

Využití sušené syrovátky při výrobě kysaných mléčných výrobků

Bc. Radek Oliver

Diplomová práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav analýzy a chemie potravin
akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Radek OLIVER**
Osobní číslo: **T11575**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Využití sušené syrovátky při výrobě kysaných mléčných výrobků**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Získávání a zpracování syrovátky
2. Technologie výroby jogurtů
3. Chemická složení

II. Praktická část

1. Metodika aplikace syrovátky do kysaných výrobků
2. Profilová texturní a senzorická analýza

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. **VELÍŠEK, J. Chemie potravin 2, OSSIS, Tábor 1999**
2. **ROGINSKI, H. Encyklopedia of Dairy Science, Academic Press 2003**
3. **FORMAN, L., MERGL, M. aj. Syrovátka - její využití v lidské výživě a ve výživě hospodářských zvířat, 1st ed., TOMOS Praha 1979**
4. **KADLEC, P. Technologie potravin II, VŠCHT Praha 2002**
5. **WALSTRA P., GEURTS T.J., Dairy Science and Technology, CRP Press 2006**
6. **knovell.com, Food Science - Yougurt - Technology**

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. František Buňka, Ph.D.

Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce:

11. února 2013

Termín odevzdání diplomové práce:

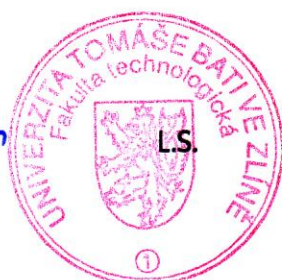
17. května 2013

Ve Zlíně dne 11. února 2013



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.

děkan



doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc.

ředitel ústavu

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 ¹⁾;
- 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 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ 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 ³⁾ 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 ..10.května 2013.....

.....Radek Oliver.....

¹⁾ 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 nevýdělečně 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.

²⁾ 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) Do 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 vzdělávacího zařízení (školní dílo).

³⁾ 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 užit 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 vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRACT

Tato práce je pojednáním o využití sušené syrovátky při výrobě kysaných mléčných výrobků. V teoretické části je pojednáno o výchozí surovině – kravském mléku, je uvedeno jeho chemické složení a detailnější charakteristika jednotlivých významných složek mléka. Dále jsou popsány principy zpracování mléčné syrovátky, od výroby sýrů a tvarohů až po druhy demineralizace syrovátky a její sušení. V rámci této práce je uvedena charakteristika kysaných mléčných výrobků a postup jejich výroby. Součástí praktické části je výroba vzorků jogurtů s různými syrovátkovými preparáty a je popsána a vyhodnocena texturní profilová a senzorická analýza vyrobených vzorků.

Klíčová slova:

Mléko, syrovátka, jogurty, sušené odstředěné mléko, sušená syrovátka, demineralizovaná syrovátka.

ABSTRACT

The thesis deals with the use of whey powder in the production of fermented dairy products. The theoretical part was focused on material – cow's milk, presenting its chemical composition and detailed characteristics of principal components of milk. The principles of processing whey including the production of cheese and quark and the types of demineralisation and drying of whey were also described.. The thesis provided the characteristics of fermented milk products and the process of their production. The practical part covered the production of yoghurt samples with different whey preparations, as well as the description and evaluation of texture profiles and sensory analysis of produced samples.

Keywords:

Milk, whey, whey processing, yoghurt, skim milk powder, whey powder, demineralized whey powder.

Poděkování

Děkuji doc. Ing. Františku Buňkovi, PhD. za odborné vedení a cenné připomínky při formálním a obsahovém zpracování mé diplomové práce.

Děkuji také Mgr. Antonu Pasienkovi za jazykovou korekturu.

