

# Vliv surovinové skladby na vlastnosti jogurtů

Monika Wildungová

---

Bakalářská práce  
2019



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav technologie potravin  
akademický rok: 2018/2019

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Monika Wildungová**  
Osobní číslo: **T17685**  
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Vliv surovinové skladby na vlastnosti jogurtů**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Charakterizujte kysané mléčné výrobky a požadavky na jejich kvalitu.
2. Popište odlišné principy výroby jogurtů.
3. Popište faktory ovlivňující vlastnosti jogurtů.

### II. Praktická část

1. Vytvořte modelové vzorky jogurtů, kde bude obsah sušiny standardizován různými surovinami.
2. Porovnejte vybrané vlastnosti modelových vzorků jogurtů.
3. Sledujte průběh tvorby bílkovinného gelu během inkubace jogurtů.
4. Vyhodnoťte výsledky, diskutujte je s literaturou a vyvoďte závěry.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] ED. BY A. Y. TAMIME AND R. K. ROBINSON. Tamime and Robinson's yoghurt: science and technology. 3. ed. Boca Raton: CRC Press: Woodhead, 2007. ISBN 1420044532.

[2] MIOCINOVIC, J., Z. MILORADOVIC, M. JOSIPOVIC, A. NEDELJKOVIC, M. RADOVANOVIC a P. PUDJA. Rheological and textural properties of goat and cow milk set type yoghurts. International Dairy Journal. 2016, 58, 43-45.

[3] TORINO, María I., Graciela FONT DE VALDEZ a Fernanda MOZZI. Biopolymers from lactic acid bacteria. Novel applications in foods and beverages. Frontiers in Microbiology. 2015, 6.

[4] DELIKANLI, Berrak a Tulay OZCAN. Effects of various whey proteins on the physicochemical and textural properties of set type nonfat yoghurt. International Journal of Dairy Technology. 2014, 67 (4), 495-503.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Vendula Pachlová, Ph.D.**

Ústav technologie potravin

Datum zadání bakalářské práce: **2. února 2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. května 2019**

Ve Zlíně dne 2. února 2019

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*děkan*

doc. Ing. Jiří Miček, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

Příjmení a jméno: WILDUNGOVA' MONIKA

Obor: CHTP

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou 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 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou 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);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské 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.

Ve Zlíně 14.5.2019

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací;

(1) Vysoká škola nevydělčně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> 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, § 35 odst. 3;

(3) Da práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> 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, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložil, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Cílem bakalářské práce bylo posoudit, jaký vliv má přidavek sušených mléčných komponent na vlastnost jogurtu. Modelové vzorky byly standardizovány na 14 % a 15 % sušiny, pomocí sušeného odstředěného mléka, sušené syrovátky a kaseinátu sodného. U vzorku byl pozorován průběh poklesu pH během fermentace a texturní vlastnosti gelu. Nejpomalejší pokles pH během inkubace vzorku s obsahem sušiny 14 % měl s přidavkem sušeného odstředěného mléka a nejrychleji se pH snížilo u vzorku s přidavkem kaseinátu sodného. Pokles pH vzorku s 15% navýšením měl nejrychlejší průběh s přidavkem sušené syrovátky a nejpomaleji klesalo pH u vzorku s přidavkem sušeného odstředěného mléka. Při pozorování texturních vlastností, vzorky s přidavkem sušeného odstředěného mléka a sušené syrovátky neměly dostačující účinek pro zlepšení textury jogurtu. Vzorek obsahující kaseinát sodný vykazoval nejlepší zlepšení texturních vlastností gelu.

Klíčová slova: jogurt, sušené odstředěné mléko, sušená syrovátka, kaseinát sodný

## **ABSTRACT**

The aim of the Bachelor thesis was to assess the impact of the addition of dried milk components on the yogurt property. Model samples were standardised to 14% and 15% dry matter, using skimmed milk powder, whey powder and sodium caseinate. The sample was observed for a decrease in pH during fermentation and the textured properties of the gel. The slowest pH decrease during incubation of the sample with a dry matter content of 14% was with the addition of skimmed milk powder and the fastest pH decrease was for the sample with the addition of sodium caseinate. The decrease in the pH of the sample with a 15% increase was the fastest course with the addition of whey powder and the slowest pH decrease was for the sample with the addition of skimmed milk powder. When observing the textured properties, samples with the addition of skimmed milk powder and whey powder did not have sufficient effect to improve the texture of yogurt. The sample containing sodium caseinate showed the best improvement in the texture properties of the gel.

Keywords: yoghurt, skimmed milk powder, whey powder, sodium caseinate

Děkuji touto cestou své vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Vendule Pachlové, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, připomínky a trpělivost při psaní této práce a také za pomoc při vyhodnocování praktické části.

Také bych ráda poděkovala paní laborantce Ing. Ludmile Zálešákové a všem kolegyním z laboratoře za pomoc při výrobě a analýze modelových vzorků.

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



# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 KYSANÉ MLÉČNÉ VÝROBKY</b> .....	<b>12</b>
1.1 VÝROBKY S MEZOFILNÍ KULTUROU .....	12
1.2 VÝROBKY S TERMOFILNÍ KULTUROU.....	14
1.3 KYSANÉ MLÉČNÉ VÝROBKY S KVASINKAMI A BAKTERIEMI MLÉČNÉHO KVAŠENÍ .....	15
1.4 VÝROBKY S PROBIOTICKOU KULTUROU .....	16
<b>2 ODLIŠNÉ PRINCIPY VÝROBY JOGURTŮ</b> .....	<b>17</b>
2.1 VÝROBA JOGURTU S ROZMÍCHANÝM A NEROZMÍCHANÝM KOAGULÁTEM .....	17
2.2 VÝROBA ŘECKÉHO JOGURTU A JOGURTU ŘECKÉHO TYPU .....	20
<b>3 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ VLASTNOSTI JOGURTŮ</b> .....	<b>23</b>
3.1 CHEMICKÉ SLOŽENÍ MLÉKA OVLIVŇUJÍCÍ VLASTNOSTI JOGURTU.....	23
3.2 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ VLASTNOSTI JOGURTU PŘI TECHNOLOGICKÉM ZPRACOVÁNÍ .....	25
3.2.1 Standardizace jogurtu sušenými mléčnými komponenty.....	27
3.2.1.1 Přídavek sušeného odstředěného mléka .....	27
3.2.1.2 Přídavek sušené syrovátky .....	28
3.2.1.3 Přídavek kaseinátu .....	29
3.2.1.4 Přídavek sušeného podmáslí.....	29
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>31</b>
<b>4 CÍL PRÁCE</b> .....	<b>32</b>
<b>5 MATERIÁL A METODY</b> .....	<b>33</b>
5.1 VÝROBA MODELOVÝCH VZORKŮ JOGURTU .....	33
Materiál a pomůcky.....	33
5.2 ZÁKLADNÍ CHEMICKÁ ANALÝZA .....	34
5.2.1 Měření pH .....	34
5.2.2 Stanovení obsahu sušiny .....	34
5.2.3 Stanovení titrační kyselosti .....	35
5.3 STANOVENÍ PH V PRŮBĚHU INKUBACE.....	35
5.4 STANOVENÍ TEXTURNÍCH VLASTNOSTÍ .....	35
<b>6 VÝSLEDKY A DISKUZE</b> .....	<b>36</b>
6.1 ZÁKLADNÍ CHEMICKÁ ANALÝZA .....	36
6.1.1 Stanovení pH.....	36
6.1.2 Stanovení titrační kyselosti .....	37
6.1.3 Stanovení obsahu sušiny .....	38
6.2 STANOVENÍ PH V PRŮBĚHU FERMENTACE .....	38
6.3 STANOVENÍ TEXTURNÍCH VLASTNOSTÍ .....	41
6.3.1 Stanovení tvrdosti.....	41
6.3.2 Stanovení lepivosti modelových vzorků jogurtu.....	43
6.4 SOUHRNNÁ DISKUZE .....	44
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>47</b>

<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>48</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>51</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>52</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>53</b>

## ÚVOD

Jogurty se vyrábí z mléka o různém obsahu tuku a sušiny, které bylo zkvašeno pomocí vybraných bakterií mléčného kvašení. Fermentací mléka dochází biologickou konzervací k prodloužení trvanlivosti, kdy se přeměňuje část laktózy na kyselinu mléčnou. Kyselina mléčná zvyšuje kyselost výrobku na hodnotu pH 3,8 - 4,6, což omezuje výskyt nežádoucím bakteriím a vytváří se typická bílkovinná gelová struktura. Použité bakterie musí být v životaschopném stavu, aktivní a stále přítomny v požadovaném množství do konce doby použitelnosti výrobku. Ve svém fermentativním metabolismu produkují látky a vytvářejí nepříznivé podmínky pro jiné skupiny bakterií. Konzervační účinky bakterií jsou zapříčiněny zejména tvorbou kyseliny mléčné a dalších látek. Za aerobních podmínek může vznikat při oxidační disimilaci oxid uhličitý a kyselina octová. Dalším meziproduktem s mikrobicidním účinkem je peroxid vodíku ( $H_2O_2$ ) a kyselina benzoová, která vzniká z kyseliny hippurové. [2,4,5,9,11]

Během výroby jogurtu existuje mnoho faktorů, které ovlivňují vlastnosti konečného výrobku, jeden z hlavních je standardizace mléka. Obsah sušiny se může zvýšit vakuovým odpařováním nebo přidavkem sušených mléčných složek. Přidavkem sušených mléčných komponentů se zvyšuje nutriční hodnota a dochází ke zlepšení sensorických vlastností, kdy se zvyšuje pevnost gelu a snižuje se uvolňování syrovátky. Ke zvýšení obsahu sušiny se používá kaseinát vápenatý, kaseinát sodný, sušená syrovátka, sušené odstředěné mléko nebo sušené podmásli. Sušené mléčné složky mají odlišné vlastnosti, které se projevují v konečném výrobku jogurtu. Cílem bakalářské práce bylo zjistit, jaký vliv mají jednotlivé sušené mléčné složky na konečný výrobek jogurtu. [26,27]

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 KYSANÉ MLÉČNÉ VÝROBKY

Fermentované mléčné výrobky se dělí podle použitých mikroorganismů, způsobu fermentace a technologických postupů výroby kysaných mléčných výrobků. Dle vyhlášky č.397/2016 o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, se kysané mléčné výrobky člení na skupiny jogurt, jogurtové mléko, acidofilní mléko, kefir, kefirové mléko, kysané mléko nebo smetanový zákys, kysaná nebo zakysaná smetana, zakysané podmásli a kysaný mléčný výrobek s bifido kulturou. Jogurty se dále člení na podskupiny jogurt bílý, smetanový, řecký a jogurt řeckého typu. [2,8,10]

Podle použitých mikroorganismů se kysané mléčné výrobky dělí na kysané mléčné výrobky s mezofilními kulturami, kysané mléčné výrobky s termofilními kulturami a kysané mléčné výrobky s kvasinkami a bakteriemi mléčného kvašení [5,8,10,11]

### 1.1 Výrobky s mezofilní kulturou

Mezofilní bakterie mléčného kvašení se využívají při výrobě kysaných mlék, kysané smetany a kysaného podmásli. Požadavek na množství mikroflóry v 1 g výrobku je  $10^6$  mikroorganismu. V mlékařství se nejčastěji používají mezofilní kultury bakterií, s výjimkou jogurtů. Při výrobě kysaného mléka se používá smetanová kultura, která je složena z kmenů *Lactococcus lactis*, *Lactococcus cremoris* i z kmenů *Leuconostoc lactis* a *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris* vytvářející aroma pomocí etanolu a acetátu. Někdy se také používají kmeny *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* var. *diacetylactis*. [2,8,9,10]

*Lactococcus lactis* subsp. *lactis* tvoří v mlékařských kulturách důležitou složku mikroflóry. Při teplotě 20-30°C vytváří až 0,5 % hmotnostních pravotočivé kyseliny mléčné a v nepatrném množství i kyselinu octovou. Tento druh bakterií je homofermentativní, tzn., že ze všech metabolitů vytváří minimálně 90 % kyseliny mléčné. Buňky mají oválný tvar o průměru 0,5 až 1,0  $\mu\text{m}$ , vyskytují se v párech nebo se seskupují do krátkých řetízků. [5,12]

*Lactococcus lastis* subsp. *cremoris* má nižší optimální teplotu růstu oproti *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*. Svými vlastnostmi je velmi podobný *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*. Morfologicky se liší velikostí buněk a tvorbou řetízků. Buňky jsou větší o průměru 0,6 až 1,0  $\mu\text{m}$  a seskupují se do větších řetízků. [5,12]

Další kmen používaný při výrobě kysaných mlék je *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* var. *diacetylactis*, který se svými vlastnostmi podobá *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, liší se větší tvorbou těkavých látek, které mají vliv na vůni produktů. Vytváří oxid uhličitý a kyselinu

octovou za přítomnosti fruktózy. Štěpí kyselinu citronovou, přičemž vzniká velké množství acetonu, které se přeměňuje za přítomnosti kyslíku na diacetyl. [5,12]

Rod bakterií *Leuconostoc* se také může nacházet v kysaném mléce, má buňky ve tvaru koků, uspořádané v párech nebo v řetízcích. Jsou fakultativně anaerobní, grampozitivní a nevytváří spory. V mlékařské technologii se *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum* používá jako složka smetanového zákysu na produkci diacetylu. Za přítomnosti kyseliny citronové a laktózy produkuje acetoin a diacetyl. Vytváří malé množství levotočivé kyseliny mléčné a větší množství těkavých látek, etanolu a dextranu. [5,12]

Mezofilní bakterie mají vysokou kysací a aromatvornou schopnost. Jedním z hlavních výrobků ze skupiny kysaných mléčných výrobků s mezofilními kmeny jsou kysané mléka. Na jejich výrobu nejsou bakteriální kmeny náročné na teplotu fermentace jako u jogurtových kultur. Při výrobě kysaných mlék se mléko homogenizuje a tepelně upravuje vysokou pasterací, při teplotě 85°C po dobu několika sekund. Fermentace probíhá při teplotě 18 – 21°C v kysacích tancích, poté dochází k promíchání a plnění do spotřebitelských obalů nebo se používá kysání přímo ve spotřebitelských obalech. Z hlediska jakosti je vhodnější fermentace ve spotřebitelských obalech, protože gelová struktura jogurtu není narušena mechanickými pohyby, syrovátka se méně uvolňuje z bílkovinné sítě a jogurtový gel je pevnější. Kysané mléko musí obsahovat minimálně 0,5 % hmotnostních tuku a nejméně 8,0 % hmotnostních tukuprosté sušiny. Mezofilní kmeny produkují vysoké množství aromatických látek a oxidu uhličitého.

