 ± 2 °C.

Tabulka 2 Surovinová skladba vyráběných mléčných nápojů s kakaovou příchutí.

Vzorek	mléko [g]	cukr [g]	kakaový prášek [g]	furcellaran [g]	Homogenizace [bar]
M_C	1770	200	30	0	0
M_C_100bar					100
M_C_200bar					200
M_F_0,25	1765	200	30	5	0
M_F_0,25_100bar					100
M_F_0,25_200bar					200
M_F_0,5	1760	200	30	10	0
M_F_0,5_100bar					100
M_F_0,5_200bar					200



Obrázek 5 Přístroj Stephan UMC-5 (Stephan Machinery GmbH, Hameln, Německo). Foto: autorka práce.

5.1.2 Homogenizace

Část vzorků byla odložena pro jejich analýzy bez homogenizace, většina objemu jednotlivých vzorků byla homogenizována pomocí přístroje PandaPLUS (GEA Niro Soavi, Itálie) (Obr 6). Jednostupňová vysokotlaká homogenizace proběhla buď při tlaku 100 ± 10 bar nebo 200 ± 10 bar a teplotě 60 ± 1 °C. Po homogenizaci byly vzorky mléčných nápojů uloženy do chladicího boxu při chladírenské teplotě 6 ± 2 °C. Další dny probíhaly jejich analýzy.



Obrázek 6 Homogenizátor PandaPLUS (GEA Niro Soavi, Itálie). Foto: autorka práce.

5.2 Metody

5.2.1 Základní fyzikálně-chemická analýza

Stanovení sušiny

Stanovení obsahu sušiny proběhlo v souladu s normou ČSN EN ISO 5534:2005. Na analytických vahách byla s přesností na 4 desetinná místa zvážena hliníková miska s křemenným pískem a skleněnou tyčinkou. Zvážená hodnota byla zaznamenána a poté došlo k navážení vždy 5 g vzorku ochuceného mléčného nápoje (či mléka) do těchto zvážených misek. Po zaznamenání navážky vzorku a důkladném smíchání vzorku mléčného nápoje s křemenným pískem v miskách byly všechny misky umístěny do sušárny s teplotou 105 ± 2 °C. Sušení vzorků probíhalo do konstantní hmotnosti, po ukončení sušení byly vzorky uloženy do exsikátoru a po zchlazení následovalo opětovné odečtení jejich hmotnosti na analytických vahách.

Následoval výpočet celkového obsahu sušiny podle rovnice:

$$S = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100$$

Kde: S ... obsah sušiny [%]

m_1 ... hmotnost misky s křemičitým pískem a tyčinkou před sušením [g]

m_2 ... hmotnost misky s křemičitým pískem, tyčinkou a navážkou vzorku mléčného nápoje před vysušením [g]

m_3 ... hmotnost misky s křemičitým pískem, tyčinkou a navážkou vzorku mléčného nápoje po vysušení [g]

Stanovení stability prostřednictvím procenta sedimentace

Princip stanovení sedimentace se do jisté míry podobal stanovení obsahu sušiny. Po zvážení prázdné zkumavky s víčkem a zaznamenání zjištěné hmotnosti bylo do zkumavky pomocí automatické pipety vloženo vždy 10 g vzorku a navážka opět zaznamenána. Všechna měření probíhala na analytických vahách s přesností na 4 desetinná místa. Uzavřené zkumavky se vzorky byly centrifugovány při 6000 ot. min celkem 20 minut. Po centrifugaci byl opatrně odlit supernatant a pelet zvážen. Stanovení procentuální sedimentace proběhlo výpočtem dle rovnice:

$$S = \frac{F_1}{F_0} \times 100$$

Kde: S ... sedimentace [%]

F_0 ... hmotnost vzorku, který byl vložen do zkumavky (před centrifugací) [g]

F_1 ... hmotnost sedimentu po centrifugaci, po odtoku supernatantu [g]

Stanovení refraktometrické sušiny

Celkový obsah rozpustných látek ve vzorku je možné vyjádřit jako refraktometrickou sušinu. Rozpustnými látkami se v tomto případě rozumí zejména obsah cukrů (ale i např. organických kyselin). K tomuto účelu se používá digitální refraktometr. Tento optický

přístroj měří index lomu daného vzorku a následně jej převádí na °Brix. Obecně se pak uvádí rovnice mezi °Brix a sacharózou:

$$1 \text{ } ^\circ\text{Brix} = 1 \text{ g sacharózy (ve 100 g roztoku)}$$

Vzhledem k tomu, že se velmi často ve vzorcích vyskytují kromě sacharózy i jiné látky, které ovlivňují výsledek měření, je toto stanovení spíše orientační a nejedná se pouze o stanovení cukernatosti daného vzorku. (Návod k obsluze HI96801). V této práci byl pro tento účel použit digitální refraktometr HANNA HI96801 (Hanna instruments, Česká republika). Vždy stejné množství vzorku bylo po kalibraci demineralizovanou vodou umístěno do měřicí komůrky přístroje a bylo provedeno stanovení. Všechna měření proběhla při teplotě 23 °C. Výsledek bylo možné odečíst z displeje přístroje po několika sekundách.

Stanovení pH

Stanovení pH proběhlo s použitím elektrody pH metru HI 99161 (Hanna instruments, Česká republika). Pro eliminaci možných odchylek byla elektroda pH metru celkem třikrát ($n = 3$) vložena do různých míst kádinky se vzorkem a všechny hodnoty byly pečlivě zaznamenány. Později došlo k výpočtu průměrné hodnoty pH a směrodatné odchylky. Teplota vzorků byla shodná s teplotou v laboratoři, tj. 23 ± 2 °C.

Stanovení aktivity vody

Stanovení aktivity vody bylo provedeno s pomocí přístroje AQUALAB 4TE (Decagon Devices, USA). Vždy stejné množství vzorku bylo vloženo do plastové misky, která je určena pro měření aktivity vody, a tato miska pak byla umístěna do měřicí komůrky přístroje. Výsledná hodnota aktivity vody daného vzorku mohla být odečtena po asi 12 min měření. Všechna měření probíhala při teplotě 25 ± 1 °C.

5.2.2 Reologická analýza

Z reologických parametrů byly v rámci této diplomové práce sledovány dvě veličiny, a to smykové napětí (mez toku) a viskozita modelových vzorků. K tomuto účelu byl použit přístroj HAAKE RheoStress 1 (ThermoHaake, Karlsruhe, Germany) (Obr. 7), zvolená geometrie: válec – válec, vnitřní průměr válce: 34 mm, šterbina: 7,2 mm. Objem dávkovaného vzorku byl vždy 40 ml, všechna měření proběhla při teplotě 20 ± 1 °C. K popisu reologického chování modelových vzorků byl využit model Oswald de Waele, který slouží zejména pro látky pseudoplastické a dilatantní (Obr 8). Pokud viskozita

kapaliny klesá s rostoucí smykovou rychlostí, jedná se o kapaliny pseudoplastické. Pokud naopak viskozita s rostoucí smykovou rychlostí stoupá, jedná se o kapaliny dilatantní. (Pushpadass *et al.*, 2019). Model Oswald de Waele také bývá označován jako model Power Law nebo model mocninový. K tomuto modelu se vztahuje rovnice:

$$\tau = K * \gamma^n$$

Kde: τ ... smykové napětí

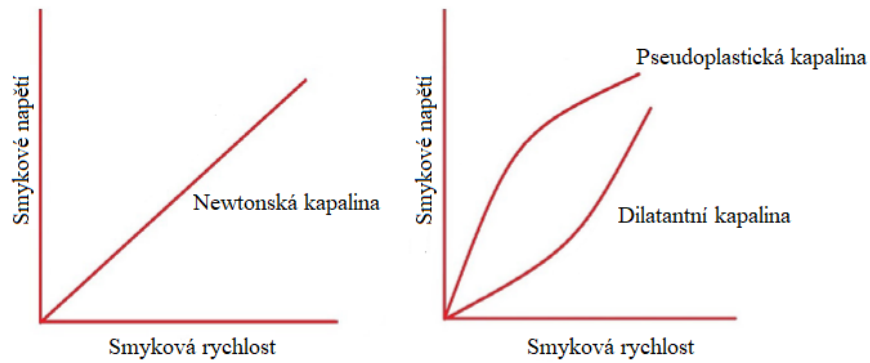
K ... součinitel konzistence

n ... index tokového chování ($n > 1$ – látka dilatantní, $n < 1$ – látka pseudoplastická)

γ ... smyková rychlost

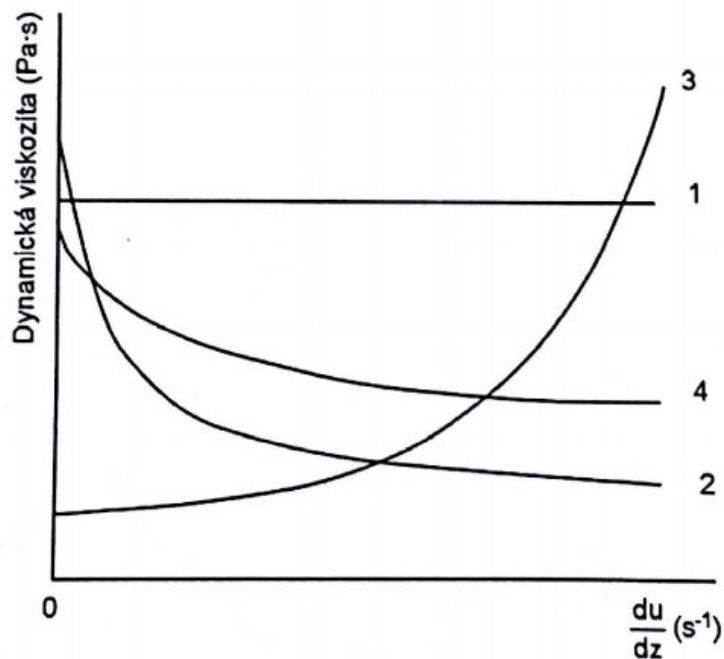


Obrázek 7 Příklad přístroje HAARKE RheoStress 1 (ThermoHaake, Karlsruhe, Germany). Převzato z oficiálních stránek firmy Thermo Fisher Scientific. (www.thermofisher.com).