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

OBSAH

1	CHEMICKÉ SLOŽENÍ MLÉKA	11
1.1	DUSÍKATÉ LÁTKY	11
1.2	MLÉČNÝ TUK	11
1.3	CHEMICKÉ SLOŽENÍ SYROVÁTKY	12
1.4	SACHARIDY	14
1.5	MINERÁLNÍ LÁTKY	15
1.6	VITAMINY	16
1.7	ENZYMY	17
1.8	PLYNY	18
2	ZÍSKÁVÁNÍ SYROVÁTKY	19
2.1	VÝROBA SÝRŮ	19
2.2	VÝROBA TVAROHŮ	21
2.3	VYUŽITÍ SYROVÁTKY ZE SÝRŮ A TVAROHŮ	22
3	ÚPRAVA SYROVÁTKY PŘED DALŠÍM ZPRACOVÁNÍM	23
3.1	ČIŠTĚNÍ SYROVÁTKY	23
3.2	DEMINERALIZACE SYROVÁTKY	23
3.3	ZAHUŠŤOVÁNÍ SYROVÁTKY	25
3.4	SUŠENÍ SYROVÁTKY	26
4	FERMENTOVANÉ MLÉČNÉ VÝROBKY	28
5	CÍL PRÁCE	33
6	METODIKA PRÁCE	34
6.1	POPIS EXPERIMENTU	34
6.2	STANOVENÍ AMINOKYSELIN V JEDNOTLIVÝCH KOMPONENTECH	34
6.3	VÝROBA VZORKŮ	35
6.4	TEXTURNÍ ANALÝZA	37
6.5	SENZORICKÁ ANALÝZA	38
7	VÝSLEDKY A DISKUSE	39
7.1	MĚŘENÍ HODNOT PH MODELOVÝCH VZORKŮ	40
7.2	STANOVENÍ OBSAHU AMINOKYSELIN	41
7.3	VZORKY S PŘÍDAVKEM SUŠENÉHO Odstředěného mléka	42
7.4	VZORKY S PŘÍDAVKEM SUŠENÉ SYROVÁTKY	45
7.5	VZORKY S PŘÍDAVKEM DEMINERALIZOVANÉ SYROVÁTKY	47
7.6	VÝSLEDKY SENZORICKÉ ANALÝZY	50
7.7	DISKUSE	52

ÚVOD

Dříve byla mléčná syrovátka vznikající při výrobě sýrů, tvarohu a kaseinu považována za vedlejší produkt mlékárenského průmyslu bez možnosti dalšího využití a byla používána jen jako součást krmiv. Jedním z hlavních důvodů nového nahlížení na syrovátku je mimo jiné také ekonomická stránka, jelikož ekologicky udržitelná likvidace syrovátky je finančně náročná. V současné době je v popředí zájmu další různorodé využití syrovátky a její význam tak vzrůstá. Jsou již známy nové poznatky z výzkumů týkajících se její výživové hodnoty, existují nové technické – separační technologie a pochopitelně se klade ještě větší důraz na ekonomickou a ekologickou stránku výroby. Syrovátka má významné funkční vlastnosti, jako je vaznost vody, emulgační vlastnosti, tvorba gelu a šlehatelnost. Tato práce je pojednáním o možném využití sušené syrovátky při výrobě kysaných mléčných výrobků. V prvním díle teoretické části je pojednáno o výchozí surovině – kravském mléku, je uvedeno jeho chemické složení a detailnější charakteristika jednotlivých významných složek mléka. Ve druhé části jsou popsány principy zpracování mléčné syrovátky, od výroby sýrů a tvarohů až po druhy demineralizace syrovátky a její sušení. Třetí blok je věnován kysaným – fermentovaným mléčným výrobkům. Je zde uvedena jejich legislativní charakteristika a postup výroby. Součástí praktické části je výroba vzorků jogurtů s různými syrovátkovými preparáty. Jsou charakterizovány 3 sady vzorků, se odstředěným sušeným odstředěným mlékem, sušenou syrovátkou anebo se sušenou demineralizovanou syrovátkou. V poslední části je popsána a vyhodnocena texturní profilová a senzorická analýza vyrobených vzorků.

TEORETICKÁ ČÁST

CHEMICKÉ SLOŽENÍ MLÉKA

Kravné mléko obsahuje průměrně 88 % vody a 12 % sušiny, 3,2 – 3,6 % dusíkatých látek (hrubé bílkoviny), 3,5 – 4,5 % tuku, 4 – 5 % sacharidů, do 1 % minerálních látek, dále vitamíny, enzymy, hormony, plyny. Aktivní kyselost mléka (pH) je 6,5 – 6,7; průměrně kolem pH 6,6.