Dalším mléčným produktem vyrábějící se za přítomnosti mezofilních bakterií je kysaná smetana, obsahuje nejméně 10,0 % hmotnostních tuku, je jemnější a mírně nakyslá. Viskozita kysaných smetan je velmi vysoká na rozdíl od kysaných mlék, proto se fermentace provádí přímo ve spotřebitelských obalech. Smetanové kultury pro fermentaci kysaných smetan se musí používat jen ty, které neprodukují vysoké množství oxidu uhličitého. Oxid uhličitý ve viskózní sraženině hůře uniká a to může vést k tvorbě bublinek v koagulátu. [2,10]

Zakysané podmásí se vyrábí z vedlejšího produktu při výrobě másla ze sladké nebo zakysané smetany. Obsah tuku v podmásí je asi 0,5 % hmotnostních včetně zvýšeného podílu fosfolipidů z obalů tukových kuliček. V přítomnosti většího množství fosfolipidů, dochází k vyšší oxidaci a kažení podmásí. Trvanlivost podmásí se zvyšuje fermentací a zároveň se zlepšuje chuť a nutriční hodnota produktu. Podmásí před fermentací se tepelně ošetří při teplotě 90-95 °C po dobu 5 minut, po té se zchladí na 18 – 22 °C a fermentuje ve zracím

tanku na titrační kyselost  $35 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ . Při fermentaci podmáslí se používá aromatická mezofilní kultura s vyšší produkcí oxidu uhličitého. Kysané podmáslí obsahuje nejvíce 1,5 % hmot. tuku a 7 % hmot. tukuprosté sušiny. [2,8,10]

## 1.2 Výrobky s termofilní kulturou

Do skupiny kysaných mléčných výrobků s termofilními kulturami se začleňují acidofilní mléka, jogurty a jogurtová mléka. Acidofilní mléko má velké dietetické a léčebné účinky, které jsou zapříčiněny zejména *Lactobacillus acidophilus* a dalšími termofilními kmeny, případně mezofilními kulturami bakterií mléčného kvašení. *Lactobacillus acidophilus* se používá při výrobě acidofilního mléka, acidofilní smetany nebo jogurtu. Má velký význam ve zdravotnictví, využívá se k výrobě probiotik. Vyskytuje se v zažívacím traktu dospělých lidí a zvířat. Metabolizuje z laktózy kyselinu mléčnou a malé množství těkavých látek, které dodávají v mléčných výrobcích typické aroma. Buňky této kultury jsou grampozitivní krátké tyčinky a jejich optimální teplota růstu je  $37 \text{ }^\circ\text{C}$ . Dle vyhlášky č 397/2016 o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje je minimální mikrobiologický požadavek v 1 g výrobku acidofilního mléka  $10^6$  mikroorganismu *Lactobacillus acidophilus*. [8] Při kysání acidofilního mléka se acidofilní a smetanová kultura připravuje odděleně. Mléko se očkuje zvláště acidofilní kulturou a odděleně v čistém mléce smetanovou kulturou, poté se prokysaná mléka promíchají v poměru 1:9. Obsah tuku v plnotučném acidofilním mléce je 3,6 % hmotnostních a nejméně 8 % hmot. tukuprosté sušiny. Titrační kyselost acidofilního mléka je asi  $87\text{-}125 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ . [8,9,10,12]

Nejrozšířenějšími kysanými mléčnými výrobky s termofilními bakteriemi mléčného kvašení jsou jogurty. Dle vyhlášky č 397/2016 o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje je minimální mikrobiologický požadavek v 1 g výrobku jogurtu včetně jogurtového mléka  $10^7$  protosymbiotické směsi *Streptococcus salivarius* subsp. *termophilus* a *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. [8] Přeměňují rychleji laktózu na kyselinu mléčnou, vytváří se aromatické látky, zejména acetaldehyd v množství 20 až  $30 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . *Lactobacillus bulgaricus* uvolňuje aminokyseliny z mléčných bílkovin a *Streptococcus termophilus* dodává oxid uhličitý. [2,8,9,10] Buňky *Streptococcus termophilus* mají oválný tvar nebo se také vyskytují ve formě koků o průměru  $0,7 - 0,9 \text{ }\mu\text{m}$ , jsou seskupené do párů, krátkých nebo delších řetízků. Netvoří spory, jsou grampozitivní a fakultativně anaerobní. Rod *Lactobacillus* zahrnuje fakultativně anaerobní nepohyblivé tyčinkovité bak-

terie mléčného kvašení. Jejich hlavním metabolitem při fermentaci sacharidů je zejména kyselina mléčná, kyselina octová, kyselina mravenčí, etanol a oxid uhličitý. Optimální teplota růstu těchto bakterií je 40 až 45 °C, kdy dochází při pH 5,3 ke srážení mléka v celé hmotě a vzniká porcelánovitý koagulát. [5,12] Jogurtové výrobky můžeme dělit na neochucené jogurty a ochucené jogurty. Ochucené jogurty obsahují různé nemléčné složky, např. ovoce, zeleninu, koření, cereálie, kakao, kávu, čokoládu atd., dále se mohou vyskytovat různé aroma, barviva a přísady zlepšující konzistenci. Bílý neochucený jogurt nesmí obsahovat žádné přídavné ochucující složky. Jogurt bílý obsahuje nejméně 3,0 % hmotnostních tuku a nejméně 8,2 % hmot. tukuprosté sušiny. Smetanový bílý jogurt obsahuje minimálně 10 % hmot. tuku. [2,8]

### 1.3 Kysané mléčné výrobky s kvasinkami a bakteriemi mléčného kvašení

Poslední skupinou s klasifikací kysaných mléčných výrobků z hlediska použitých mikroorganismů jsou kysané mléčné výrobky s kvasinkami a bakteriemi mléčného kvašení. Nejznámějšími výrobky z této skupiny jsou kefir a kumys, vyrábí se z mléka různých živočichů, např. z ovčího, koziho, kobyliho a kravského mléka. Nejčastěji se kefir nebo kefírové mléko vyrábí ze zákysových kultur získaných z kefírových zrn. Kefírová zrna obsahují polysacharidy a biomasu bakterií a kvasinek nebo mohou být uměle vytvořeny. Kefírová zrna nebo kefírové kultury na výrobu kefiru se skládají z kvasinek zkvašující laktózu *Kluyveromyces marxianus* i nezkvašující laktózu *Sacharomyces unisporus*, *Sacharomyces cerevisiae*, *Sacharomyces exiguus* a dále z bakterií *Leuconostoc*, *Lactococcus* a *Aerobacter*, rostoucí v symbióze. Vytváří v malém množství alkohol, přestože jsou na alkohol citliví. Na výrobu kefiru se dále používají kmeny *Kluyveromyces fragilis*, *Candida kefir* a *Torulopsis lactis* var. *condensi*. Tvar buňky kvasinek je oválný až protáhlý seskupující se do řetízků. Optimální teplota pro růst je 30 °C. Dochází k různým biochemickým pochodům, vytváří se typické aroma, které je způsobeno kyselinou mléčnou, diacetylem, acetaldehydem, etanolem a acetonem. Vzniklý oxid uhličitý při biochemických pochodech dodává šumivý charakter výrobku. Množství mléčného a etanolového kvašení je ovlivněno vlastnostmi kmenů a podmínkami kultivace. Bakteriím více vyhovuje vyšší teplota při kultivaci, naopak kvasinky se lépe rozmnožují při nižší teplotě. [2,5,8]



## 1.4 Výrobky s probiotickou kulturou

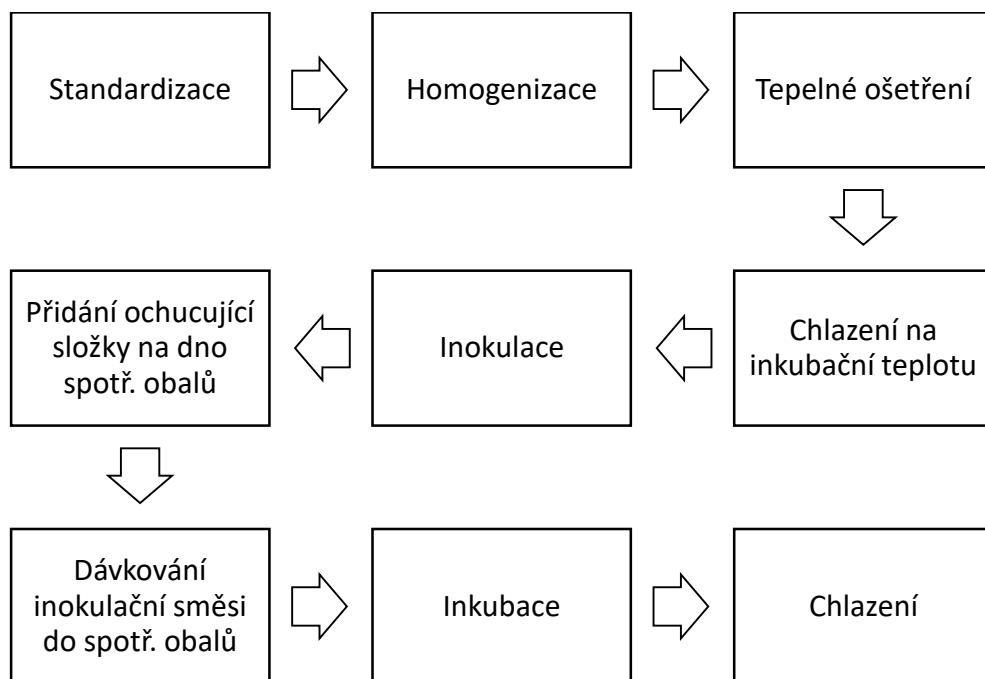
Probiotika jsou živé mikroorganismy, které se nacházejí jako přirozená složka v potravině a v přiměřeném množství pozitivně působí na lidský organismus. Nejčastěji se používají k výrobě probiotik bakterie mléčného kvašení a bifidobakterie, také se mohou vyskytovat probiotika jiných rodů bakterií a kvasinek. Dle vyhlášky č. 397/2016 o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje je minimální mikrobiologický požadavek v 1 g mléčného kysaného výrobku s bifidokulturou  $10^6$  živých buněk *Bifidobacterium* sp. v kombinaci s mezofilními a termofilními bakteriemi mléčného kvašení. [8] Nejvýznamnějším přenašečem probiotických bakterií do zažívacího traktu jsou fermentovaná mléka a jogurty, ale mohou se používat i jiné produkty jako jsou např. syrovátkové nápoje, sýry, tvarohy, ovocné šťávy, cukrovinky, kapsle, tabletové preparáty nebo také prášky obsahující lyofilizované bakterie. Nejpoužívanější kmeny bakterií pro výrobu probiotik patří *Lactobacillus* nebo *Bifidobacterium*. Dále se také mohou využívat rody *Escherichia*, *Enterococcus*, *Bacillus* a *Streptococcus* a některé kvasinky *Saccharomyces*. Při výrobě probiotických produktů jsou mikroorganismy zvoleny tak, aby pozitivně působily na organismus člověka a zároveň nevytvářeli negativní účinky na konečné vlastnosti produktu. Minimální množství bakterií pro přínos ke zdraví je 5 miliard jednotek tvořících kolonie denně. Jogurt, ve kterém jsou přítomné životaschopné bakterie (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* a *Streptococcus thermophilus*) napomáhá trávení laktózy a redukuje symptomy intolerance na laktózu. V probiotikách by se měly využívat mikroorganismy, které mají odolnost vůči žluči, kyselině chlorovodíkové a pankreatu. Probiotika jsou antikarcinogenní a stimulují imunitní systém, produkují kyselinu mléčnou, která jim umožňuje přežít v kyselém prostředí žaludku a v alkalickém prostředí v duodenu. [2,7,13,18]

Prebiotikum slouží jako výživa bakterií, která stimuluje růst a aktivitu v tlustém střevě a tím zlepšuje zdraví hostitele. Jsou to uhlohydráty, které se nestráví v horním gastrointestinálním traktu. Dochází ke změně bakteriálního složení střev a substrátu bakterií ve střevech. Probiotika a prebiotika symbioticky podporují růst mikroflóry v gastrointestinálním traktu hostitele. [13]

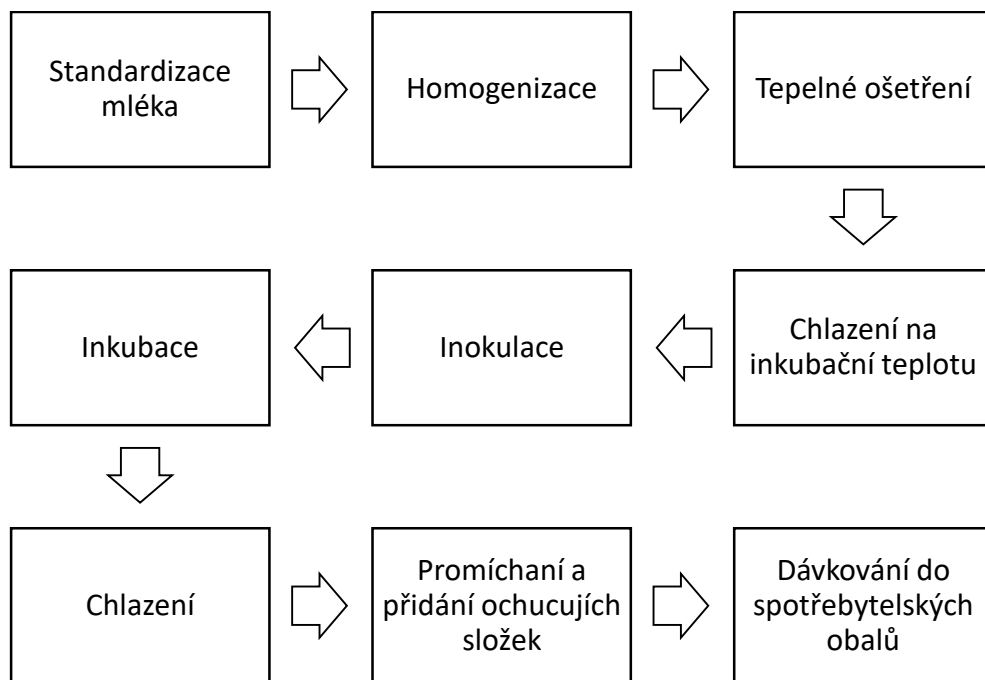
## 2 ODLIŠNÉ PRINCIPY VÝROBY JOGURTŮ

### 2.1 Výroba jogurtu s rozmíchaným a nerozmíchaným koagulátem

Jogurty se podle způsobu výroby rozdělují na jogurty s nerozmíchaným koagulátem (*Set Yoghurts*), jogurty s rozmíchaným koagulátem (*Stirred Yoghurts*) a jogurtové mléko (*Drink Yoghurts*). Jogurty s nerozmíchaným koagulátem se fermentují přímo ve spotřebitelských obalech (postup výroby znázorňuje obr. 1), na rozdíl jogurty s rozmíchaným koagulátem se fermentují v tanku a poté se koagulát rozmíchá a plní do spotřebitelských obalů (postup výroby znázorňuje obr. 2). Jogurtové mléko se vyrábí podobně jako jogurt s rozmíchaným koagulátem, po vychlazení na 18-20°C se přidávají ochucující složky a dochází k ošetření koagulátu k prodloužení trvanlivosti. Trvanlivost jogurtových mlék se prodlužuje homogenizací a chlazením, nebo se mohou upravit pasterací a UHT ošetřením. Výrobky tepelně ošetřené po prokysání se dle vyhlášky č. 397/2016 Sb. neoznačují jako kysané mléčné výrobky. [2,8]



Obrázek 1. Výroba jogurtu s nerozmíchaným koagulátem



Obrázek 2. Výroba jogurtu s rozmíchaným koagulátem

Za účelem splnění stávajících nebo navržených norem pro složení jogurtu je nutné standardizovat mléko. Existují různé metody pro standardizaci, odstraněním části obsahu tuku z mléka, mícháním plnotučného mléka s odstředěným mlékem nebo přidáním sušených mléčných složek nebo stabilizátorů k plnotučnému mléku nebo odstředěnému mléku. Při standardizaci sušenými mléčnými komponenty se nejčastěji používá, sušené mléko, sušená syrovátka, sušené podmásli a kaseináty. [14]

Odpařováním mléka se tradičně zvyšoval obsah sušiny. Redukuje se objem mléka na dvě třetiny původního objemu a tím se zvyšuje i koncentrace sušiny v mléce na přibližně 19-20g/100g. Působením vysoké teploty dochází k fyzikálně chemickým změnám, proto se už v dnešní době zvyšování sušiny odpařováním moc nepoužívá. Vakuové odpařování se stále používá v průmyslovém odvětví do určité míry. Základem tohoto procesu je desková odparka, která lze snadno zabudovat do výrobní linky. Proces odpařování se provádí před konečným tepelným zpracováním mléka. V praxi musí být nejprve jogurtové mléko standardizováno, například obsah tuku, protože odpařování koncentruje všechny mléčné složky s výjimkou malých ztrát těkavých sloučenin v koncentráte. Množství vody odebrané z mléka se pohybuje od 10 do 25 %. [14,23,28]

Po standardizaci mléka je důležité mléko homogenizovat. Dochází k vysokorychlostnímu míchání nebo k homogenizaci, kdy mléko prochází malým otvorem při tlaku 15-20 MPa.