Obrázek 8 Závislost smykového napětí na smykové rychlosti Newtonských kapalin (vlevo) a kapalin pseudoplastických a dilatantních (vpravo). Převzato z: Pushpadass *et al.*, 2019 a upraveno.

Viskozita plastických a pseudoplastických kapalin s rostoucím rychlostním gradientem klesá, zatímco u dilatantních naopak roste. (Obr 9).



Obrázek 9 Závislost dynamické viskozity na gradientu rychlosti (smykové rychlosti) $[\text{s}^{-1}]$. 1- Newtonská kapalina, 2 – pseudoplastická kapalina, 3 – dilatantní kapalina, 4 – plastická kapalina. Převzato z: Burešová & Lorencová, (2013) a upraveno.

6 VÝSLEDKY A DISKUZE

6.1 Sušina

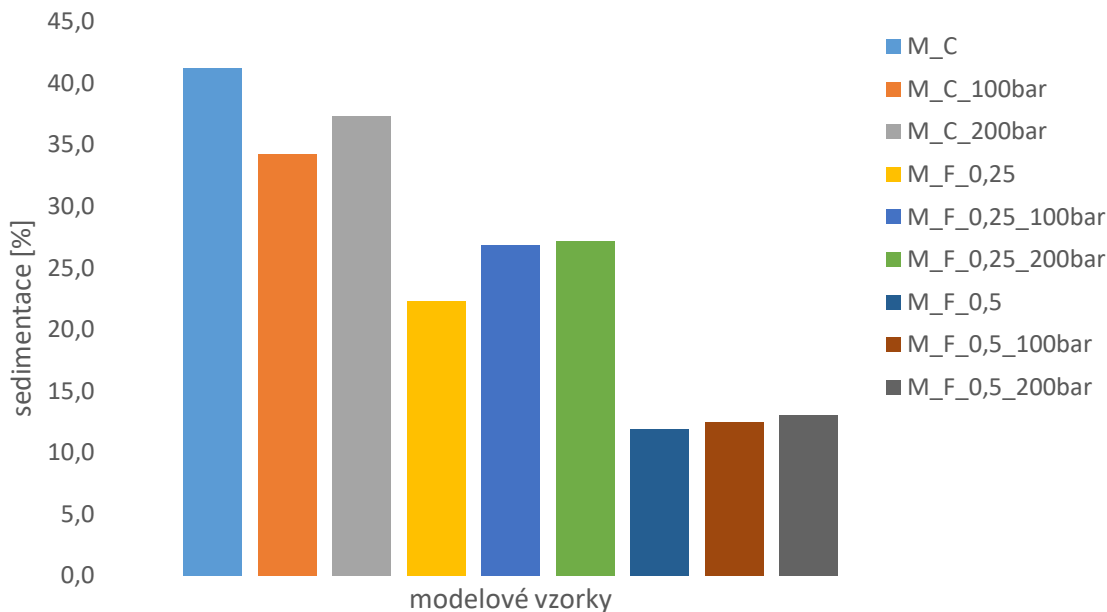
Obsah sušiny mléčného nápoje byl v porovnání s mlékem více než dvojnásobný. (Tab 3). Přídavek furcellaranu pravděpodobně ovlivnil obsah sušiny, se zvyšujícím se přídavkem tohoto fycocoloidu došlo vždy ke zvýšení obsahu sušiny. Rozdíly mezi jednotlivými přídavky však nebyly příliš vysoké.

Tabulka 3 Obsah sušiny v mléku a v modelových vzorcích mléčných nápojů. n = 3.

Vzorek	M	M_CO	M_F_0,25	M_F_0,5
Obsah sušiny [%]	12,96 ± 0,062	23,35 ± 0,004	23,52 ± 0,009	23,68 ± 0,072

6.2 Stabilita - % sedimentace

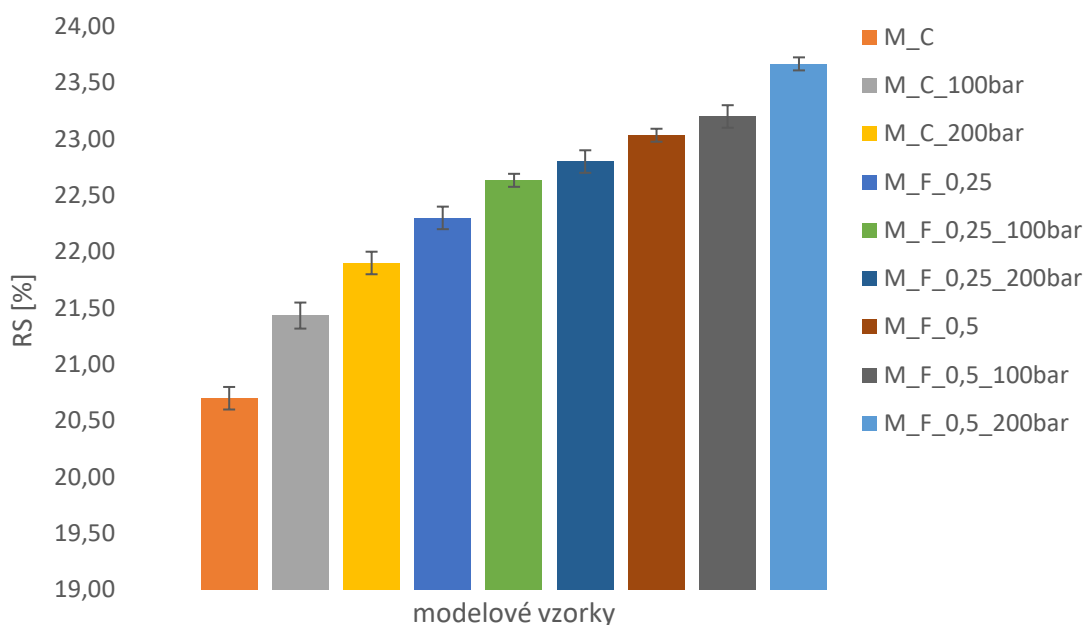
Stabilizační účinek přídavku fycocoloidu může být v tomto případě vyjádřen jako % sedimentace částic (především kaka) v ochuceném mléčném nápoji. Dle získaných výsledků (Obr 10) je evidentní, že v největší míře probíhala sedimentace u vzorků bez přídavku furcellaranu. Furcellaran působí jako stabilizátor, brání sedimentaci, a proto u vzorků, které obsahovaly přídavek furcellaranu, byla zaznamenána nižší sedimentace než u vzorků bez furcellaranu.



Obrázek 10 Grafické znázornění výsledků testu stability modelových vzorků. Uvedené hodnoty jsou průměrem ze 3 měření. $n = 3$.

6.3 Refraktometrická sušina

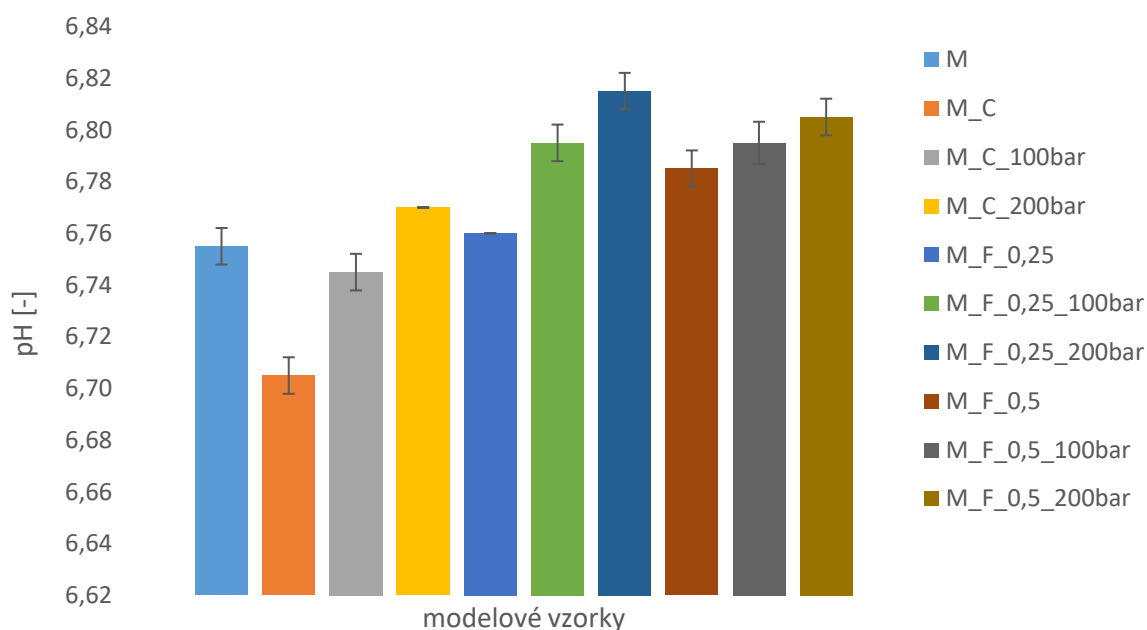
Nejnižší průměrná hodnota refraktometrické sušiny (RS) byla naměřena u vzorku označeného jako M_C, který nebyl homogenizován a který neobsahoval furcellaran (RS = 20,70 %). Lze říci, že na obsah RS měl vliv přídavek furcellaranu i homogenizační proces (Obr 11). S přídavkem furcellaranu i s homogenizací se obsah RS zvyšoval, nejvyšší průměrná hodnota RS byla naměřena u vzorku mléčného nápoje M_F_0,5_200bar, tedy vzorku s 0,50% (w/w) přídavkem furcellaranu a homogenizací při tlaku 200 bar. U tohoto vzorku by průměrný obsah RS stanoven na 23,67 %.



Obrázek 11 Grafické znázornění stanoveného obsahu refraktometrické sušiny (RS) v daných vzorcích ochucených mléčných nápojů. Znázorněny jsou průměrné hodnoty, chybové úsečky značí směrodatnou odchylku. $n = 3$.