Mléko je polydisperzní systém tvořený 3 fázemi:

- Emulzní fáze – hrubá disperze – tuk,
- Koloidní fáze – koloidní disperze – bílkoviny a nerozpustné soli,
- Molekulární fáze – molekulární systém – sacharidy, minerální látky. [14]

Dusíkaté látky

Dusíkaté látky jsou nejkompexnější složkou mléka, určují základní fyzikálně-chemické vlastnosti mléka a spoluurčují nutriční hodnotu mléka. Čistá bílkovina je tvořena z 80 % kaseinem. Jedná se o komplex fosfoproteinů, který je obsažen v mléce z 2,4 – 2,6 % a lze jej vysrážet při pH 4,6 a teplotě 20 °C. Druhá skupina tvořící čistou bílkovinu jsou syrovátkové bílkoviny, které zaujímají zbývajících 20 %. Jsou to globulární bílkoviny, které jsou v mléce zastoupeny z 0,5 – 0,7 % a rozpouští se při pH 4,6. Mezi ostatní dusíkaté látky patří aminokyseliny, močovina, amoniak, kreatin, kyselina močová, lipoproteiny, enzymy a další. Je o nich více pojednáno v dalších kapitolách. [24]

Mezi antimikrobiální látky patří laktoferin, který lze klasifikovat jako proteid. Laktoferin váže železo. Laktoferin je syntetizován hlavně v mléčné žláze. Imunoglobuliny jsou různorodá skupina protilátek, které pocházejí z krevního séra dojnice. Mezi hlavní zástupce imunoglobulinů patří: IgA, IgG, IgM. Tyto imunoglobuliny tvoří obranný systém mláďat skotu. Další frakcí bílkovin mléčného séra je sérumalbumin. [10] [24] [41]

Mléčný tuk

Téměř 98 % mléčného tuku představují triacylglyceroly (estery glycerolu a mastných kyselin), zbývajících 2 % tvoří mono- a diacylglyceroly, volné mastné kyseliny, fosfolipidy, steroly, estery sterolů, uhlovodíky a vitamíny rozpustné v tucích. Až ze 75 % jsou zde zastoupeny nasycené mastné kyseliny, zejména myristová, palmitová, stearová. Vysoký

podíl také zaujímají nízkomolekulární mastné kyseliny jako např. máselná, kapronová, kaprylová. Tyto mastné kyseliny tvoří typické aroma mléka. [1]

Mléčný tuk obsahuje také *trans*-mastné kyseliny, které vznikají působením mikroorganismů v zažívacím traktu dojnic. Jejich množství je však z hlediska doporučeného limitu spotřeby *trans*-mastných kyselin zanedbatelné. [5]

Chemické složení syrovátky

Chemické složení syrovátky se liší podle druhů vyráběných sýrů, značně rozdílný je i chemický obsah složek syrovátky podle různých autorů. [2] Níže je uvedena tabulka s typickým složením sladké a kyselé syrovátky.

Tabulka 1: Typické složení sladké a kyselé syrovátky uvedené v hmotnostních %. [38]

Složky v %	Sladká syrovátka	Kyselé syrovátka
Celková sušina	6,0 – 7,0	5,0 – 6,0
Laktosa	4,5 – 5,0	3,8 – 4,2
Bílkoviny	0,8 – 1,0	0,8 – 1,0
Soli kyseliny mléčné	stopy	až 0,8
Popeloviny	0,5 – 0,7	0,7 – 0,8
Tuk	stopy až 0,8	stopy
Voda	93 – 94	94 – 95

Nejdůležitější složkou syrovátky jsou bílkoviny, jejich význam tkví ve vysoké biologické hodnotě. Celkový obsah bílkovin (N-látek) v syrovátce kolísá od 0,8 – 1,0 %.

Albuminy a globuliny se denaturují teplem. Syrovátka obsahuje i část nebílkovinného dusíku, a to většinou ve formě purinových zásad. Syrovátkové bílkoviny se získávají z mléka po odstranění kaseinu, podle klasického dělení se skládají ze dvou hlavních frakcí, α -laktalbuminu, jehož podíl je asi 20-30 %, a β -laktoglobulinu, který představuje asi 60 % celkového albuminu v mléce.

Dále patří mezi bílkoviny obsažené v syrovátce ještě lanolin a protein obsahující železo – laktoferin. [2]

Jako syrovátkové nebo sérové bílkoviny se označují bílkoviny, které zůstanou v syrovátce po vysrážení kaseinu. Syrovátkové bílkoviny mají vyšší nutriční hodnotu než kasein, jsou termolabilní a při teplotách nad 60 °C denaturují. Jednotlivé sérové bílkoviny jsou vůči tepelné denaturaci různě citlivé. β -laktoglobulin denaturuje při zahřátí nad 60° C. Při denaturaci bílkovin dochází k rozpadu jejich nativní prostorové struktury a ta přechází z uspořádaného stavu do neuspořádaného. [3]

α -laktalbumin patří do skupiny jednoduchých bílkovin. Jednoduché bílkoviny obsahují pouze peptidové řetězce. α -laktalbumin se podobá vaječnému a krevnímu albuminu, obsahuje tytéž aminokyseliny, ale není s nimi totožný. α -laktalbumin neobsahuje fosfor, je rozpustný ve vodě, slabých zásadách a kyselinách, popř. zředěných roztocích solí. α -laktalbumin je pravý lyofilní koloid a v mléce vystupuje ve formě monomolekulárního koloidního roztoku.