Během homogenizačního procesu se roztříští tukové kuličky na menší části, čímž se zabrání samovolnému vyvstávání tuku na povrchu mléka.[1,23] Další úpravou následuje tepelné ošetření mléka. Při výrobě jogurtu se mléko zahřívá na teplotu vyšší než 70°C. Tepelné zpracování jogurtového mléka při 85-95°C je dostačující k usmrcení většiny vegetativních buněk mikroorganismů spojených se syrovým mlékem, ale spory a některé tepelně stabilní enzymy zůstávají. Tato tepelná úprava zajišťuje, že zahřáté mléko bude poskytovat dobré kultivační médium pro jogurtovou výchozí kulturu. Po tepelné úpravě se mléko ochladí na inkubační teplotu výchozí kultury (*S. thermophilus* a *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*), fermentující se při teplotě 40 až 45°C, což je optimální teplota pro metodu s kratší inkubační dobou. Může být použita i metoda s delší inkubační dobou, inkubační podmínky teploty jsou 30°C po dobu 16-18 hodin nebo do dosažení požadované kyselosti. [1,24,25,28]

Zatímco chlazené mléko je čerpáno do fermentačních nádrží, startovací kultura se dává přímo do mléka, pokud je použita víceúčelová nádrž. Startovací kultura se přidává buď ručně, nebo je-li objem nádrže velký, je požadované množství startéru čerpáno do zásobníku. Hlavní fáze fermentace může probíhat buď v maloobchodním kontejneru, nebo je mléko inkubováno ve velkém množství pro výrobu jogurtu s rozmíchaným koagulátem. Během fermentace dochází z hlediska kvality ke stejné tvorbě gelu jogurtu, reologické změny vznikají až při dalším zpracování. Jogurty s nerozmíchaným koagulátem mají gel neporušený na rozdíl od jogurtu s rozmíchaným koagulátem. Dochází k rozbití gelové struktury, čímž je zapříčiněno uvolňování většího množství syrovátky a snížení celkové pevnosti gelové struktury.[1,28,29]

Výroba jogurtu je biologický proces a chlazení je jednou z nejnámějších metod používaných k řízení metabolické aktivity počáteční kultury a jejích enzymů. Chlazení koagulátu začíná okamžitě poté, co produkt dosáhne požadované kyselosti v závislosti na typu vyrobeného jogurtu, použitím způsobu chlazení a účinnosti přenosu tepla. Protože jogurtové kultury vykazují omezenou růstovou aktivitu kolem 10 ° C, je nejdůležitější rychle snížit teplotu koagulátu z 30-45 ° C na teplotu menší než 10 ° C (nejlépe kolem 5 ° C), aby se kontrolovala konečná kyselost produktu. Proces ochlazování jogurtu může být prováděn s použitím jednofázového nebo dvoufázového chlazení. Dvoufázové chlazení se využívá nejčastěji u typu jogurtu s nerozmíchaným koagulátem, kdy se ochucující složka přidá před fermentací na dno spotřebitelského obalu a poté se přidá zaočkovaná směs. Po fermentaci se mléko chladí nejprve z 30-45°C na 20°C a na konečnou teplotu se jogurt chladí při skladování na 5°C. Použitím dvoufázového chlazení je koagulát více pevnější a chuť jogurtu je kyselejší.

Jednofázové chlazení se využívá při výrobě jogurtu s rozmíchaným koagulátem, kdy se koagulát před přidáním ochucujících složek a balením ochlazuje přímo z inkubační teploty na teplotu nižší než 10°C a poté se přidají ochucující složky. Dvoufázové chlazení u typu s rozmíchaným koagulátem se po prvním stupni chlazení na teplotu 20°C přidávají ochucující složky a druhá fáze chlazení probíhá v chladícím skladu, kde se teplota snižuje na teplotu 5°C. Konečné ochlazení jogurtu se tedy uskutečňuje v maloobchodním kontejneru, kdy se viskozita jogurtu zlepšuje po 1 až 2 dni skladování. [1,23,25,28]

Na ochucení jogurtu lze použít čerstvé ovoce, ale vzhledem k sezónní dostupnosti těchto materiálů a jejich proměnlivé jakosti, je jejich použití v průmyslu velmi omezené. Zpracované ovoce je proto více využíváno. Přípravky na výrobu jogurtu se skládají z ovoce, cukru, stabilizátorů, příchutí, barviv a potravinářských kyselin nebo regulátorů kyselosti. Tepelné ošetření ovocných přípravků může vést ke snížení jejich intenzity chuti a ke ztrátě barvy, a proto se často přidávají aromatické látky a barviva k vyrovnání těchto ztrát. [1,26,30]

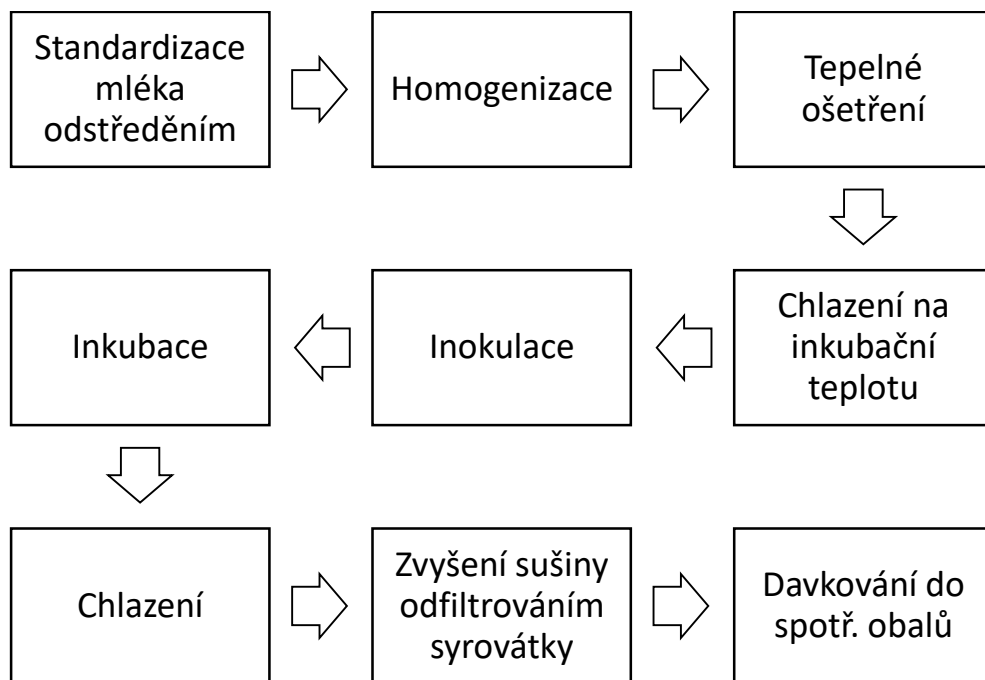
## 2.2 Výroba řeckého jogurtu a jogurtu řeckého typu

Řecký jogurt je jedním z nejoblíbenějších produktů v kategorii všech jogurtů a získal obrovskou popularitu v důsledku vyšších nutričních hodnot ve srovnání s tradičním jogurtem. Řecký jogurt je definován jako pevný jogurt, kdy se po fermentaci odděluje vzniklá sraženina od syrovátky. Tímto procesem vzniká velké množství syrovátky jako vedlejší produkt, které se příliš nevyužívá k dalšímu zpracování. [14]

Dle vyhlášky č.397/2016 o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, se „řecký jogurt“ označuje jogurt, u kterého byl zvýšen obsah sušiny odebráním syrovátky, a který obsahuje nejméně 5,6 % mléčných bílkovin, které nebyly do výrobku přidány v koncentrované formě. [8]

Mléko na přípravu řeckého jogurtu se nejprve standardizuje odstředěním mléka na požadovanou tučnost, bez přídavku sušených složek zvyšující sušinu. Po standardizaci se mléko homogenizuje a pasteruje jako při standardní výrobě jogurtu. Mléko se po tepelné úpravě zchladí na inkubační teplotu cca 45°C a poté se mléko inokuluje jogurtovou kulturou. Připravená směs se fermentuje do izoelektrického bodu, do pH 4,6 po dobu 4 až 6 hodin. Po dosažení požadované kyselosti je potřeba jogurt zchladit na teplotu asi 4 °C. Při této teplotě se odděluje pevná část od kapalné syrovátky. Při výrobě řeckého jogurtu se používá několik filtračních procesů. Tradiční filtrační metodou je použití textilního vaku, přes který dochází

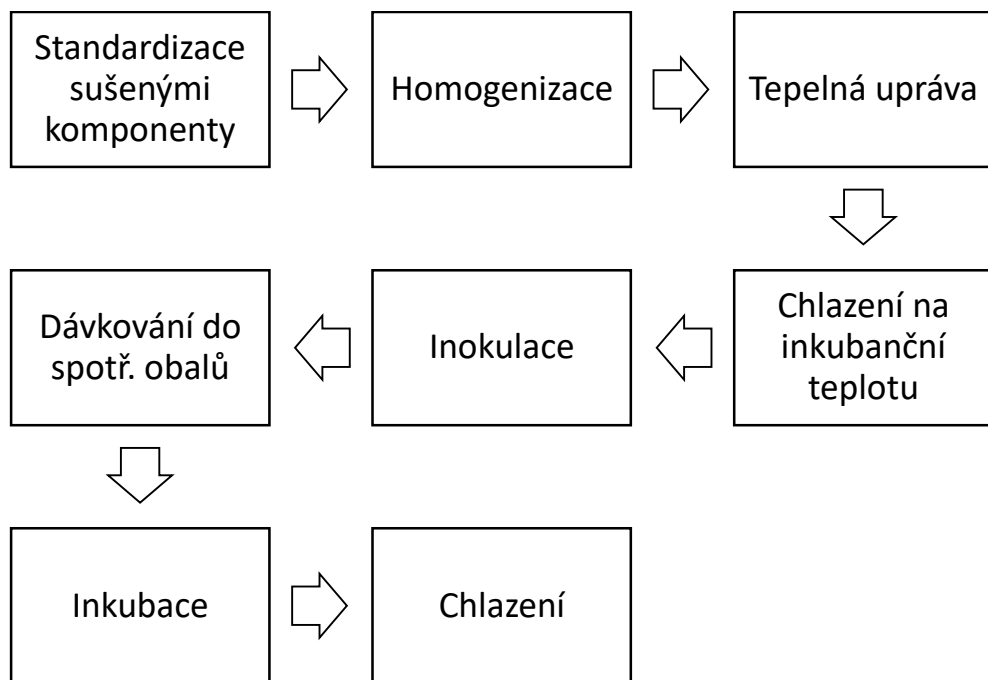
k odfiltrování tekuté syrovátky od pevné části řeckého jogurtu. Modernějším způsobem filtrace je ultrafiltrace, centrifugace a reverzní osmóza. Nejvíce používaná metoda je ultrafiltrace, dochází k zakoncentrování vysokého množství bílkovin a vzniká více gelovitá struktura jogurtu ve srovnání s ostatními metodami při oddělování syrovátky. Postup výroby je znázorněn na obr. 3.[15]



Obrázek 3. Postup výroby řeckého jogurtu

Dle vyhlášky č.397/2016 o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, se „jogurt řeckého typu“ značí jogurt, který obsahuje nejméně 5,6 % bílkovin, čehož bylo dosaženo přidáním koncentrovaných mléčných složek před zahájením kysacího procesu. [8]

Sušené mléčné složky se přidávají do jogurtu řeckého typu k obohacení obsahu bílkovin v mléce před fermentací. Zvyšují viskozitu, sílu gelu a snižuje se synereze jogurtu. Jogurt řeckého typu může být obohacen sušeným odstředěným mlékem, sušenou syrovátkou, sušeným podmáslím a kaseinátem sodným. Mléko po standardizaci se homogenizuje a následně se tepelně ošetří. Po tepelném ošetření se standardizované mléko ochladí na inkubační teplotu a inokuluje se bakteriální kulturou. Připravená směs mléka se dávkuje do spotřebitelských obalů a inkubuje se při stejných podmínkách jako řecký jogurt. Postup výroby jogurtu řeckého typu je znázorněn na obr. 4.