6.4 pH

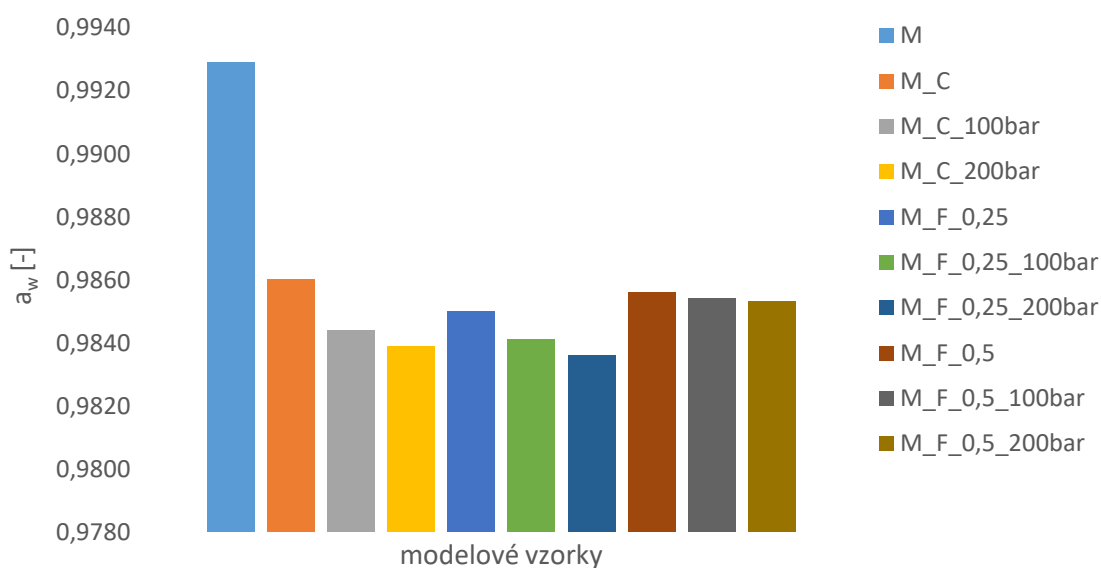
Hodnoty pH se u všech vzorků této diplomové práce pohybovaly v rozmezí 6,71 – 6,82, kdy nejnižší průměrná hodnota pH byla naměřena u mléčného nápoje bez přídavku furcellaranu, který navíc nebyl homogenizován (Obr 12). Obecně lze říci, že s přídavkem furcellaranu rostla i hodnota pH daných vzorků, přičemž značný vliv na tuto hodnotu měla právě homogenizace – homogenizované vzorky měly vždy vyšší pH než nehomogenizované. Rozdíly pak byly patrné i při homogenizaci 100 a 200 bar. Obdobné hodnoty pH byly získány např. u vzorků čokoládových mléčných nápojů, které analyzoval Yanes *et al.*, (2002). Součástí surovinové skladby analyzovaných nápojů bylo i nízkotučné mléko, z hydrokoloidů to byl zejména alginát a karagenan (dle deklarace výrobce na etiketě). Hodnoty pH vzorků obsahujících karagenan (který je podobný furcellaranu), se pohybovaly v rozmezí 6,71 – 6,87. (Yanes *et al.*, 2002). Rozdíl mezi těmito hodnotami a hodnotami pH vzorků analyzovaných v této diplomové práci není tedy příliš významný.



Obrázek 12 Grafické znázornění průměrných naměřených hodnot pH u modelových vzorků mléka a mléčných nápojů s příchutí kakaia. Chybové úsečky značí směrodatnou odchylku. $n = 3$.

6.5 Aktivita vody

Získané hodnoty (Obr 13) potvrzují, že furcellaran má hydrofilní povahu, jak bylo již popsáno i v teoretické části této práce (např. Pushpadass *et al.*, 2019). Přítomnou vodu dokáže na sebe vázat a snižovat tak obsah dostupné vody ve vzorku. Na aktivitu vody měla u všech daných vzorků vliv i homogenizace. Homogenizované vzorky měly vždy nižší hodnotu aktivity vody než vzorky, které homogenizaci nepodlehly. Homogenizační proces umožnil rovnoměrnou distribuci furcellaranu do celého objemu nápoje a tím byla dále snížena aktivita vody u těchto modelových vzorků.



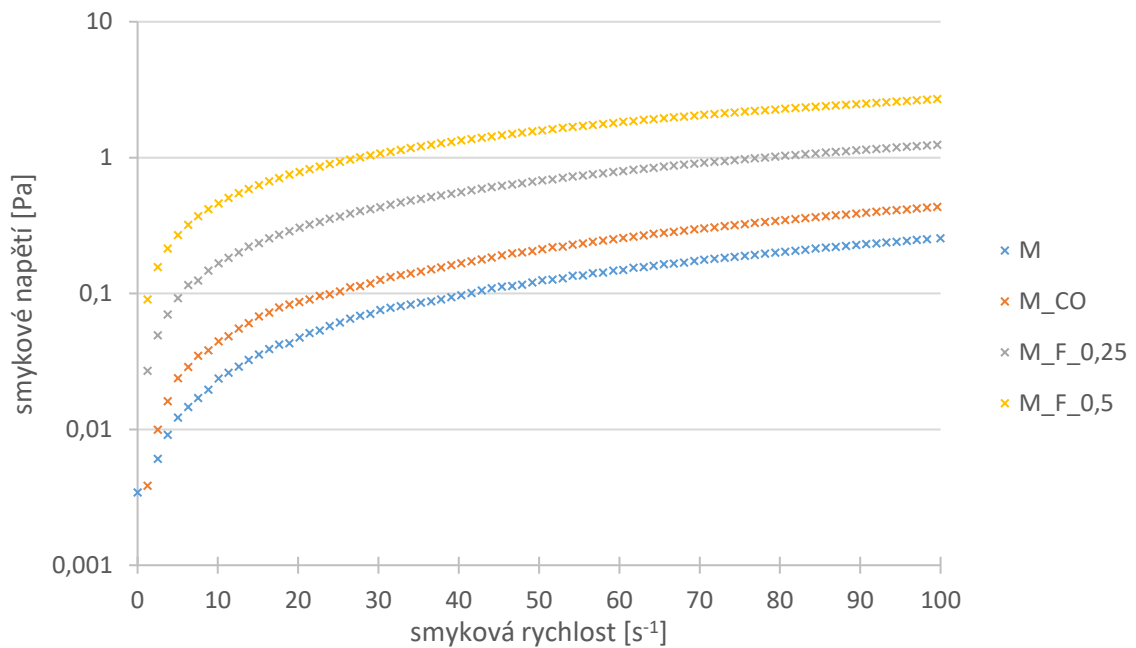
Obrázek 13 Grafické znázornění naměřených hodnot aktivity vody (a_w) u modelových vzorků mléka a ochucených mléčných nápojů. Uvedené hodnoty jsou průměrem ze tří stanovení, SD = 0,002, n = 3.

6.6 Reologická analýza

Z reologických vlastností byla sledována dynamická viskozita η a smykové napětí τ . Naměřené hodnoty byly zpracovány a rozděleny do dvou skupin grafů pro přehlednější posouzení vlivu přísadky furcellaranu a vlivu jednostupňové homogenizace, případně pro posouzení rozdílů v jejím provedení.

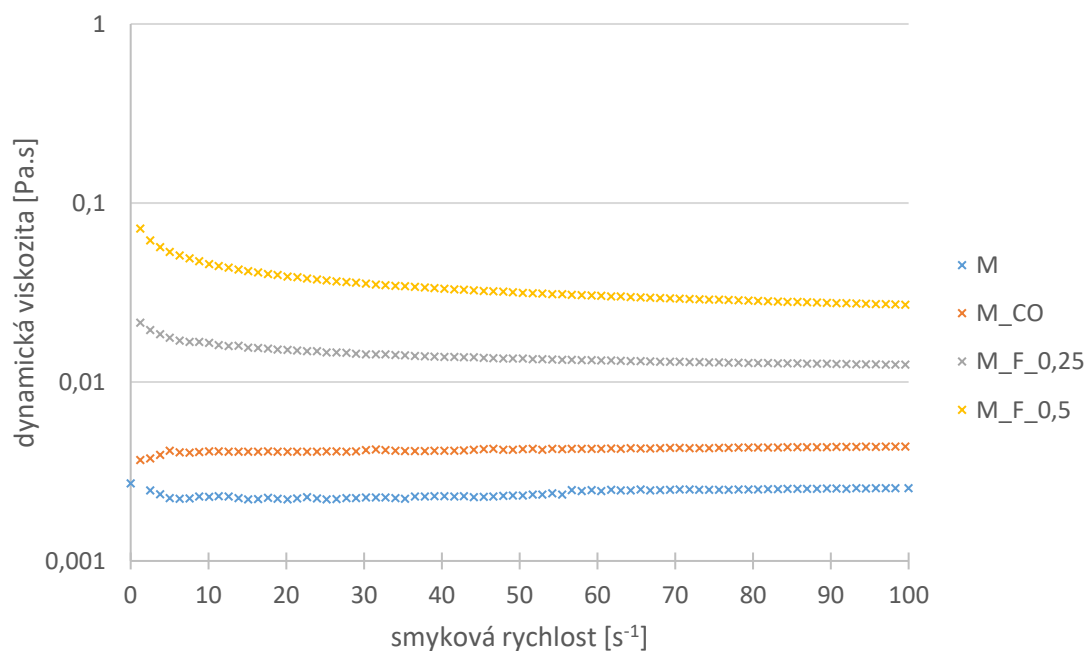
6.6.1 Vliv přísadky fycocoloidu

Přídavek furcellaranu měl jednoznačně vliv na smykové napětí modelových vzorků ochucených mléčných nápojů (Obr 14). S vyššími koncentracemi furcellaranu se zvyšovalo i smykové napětí daného vzorku. Nejvyšší hodnota smykového napětí tak byla zaznamenána u vzorku ochuceného mléčného nápoje s přísadkou 0,5 % (w/w) furcellaranu.