α -laktalbumin se nesráží s kyselinami, syřidlem ani působením nasyceného roztoku chloridu sodného nebo $MgSO_4$. Zahříváním α -laktalbumin denaturuje. K úplnému vysrážení se v praxi nejčastěji osvědčily podmínky při $pH = 4,5 - 4,7$ a $t = 85 - 95^\circ C$. [2] a [4]

β -laktoglobulin patří do skupiny globulinů. Do mléka přichází patrně přímo z krve. Mléko přežvýkavců obsahuje β -laktoglobulinu dvojnásobek v porovnání s α -laktalbuminem, 0,5 – 0,11 % na 100 ml odstředěného mléka. Podobně jako α -laktalbumin neobsahuje ani β -laktoglobulin fosfor. β -laktoglobulin se skládá ze dvou složek, euglobulinu a pseudoglobulinu. Izoelektrický bod β -laktoglobulinu se uvádí kolem $pH = 5,3$. [2] Proteosopeptony tvoří malý podíl bílkovin mléka. Jedná se o fosfoproteiny či fosfopeptidy, které jsou složenými bílkovinami obsahujícími kyselinu fosforečnou, obvykle vázanou na

aminokyselinu serin. K fosfoproteinům patří v mléce kasein. Fosfoproteiny jsou tepelně stálé do teploty 100 °C. [44]

Vlastností specifického proteinu makroglobulinu je vytváření příčných vazeb mezi tukovými kapičkami – mikrosomy. To, že se tukové kapičky shlukují na hladině mléka a posléze vytváří smetanu, není důsledek spojování malých tukových kapiček do větších, ale právě účinkem makroglobulinu, který mezi kapičkami vytváří příčné vazby (ve skutečnosti propojuje membrány obklopující mikrosomy, protože tukové kapičky existují ve formě mikrosomů). Výsledkem je shlukování tukových globulí na hladině mléka a následné vytváření smetany. Zahříváním na teplotu vyšší než 100 °C dochází k denuraci tohoto makroglobulinu, ten ztrácí schopnost vytvářet příčné vazby a u takto tepelně ošetřeného mléka se již na povrchu mléka vrstva smetany nevytvoří. [43]

Do syrovátky přechází i většina dusíkatých látek nebílkovinné povahy. Tyto látky představují 5 – 7 % veškerého dusíku v mléce. Nejdůležitější z nich jsou: močovina, kyselina močová, xantin, guanin, hypoxantin, adenin, kreatin, alantoin, rhodanidy, amoniak a některé samostatné aminokyseliny. [2]

Sacharidy

Ze sacharidů se v mléce vyskytuje laktosa a v nepatrném množství její štěpné produkty glukosa a galaktosa. Hlavní význam z hlediska fyziologie výživy je v tom, že kyselina mléčná, která vzniká v intestinálním ústrojí mikrobiální činností, zvyšuje resorpci vápníku. [5] a [6] Laktosa je z chemického hlediska disacharid, O- β -D-galaktopyranosyl-(1-4)-Dglukopyranosa, tvoří se v mléčné žláze, je rozpustná ve vodě. Laktosa dodává nasládlou chuť a udržuje osmotický tlak v mléce. Vyskytuje se ve dvou monomerních formách: α -laktosa a β -laktosa. [1] Laktosa se běžně vyskytuje ve dvou krystalických formách: monohydrát α -hydrát a bezvodný β -anhydrid, případně jako amorfní sklovitá hmota představující směs α a β laktosy. [39] Laktosa se vyznačuje nízkou sladivostí a dobrou stravitelností (až 99 %). Sladivost laktosy je 3,7x nižší než u sacharózy, což také do určité míry závisí i na anomeru a hydrátu a se zvyšující se teplotou roste. Laktosa má příznivý vliv na trávení, protože vazbou vody vyvolává bobtnání střevního obsahu a podporuje peristaltiku střev. Enzymem β -galaktosidasou se štěpí v tenkém střevě na glukosu a galaktosu.[5]. U osob s nedostatečnou tvorbou enzymu β -galaktosidasy může laktosa působit zažívací potíže. Jedná se o intoleranci laktosy, tedy neschopnost ji štěpit. Řešením

tohoto problému je vyhnout se konzumaci tekutého mléka a zaměřit se ve spotřebě na sýry a fermentované mléčné výrobky, které obsahují menší množství laktosy. [5] Další možnou variantou je používat např. sojové mléko apod.