Obrázek 4. Postup výroby jogurtu řeckého typu

### 3 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ VLASTNOSTI JOGURTŮ

Existuje několik faktorů, které ovlivňují vlastnosti jogurtu. Změny mohou být způsobené typem mléka, mikrobiologickou kvalitou a technologií, která se používá při výrobě jogurtu. Faktory ovlivňující vlastnosti jogurtu při technologické výrobě je teplota, doba tepelného ošetření, standardizace sušenými mléčnými komponenty, typ a množení aktivní startérové kultury. Gelová síť jogurtu a jeho aroma je spojena s tvorbou, seskupením proteinových vazeb a bílkovinnými interakcemi s jinými sloučeninami spojené vratnými i nevratnými vazbami. Teplota inkubace při fermentaci ovlivňuje titrační kyselost, viskozitu, gelovou strukturu a mikrostrukturní vlastnosti jogurtu. Do jogurtu se mohou přidávat stabilizátory, které mají velký vliv na změnu organoleptických vlastností jogurtu. [19,20]

#### 3.1 Chemické složení mléka ovlivňující vlastnosti jogurtu

Při výrobě jogurtů se využívají mléka různých druhů savců s odlišným chemickým složením mléka, které mají vliv na kvalitu jogurtu. Mléka s vysokým obsahem tuku (ovčí, buvolí a sobí mléko) vytváří bohatou smetanovou chuť ve srovnání s jogurtem vyrobeného z mléka s nízkým obsahem tuku nebo s odstředěným mlékem. Laktóza dodává energii startérovým bakteriím. Bílkoviny jsou důležité pro tvorbu koagulátu, čím je vyšší obsah bílkovin, tím je jogurt viskóznější. Chuť jogurtu je ovlivněna biochemickými reakcemi mikroorganismů, ale hlavně se liší použitím mléka odlišného zvířete. [1]

Jogurty z kozího mléka ve srovnání s kravským mlékem mají tekutější konzistenci a slabou strukturu, jsou závislé na sezónních změnách mléčného složení. Byly použity různé metody ke zlepšení vlastností textury fermentovaných kozích mléčných výrobků, jako je například přidání sušeného odstředěného mléka, syrovátkového proteinového koncentráту, polymerovaného syrovátkového proteinu nebo mikrobiální transglutaminázy. Celkové texturní vlastnosti jogurtů z kozího mléka, jako je pevnost, konzistence, soudržnost a index viskozity, jsou velmi nízké oproti kravskému mléku. [17] Odlišné druhy mlék způsobují specifickou chuť jogurtu, která je ovlivněna přítomnými látkami v mléce, tvořící se během fermentace. Jogurty připravené z kozího mléka mají vyšší množství acetaldehydu a diacetylu než jogurty z kravského mléka. Během doby skladování se obsah acetaldehydu v jogurtu snižuje. Během 9 dnů skladování, mají jogurty vyrobené z kozího mléka vyšší koncentraci glycinu oproti jogurtu z kravského mléka, ale obsah acetaldehydu se v kozím mléce snižuje, což je způsobeno inhibicí treoninové aldózy glycinem. Mléko buvolí a ovčí se může také použít pro výrobu jogurtu. Jogurt s vyšším obsahem tuku má nejlepší chuť a strukturu. Specifická chuť



jogurtu je způsobena významnými těkavými látky, jako je např. kyselina octová, acetaldehyd, aceton, diacetyl, 2-butanon, 3-hydroxy-2-butanon a 3-metyl-2-butanon. Pro získání nejlepší chuti, je možná kombinace různých druhů mlék. [22]

Kravske mléko je po celém světě široce dostupné, proto se tento druh mléka nejčastěji používá k výrobě jogurtu. I když se používá stejný druh mléka, existují velké rozdíly v chemickém složení mléka. Hlavní složky mléka tvoří: voda, tuky, bílkoviny, laktóza a minerální látky. Chemické složení mléka je ovlivněno stupněm laktace, věkem dojnice, intervaly dojení, ročním obdobím, teplotou prostředí, plemeny krav, výživou, hormony a onemocněním vemen. [1] Při výrobě kysaných mléčných výrobků je nutné použít vysoce kvalitní mléko, které neovlivňuje schopnost správného růstu použitých mikroorganismů. Tato vlastnost mléka se označuje jako tzv. kysací aktivita mléka. Při použití nevhodného krmiva dojnice může dojít k porušení kysací aktivity mléka. Další příčiny, vedoucí ke zhoršení kysací aktivity mléka, jsou způsobeny onemocněním dojnic, např. záněty mléčné žlázy a metabolickým onemocněním. U výskytu těchto onemocnění se používají léčiva, dostávající se do mléka přirozenou cestou. Kysací aktivita je také ovlivněna rezidui čistících a dezinfekčních prostředků, které se dostávají do mléka nedokonalým opláchnutím při čistění vemen a dojícího zařízení. [3]

Důležitým faktorem ovlivňující vlastnost jogurtu je přítomnost psychrotrofních mikroorganismů, proto je důležité k výrobě kysaných mléčných výrobků použít mléka s nízkým obsahem psychrotrofních organismů. Psychrotrofní mikroorganismy mohou ještě před pasteurací naprodukovat metabolity inhibující růst bakterií mléčného kvašení. Svými enzymy např. termorezistentní lipázy a proteázy, ovlivňují chuť, vůni a konzistenci jogurtu. [2]

Gelová struktura jogurtu je síť mléčných proteinů, kaseinů a syrovátkových bílkovin vytvořená během kyselého srážení. Tvorba gelu je ovlivněna změnami rovnováhy vápníku v mléce a výslednými hydrofobními interakcemi mezi mléčnými bílkovinami. Při výrobě jogurtu způsobuje tepelné ošetření mléka denaturaci proteinu  $\beta$ -laktoglobulinu a  $\alpha$ -laktalbuminu a dochází k následné interakci bílkovin pomocí disulfidové vazby za účelem tvorby komplexů syrovátkových bílkovin a kaseinů. Změny v systému vápníku v mléce jsou způsobeny oksygením, které vedou k procesu, při němž jsou začleněny další molekuly koloidního fosforečnanu vápenatého v micelách. Tyto změny způsobují ztrátu vnitřní tuhosti micelární kostry a následné seskupení micel tvorbou gelové sítě. Obsah vápníku v mléce a jeho distribuce v mléčném systému je velmi důležitý v procesu kyselého srážení. [21]

Odstranění koloidního vápníku dialýzou nebo snížením pH způsobuje změny struktury micel, zatímco přidávání vápenatých solí snižuje hydrataci kaseinových micel a zvyšuje micelární hustotu. Odstraněním vápníku iontovou výměnou snižuje  $\text{Ca}^{2+}$ , což snižuje celkový obsah vápníku v mléce a má vliv na micelární rozklad po odstranění více než 50% celkového množství vápníku. Nízké pH a přítomnost iontů vápníku zvyšují tepelnou denaturaci  $\beta$ -laktoglobulinu a jeho upřednostněné připojení k povrchu micel kaseinu při tepelném ošetření mléka. Hladkost rozmíchaných jogurtů je hlavním faktorem pro spotřebitele. Výskyt nerozdělitelných částic v jinak hladkém koagulu, známém jako uzlování nebo zrnitost, způsobuje nedostatek hladkosti míchaného jogurtu. Uzly jsou husté agregáty bílkovin s připojenými vápenatými solemi a tuky. Jelikož byl obsah vápníku v zimních měsících největší, byla i největší sezónní variace výskytu uzlů. Studie stanovila vápník jako faktor, který ovlivňuje fyzikální vlastnosti míchaného jogurtu. Jak přidávání, tak odstranění  $\text{Ca}^{2+}$  vedlo ke zvýšení rozsahu uzlování bez zlepšení pevnosti nebo viskozity. [21]

### 3.2 Faktory ovlivňující vlastnosti jogurtu při technologickém zpracování

Ošetření mléka, ošetření produktu, standardizace a uspořádání výrobní linky souvisí s jakostí jogurtu. Je ovlivněna konzistence, chuť, vůně i trvanlivost výrobku. Změny vlastností při standardizaci sušenými mléčnými komponenty jsou popsány v podkapitole 3.2.1. Obsah sušiny se zvyšuje i odpařováním, kdy dochází při vysoké teplotě k fyzikálněchemickým změnám jogurtu.

Při výrobě jogurtu se mohou do mléka přidávat také stabilizátory. Stabilizátory dodávají vytvarovanému gelu strukturu, zabraňují narušení částí jogurtové sítě a ovlivňují skladovací vlastnosti produktu, jako je pH, viskozita a titrační kyselost. Využívá se několik účinných stabilizátorů, mezi které patří pektin, škrob, inulin a xantanová guma. Koagulát jogurtu se často podrobuje mechanickému namáhání během výroby např. míchání koagulátu ve fermentační nádrži na konci inkubační doby nebo při chlazení v nádrži, čerpání koagulátu do deskového chladiče, míchání, aby se do koagulátu začlenily příchutě, následovalo čerpání do plnicího balicího stroje. Výsledkem je, že produkt může být méně viskózní nebo v extrémních případech může vykazovat vyvstávání syrovátky. Přidání stabilizátorů může tyto nedostatky překonat. Stabilizátory jsou někdy označovány jako hydrokoloidy a jejich možnost působení v jogurtu zahrnuje dvě základní funkce, vazbu vody a podporu zvyšování viskozity. [1,14]

Dalším faktorem ovlivňující kvalitu mléka je vysoká pasterace při teplotě 85-95°C. Hlavním cílem pasterace je odstranění patogenních a jiných nežádoucích mikroorganismů vyskytujících se v syrovém mléce. Během pasterace dochází k fyzikálně chemickým změnám vlastností mléčných složek, zejména bílkovin a nutričních složek mléka. Vysoké teploty způsobují inaktivaci půdních i bakteriálních enzymů, jen některé tepelně odolné enzymy zůstávají aktivní. Syrovátkové bílkoviny na rozdíl od kaseinových bílkovin denaturují při teplotě vyšší než 80°C. Vážou se ne  $\kappa$ -kasein a vytváří stabilnější micely. [1]

Ošetřením mléka homogenizací má vliv na vlastnosti konečného výrobku. Při aplikaci vysokého tlaku je jogurt dobrým médiem probiotických bakterií, zlepšuje strukturu a snižuje uvolňování syrovátky. Úprava mléka vysokým tlakem ovlivňuje vlastnosti jogurtu, působením tlaku při 100 až 300 MPa způsobuje menší změny chuti, ale při tlaku 400 až 1000 MPa dochází k větším změnám organoleptických vlastností jogurtu, a to zejména chuti a konzistenci. [2,22]

Počáteční kultura působí na technologické a organoleptické vlastnosti jogurtu. Bakterie mléčného kvašení mají významnou technologickou vlastnost, proteolytickou aktivitu, která je podstatná pro růst bakterií v mléce. Bakterie mléčného kvašení mají vlastní proteolytickou aktivitu složenou z komplexního systému proteináz a peptidáz, který dává možnost používat mléčný kasein jako zdroj aminokyselin a dusíku. Rod *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* má důležité proteolytické vlastnosti, které umožňují produkovat esenciální aminokyseliny. Díky nim jsou bakterie *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* a *S. thermophilus* schopné růstu v jogurtu vzhledem k jejich vzájemné symbióze. Vlastnosti těchto počátečních kultur byly sjednoceny s jeho vlivem na strukturu, chuť a rozvoj chuti během fermentace a skladování. Dochází ke změně textury jogurtu, zejména k degradaci proteinové sítě v době skladování. Vzniká také nová chuť, tvorbou peptidů a volných aminokyselin. Peptidy mohou vytvářet hořkou chuť a aminokyseliny vytváří sladkou, hořkou, nebo chuť umami. [20]

Dalším důležitým faktorem při výrobě jogurtu je teplota fermentace. Inkubační teplota může ovlivnit vlastnosti jogurtového gelu. Je-li typická fermentační teplota jogurtu 42°C a použije se nižší teplota (např. 40°C), gelování jogurtu probíhá delší dobu a vytváří se lepší organoleptické vlastnosti. Při nižší fermentační teplotě dochází ke snížení hydrofobních složek, což způsobuje tvorbu větších kaseinových částic, které vedou ke zvýšení kontaktu mezi částicemi. Vyšší teploty fermentace způsobují náchylnější gelovou síť k přeskupení během tvorby gelu a tyto změny mohou vést k většímu uvolnění syrovátky. Podobná situace nastává při ochlazení gelu. Použitím nižší fermentační teploty je výrobek pevnější a více viskózní,

gel je méně náchylný k synerezi hrubých zrnitých sraženin na koagulu během chlazení. Negativní vliv na nižší fermentační teploty může způsobit nižší tvorbu chuťových složek startovacími kulturami. [14]

Vady konzistence mohou být způsobeny i nepřetržitým mechanickým namáháním sraženiny, které je potřeba odstranit. Nešetrným mícháním koagulátu může vést k vadám konzistence jogurtu, kdy dochází k řidnutí koagulátu a vystáváním syrovátky na povrch výrobku. [2]

Během skladování v závislosti na čase a teplotě skladování se mění koncentrace aromatických sloučenin (acetaldehyd, etanol a diacetyl). Obsah acetaldehydu postupně klesá se zvyšující teplotou a množství diacetylu. Obsah etanolu se naopak zvyšuje se zvyšující teplotou. Dalším faktorem ovlivňující vlastnost jogurtu při skladování je obalový materiál. Jogurt s nízkým obsahem tuku, uložený ve skleněné nádobě neovlivňuje vlastnosti jogurtu, aroma zůstává téměř stejné. Z hlediska nejmenší ztráty aromatických sloučenin a minimální tvorby vad aroma je polystyren nejvíce vhodný materiál pro skladování jogurtu. [22]

### **3.2.1 Standardizace jogurtu sušenými mléčnými komponenty**

Sušené mléčné komponenty se do jogurtů přidávají z důvodu zvýšení pevnosti a viskozity gelu a snížení synereze. Tato metoda obohacením mléčných proteinů nemá stejný vliv na proteinové a minerální složení mléčné báze, liší se i délka fermentačního procesu, rozsah interakcí bílkovin a mikrostruktura vzniklé sraženiny. Jako sušené mléčné komponenty se nejčastěji používá sušené odstředěné mléko, sušená syrovátka, kaseináty a sušené podmásli. Jogurt je vytvořen z koncentrované disperze proteinových částic, agregátů a řetězců. Z různých částí systému je vytvořena struktura a představuje reologické, mikrostrukturální a senzorické vlastnosti. Jogurtová gelová síť se popisuje newtonovskými znaky, jako je smykové ztenčení, výnosové napětí a chování tixotropního toku. Dále se u jogurtu pozoruje mikrostruktura, fyzikální (kapacita zadržování vody a synereze) a senzorické vlastnosti (pevnost, hladkost nebo hrudkovitost), zrnitost a aroma. [1,26,27]

#### **3.2.1.1 Přídavek sušeného odstředěného mléka**

Přídavek sušeného odstředěného mléka je běžný proces při výrobě jogurtu. Míra přidávání sušeného odstředěného mléka se pohybuje od 1 % do 6 % hmot., ale doporučené množství je 3-4 % hmot. Nejvhodnější poměr sušeného odstředěného mléka jsou 2 % hmot. pro zlepšení textury. Přídavkem většího množství kolem 6 % hmot. vzniká písčitá chuť. Sušené

mléko nám zajišťuje zvýšení viskozity a pevnosti gelu, přidáním 1,2 % hmot. sušeného mléka se zvýšila viskozita o 22,43 % a přidáním 3% sušeného mléka viskozita vzrostla až o 70 %. Použitím sušeného odstředěného mléka není ovlivněna kyselost jogurtu a vývoj fermentace, navzdory neobvyklému nárůstu pufrační kapacity v blízkosti pH kolem 8,8 až 4,1. Zvýšení sušiny sušeným mlékem způsobuje velmi nízkou zrnitost. V jogurtu je důležitá zrnitost větší, protože v něm zadržuje syrovátku. Sušené odstředěné mléko způsobuje nepravidelné seskupení gelu spojené krátkými nestejnými vlákny, výrazné sloučení micel a póry různorodé velikosti. Jogurty obohacené sušeným odstředěným mlékem jsou bohaté na minerální látky (vápník, měď, zinek, draslík) a tyrosin, mají výraznou kyselou a svíravou chuť. Nadměrná kyselost konečného výrobku je způsobena vysokým obsahem laktózy, kdy může dojít ke snížení pH pod hodnotu 4, což podněcuje k většímu uvolňování syrovátky a poškození gelu. Obohacení jogurtu sušeným odstředěným mlékem není dostatečné ke konzistentním fyzikálním vlastnostem. [1,14,23,26,27]