Obrázek 14 Závislost smykového napětí (Pa) na smykové rychlosti (s^{-1}) modelových vzorků ochucených mléčných nápojů. Znáznorněny jsou průměrné hodnoty ze tří stanovení. $n = 3$.

Viskozita u modelových vzorků ochucených mléčných nápojů rostla spolu se zvyšujícím se přídatkem furcellaranu (Obr 15). Nejvyšší dynamická viskozita byla zaznamenána u vzorku M_F_0,5. Z grafu závislosti dynamické viskozity na smykové rychlosti lze vyvodit, že vzorky mléčných nápojů s přídatkem furcellaranu vykazovaly pseudoplastické chování kapalin. Ochucený mléčný nápoj bez přídatku fycocoloidu vykazoval v tomto případě vlastnosti Newtonské kapaliny. Mléko dle tvaru získané křivky odpovídá spíše pseudoplastické kapalině. Ačkoli bývá mléko ve většině případů považováno za Newtonskou kapalinu, jeho tokové chování je poměrně složité a silně závislé na teplotě, aplikované smykové rychlosti a také na koncentraci a fyzikálním stavu dispergované fáze, kterou představuje především celkový obsah kaseinových micel a obsah tuku. Reologické vlastnosti ochucených mléčných nápojů jsou také ovlivňovány složením, tedy obsahem tuku, cukru i ochucující složky, mohou tedy také vykazovat vlastnosti Newtonských i neneutronských kapalin. (Prentice, 1992, Van Vliet & Walstra, 1980).

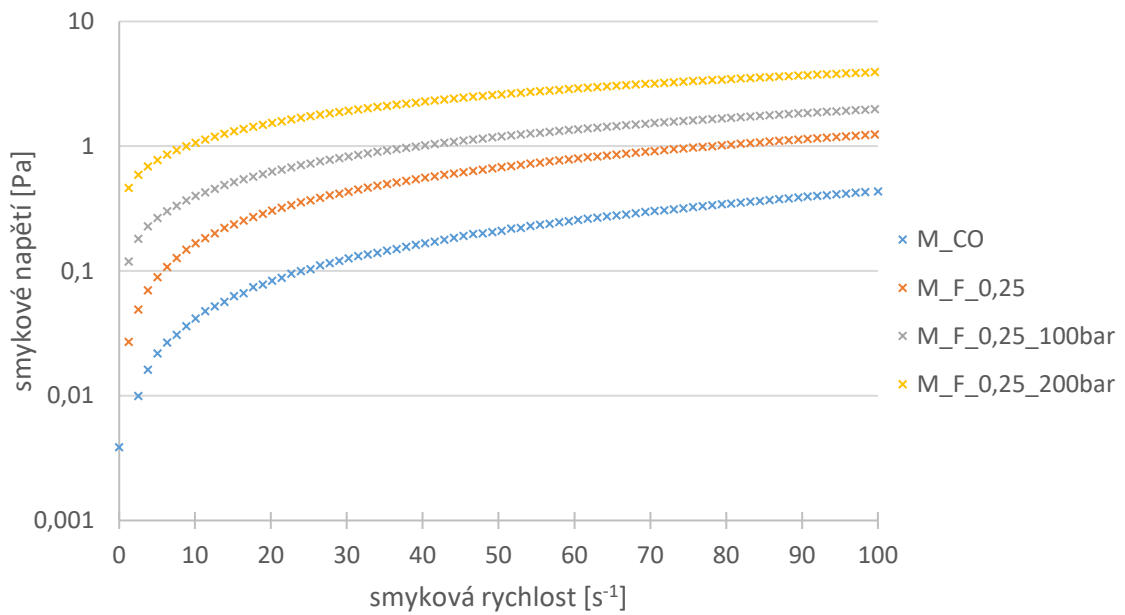


Obrázek 15 Závislost dynamické viskozity (Pa.s) na smykové rychlosti (s^{-1}) modelových vzorků ochucených mléčných nápojů. Znáznorněny jsou průměrné hodnoty ze tří stanovení. $n = 3$.

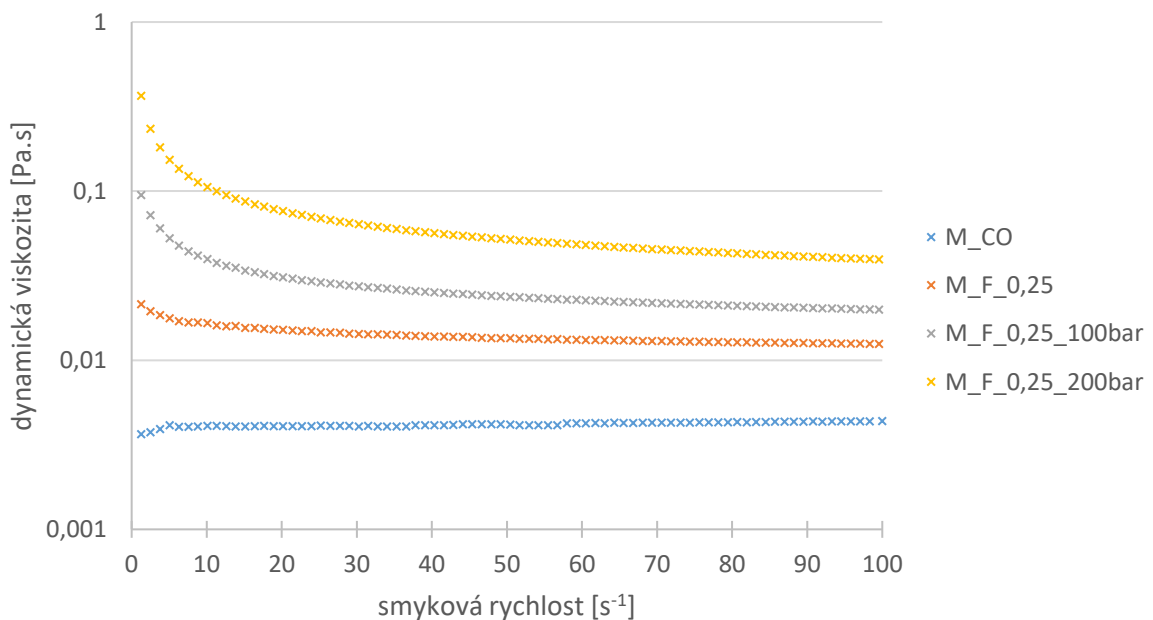
6.6.2 Vliv homogenizace

Podmínky homogenizačního procesu, konkrétně rozdíly v aplikovaném tlaku, měly prokazatelně vliv na smykové napětí i dynamickou viskozitu ochucených mléčných nápojů (Obr 16 a Obr 17). Čím vyšší tlak byl při homogenizaci aplikován, tím vyšší smykové napětí i viskozitu vzorky vykazovaly.

Dynamická viskozita pouze u mléčného nápoje bez přídavku furcellaranu (M_CO) odpovídala spíše Newtonské kapalině, vzorky mléčných nápojů s 0,25% přídavkem furcellaranu bez homogenizace i s homogenizací vykazovaly pseudoplastické vlastnosti kapalin (Obr 17). Nejvyšší dynamická viskozita byla v tomto případě pozorována u vzorku kakaového mléčného nápoje s přídavkem 0,25 % (w/w) furcellaranu, který byl homogenizován při tlaku 200 bar (M_F_0,25_200bar).

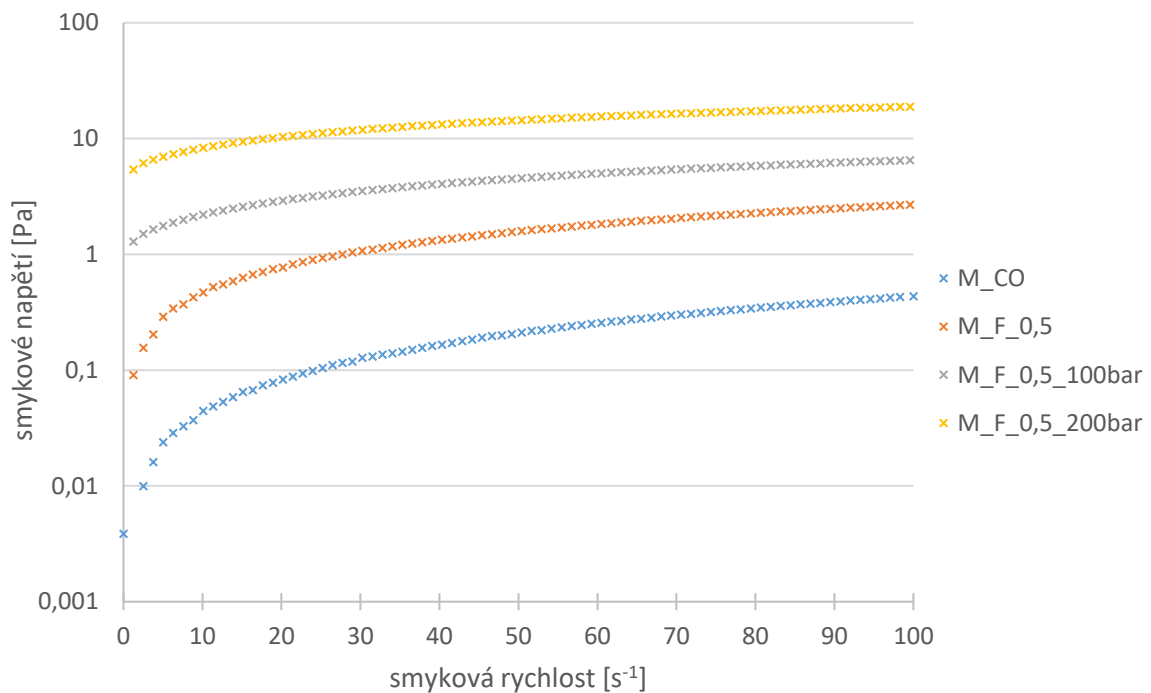


Obrázek 16 Závislost smykového napětí (Pa) na smykové rychlosti (s⁻¹) modelových vzorků ochucených mléčných nápojů bez přídavku a s 0,25% přídavkem furcellaranu. Znáznorněny jsou průměrné hodnoty ze tří stanovení. n = 3.