### **3.2.1.2 Přídavek sušené syrovátky**

Syrovátka vzniká při výrobě sýru, kde se dále zpracovává ultrafiltrací nebo sušením pomocí rozprašování. Syrovátka se skládá z globulárních bílkovin a jako sušená se vytváří v několika typech, syrovátkové proteinové koncentráty (WPC), izoláty syrovátkových proteinů (WPI) a syrovátkové proteinové hydrolyzáty (WPH). Jejich vlastnosti ovlivňují úpravy před sušením, jako je demineralizace, odstranění laktózy, koncentrace syrovátkového proteinu nebo přímé sušení. Sušená syrovátka má vysoký obsah bílkovin a minerálních látek zejména vápníku a draslíku. Další pozitivní vlastností sušené syrovátky je emulgace, zadržování vody, pění, zahuštění a gelování. Syrovátkový protein vytváří viskoelastickou strukturu, čímž podporuje dlouhodobou stabilitu gelu. Doporučené množství sušené syrovátky do mléčných výrobků je 1 až 2 % hmot., použitím většího množství sušené syrovátky může vznikat nežádoucí příchut' a zrnitá struktura. Při fermentaci jogurtu se sušenou syrovátkou je pomalejší pokles pH oproti jogurtu s přídavkem sušeného mléka, což může být způsobené nižší koncentrací laktózy. Tepelným zpracováním připravené směsi k výrobě jogurtu s přídavkem sušené syrovátky dochází k zesílení gelové sítě, což způsobuje zvýšení viskozity jogurtu a zvýšení kapacity zadržování vody. Synereze se snižuje s klesajícím poměrem kaseinu k syrovátkové bílkovině, síť se stává pevnější a křížové vazby mezi kaseiny jsou hustší. Jogurty obsahující sušenou syrovátku mají lepší tokové vlastnosti a měkčí gelovou strukturu oproti jogurtu s přídavkem sušeným odstředěným mlékem. Jogurt je smetanový s nažloutlou bar-

vou, gel je měkký bez hrudek. Jogurty s přídavkem koncentráту syrovátkového proteinu vytváří kompaktnější proteinovou matici s více řetězci micel a agregáty. Tyto jogurty obohacené koncentrátem syrovátkového proteinu obsahují větší množství aldehydu, jejich chuť je kyselější a značně sladká s krémovou a syrovátkovou příchutí. [1,14,23,26,27]

### **3.2.1.3 Přídavek kaseinátu**

Kaseináty se získávají okyselením odstředěného mléka na pH 4,6, což vede ke srážení kaseinu a následné promývání vodou a jejich neutralizace. K výrobě jogurtu se nejvíce používá kaseinát sodný a kaseinát vápenatý. Kaseinát vápenatý má menší emulgační schopnosti, dochází ke změnám v jejich agregátech, proto se více používá kaseinát sodný. Kaseinát sodný zvyšuje obsah bílkovin, viskozitu a pevnost. Synereze u jogurtu s přídavkem kaseinátu je nižší oproti ostatním sušeným mléčným komponentům. Jogurty obohacené kaseinátem sodným mají hrubší strukturu s většími kaseinovými micelami a jejich shluky. Viskozita se zvyšuje během skladování, kdy dochází k přeuspořádání proteinu. Jogurty s kaseinátem vápenatým jsou hustší a jejich struktura je jemnější a kompaktnější. Při přídavku kaseinátu vápenatého v jogurtu vzniká značné množství acetaldehydu a výrazná svíravá chuť. Poměr přídavku kaseinátu ve srovnání se sušeným odstředěným mlékem je poměrně nízký. Svými vlastnostmi, kaseiny nebo kaseináty mají určité výhody, např. není zapotřebí koncentrování mléka, aby se zvýšil obsah bílkovin; je zachována původní chuť a struktura jogurtu; hydrofilní vlastnosti původních bílkovin se zvyšují a chovají se jako stabilizátory; zvyšují viskozitu gelu jogurtu a v průběhu skladování při nízkých teplotách se snižuje synereze. Přídavkem kaseinátu sodného se velice snižuje pufrační kapacita v blízkosti pH 5 během okyselení. Doba fermentace jogurtu je stejná jako u ostatních jogurtů s přídavkem sušených mléčných složek, to může být ovlivněno tím, že počet bakterií je stálý. Výrobky s kaseinátem sodným mají maximální mez kluzu a pevnost gelu. Bylo zjištěno, že jogurty s přídavkem kaseinátu sodného byly neúčinnějším sušeným mléčným komponentem pro zvýšení pevnosti gelu. Obsahují malé množství mědi, hořčíku, draslíku a železa, ale obsah vápníku, sodíku a zinku je vysoký. [1,14,23,26,27]

### **3.2.1.4 Přídavek sušeného podmásli**

Sušené podmásli je vedlejším produktem výroby másla. Podmásli má velkou hodnotu pro potravinářský a mlékárenský průmysl, protože vzhledem k přítomnosti vysokých hladin fosfolipidů má značné emulgační vlastnosti a jeho chemické složení je podobné sušenému od-

středěnému mléku. Použití čerstvého podmáslí koncentrovaného ultrafiltrací nebo nanofiltrací při výrobě jogurtů s nízkým obsahem tuku ovlivňuje konzistenci, chuť a vůni, nikoliv stabilitu gelu. [14,23]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**



## 4 CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce bylo popsat vliv vybraných sušených komponent a množství jejich přísady na průběh poklesu aktivní kyselosti během inkubace modelových vzorků a současně popsat vliv na texturní vlastnosti. Po dosažení vytyčených cílů byla potřeba:

- vyrobit modelové směsi jogurtů
- pozorovat změnu aktivní kyselosti v průběhu inkubace jogurtu
- ověřit základní chemické parametry
- změřit a porovnat texturní vlastnosti modelových jogurtů

## 5 MATERIÁL A METODY

### 5.1 Výroba modelových vzorků jogurtu

Byly vyrobeny šarže modelových jogurtů, které se lišili použitou složkou a jejím množstvím pro standardizaci obsahu sušiny modelových vzorků. Pro standardizaci bylo použito sušené mléko, sušená syrovátka a kaseinát sodný. Modelové šarže byly vyrobeny s obsahem sušiny 14 % a 15 % a jako kontrolní vzorek byl použit jogurt bez navýšení obsahu sušiny. Označení modelových vzorků během výroby a analýzy je znázorněno v tab. 1.

*Tabulka 1. Značení modelových vzorků jogurtu*

Surovinová skladba vytvořených vzorků	Označení vzorků
Kontrola bez přídavku suš. ml. komponent - 13 % sušiny	K_13
Sušené odstředěné mléko - 14 % sušiny	SM_14
Sušená syrovátka - 14 % sušiny	SYR_14
Kaseinát sodný - 14 % sušiny	KAS_14
Sušené odstředěné mléko - 15 % sušiny	SM_15
Sušená syrovátka - 15 % sušiny	SYR_15
Kaseinát sodný - 15 % sušiny	KAS_15

#### Materiál a pomůcky

- Plnotučné mléko OLMA 3,5 % tuku
- Laktoflora jogurtová lyofilizovaná (Milcom a.s., Česká republika)
- Sušené mléčné komponenty (sušené odstředěné mléko, sušená syrovátka, kaseinát sodný)
- Analytické váhy
- Inkubátor
- Varná deska s vodní lázní pro pasteraci
- Odměrné nádoby
- Vaničky a kelímky se zažehlovacími víčky
- Lodička, lžička, šlehací metla, kádinka, odměrný válec
- Výrobník ledu, kbelík na chlazení

#### Postup výroby

Byly vyrobeny modelové vzorky se třemi druhy sušených komponent, s 14% a 15% obsahem sušiny a kontrola bez přídavku sušeného komponentu. Prvním krokem výroby jogurtu je standardizace, kdy do 0,5 kg plnotučného mléka OLMA, byla přidána sušená mléčná složka dle surovinové skladby v tab. 2.

Tabulka 2. Surovinová skladba jogurtu

Sušený mléčný komponent	Sušina [%]	Hmotnost suš. ml. komp. [g/0,5 kg]
Bez přídavku suš. ml. komp.	13	0
Sušené odstředěné mléko	14	6,3
	15	12,5
Sušená syrovátka	14	6,3
	15	12,5
Kaseinát sodný	14	6,3
	15	12,5

Sušené mléčné složky byly naváženy na analytických vahách a kvantitativně převedeny do 0,5 kg plnotučného mléka v odměrné nádobě. Připravená směs se míchala šlehací metlou do rozpuštění sušené mléčné složky v mléce. Poté se standardizované mléko pasterizovalo na vodní lázni při teplotě 85 °C po dobu 2 minut. Zpasterizované mléko se vytemperovalo na inkubační teplotu 43°C a inokulovalo se jogurtovou kulturou Laktoflora (Milcom a.s., Česká republika). Po dokonalém rozpuštění kultury v mléce, se mléko dávkovalo do připravených obalů (vaničky, kelímky) a uzavřely se pomocí zažehlovacích hliníkových víček. Zabalená jogurtová směs byla fermentována v inkubátoru při teplotě 43°C po dobu 6 hodin. Během fermentace se nesmělo se směsí míchat, narušila by se gelová struktura a docházelo by k vyššímu uvolnění syrovátky. Po uplynutí doby inkubace se jogurt vytemperoval na chladírenskou teplotu 8 °C.

## 5.2 Základní chemická analýza

### 5.2.1 Měření pH

Vyrobené vzorky jogurtů byly měřeny pomocí pH metru (EUTECH INSTRUMENTS, Nizozemsko) v různých místech výrobku v šesti opakování.

### 5.2.2 Stanovení obsahu sušiny

Obsah sušiny vyrobeného jogurtu byla zjištěna podle normy ČSN EN ISO 5534. Pro každý vzorek byla provedena tři opakování. Do předem zvážené hliníkové váženky s mořským pískem a tyčinkou byly naváženy 3 g vzorku jogurtu. Vzorek byl rozmíchán s mořským pískem tyčinkou a sušen v sušárně (Venticell, Brněnská Medicinská Technika a. s., ČR) při teplotě 102 °C po dobu 5 hodin. Druhý den se vzorek po sušení zvažil a obsah sušiny se vypočítal pomocí vzorce:

$$\text{Obsah sušiny [\%]} = \frac{(m_3 - m_1)}{m_2} \cdot 100$$

$m_1$  – hmotnost hliníkové misky s pískem a s tyčinkou [g]

$m_2$  - hmotnost navážky [g]

$m_3$  – hmotnost hliníkové misky s pískem, s tyčinkou a se vzorkem po usušení [g]

### 5.2.3 Stanovení titrační kyselosti

Titrační kyselost se stanovovala pomocí automatického minititrátoru (HANNA INSTRUMENTS), která se udává ve °SH (Soxhlet-Henkela). Vyjadřuje množství v ml hydroxidu sodného o koncentraci 0,25 mol/l, potřebného k neutralizaci 100 ml vzorku kyselé reagujících látek na indikátor fenolftalein. Bylo naváženo 10 g vzorku jogurtu, který byl naředěn 50 ml destilované vody a poté byl vzorek automaticky titrován do ustálení hodnoty. Pro každý vzorek byly provedeny 3 opakování.

### 5.3 Stanovení pH v průběhu inkubace

Do inokulované směsi byl vložen pH metr (Multimetr EDGE, HI 2023-02, HANNA), který zaznamenával pH v průběhu inkubace a chlazení každých 5 minut.

### 5.4 Stanovení texturních vlastností

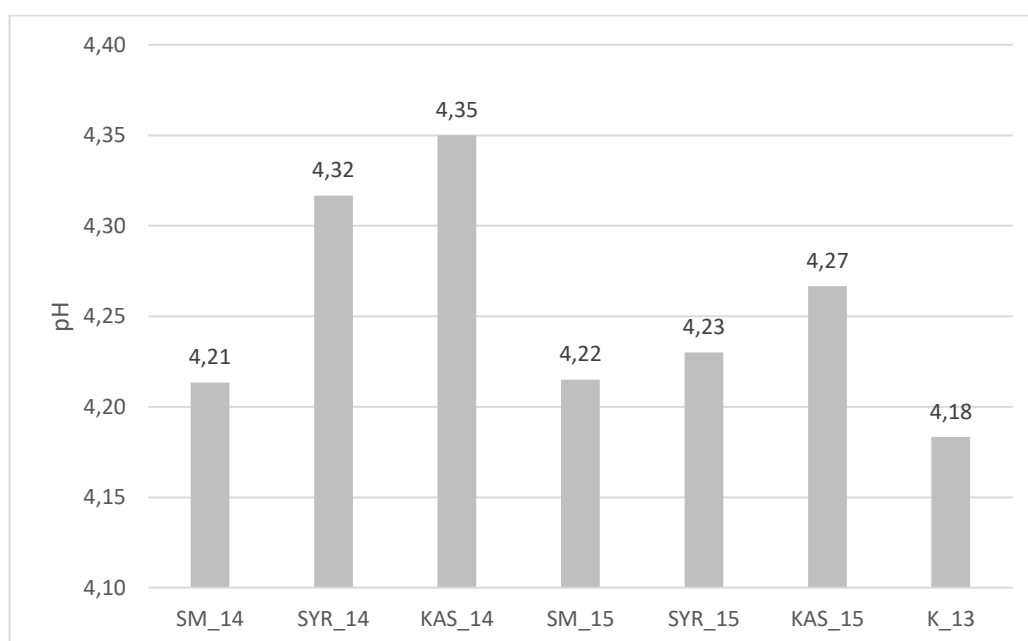
Pomocí přístroje TA.XT Plus (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Velká Británie) byla stanovena tvrdost v N a lepivost jogurtu. Byla použita sonda o průměru 36 mm u vzorků balených do vaniček a sonda o průměru 20 mm byla použita u vzorků balených do kelímku. Při použití sondy o průměru 36 mm byla rychlost stlačení 5mm/s. Sonda o průměru 20 mm se pohybovala rychlostí 2 mm/s.

## 6 VÝSLEDKY A DISKUZE

### 6.1 Základní chemická analýza

#### 6.1.1 Stanovení pH

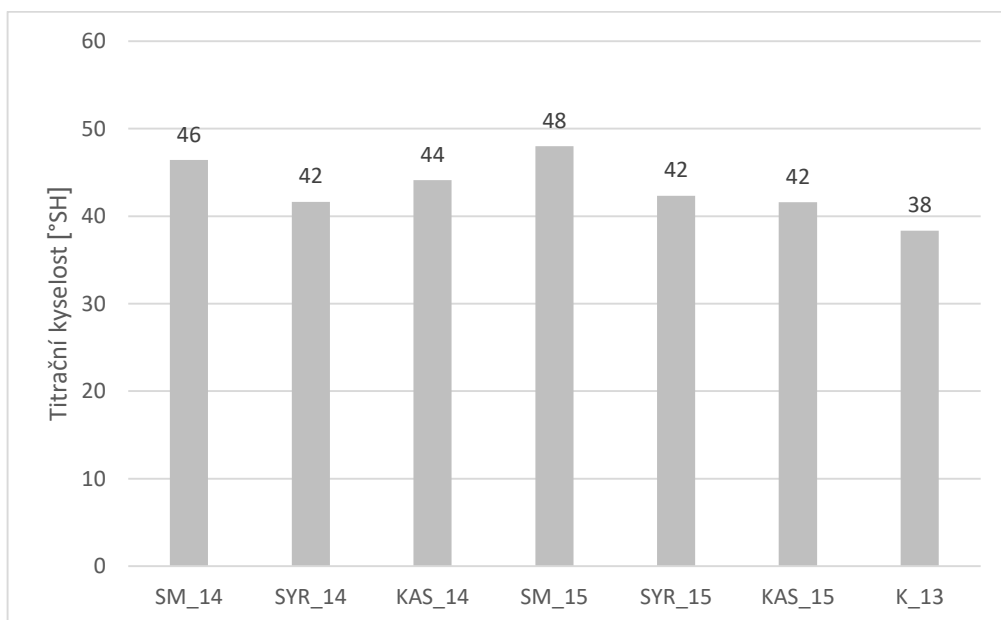
Druhý den po výrobě byl sledován při chladírenské teplotě pokles hodnoty pH vzorků, výsledky jsou znázorněné v grafu na obr. 5. Z grafu můžeme vyčíst, že kontrola bez přídavku sušených mléčných komponent měla nejnižší pH, ve srovnání s jogurty s navýšením sušiny. Kontrolní vzorek byl nejvíce prokysán a to na hodnotu 4,18. Vzorek s přídavkem sušeného odstředěného mléka měl hodnotu pH nejnižší, přídavek sušené syrovátky vykazoval vyšší hodnotu pH a u přídavku kaseinátu sodného se hodnota pH snížila nejméně. Vzorek obsahující sušené odstředěné mléko dosahoval téměř stejné hodnoty jako kontrolní vzorek. Tudíž můžeme říci, že aktivní kyselost jogurtu obohacená sušeným odstředěným mlékem nebyla příliš ovlivněna. Navýšením sušiny pomocí kaseinátu sodného na 14 % se pH snížilo jen na 4,35 a vzorek s navýšením na 15 % měl hodnotu pH 4,27. Obecně lze říci, že vzorky s 15 % obsahem sušiny vykazovaly nižší hodnoty pH ve srovnání se vzorky s obsahem sušiny 14 %. Tento trend lze vysvětlit intenzivnějším prokysáním koagulátu a za současné vyšší tvorby kyseliny mléčné. [1]



Obrázek 5. Graf znázorňující pH modelových vzorků

### 6.1.2 Stanovení titrační kyselosti

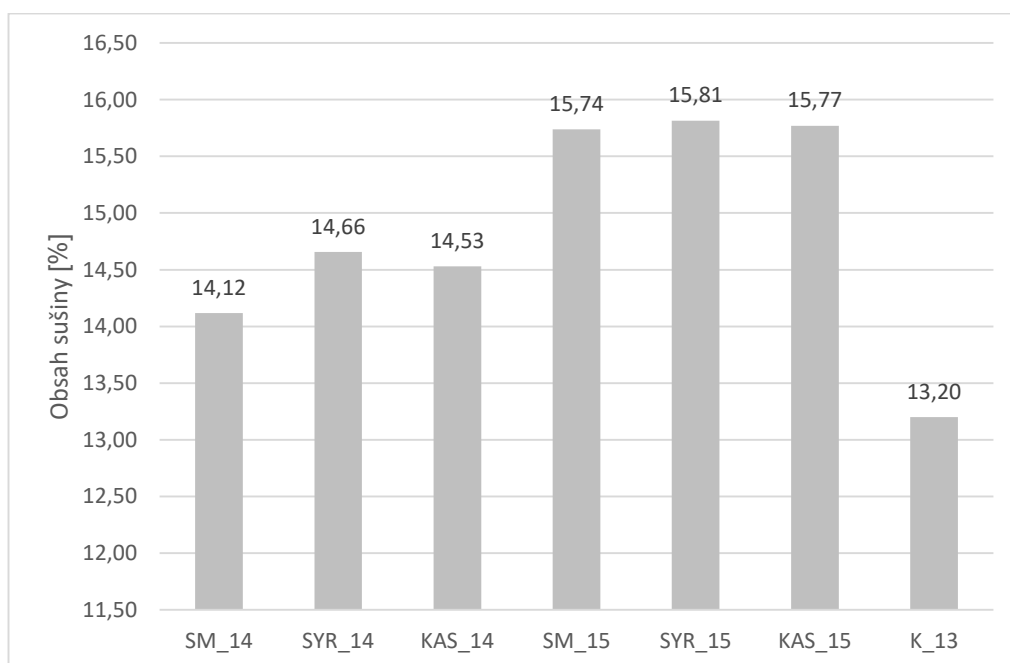
Po zaznamenání hodnot aktivní kyselosti byla zjištěna i titrační kyselost. Mezi těmito veličinami platí vztah, že s klesající aktivní kyselostí se zvyšuje titrační kyselost. S porovnáním s grafy na obr. 5 a obr. 6 se hodnoty z měření liší. Nesrovnalost mohla být způsobena chybou přístroje nebo větším prokysáním vzorku při přípravě k analýze s vyšší teplotou pracovního prostředí. Hodnoty z měření jsou znázorněny na obr. 6. Titrační kyselost kontrolního vzorku byla 38,34°SH. U vzorků s obsahem sušiny 14 % navýšeným sušeným odstředěným mlékem činila titrační kyselost 46,41°SH. Titrační kyselost vzorku s přidavkem sušené syrovátky byla 41,64°SH a s přidavkem kaseinátu sodného titrační kyselost činila 44,12°SH. Vzorky s navýšením sušiny na 15 % korelují s hodnotou pH. U vzorku s přidavkem sušeného odstředěného mléka s obsahem sušiny 15 % byla hodnota 48,01°SH nejvyšší. Titrační kyselost dále sestupně klesala od vzorku s přidavkem sušené syrovátky po vzorek obohaceným kaseinátem sodným, kdy titrační kyselost vzorku s přidavkem sušené syrovátky byla 41,58°SH a u vzorku obohaceným kaseinátem sodným titrační kyselost měla hodnotu 38,35°SH. Z grafu na obr. 6 není viditelný měnící se trend přidavku sušených komponent v různé koncentraci na hodnotu titrační kyselosti.



Obrázek 6. Graf znázorňující titrační kyselost modelových vzorků

### 6.1.3 Stanovení obsahu sušiny

Obsah sušiny modelových vzorků jogurtu je znázorněn v grafu na obr. 7. Kontrolní vzorek obsahoval 13,20 % sušiny. Obsah sušiny vzorku s 14% navýšením pomocí sušeného odstředěného mléka byl 14,12 %. Přídavkem sušené syrovátky se obsah sušiny zvětšil na 14,66 % a vzorek obohacený kaseinátem sodným obsahoval 14,53 % sušiny. Vyšší obsah sušiny může být způsoben nepřesným navažováním sušených komponent při standardizaci nebo nepřesným měřením při stanovení sušiny. Přídavkem sušeným odstředěným mlékem se obsah sušiny zvýšil na 15,74 %. Vzorek obohacený sušenou syrovátkou dosahoval nejvyššího množství sušiny a to 15,81 %. Obsah sušiny u vzorku s přídavkem kaseinátu sodného činil 15,77 %.



Obrázek 7. Graf znázorňující obsah sušiny modelových vzorů

### 6.2 Stanovení pH v průběhu fermentace

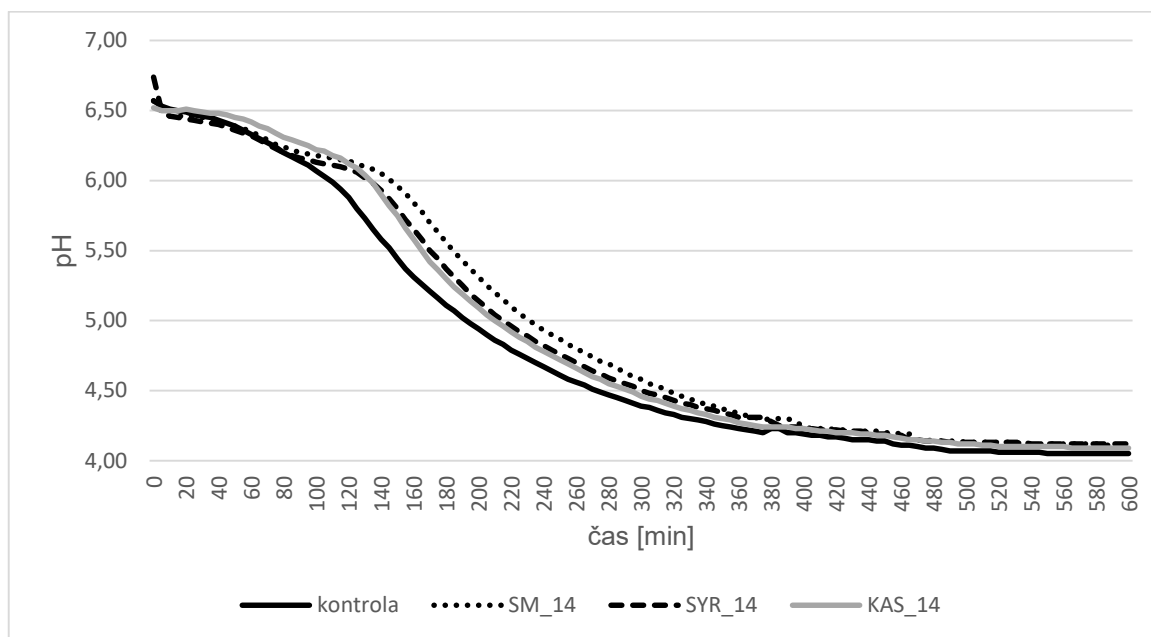
Byl zaznamenán pokles pH v průběhu inkubace modelových vzorků v závislosti na čase v minutách. Inkubace vzorků probíhala po dobu šesti hodin. Pokles hodnoty pH modelových vzorku s navýšením obsahu sušiny na 14 % je popsán na obr. 8. Změny hodnot pH s navýšením sušiny na 15 % jsou znázorněny v grafu na obr. 9.

Z grafu na obr. 8. můžeme vyčíst, že hodnota pH kontrolního vzorku klesala nejrychleji ve srovnání se vzorky s přídavkem sušených komponent. Na začátku inkubace byla hodnota pH kontrolního vzorku 6,57 a po 2 hodinách inkubace začalo pH klesat nejrychleji po dobu tří

hodin, poté se pH snižovalo jen pozvolna. Po 6 hodinách inkubace byl modelový vzorek kontinuálně chlazen na chladírenskou teplotu, kdy byla dosažena konečná hodnota pH 4,05.

Vzorek s přidavkem sušeného odstředěného mléka měl na začátku inkubace pH 6,57 a po 2 hodinách kleslo pH jen na 6,14. Při konečné fázi inkubace, kyselost klesla po 6 hodinách na pH 4,34. Poté se teplota inkubace snížila a pH se měnilo pomaleji na konečnou hodnotu 4,11. V první fázi fermentace klesalo pH rychleji navzdory nárůstu pufrční kapacity v blízkosti pH 5,8 až 4 a po dvou hodinách se pokles pH zpomalil. [27] Ve srovnání s jinými vzorky s přidavkem sušených mléčných složek byl průběh fermentace asi po dvou hodinách nejpomalejší. U vzorku s přidavkem sušené syrovátky klesalo pH rychleji oproti vzorku s přidavkem sušeného odstředěného mléka, což není v souladu s tvrzením González-Martínez et al. [27] Počáteční hodnota pH byla 6,74, kdy se po 2 hodinách se snížila na pH 6,08. Po 6 hodinách inkubace se hodnota pH snížila na 4,31. Konečné pH po ochlazení vzorku bylo 4,12. Přídavek sušené syrovátky zlepšuje podmínky pro přežití startérových kultur a napomáhá růstu *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, to může vést k vyšší tvorbě kyseliny mléčné a k rychlejšímu poklesu pH. [1] Vzorek s přidavkem kaseinátu sodného měl rychlejší průběh fermentace ve srovnání s ostatními vzorky s přidavkem sušených komponent, což není v souladu s tvrzením Celeste et al. [27] Na počátku inkubace vzorku s přidavkem kaseinátu sodného bylo pH 6,52, po dvou hodinách se hodnota snížila na pH 6,12. Po šesti hodinách inkubace pH kleslo na hodnotu 4,27. Konečná hodnota pH vzorku po ochlazení byla 4,09. Podle tvrzení Tamime et al. [1] je rychlý pokles pH způsoben stimulací růstu *Streptococcus thermophilus* v důsledku zvýšení volných mastných kyselin.





Obrázek 8. Graf znázorňující změnu pH vzorků s obsahem sušiny 14 % v průběhu inkubace

Z grafu na obr. 9. můžeme pozorovat, že u vzorků s přidavkem sušeného odstředěného mléka a sušené syrovátky s obsahem sušiny 15 % se pH snižovalo téměř stejnou rychlostí jako u kontrolního vzorku po dobu 90 minut inkubace. Vzorek s přidavkem sušeného mléka s navýšením sušiny na 15 % měl téměř stejný pokles pH jako vzorek s obsahem sušiny 14 %. Pokles pH byl nejpomalejší ve srovnání s ostatními vzorky s přidavkem sušených mléčných komponent. U vzorku s přidavkem sušeného odstředěného mléka bylo pH na začátku inkubace 6,57. Po dvou hodinách inkubace klesla kyselost na pH 6,13. V posledních minutách při zvýšené teplotě se pH snížilo na hodnotu 4,30. Konečné pH po vychlazení vzorku bylo 4,11. Vzorek s přidavkem sušené syrovátky měl na počátku inkubace pH 6,54, které se snížilo po dvou hodinách na pH 6,07. Po šesti hodinách ke konci působení vyšší teploty se hodnota pH snížila na 4,27. Vychlazený vzorek měl konečné pH 4,08. Vzorek obohacený sušenou syrovátkou měl rychlejší pokles pH než vzorek obohacený sušeným odstředěným mlékem, což není v souladu s tvrzením González-Martínez et al. [1] Vzorek s navýšením pomocí kaseinátu sodného měl počáteční pH 6,72 a po dvou hodinách se pH snížilo na hodnotu 6,21. Po šesti hodinách pH kleslo na hodnotu 4,33 a vychlazený vzorek po inkubaci měl konečné pH 4,13. Na začátku fermentace pH klesalo nejpomaleji a po dvou hodinách se rychlost poklesu kyselosti mírně zvýšila. Hodnota pH vzorku s přidavkem kaseinátu sodného klesala pomalu, což je v souladu s tvrzením Celeste et al. [27] Pomalý pokles pH může být způsoben zvýšenou pufrací kapacitou při pH 5 během acidifikace, která je způsobena

vysokou koncentrací vápníku. [27] Nejrychleji klesalo pH u vzorku s přidavkem sušené syrovátky ve srovnání s ostatními vzorky. Vzorek s přidavkem sušeného odstředěného mléka měl na počátku téměř stejný pokles pH jako vzorek s přidavkem sušené syrovátky a po dvou hodinách inkubace klesalo pH nejméně.