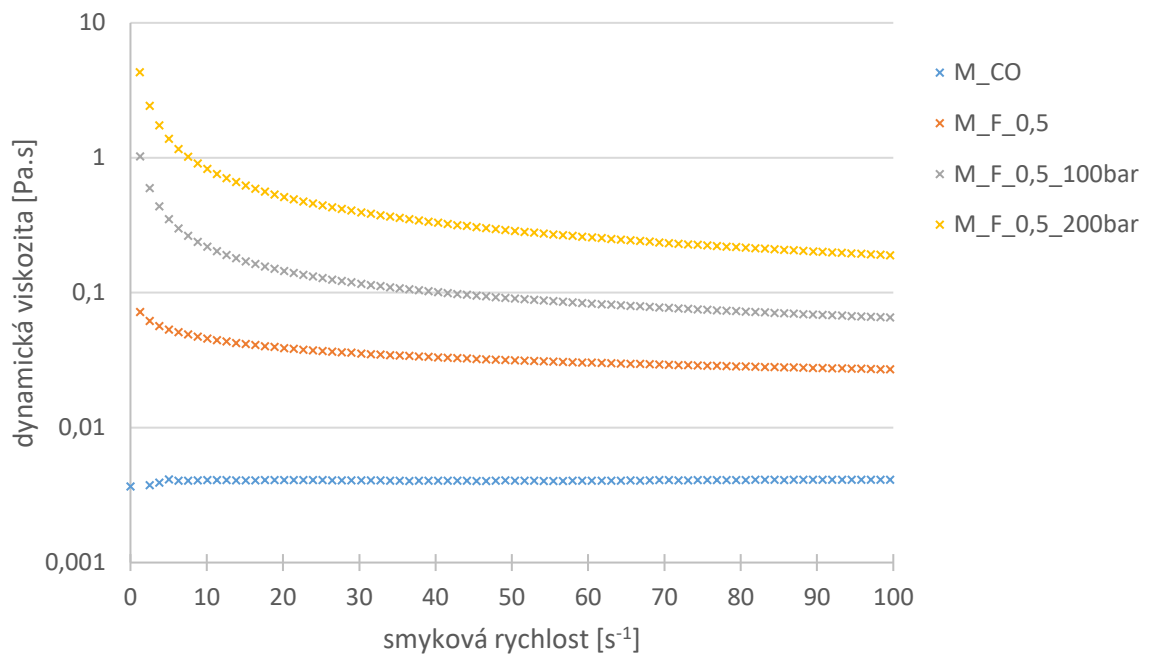


Obrázek 17 Závislost dynamické viskozity (Pa.s) na smykové rychlosti (s⁻¹) modelových vzorků ochucených mléčných nápojů bez přídavku a s 0,25% přídavkem furcellaranu. Znáznorněny jsou průměrné hodnoty ze tří stanovení. n = 3.

Z grafu závislosti smykového napětí na smykové rychlosti vyplývá, že i modelové vzorky ochucených mléčných nápojů s přidavkem 0,50 % (w/w) furcellaranu jsou pseudoplastické kapaliny (Obr 18). Vůbec nejvyšší hodnoty smykového napětí i dynamické viskozity byly získány analýzou vzorků M_F_0,5_200bar, tedy vzorků kakaových mléčných nápojů s přidavkem 0,50 % (w/w) furcellaranu, které byly navíc homogenizovány pod tlakem 200 bar (Obr 18 a 19).



Obrázek 18 Závislost smykového napětí (Pa) na smykové rychlosti (s⁻¹) modelových vzorků ochucených mléčných nápojů bez přidavku a s 0,50% přidavkem furcellaranu. Znáznorněny jsou průměrné hodnoty ze tří stanovení. n = 3.



Obrázek 19 Závislost dynamické viskozity (Pa.s) na smykové rychlosti (s^{-1}) modelových vzorků ochucených mléčných nápojů bez přídavku a s 0,50% přídavkem furcellaranu. Znázorněny jsou průměrné hodnoty ze tří stanovení. $n = 3$.

Parametry modelu Ostwald de Waele jsou uvedeny v tabulce 4. Dle hodnot n , tedy indexu tokového chování, bylo možné potvrdit pseudoplastické chování všech mléčných nápojů s přídavkem furcellaranu ($n < 1$). Obdobné výsledky byly získány např. v již zmíněné studii Yanese *et al.*, (2002). Hodnoty indexu tokového chování jimi analyzovaných mléčných nápojů s přídavky karagenanu či alginátu se pohybovaly v rozmezí 0,747 – 0,990 (při teplotě 25 °C) a vykazovaly tudíž pseudoplastické chování. V této diplomové práci byly zaznamenány hodnoty indexu tokového chování v rozmezí 0,3218 – 0,8616. Rozdíly v hodnotách mohou být způsobeny odlišnou teplotou (v této práci proběhlo měření při 20 °C), nebo také odlišnou surovinovou skladbou – např. použitím odlišného fycocoloidu a jeho koncentrace.

Tabulka 4 Parametry modelu Ostwald de Waele u mléka a modelových vzorků mléčných nápojů s příchutí kakaá. K = součinitel konzistence, n = index tokového chování, R^2 = koeficient determinace

Vzorek	koncentrace furcellaranu [% w/w]	homogenizace [MPa]	K [mPas]	n [-]	R^2
M	0,00	0	2,186	0,6752	0,9805
M_CO	0,00	0	3,063	1,009	0,9997
M_CO_100bar	0,00	10	2,373	1,034	0,9995
M_CO_200bar	0,00	20	2,695	1,017	0,9997
M_F_0,25	0,25	0	16,60	0,8616	0,9999
M_F_0,25_100bar	0,25	10	76,41	0,6226	0,9978
M_F_0,25_200bar	0,25	20	230,20	0,5366	0,9978
M_F_0,5	0,50	0	54,89	0,7649	0,9999
M_F_0,5_100bar	0,50	10	711,30	0,3844	0,9883
M_F_0,5_200bar	0,50	20	3001,00	0,3218	0,9914

7 ZÁVĚR

V této diplomové práci byly vyrobeny modelové vzorky mléčných nápojů s příchutí kakaa a ty byly dále podrobeny homogenizaci za různých podmínek tlaku (100 bar, 200 bar). Poté byl zkoumán vliv homogenizačního procesu a také přídavku furcellaranu (0,25 % a 0,50 %, w/w) na smykové napětí a viskozitu těchto modelových vzorků. Provedena byla i základní fyzikálně-chemická analýza.

Furcellaran ovlivnil reologické vlastnosti mléčných nápojů. S vyšším přídavkem tohoto fykocoloidu došlo k navýšení smykového napětí i viskozity daného modelového vzorku. Všechny modelové vzorky ochucených mléčných nápojů s přídavkem furcellaranu vykazovaly pseudoplastické chování kapalin. Na reologické vlastnosti mléčných nápojů měla vliv také homogenizace, čím vyšší tlak byl při homogenizaci použit, tím vyšší byla také viskozita a smykové napětí těchto nápojů. Dále byla zaznamenána vyšší hodnota pH homogenizovaných vzorků a nižší aktivita vody. Výsledky fyzikálně-chemické analýzy také poukázaly na zvýšení sušiny a refraktometrické sušiny ve vzorcích s přídavkem furcellaranu. Vlivem přídavku furcellaranu byla také zvýšena stabilita daných modelových vzorků ochucených mléčných nápojů. Je důležité zmínit, že do současné doby nebyla publikována studie, která by potvrzovala stabilizační účinek furcellaranu v ochucených mléčných nápojích.

Další postup při zkoumání vlastností těchto mléčných nápojů by mohl spočívat v jejich fermentaci. Fermentované ochucené mléčné nápoje by mohly vykazovat odlišné reologické vlastnosti, rozdíly by mohly být patrné v pH a jiných ukazatelích. Díky přítomným mikroorganismům by také mohly mít prospěšný účinek na zažívání a střevní mikroflóru. Kromě toho by další výzkum mohl zahrnovat použití jiných příchutí, díky kterým by opět pravděpodobně došlo ke změnám zkoumaných parametrů. Příkladem by mohlo být zařazení prášku z lyofilizovaných jahod či jiného drobného ovoce do surovinové skladby a výroba mléčného nápoje s jahodovou příchutí. V neposlední řadě by bylo vhodné sledovat změny kvality těchto mléčných nápojů v průběhu skladování a neméně důležité provedení senzorické analýzy.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Ahmadi S.F., Nasirpour A., Goli S.A.H., Riahi E. (2018): Effect of heat treatment and solution preparation procedure on colloidal stability of whey protein sour cherry beverage. *International Journal of Dairy Technologies* **71**: 781 – 790.
- Anema S.G., Lowe E.K., Lee S.K., Klostermeyer H. (2014): Effect of the pH of skim milk at heating on milk concentrate viscosity. *International Dairy Journal* **39**(2): 336 – 343.
- Baker, A. L. (2013): Algae (PS Protista), Cyanobacteria, and other aquatic objects. [on-line]. *University of New Hampshire Center for Freshwater Biology, 2013* [cit. 2021-03-23]. Dostupné z: <http://cfb.unh.edu/phycokey/phycokey.htm>.
- Bayarri S., Costell E. (2009): Optimising the flavour of the low-fat foods. In: *Designing Functional Foods. Measuring and Controlling Food Structure Breakdown and Nutrient Absorption*. Ed: McClements D.J., Decker D. Woodhead Publishing Limited and CRC press, Cambridge, UK. ISBN: 9781845694326.
- Bergamo P., Fedele E., Iannibelli L., Marzillo G. (2003): Fat-soluble vitamin contents and fatty acid composition in organic and conventional Italian dairy products. *Food Chemistry* **82**(4): 625 – 631.
- Beulens J.W.J., Booth S.L., van den Heuvel E.G.H.M., Stoecklin E., Baka A., Vermeer C. (2013): The role of menaquinones (vitamin K2) in human health. *British Journal of Nutrition* **110**: 1357 – 1368.
- Bilal G., Mustafa A., Hayes J. (2014): Effects of polarity, age at calving and stage of lactation on fatty acid composition of milk in Canadian hollsteins. *Canadian Journal of Animal Science* **94**(3): 401 – 410.
- Blanco-Pascual N., Alemán A., Gómez-Guillén M.C., Montero M.P (2014): Enzyme-assisted extraction of κ /i-hybrid carrageenan from *Mastocarpus stellatus* for obtaining bioactive ingredients and their application for edible active film development. *Food & Function* **5**(2): 319 – 329.
- Březina P., Jelínek J., (1990): Chemie a technologie mléka I. část. *Praha: MON, 1990*.