Obrázek 9. Graf znázorňující změnu pH vzorků s obsahem sušiny 15 % v průběhu inkubace

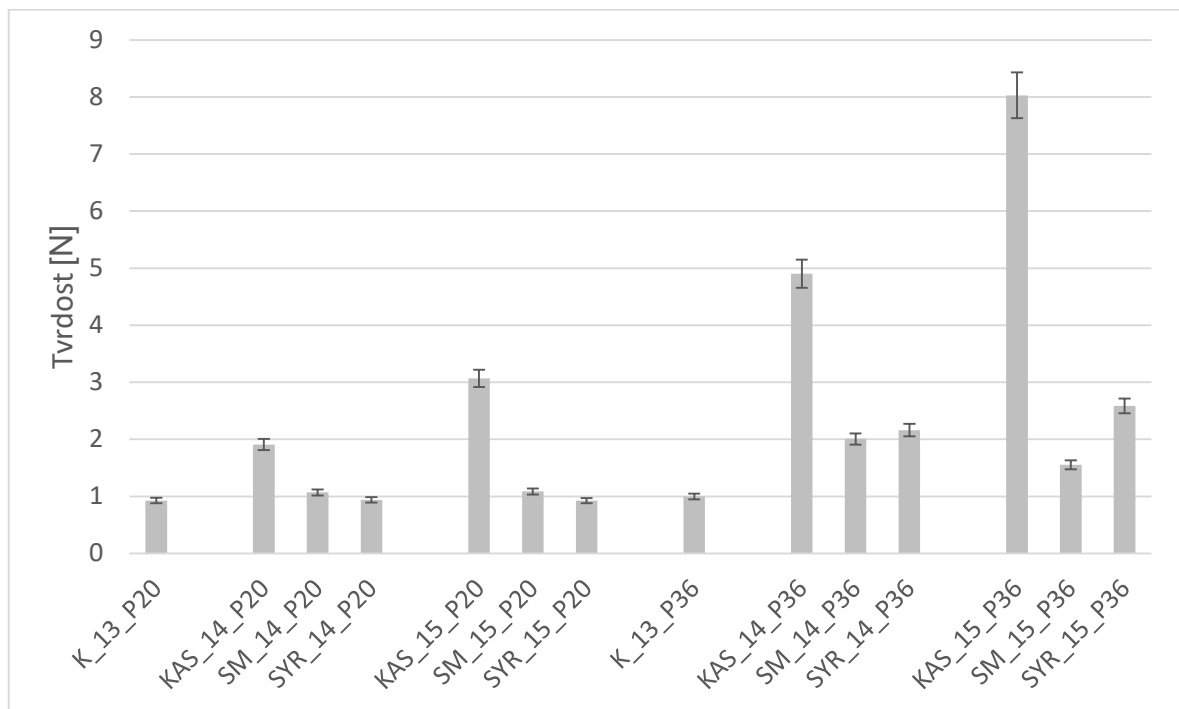
### 6.3 Stanovení texturních vlastností

#### 6.3.1 Stanovení tvrdosti

Vzorky jogurtů byly nejprve měřeny pomocí sondy o průměru 20 mm a poté o průměru 36 mm. Z grafu na obr. 11. můžeme pozorovat, že při měření tvrdosti pomocí sondy o průměru 20 mm nebyly dostatečně viditelné změny textury jako u vzorku měřených sondou o průměru 36 mm. Kontrolní vzorek bez přidavku sušených mléčných komponent měl tvrdost 0,927 N. Vzorky s přidavkem sušeného odstředěného mléka a sušené syrovátky se příliš nelišily od kontrolního vzorku, tvrdost dosahovala téměř stejných hodnot jako kontrolní vzorek. Nízká tvrdost je způsobena vysokou kyselostí, vytvořenou vyšším obsahem laktózy, což způsobuje zvýšené uvolňování syrovátky a poškození gelu. Přídavek sušeného odstředěného mléka není dostačující ke zlepšení fyzikálních vlastnostem textury jogurtu, což je v souladu s tvrzením Tamime & Robinson. [1] Vzorek s přidavkem sušené syrovátky s obsahem sušiny 15 % dosahoval nižších hodnot tvrdosti, ve srovnání s kontrolním vzorkem. U vzorků obohacených sušeným odstředěným mlékem se tvrdost zvýšila minimálně a to na hodnotu 1,069

N s obsahem sušiny 14 % a na hodnotu 1,086 N s obsahem sušiny 15 %. Můžeme tedy říci, že přísady sušeného odstředěného mléka a sušené syrovátky při navýšení obsahu sušiny na 14 % i 15 % nesplňovaly dostačující parametry ke zlepšení textury jogurtu balených do kelímku. Slabší gel vzorku s obsahem sušené syrovátky může být způsoben interakcí mezi syrovátkovými bílkoviny a  $\kappa$ -kaseinem, který zvyšuje jejich solvaci. Přídavkem může dojít k větší synerezi gelu. [27] Vzorek s přídavkem kaseinátu sodného s obsahem sušiny 14 % dosahoval tvrdosti 1,910 N a vzorek s navýšením sušiny na 15 % měl tvrdost 3,068 N. Ze vzorků balených do kelímku, byl vzorek s přídavkem kaseinátu sodného nejúčinnější pro zlepšení texturních vlastností. Vzorek s přídavkem kaseinátu sodného vlivem vysokého obsahu bílkovin vytváří větší pevnost a viskozitu gelu. Synereze jogurtu je nižší ve srovnání s ostatními sušenými komponenty. Vnitřní struktura gelu je složená z větších kaseinových micel a jejich shluky, které vytváří vyšší modul pružnosti gelu. [27] Během skladování dochází k přeuspořádání bílkovin a to způsobuje zvýšení viskozity a snížení synereze. [1] Vzorek s přídavkem kaseinátu sodného je nejúčinnějším sušeným mléčným komponentem pro zvýšení pevnosti gelu, což je v souladu s tvrzením Tamime & Robinson. [1]

Při měření vzorků balených do vaniček se sondou o průměru 36 mm, byly více pozorovatelné změny vlastností textury jogurtu. Kontrolní vzorek bez přísady sušených mléčných komponent, měl tvrdost 0,999 N. Tvrdost vzorku obohaceným sušeným odstředěným mlékem na obsah sušiny 14 %, byla navýšena na 2,005 N a u vzorku s navýšením sušiny na 15 %, se tvrdost zvýšila jen na hodnotu 1,554 N. Vzorek s přídavkem sušené syrovátky, měl tvrdost větší než vzorek s přídavkem sušeného odstředěného mléka. Při zvýšení sušiny na 15 % byla tvrdost 2,586 N. Největší vliv, na změnu textury jogurtu měl přísadek kaseinátu sodného, kdy při navýšení obsahu sušiny na 14 % tvrdost byla 4,902 N. Vzorek s přídavkem kaseinátu sodného s obsahem sušiny 15 %, měl největší tvrdost, a to 8,030 N.



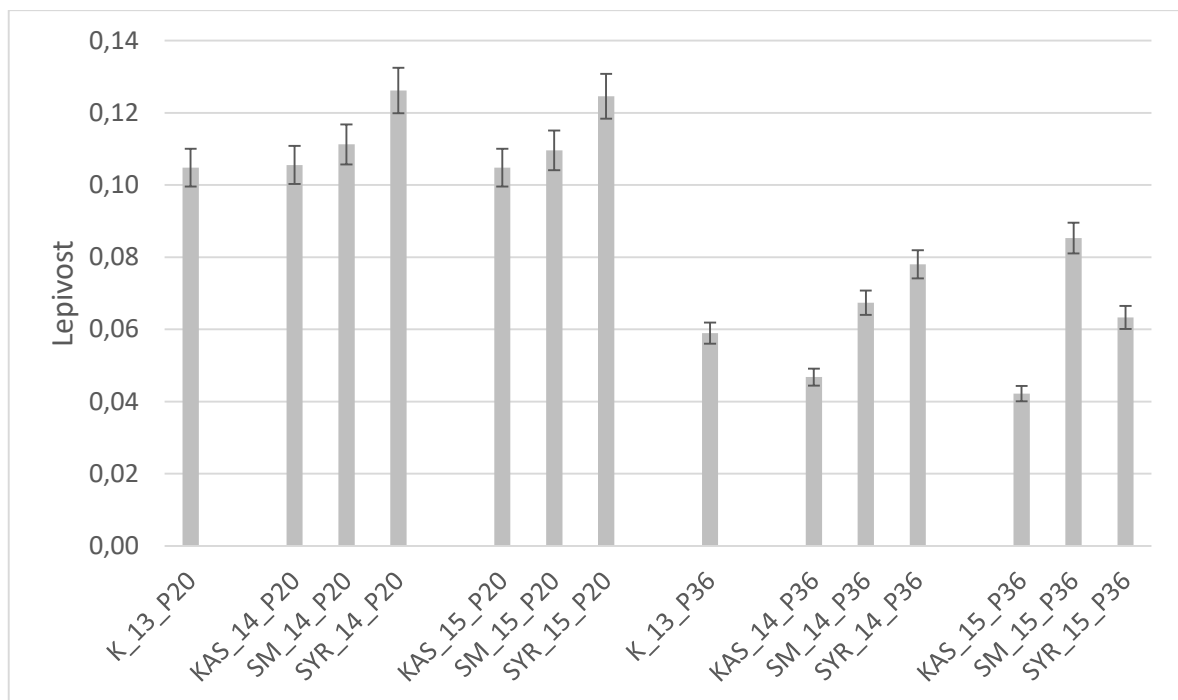
Obrázek 10. Graf znázorňující tvrdost modelových vzorků

### 6.3.2 Stanovení lepivosti modelových vzorků jogurtu

Lepivost můžeme charakterizovat jako práci potřebnou k překonání přitažlivých sil mezi povrchem gelu jogurtu a povrchem sondy. Lepivost modelových vzorků byla měřena zároveň při stanovení síly gelu, pomocí sondy o průměru 20 mm a sondy o průměru 36 mm. Kontrolní vzorek při použití sondy o průměru 20 mm měl lepivost 0,105. U vzorku s přídavkem kaseinátu sodného s obsahem sušiny 14 % i 15 % se lepivost vzorku nelišila ve srovnání s kontrolním vzorkem. Vzorky s přídavkem sušeného odstředěného mléka s obsahem sušiny 14 % se lepivost gelu zvýšila na 0,111 a s obsahem sušiny 15 % byla hodnota lepivosti 0,110. Lepivost byla nejvíce odlišná u vzorku s přídavkem sušené syrovátky ve srovnání s kontrolním vzorkem. U vzorku s navýšením obsahu sušiny na 14 % pomocí sušené syrovátky lepivost dosáhla hodnoty 0,126 a s obsahem sušiny 15 % byla lepivost gelu 0,125. Z grafu vyplívá, že u vzorků balených do kelímku, které byly měřeny pomocí sondy o průměru 20 mm, neměl obsah sušiny vliv na jejich lepivost gelu.

Vzorky jogurtů měřenými pomocí sondy o průměru 36 mm měly lepivost gelu nižší ve srovnání se vzorky se sondou o průměru 20 mm. Lepivost kontrolního vzorku byla 0,059. Jogurty s přídavkem kaseinátu sodného měly lepivost gelu nejnižší ve srovnání s kontrolním vzorkem i s ostatními vzorky s přídavkem sušených komponent, kdy lepivost s obsahem sušiny 14 % byla 0,047. Nízká lepivost vzorku s přídavkem kaseinátu sodného může být způsobena

zvýšenou viskozitou a pevností gelu. [1] Vzorek s 15% sušinou navýšenou pomocí kaseinátu sodného měl lepivost 0,042. Lepivost vzorku s navýšením sušiny na 14 % přídavkem sušeného odstředěného mléka byla 0,067 a s navýšením sušiny na 15 % lepivost gelu dosáhla vyšších hodnot, a to 0,085. Se zvyšující sušinou s přídavkem sušeného odstředěného mléka lepivost gelu stoupala. U vzorku s přídavkem sušené syrovátky s obsahem sušiny 14 %, dosáhla lepivost nejvyšší hodnoty ve srovnání s jinými sušenými komponenty měřené pomocí sondy o průměru 36 mm. Vyšší lepivost vzorku s přídavkem sušené syrovátky a sušeného odstředěného mléka může být způsobena vyšším množstvím syrovátky ve vzorku a nedostatečným zpevněním gelu. [27] Vzorek s obsahem sušiny 15 % s přídavkem sušené syrovátky měl lepivost nižší než vzorek s navýšením sušiny na 14 %, to může být způsobené tím, že vzorek s vyšším obsahem sušiny byl více kompaktní a obsahoval méně syrovátky. [1]



Obrázek 11. Graf znázorňující lepivost modelových vzorků jogurtu

## 6.4 Souhrnná diskuze

V průběhu inkubace modelových vzorků standardizovanými na 14 % a 15 % pomocí přídavku sušených mléčných komponent byla sledována změna pH od začátku inkubace až po vychlazení vzorku. Po inkubaci byla stanovena základní chemická analýza a texturní vlastnosti vzorků jogurtu. Modelové vzorky byly inkubovány při teplotě 43°C a po šesti hodinách byl vzorek zchlazen na chladírenskou teplotu 8°C.