- Buňka F., Pachlová V., Buňková L., Černíková M. (2013): Mlékárenská technologie I., Zlín: UTB, 2013.
- Burešová I., Lorencová E. (2013): Výroba potravin rostlinného původu – Zpracování obilovin. Zlín, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013. ISBN: 97898074542787.
- Buys E.M. (2011): Enzymes indigenous to milk I Lactoperoxidase. In: *Encyclopedia of Dairy sciences*. ISBN: 978-0-12-374407-4.
- Bylund G. (1995): Dairy Processing Handbook. *Tetra Pak Processing Systems, Lund, 1995*.
- Bylund G. (2015): Dairy Processing Handbook. (3rd ed.) *Tetra Pak Processing Systems, 2015*. ISBN: 9789176111321.
- Calviño A.M. (1986): Perception of sweetness: The effects of concentration and temperature. *Physiology & Behavior* **36**: 1021 – 1028.
- Claeys W.L., Verraes C., Cardoen S., De Brock J., Huyghebaert A., Raes K., Dewettinck K., Herman L. (2014): Consumption of raw or heated milk from different species: an evaluation of the nutritional and potential health benefits. *Food Control* **42**: 188 – 201.
- Coulter T.P. (2002): Food. The Chemistry of its Components. *Cambridge: The Royal Society of Chemistry* (4rd edition). ISBN: 0-85404-615-1.
- Crevier B., Bélanger G., Vuilleumard J.Ch., Dt-Gelais D. (2017): Short communication: Production of cottage cheese fortified with vitamin D. *Journal of Dairy Science* **100**(7): 5212 – 5216.
- Čepička J. (1995): Obecná potravinářská technologie. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 1995. ISBN: 80-708-0239-1.
- De Kruif C., Holt C. (2003): Casein micelle structure, functions and interactions. In: *Advanced Dairy Chemistry*. 1. ed. Fox P.F., McSweeney P.L.H. Springer, New York, 233 – 276.
- De Kruif C.G., Huppertz T., Urban V.S., Petukhov A.V. (2012): Casein micelles and their internal structure. *Advances in Colloid and Interface Science* **171-172**: 36 – 52.
- Dille M.J., Haug I.J., Drager K.I. (2021): Gelatin and collagen. In: *Handbook of Hydrocolloids* (3rd edition). Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. ISBN: 9780128201046.

- Diosma G., Romanin D.E., Rey-Burusco M.F., Londero A., Garrote G.I. (2014): Yeasts from kefir grains: Isolation, identification, and probiotic characterization. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* **30**(1): 43 – 53.
- Domb J.A., Kost J., Wiseman D.M. (1997): Handbook of biodegradable polymers. 2nd rev. Ed. Boca Raton, Fla: CRC/Taylor. ISBN: 9781420049367.
- Draget K.I. (2009): Alginates. In: *Handbook of Hydrocolloids*. (2nd edition), CRC Press, Woodhead Publishing. ISBN: 978-1-84569-414-2.
- Draget K.I., Moe S.T., Skjåk-Bræk G., Smidsrød O. (2003): Alginates. In: *Food Polysaccharides and Their Applications*. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, USA, 2006. ISBN: 0-8247-5922-2.
- EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (2017): Dietary Reference Values for riboflavin. *EFSA Journal* **15**(8): čl. e04919.
- El-Tahra A.M.A., Khalel A.E., Mostafa M.S. (2009): Enhancing of milk beverages. *Mansoura University Journal of Agricultural Sciences* **34**(8): 8751 – 8758.
- Featherstone S. (2015): Ingredients used in the preparation of canned foods. In: *A complete Course in Canning and Related Processes*. (14th edition), Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 2015. ISBN: 978-0-85709-678-4.
- Finotelli P.V., da Silva D., Sola-Penna M., Rossi A.M., Farima M., Andrade L.R., Takeuchi A.Y., Rocha-Leão M.H., (2010): Microcapsules of alginate/chitosan containing magnetic nanoparticles for controlled release of insulin. *Colloids Surfac B: Bionterfaces* **81**: 206 – 211.
- Fox P.F., Uniacke-Lowe T., McSweeney P.L.H., O'Mahony J.A. (2015): Heat-induced changes in milk. In: *Dairy Chemistry an Biochemistry*, Springer, New York, 345 – 375.
- Friedmann Z. (2011): Zelenina, mléko, vejce a luštěníny ve výživě a přípravě pokrmů. Praktické náměty pro výuku tematického okruhu Svět práce. Praha: Raabe, c2011. *Dobrá škola*. ISBN: 978-80-86307-33-6.
- Gajdůšek S. (2003): Laktologie. Brno: Mendlova zemědělská a lesnická univerzita, 2003.
- Gajdůšek S., Klíčnick V. (1985): Mlékařství. Brno: Vysoká škola zemědělská, 1985.

- Gao Z., Fang Y., Cao Y., Liao H., Nishinari K., Phillips G.O., (2017): Hydrocolloid-food component interactions. *Food Hydrocolloids* **68**: 149 – 156.
- Garofalo C., Osimani A., Milanovic V., Aquilanti L., De Filippis F., Stellato G. Clementi F. (2015): Bacteria and yeast microbiota in milk kefir grains from different Italian religions. *Food Microbiology* **49**: 123 – 133.
- Gaucheron F. (2011): Milk and dairy products: a unique micronutrient combination. *Journal of American College of Nutrition* **30**: 400 – 409.
- Golian J. (2016): Biologické funkcie kravského mlieka. In: *Mlieko vo výžive ľudí. Bratislava: CAD press, 2016*. ISBN: 978-80-88969-72-3.
- Gómez-Guillén M.C., Giménez B., López-Caballero M.E., Montenero M.P. (2011): Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review. *Food Hydrocolloids* **25**(8): 1813 – 1827.
- Goodman M.T., Wu A.H., Tung K.H., McDuffie K., Kolonel L.N., Nomura A.M.Y., Terada K., Wilkens L.R., Murphy S., Hankin J.H., (2002): Association of dairy products, lactose, and calcium with the risk of ovarian cancer. *American Journal of Epidemiology* **156**:148 – 157.
- Guo M. (2020): Liquid milk products: Modified Milks. In: *Reference Module in Food Science* 1 – 5.
- Güzel-Seydim Z.B., Seydim A.C., Greene A.K., Bodine A.B. (2000): Determination of organic acids and volatile flavor substances in kefir during fermentation. *Journal of Food Composition and Analysis* **13**(1): 35 – 43.
- Hanson A.L., Metzger L.E. (2010): Evaluation of increased vitamin D fortification in high-temperature, short-time-processed 2% milk, UHT-processed 2% fat chocolate milk, and low-fat strawberry yogurt. *Journal of Dairy Science* **93**(2): 801 – 807.
- Hasanvand E., Fathi M., Bassiri A., Javanmard M., Abbaszadeh R. (2015): Novel starch based nanocarrier for vitamin D fortification of milk: Production and characterization. *Food and Bioproducts Processing* **96**: 264 – 277.
- Hayes M.G., Fox P.F., Kelly A.L. (2005): Potential applications of high pressure homogenisation in processing of liquid milk. *Journal of Dairy Research* **72**: 25 – 33.

- Huc D., Matignon A., Barey P., Desprairies M., Mauduit S., Sieffermann J.M., Michon C. (2017): Interactions between modified starch and carrageenan during pasting. *Food Hydrocolloids* **36**: 355 – 361.
- Chen J., Chen L., Li X. (2019): Starch. In: *Drug Delivery Applications of Starch Biopolymer Derivatives*. Springer, Singapore. ISBN: 978-981-13-3657-7.
- Iburg A. 2004: Lexikon sýrů, výroba, původ, druhy, chuť. [z německého originálu přeložila H. Dupařová] 1. vydání Čestlice: Rebo Productions 2004. ISBN: 80-7234-379-3.
- Imeson A.P. (2009): Carrageenan and furcellaran. In: *Handbook of Hydrocolloids* (2nd edition), CRC Press, Woodhead Publishing. ISBN: 978-1-84569-414-2.
- Imeson A.P. (2010): Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents. FMC BioPolymer, UK. ISBN: 978-1-405-13267-1.
- Ingham B., Erlangga G.D., Smialowska A., Kirby N.M., Wang C., Matia-Merino L., Haverkamp R.G., Carr A.J. (2015): Solving the mystery of the internal structure of casein micells. *The Royal Society of Chemistry* **11**(14): 2723 – 2725.
- Internetový zdroj:
http://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/File/Kvasnickova/FAO_JECFA_1.pdf
- Janalík J. (2010): Viskozita tekutin a její měření. [online] Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava. Ostrava 2010. [cit. 17-4-2021]. Dostupné z: <http://www.338.vsb.cz/wpcontent/uploads/2016/03/JanalikTEXTviskozitaPDF.pdf>.
- Janaswamy S., Chandrasekaran R. (2008): Heterogenity in iota-carrageenan molecular structure: insights for polymorph II→III transition in the presence of calcium ions. *Carbohydrate Research* **343**: 364 – 373.
- Janštová B, Navrátilová P: (2014): Produkce mléka a technologie mléčných výrobků. *Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2014*.
- Jensen R.G., Robert G.J. (1995): Fat-soluble vitamins in bovine milk. In: *Handbook of milk composition*. San Diego: Academic Press: 718 – 725. ISBN: 978-0-12-384430-9.
- Kadlec P. a kolektiv (2002): Technologie potravin II. *Praha: VŠCHT, 2002*. ISBN: 978-80-7080-510-7.
- Kadlec P., Melzoch K., Voldřich M. (2009): Co byste měli vědět o výrobě potravin? *Technologie potravin, Ostrava: Key Publishing, 2009*. ISBN: 9788074180514.

- Kasapis S., Bannikova A. (2017): Rheology and Food Microstructure. In: *Advances in Food Rheology and Its Applications*. Elsevier, **2**: 7 – 46. ISBN: 9780081004319.
- Kazemalilou S., Alizadeh A. (2017): Optimization of sugar replacement with date syrup in prebiotic chocolate milk using response surface methodology. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* **37**: 449 – 455.
- Kodet J., Šotolová I., Štěrba S. (1993): Plnicí, zahušřovací, gelotvorné a stabilizační látky pro potraviny. 1. vyd. Praha: Středisko potravinářských informací, 1993. ISBN 80-85120-32-1.
- Kohout P., Dostálová J., Szitányi P., Szitányi N., Růžičková L. (2016): Mléko -přítel nebo nepřítel: jak postupovat při nesnášenlivosti mléka. Praha: Forsapi, 2016. *Stručné informace pro pacienty*. ISBN 978-80-87250-31-0.
- Koksoy A., Kilic M. (2004): Use of hydrocolloids in textural stabilization of a yoghurt drink, ayran. *Food Hydrocolloids* **18**(4): 593 – 600.
- Kopáček J. (2014): Mléko a mléčné výrobky: jak poznáme kvalitu?. Praha: Sdružení českých spotřebitelů, 2014. *Jak poznáme kvalitu?* ISBN 978-80-87719-18-3.
- Králíčková Š., Pokorná M., Kuchtík J., Filipčík R. (2012): Effect of parity and stage of lactation on milk yield, composition and quality of organic sheep milk. *Acta Universitatis Agriculture et Silviculture Mendeliana Brunensis* **9**(1): 71 – 78.
- Kravchenko A.O., Anastyuk S.D., Glazunov V.P., Sokolova E.V., Isakov V.V., Yermak I.M. (2020): Structural characteristics of carrageenans of red alga *Mastocarpus pacificus* from sea of Japan. *Carbohydrate Polymers* **229**.
- Laos K., Brownsey G.J., Ring S.G. (2007): Interactions between furcellaran and the globular proteins bovine serum albumin and beta-lactoglobulin. *Carbohydrate Polymers*, **67**(1): 116 – 123.
- Larsen M.K., Nielsen J.H., Butler G., Leifert C., Slots T., Kristiansen G.H., Gustafsson A.H. (2010): Milk quality as affected by feeding regimens in a country with climatic variation. *Journal of Dairy Science* **93**: 2863 – 2873.
- Li J.M., Nie S.P. (2016): The functional and nutritional aspects of hydrocolloids in foods. *Food Hydrocolloids* **53**: 46 – 61.

- Marsh A.J., Hill C., Ross R.P., Cotter P.D. (2014): Fermented beverages with health promoting potential: past and future perspectives. *Trends in Food Science and Technology* **38**(2): 113 – 124.
- Masson L.M.P., Rosenthal A., Calado V.M.A., Deliza R., Tashima L. (2011): Effect of ultra-high pressure homogenization on viscosity and shear stress of fermented dairy beverage. *Food Science and Technology* **44**: 495 – 501.
- May C.D (2000): Pectins. In: *Handbook of hydrocolloids*. Edited by Phillips G.O., Williams P.A. Woodhead Publishing Limited and CRC Press, Boca Raton, New York, 2000. ISBN 0-8493-0850-X.
- McHugh D.J. (2003): A Guide to the Seaweed Industry. *FAO Fisheries Technical Paper 441; Food Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy, 2003*.
- Miller G.D., Jarvis J.K., McBean L.D. (2007): Handbook of dairy foods and nutrition. *Boca Raton, Fla.: CRC*. p 1. ISBN: 0-8493-8731-0.
- Montero P., Pe M. (2002): Effects of Na⁺, K⁺ and Ca²⁺ on gels formed from fresh mince containing a carrageenan or alginate. *Food Hydrocolloids* **16**: 375 – 385.
- Murphy M.M., Douglass J.S., Johnaon R.K., Spence L.A. (2008): Drinking flavored or plain milk is positively associated with nutrient intake and is not associated with adverse effects on weight status in US children and adolescents. *Journal of the American Dietetic Association* **108**(4): 631 – 639.
- Návod k obsluze: HI 96801 Refraktometr pro měření sacharózy. *Hanna Instruments* [online] [cit. 18-4-2021]. Dostupné z: https://www.hanna-instruments.cz/editor/image/eshop_products_files/file_en_20.pdf.
- Noel S.E., Ness A.R., Northstone K., Emmett P., Newby P.K. (2013): Associations between flavored milk consumption and changes in weight and body composition over time: differences among normal and overweight children. *European Journal of Clinic Nutrition* **67**: 295 – 300.
- Nussinovitch A., Hirashima M. (2014): Cooking innovations: using hydrocolloids for thickening, gelling and emulsification. *2nd rev. ed. Boca Raton: Taylor*. ISBN: 9781439875889. (e-book).

- Otemuyiwa I.O., Williams M.F. Adewusi S.A. (2017): Antioxidant activity of health tea infusions and effect of sugar and milk on in-vitro availability of phenolics in tea, coffee and cocoa drinks. *Nutrition and Food Science* **47**: 458 – 468.
- Özer B.H., Kirmaci H.A. (2010): Functional milks and dairy beverages. *International Journal of Dairy Technology* **63**(1): 1 – 15.
- Paixão J.A., Rodrigues J.B., Esmerino E.A., Cruz A.G., Bolini H.M.A. (2014): Influence of temperature and fat content on ideal and fat content on ideal sucrose concentration, sweetening power, and sweetness equivalence of different sweeteners in chocolate milk beverage. *Journal of Dairy Science* **97**(12): 7344 – 7353.
- Paquin P (1999): Technological properties of high-pressure homogenizers: The effect of fat globules, milk proteins and polysaccharides. *International Dairy Journal* **9**: 329 – 335.
- Pedras M.M., Pinho C.R.G., Tribst A.A.L., Franchi M.A., Cristianini M. (2012): The effect of high pressure homogenisation on microorganisms in milk. *International Food Research Journal* **19**: 1 – 5.
- Pegg A.M. (2012): The application of natural hydrocolloids to foods and beverages. *Natural Food Additives, Ingredients and Flavourings* **8**: 175 – 196.
- Pereira L. (2016): Carrageenans: sources and extraction methods, molecular structure, bioactive properties and health effects. [online]. *Hauppauge, New York: Nova Science Publishers* . [cit. 2020-03-23]. ISBN: 978-1-63485-534-1. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/308919952>.
- Phillips G.O., Williams P.A. (2000): Handbook of Hydrocolloids. CRC Press, Boca Raton, New York, 2000, 442 s., ISBN 0-8493-0850-X.
- Phillips G.O., Williams P.A. (2009): Handbook of hydrocolloids (2nd edition). CRC Press, Woodhead publishing limited. ISBN: 978-1-84569-414-2.
- Powell J.E., Witthuhn R.C., Todorov S.D., Dicks L.M.T. (2007): Characterization of bacteriocin ST8KF produced by a kefir isolate *Lactobacillus plantarum* ST8KF. *International Dairy Journal* **17**(3): 190 – 198.
- Prentice J.H. (1992): Dairy rheology: A concise guide. *New York: VCH Publishers*. 49 – 56.

- Pushpadass H.A., Emerald F.M.E., Balasubramanyam B.V., Patel S.S. (2019): Rheological Properties of Milk-Based Beverages. *Milk-based Beverages*: 373 – 396.
- Quin Y., (2018): Production of Seaweed-Derived Food Hydrocolloids. In: *Bioactive Seaweeds for Food Applications*. Dostupné z: 10.1016/B978-0-12-813312-5.00003-0.
- Rao M.A. (2014): Rheology of Fluid, Semisolid and Solid Foods Principles and Applications. *3rd ed. Springer, New York*. ISBN: 9781461492306.
- Rhein-Knudsen N., Ale M., Meyer A. (2015): Seaweed Hydrocolloid Production: An Update on Enzyme Assisted Extraction and Modification Technologies. *Marine Drugs* **13**(6): 3340 – 3359.
- Rinaudo M. (2007): Seaweed polysaccharides. In: *Comprehensive glycoscience. Polysaccharide functional properties*. Edited by: Kamerling J.P., Boons G.-J., Lee Y.C., Suzuki A., Taniguchi N., Voragen A.G.J. *et al.* Vol. **2**: 691 – 735. Oxford (UK): Elsevier Science Technology.
- Silva A.R.A., Silva M.M.N., Ribeiro B.D. (2020): Health issues and technological aspects of plant-based alternative milk. *Food Research International* **131**.
- Simeonovová J., Gajdůšek S., Ingr I. (2003): Zpracování a zbožiznalství živočišných produktů. *V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003*. ISBN 80-7157-708-1.
- Sluková M. (2016): Výroba potravin a nutriční hodnota. *Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016*. ISBN 978-80-7080-947-1.
- Souza F.P., Balthazar C.F., Guimarães J.T., Pimentel T.C., Esmerino E.A., Freitas M.Q., Raices R.S.L., Silva M.C., Cruz A.G. (2019): The addition of xyloligoosaccharide in strawberry-flavored whey beverage. *LWT – Food Science and Technology* **109**: 118 – 122.
- Stainsby G. (1987): Gelatin gels. In: *Advances in meat research, collagen as a food*. Edited by: Pearson A.M., Dutson T.R., Bailey A.J. *Van Nostrand Reinhold Company Inc. New York*.
- Stephen A.M., Phillips G.O., Williams P.A. (2006): Food polysaccharides and their applications. *2nd ed. Boca Raton, FL: CRC/Taylor & Francis, 2006. Food science and technology (Taylor & Francis)*. ISBN 9780824759223.