Vzorek obsahující sušené odstředěné mléko měl nejnižší aktivní kyselost a nejvyšší titrační kyselost ve srovnání s ostatními sušenými komponenty. To může být způsobeno vysokým obsahem laktózy vyskytující se v přídávku sušeného odstředěného mléka. Laktóza se přeměňuje na kyselinu mléčnou, která způsobuje velké snížení pH. [26,27] V jogurtu mohou vznikat i další látky, které zvyšují kyselost jogurtu, je to např. kyselina octová, oxid uhličitý, peroxid vodíku a kyselina benzoová, která se přeměňuje na kyselinu hyppurovou. [5,11] Vysoká kyselost jogurtu napomáhá k většímu uvolňování syrovátky a tím dochází i k poškození gelu. [27] U vzorku s obsahem sušiny 14 % s přídávkem sušeného odstředěného mléka byl průběh poklesu pH nejpomalejší ve srovnání s ostatními vzorky s přídávkem sušených mléčných komponent. Při navýšení sušiny 15 % klesalo pH vzorku se sušeným odstředěným mlékem téměř stejnou rychlostí jako vzorek obohacený kaseinátům sodným. Přídávkem sušeného odstředěného mléka byl ovlivněn průběh fermentace vzorku, což není v souladu s tvrzením Karagul-Yceer et al. [26] Při stanovení tvrdosti měl vzorek s přídávkem sušeného odstředěného mléka téměř stejné hodnoty jako kontrolní vzorek při použití sondy o průměru 20 mm. Při použití sondy o průměru 36 mm byla tvrdost vyšší u vzorku s obsahem sušiny 14 % než u vzorku s navýšením sušiny na 15 %. Lepivost vzorku s přídávkem sušeného odstředěného mléka byla mírně vyšší než u kontrolního vzorku. Při použití sondy o průměru 36 mm měl vzorek s obsahem sušiny 15 % nejvyšší lepidivost ve srovnání s ostatními komponenty měřenými touto sondou. Vyšší lepidivost vzorku je způsobena nedostatečnou kompaktností a vyšším množstvím syrovátky. [1] Přídavek sušeného odstředěného mléka nemá dostačující vlastnosti ke zlepšení textury jogurtu, což je v souladu s tvrzením Celeste et al., který uvádí, že standardizace obsahu sušiny pomocí sušeného odstředěného mléka se jeví jako nedostatečná ke zlepšení konzistentních fyzikálních vlastností v průběhu sezóny. [27]

Vzorek s přídávkem sušené syrovátky měl nažloutlou barvu, která byla způsobena vyšším množstvím sušené syrovátky. Jogurty mají sladší chuť a obsahují více aldehydu. [1] Titrační kyselost vzorku s přídávkem sušené syrovátky byla nejnižší ve srovnání s ostatními vzorky s přídávkem sušených mléčných komponent, to může být způsobeno tím, že vzorek měl nižší obsah laktózy, která se přeměňuje na kyselinu mléčnou. Vzorek s obsahem sušiny 14 % měl pH vyšší než při obsahu sušiny 15 %. Hodnota pH klesala rychleji oproti vzorku se sušeným odstředěným mlékem, to není v souladu s tvrzením Penna et al.. V jeho tvrzení je uvedeno, že pomalý pokles pH je způsoben nižší koncentrací laktózy ve vzorku. [27] Tvrdost gelu měřená sondou průměru 20 mm měla téměř stejnou hodnotu jako kontrolní vzorek a vzorek obsahující sušené odstředěné mléko s obsahem sušiny 14 % i 15 %. Vzorek s 15% obsahem

sušiny měl vyšší tvrdost než vzorek s obsahem sušiny 14 %. Tvrdost s navýšením sušiny na 15 % byla 2,586 N. Lepivost vzorku s použitím sondy o průměru 20 mm i 36 mm byla nejvyšší ve srovnání s ostatními sušenými komponenty. Vzorek měřený sondou o průměru 36 mm s obsahem sušiny 15 % měl lepivost nižší než vzorek se sušeným odstředěným mlékem. Přídavek sušené syrovátky není dostačující k výraznému zlepšení texturních vlastností gelu, přestože Remeuf et al. uvádí, že přídavek sušené syrovátky vede k velkému zesílení gelové sítě, který způsobuje nárůst viskozity a větší kapacitu zadržování vody. [27]

Přídavkem kaseinátu sodného se zvyšuje obsah bílkovin a tím dochází ke zvýšení viskozity a pevnosti gelu. [1,27] Hodnota pH vzorku s přídavkem kaseinátu sodného byla nejvyšší ve srovnání s ostatními sušenými komponenty, což může být způsobené nízkým obsahem laktózy. Hodnota pH klesala téměř stejnou rychlostí jako vzorek s přídavkem sušené syrovátky s obsahem sušiny 14 %. S navýšením sušiny na 15 % klesala hodnota pH nejméně ve srovnání s ostatními vzorky, to může být způsobené změnou pufrční kapacity pH 5 během okyselení, která je způsobena vysokým obsahem vápníku. [27] Přídavek kaseinátu sodného do vzorku měl největší účinek pro zlepšení texturních vlastností gelu. Nejvíce byla zvýšena viskozita a pevnost gelu a synereze vzorku byla nejnižší ve srovnání s ostatními mléčnými komponenty, což je v souladu s tvrzením Tamime & Robinson. [1] Tvrdost byla nejvyšší ve srovnání s ostatními mléčnými komponenty. Při obsahu sušiny 14 % vzrostla tvrdost na 4,902 N, u vzorku s obsahem sušiny 15 % se tvrdost zvýšila, až na hodnotu 8,030 N. Lepivost vzorku obohaceného kaseinátem sodným měl nejnižší lepivost ve srovnání s ostatními vzorky.

## ZÁVĚR

Bakalářská práce byla zaměřena na změnu vlastností jogurtu vlivem přídavku sušených mléčných komponent. V teoretické části byly popsány faktory, které ovlivňují vlastnosti jogurtu během výroby zejména standardizací sušenými mléčnými komponenty.

Praktická část bakalářské práce, byla zaměřena na výrobu modelových vzorků s přídavkem sušených mléčných složek a kontrolního vzorku. Vzorky byly standardizovány pomocí sušeného odstředěného mléka, sušené syrovátky a kaseinátu sodného na obsah sušiny 14 % a 15 %. U vytvořených vzorků byla stanovena základní analýza (obsah sušiny, aktivní kyselost a titrační kyselost), změna pH v průběhu inkubace a texturní analýza (tvrdost a lepivost).

Z experimentu byly vyhodnoceny výsledky:

- nejnižší aktivní kyselost měl vzorek s přídavkem sušeného odstředěného mléka
- vzorek s přídavkem kaseinátu sodného měl nejvyšší aktivní kyselost
- obsah sušiny ovlivňoval kyselost vzorku, vzorky s navýšením sušiny na 14 % měly vyšší pH než vzorky s obsahem sušiny 15 %
- v průběhu inkubace se pH snižovalo nejrychleji u vzorku s přídavkem sušené syrovátky s obsahem sušiny 14 %
- vzorek s přídavkem sušeného odstředěného mléka s obsahem sušiny 14 % měl nejpomalejší pokles pH v průběhu inkubace
- množství sušiny vzorku mělo vliv na změnu pH v průběhu inkubace
- u vzorku s přídavkem sušeného odstředěného mléka s obsahem sušiny 15 % klesala hodnota pH nejpomaleji ve srovnání s ostatními vzorky
- pokles pH hodnot v průběhu inkubace měly vzorky s přídavkem kaseinátu sodného a sušené syrovátky téměř stejný
- Přídavek kaseinátu sodného měl největší vliv na texturní vlastnosti gelu, tvrdost gelu ve srovnání s ostatními vzorky byla nejvyšší a lepivost nejnižší
- Navýšení obsahu sušiny měl větší vliv na lepivost než na tvrdost gelu.



**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] ED. BY A. Y. TAMIME AND R. K. ROBINSON. Tamime and Robinson's yoghurt: science and technology. 3. ed. Boca Raton: CRC Press: Woodhead, 2007. ISBN 1420044532
- [2] KADLEC, Pavel, Karel MELZUCH a Michal VOLDŘICH. *Přehled tradičních potravinářských výrob: technologie potravin*. Vyd. 1. Ostrava: Key Publishing, 2012, 569 s. Monografie. ISBN 978-80-7418-145-0.
- [3] PAVELKA, Antonín. *Mléčné výrobky pro vaše zdraví*. Vyd. 1. Brno: Litera, 1996, 105 s. ISBN 80-85763-09-5.
- [4] YILMAZ, Cemile a Vural GOKMEN. Formation of tyramine in yoghurt during fermentation - Interaction between yoghurt starter bacteria and *Lactobacillus plantarum*. *ELSEVIER SCIENCE BV, PO BOX 211, 1000 AE AMSTERDAM, NETHERLANDS* [online]. 2017, , 288-295 [cit. 2017-11-10]. ISSN 0963-9969.
- [5] GORNER, Fridrich a Lubomír VALÍK. *Aplikovaná mikrobiologie poživatin*. 1. Bratislava: MALÉ CENTRUM, 2004. ISBN 80-967064-9-7.
- [6] ŠNIRC, Július a Jozef GOLIAN. *Mlieko a mliečne výrobky*. 1. Nitra: SPU, 2015. ISBN 978-80-552-1311-8.
- [7] Zakysané mléčné výrobky - funkční potraviny: Zakysané mléčné výrobky s obsahem živých probiotických mikroorganismů, nejznámější probiotika. *Informační centrum bezpečnosti potravin* [online]. Praha, 2010, 15.4.2010 [cit. 2018-10-10]. Dostupné z: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/zakysane-mlecne-vyroby-funkcni-potraviny.aspx>
- [8] *Vyhláška č. 397/2016: o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje*. In: . Sbírka zákonů, 2016, číslo 397.
- [9] DRDÁK M., STUDNICKÝ J., KAROVIČOVÁ J., a MÓROVÁ E. *Základy potravinářských technologií*. 1. Bratislava: Malé centrum, 1996. ISBN 80-967064-1-1.
- [10] HYLMAR, Bohumil. *Výroba kysaných mléčných výrobků*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1986. ISBN 04-812-86.

- [11] TEPLÝ, Miloš. *Čisté mlékařské kultury*. 1. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1984.
- [12] DOLEŽÁLEK, Jiří. *Mikrobiologie mlékárenského a tukařského průmyslu*. Praha: Statní nakladatelství technické literatury, 1962.
- [13] GUPTA, V. a R. GARG. Probiotika. *Indian Journal of Medical Microbiology*. 2009, 3(27), 202-209. DOI: 10.4103 / 0255-0857.53201.
- [14] GYAWALI, Rabin a Salam A.IBRAHIM. Effects of hydrocolloids and processing conditions on acid whey production with reference to Greek yogurt. *Trends in Food Science & Technology*. 2016, (56), 61-76.
- [15] UDUWERELLA, Gangani, Jayani CHANDRAPALA a Todor VASILJEVIC. Preconcentration of yoghurt base by ultrafiltration for reduction in acid whey generation during Greek yoghurt manufacturing. *Dairy Technology*. 2018, (71), 71-80.
- [16] MOINEAU-JEAN, Andréanne, Evelyne GUÉVREMONT, Claude P.CHAMPAGNE a Denis ROY. Fate of Escherichia coli and Kluyveromyces marxianus contaminants during storage of Greek-style yogurt produced by centrifugation or ultrafiltration. *International Dairy Journal*. 2017, (72), 36-43.
- [17] MIOCINOVIC, J., Z. MILORADOVIC, M. JOSIPOVIC, A. NEDELJKOVIC, M. RADOVANOVIC a P. PUDJA. Rheological and textural properties of goat and cow milk set type yoghurts. *International Dairy Journal*. 2016, 58, 43-45
- [18] PARSA, Parinaz, Mohammad ALIZADEH, Mahmoud REZAZAD BARI a Ali AKBARIAN MOGHAR. Optimisation of probiotic yoghurt production enriched with phytoosterols. *Dairy Technology*. 2015, 4(68), 557-564.
- [19] CHENG, Jianjun, Siyu XIE, Yuan YIN, Xianmin FENG a Shuai WANG. Physicochemical, texture properties, and the microstructure of set yogurt using whey protein–sodium tripolyphosphate aggregates as thickening agents. *Science of Food and Agriculture*. 2017, 9(97), 2819-2825.

- [20] AMANI, Elahe, Mohammad HADI ESKANDARI a Shahram SHEKARFOROUSH. The effect of proteolytic activity of starter cultures on technologically important properties of yogurt. *Food Science a Nutrión*. 2017, 5(3), 525-537.
- [21] RAMASUBRAMANIAN, L. RESTUCCIA a C. DEETH. Effect of Calcium on the Physical Properties of Stirred Probiotic Yogurt. *Journal of Dairy Science*. 2008, 11(91), 4164-4175.
- [22] ROUSTRAY, Winny a Hari N. MISHRA. Scientific and Technical Aspects of Yogurt Aroma and Taste: A Review. *Comprehensive Reviews*. 2011, 4(10), 208-220.
- [23] FORMAN, L, V HUŠEK, M PLOCKOVÁ, J SNÁŠELOVÁ a J ŠTÍPKOVÁ. Mlékárenská technologie II. 1. vyd. Praha: VŠCHT Praha, 217 s. ISBN 80-7080214-6. 1. Praha: VŠCHT Praha, 1994. ISBN 80-7080214-6.
- [24] ZADRAŽIL, K. Mlékařství. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze a IVS Praha, 2002. ISBN 80-86642-15-1.
- [25] GAJDŮŠEK, S. Mlékařství II. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 1998. ISBN 80-7157-342-6.
- [26] KARAGUL-YUCEER, Y a M ISLETEN. Effects of Dried Dairy Ingredients on Physical and Sensory Properties of Nonfat Yogurt. *Journal of Dairy Science*. 2006, (8), 2865-2872. ISSN 00220302.
- [27] CELESTE, Karam, Marie, Gaiani CLAIRE, Hosri CHADI, Burgain JENNIFER a Scher JOËL. Effect of dairy powders fortification on yogurt textural and sensorial properties: a review. *The Journal of Dairy Research*. 2013, (4), 400-409. ISSN 00220299.
- [28] TAMIME, A. Y. a H. C. DEETH. Yogurt: Technology and Biochemistry. *Journal of Food Protection*. 1980, 12(43), 939-977.
- [29] SFAKIANAKIS, Panagiotis a Constatnina TZIA. Conventional and Innovative Processing of Milk for Yogurt Manufacture; Development of Texture and Flavor. *Foods*. 2014, 3(1), 176-193.
- [30] ROUSTRAY, Winny a Hari N. MISHRA. Scientific and Technical Aspects of Yogurt Aroma and Taste: A Review. *Comprehensive Reviews*. 2011, 4(10), 208-220.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

WPC	syrovátkový proteinový koncentrát
WPI	izolát syrovátkových proteinů
WPH	syrovátkový proteinový hydrolyzát
např.	na příklad
obr.	obrázek
č.	číslo
hmot.	hmotnostní
P20	sonda o průměru 20 mm
P36	sonda o průměru 36 mm

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

*Obrázek 1. Výroba jogurtu s nerozmíchaným koagulátem*

*Obrázek 2. Výroba jogurtu s rozmíchaným koagulátem*

*Obrázek 3. Postup výroby řeckého jogurtu*

*Obrázek 4. Postup výroby jogurtu řeckého typu*

*Obrázek 5. Graf znázorňující pH modelových vzorků*

*Obrázek 6. Graf znázorňující titrační kyselost modelových vzorků*

*Obrázek 7. Graf znázorňující obsah sušiny modelových vzorků*

*Obrázek 8. Graf znázorňující změnu pH vzorků s obsahem sušiny 14 % v průběhu inkubace*

*Obrázek 9. Graf znázorňující změnu pH vzorků s obsahem sušiny 15 % v průběhu inkubace*

*Obrázek 10. Graf znázorňující sílu gelu modelových vzorků*

*Obrázek 11. Graf znázorňující lepivost modelových vzorků jogurtu*

## **SEZNAM TABULEK**

*Tabulka 1. Značení modelových vzorků jogurtu*

*Tabulka 2. Surovinová skladba jogurtu*