- Stoop W.M., Bovenhuis H., Heck J.M.L., van Arendonk J.A.M. (2009): Effect of lactation stage and energy status on milk fat composition of Holstein-Friesian cows. *Journal of Dairy Science* **92**: 1469 – 1478.
- Štětina J., Kováčová R., Čurda L. (2010): Influence of processing and κ -carrageenan on properties of whipping cream [online]. 2010, 471 - 478 [cit. 2020-12-25]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2010.02.010.
- Šustová K., Lužová T. (2013): Technologie zakysaných mléčných výrobků: odborný kurz: další vzdělávání pedagogických pracovníků Středních odborných škol. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2013, 53 s. ISBN: 978-80-7375-735-9.
- Tabilo-Munizaga G., Barbosa-Cánovas G.V. (2005): Rheology for the food industry. *Journal of Food Engineering* **67**(1-2): 147 – 156.
- Taggart P., Mitchell J.R. (2009): Starch. In: *In: Handbook of Hydrocolloids* (2nd edition), CRC Press, Woodhead Publishing. ISBN: 978-1-84569-414-2.
- Tallapragada P., Rayavarapu B. (2019): Recent Trends and Developments in Milk-Based Beverages. *Milk-Based Beverages* **5**, 139 – 172.
- Tang J.E., Moore D.R., Kujbida G.W., Tarnopolsky M.A., Phillips S.M. (2009): Ingestion of whey hydrolysate, casein, or soy protein isolate: effects on mixed muscle protein synthesis at rest and following resistance exercise in young men. *Journal of applied histology* **107**(3): 987 – 992.
- Topçu A., Numanoğlu E., Saldamli I. (2006): Proteolysis and storage stability of UHT milk produced in Turkey. *International Dairy Journal* **16**(6): 633 – 638.
- Tromp R.H. (2004): On the mechanism of stabilization of acidified milk drinks by pectin. *Food Hydrocolloids* **18**(4): 565 – 572.
- Turner M.E., Adams M.A., Holden R.M. (2018): The vitamin K metabolome in chronic kidney disease. *Nutrients* **10**: 1 – 9.
- Valencia-Flores D.C., Hernández-Herrero M., Guamis B., Ferragut V. (2013): Comparing the effects of ultra-high-pressure homogenization and conventional thermal treatments on the microbiological, physical, and chemical quality of almond beverages. *Journal Food Science* **78**(2): 199 – 205.

- Van Vliet T., Walstra P. (1980): Relationship between viscosity and fat content of milk and cream. *Journal of Texture Studies* **11**: 65 – 68.
- Vanitha T., Khan Mahejibin (2020): Role of pectin in food processing nad food packaging. *Pectin – Extraction, Purification, Characterization and Applications*. Intech Open. ISBN: 978-1-78984-071-1.
- Varadarajan S.A., Ramli N., Ariff A., Said M., Yasir S.M. (2009): Development of high yielding carrageenan extraction method from *Euchema Cotonii* using cellulase and *Aspergillus niger*. In: Proceedings of Prosiding Seminar Kimia Bersama UKM-ITB VIII, Bangi, Malaysia, 461 – 469.
- Vasanthan T., Li J., Bressler D., Hoover R. (2012): Starch as a gelling agent. In: *Starch-based polymeric materials and nanocomposites chemistry, processing, and applications*. Edited by: Jasim Ahmed. Boca Raton, Fla: CRC. ISBN: 978-143-9851-173.
- Vegarud G.E., Lansgrud T., Svenning C. (2000): Mineral-binding milk proteins and peptides occurrence, biochemical and technological characteristics. *British Journal of Nutrition* **84**(1): 91 – 98.
- Végh R. (2014): Nauka o potravinách II: studijní opora. *Ostravská univerzita v Ostravě, 2014*. ISBN 978-80-7464-588-4.
- Velíšek J. (1999): Chemie potravin 1. I. vyd. *Tábor: OSSIS, 1999, 352 s.*, ISBN 80-902391-3-7.
- Viebke Ch., Al-Assaf S., Phillips G.O., (2014): Food hydrocolloids and health claims. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre* **4**(2): 101 – 114.
- Vrbová T. (2001): Víme, co jíme?, aneb:, Průvodce "Éčky" v potravinách. *Praha: EcoHouse, 2001*. ISBN 80-238-7504-3.
- Vyhláška č. 397/2016 Sb. o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje. *Zákony pro lidi.cz [online]*. © AION CS 2010-2021 [cit. 21-2-2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-397#f5960469>
- Wainwright F.W. (1977): Physical tests of gelatin and gelatin products. In: *The science and technology of gelatin*. Edited by: Ward A.G., Coutts A. Academic Press, New York, 507 – 534.

- Wu J., Du B., Li J., Zhang H. (2014): Influence of homogenisation and the degradation of stabilizer on the stability of acidified milk drinks stabilized by carboxymethylcellulose. *LWT – Food Science & Technology* **56**(2): 370 – 376.
- Yanes M., Durán L., Costell E. (2002): Rheological and optical properties of commercial chocolate milk beverages. *Journal of Food Engineering* **51**: 229 – 234.
- Yeluri Jonnala B.R., McSweeney P.L.H., Sheehan J.J., Cotter P.D. (2018): Sequencing of the cheese microbiome and its relevance to industry. *Frontiers in Microbiology* **9**.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

a_w aktivita vody

BMK bakterie mléčného kvašení

EFSA Evropský úřad pro bezpečnost potravin

HPH *high-pressure homogenization*, vysokotlaká homogenizace

HTST *high-temperature short-time* – pasterace za použití vysokých teplot s krátkou časovou výdrží

MK mastné kyseliny

RS refraktometrická sušina

UHPH *ultra-high-pressure homogenization*, ultra-vysokotlaká homogenizace

UHT *ultra-high temperature*, metoda tepelného ošetření využívající vysokých teplot

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Průměrné složení kravského mléka.....	13
Obrázek 2 Chemický vzorec laktosy. Převzato z: Buňka <i>et al.</i> , 2013.....	15
Obrázek 3 Chemický vzorec κ -karagenanu.....	31
Obrázek 4 Červené řasy rodu <i>Furcellaria</i> . Převzato z: Baker, 2016.....	33
Obrázek 5 Přístroj Stephan UMC-5 (Stephan Machinery GmbH, Hameln, Německo). Foto: autorka práce.....	40
Obrázek 6 Homogenizátor PandaPLUS (GEA Niro Soavi, Itálie). Foto: autorka práce.....	41
Obrázek 7 Přístroj HAAKE RheoStress 1 (ThermoHaake, Karlsruhe, Germany). Převzato z oficiálních stránek firmy Thermo Fisher Scientific. (www.thermofisher.com).	44
Obrázek 8 Závislost smykového napětí na smykové rychlosti Newtonských kapalin (vlevo) a kapalin pseudoplastických a dilatantních (vpravo). Převzato z: Pushpadass <i>et al.</i> , 2019 a upraveno.....	45
Obrázek 9 Závislost dynamické viskozity na gradientu rychlosti (smykové rychlosti) [s^{-1}]. 1- Newtonská kapalina, 2 – pseudoplastická kapalina, 3 – dilatantní kapalina, 4 – plastická kapalina. Převzato z: Burešová & Lorencová, (2013) a upraveno.	45
Obrázek 10 Grafické znázornění výsledků testu stability modelových vzorků. Uvedené hodnoty jsou průměrem ze 3 měření. $n = 3$	47
Obrázek 11 Grafické znázornění stanoveného obsahu refraktometrické sušiny (RS) v daných vzorcích ochucených mléčných nápojů. Znázorněny jsou průměrné hodnoty, chybové úsečky značí směrodatnou odchylku. $n = 3$	48
Obrázek 12 Grafické znázornění průměrných naměřených hodnot pH u modelových vzorků mléka a mléčných nápojů s příchutí kakaa. Chybové úsečky značí směrodatnou odchylku. $n = 3$	49
Obrázek 13 Grafické znázornění naměřených hodnot aktivity vody (a_w) u modelových vzorků mléka a ochucených mléčných nápojů. Uvedené hodnoty jsou průměrem ze tří stanovení, $SD = 0,002$, $n = 3$	50
Obrázek 14 Závislost smykového napětí (Pa) na smykové rychlosti (s^{-1}) modelových vzorků ochucených mléčných nápojů. Znázorněny jsou průměrné hodnoty ze tří stanovení. $n = 3$	51
Obrázek 15 Závislost dynamické viskozity (Pa.s) na smykové rychlosti (s^{-1}) modelových vzorků ochucených mléčných nápojů. Znázorněny jsou průměrné hodnoty ze tří stanovení. $n = 3$	52
Obrázek 16 Závislost smykového napětí (Pa) na smykové rychlosti (s^{-1}) modelových vzorků ochucených mléčných nápojů bez přídavku a s 0,25% přídavkem furcellaranu. Znázorněny jsou průměrné hodnoty ze tří stanovení. $n = 3$	53
Obrázek 17 Závislost dynamické viskozity (Pa.s) na smykové rychlosti (s^{-1}) modelových vzorků ochucených mléčných nápojů bez přídavku a s 0,25% přídavkem furcellaranu. Znázorněny jsou průměrné hodnoty ze tří stanovení. $n = 3$	53
Obrázek 18 Závislost smykového napětí (Pa) na smykové rychlosti (s^{-1}) modelových vzorků ochucených mléčných nápojů bez přídavku a s 0,50% přídavkem furcellaranu. Znázorněny jsou průměrné hodnoty ze tří stanovení. $n = 3$	54

Obrázek 19 Závislost dynamické viskozity (Pa.s) na smykové rychlosti (s^{-1}) modelových vzorků ochucených mléčných nápojů bez přídavku a s 0,50% přídavkem furcellaranu. Znárodněny jsou průměrné hodnoty ze tří stanovení. $n = 3$ 55

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Významné hydrokoloidy využívané v potravinářství. Převzato z: Phillips & Williams (2009) a upraveno.	27
Tabulka 2 Surovinová skladba vyráběných mléčných nápojů s kakaovou příchutí.	40
Tabulka 3 Obsah sušiny v mléku a v modelových vzorcích mléčných nápojů. n = 3.	46
Tabulka 4 Parametry modelu Ostwald de Waele u mléka a modelových vzorků mléčných nápojů s příchutí kaka. K = součinitel konzistence, n = index tokového chování, R ² = koeficient determinace	56