Vysoký obsah laktosy v syrovátce či v syrovátkovém permeátu, což je mléčný produkt získaný ultrafiltrací syrovátky, způsobuje potíže při zahušťování a sušení (vysoká viskozita, lepivost, hygroskopicitá). Koncentrát syrovátky nebo permeátu, který obsahuje více než 55 % sušiny, je při 38° C nasyceným roztokem laktosy. (Nasycený roztok laktosy při 15° C obsahuje 14,4 gramy laktosy/100 ml). Pro usnadnění sušení a kvůli zabránění lepivosti výsledného prášku se před sušením v naprosté většině systémů provádí předkrystalizace laktosy. Tato krystalizace probíhá např. při 20 – 35 °C po dobu 2 – 24 h v krystalizačním tanku a následuje rychlé ochlazení. Zhruba ze 70 % laktosy se vytvoří malé krystaly, které při následném rozprašovacím sušení nejsou na závadu. Sníží se tím podíl bezvodé amorfni laktosy, která při rychlém sušení vzniká a způsobuje lepení teplého prášku na stěny, značnou hygroskopičnost výsledného prášku, jeho tvrdnutí a obtížné rozpouštění. Pokud vykrytalizuje 85 – 90 %, dosáhne se při rozprašovacím sušení cca 95 % sušiny výrobku. Moderní a rychlá je kontinuální krystalizace. Krystalizace je také postup, kterým lze laktosu oddělit za účelem jejího dalšího využití. [7]

Minerální látky

Obsahem minerálních látek i jejich druhovým zastoupením se syrovátka přibližuje mléku, ze kterého do ní přecházejí všechny rozpustné soli. [8]

Hlavní složkou jsou soli fosforečné a vápenaté. Část vápníku se při sýření váže s kaseinem a v této formě přechází do sýra. Naopak při výrobě tvarohu přechází vápník z kaseinu do syrovátky v disociované formě při pH = 4,6. Mimo již uvedený vápník a fosfor obsahuje syrovátka dále ještě tyto minerální látky: draslík, sodík, hořčík, železo, síru a chlor. Tyto prvky jsou přítomny v syrovátce v ionizované formě, tedy jako kationty a anionty. [2]

Minerální látky se v mléce vyskytují v několika formách:

- jsou vázány v roztoku,
- ve formě koloidu
- nebo jsou vázány na složky mléka.

Obsah a formu minerálních látek ovlivňuje řada faktorů, jako např. pH, uvolnění některých

solí do roztoků, vliv záhřevu mléka, stádium laktace, zdravotní stav skotu aj. [24].

Jak již bylo uvedeno, mléko je zejména nositelem vápníku, fosforu a draslíku. Poměr mezi vápníkem a fosforem je v mléce 1,2 : 1. [9] Vápník a fosfor je zastoupen ze 30 % v roztocích, 40 – 50 % je v koloidním kalcium-fosfátu a z 20 % jsou vázány na kaseinový komplex. Ze stopových prvků je v mléce obsaženo železo, které se váže na kaseinové micely (až 70 %), dále zinek, který se váže na kasein (až 80 %) a imunoglobuliny, a v neposlední řadě také měď a jód, hořčík, volné ionty selenu aj. [1]

Vitaminy

Obsah vitaminů v mléce ovlivňuje především roční doba a výživa dojnice. Mléko obsahuje vitaminy rozpustné jak ve vodě, tak v tucích. Mléko obsahuje relativně vysoký obsah vitamínu A i jeho prekurzoru karotenu. Koncentrace β -karotenu však přímo úměrně závisí na krmení zeleným krmivem. Ke ztrátám vitamínu A dochází nejvíce při skladování v přítomnosti kyslíku a na světle, méně již při pasteraci, a minimálně při UHT ošetření a při sušení. [9] Mléko je velmi důležitým zdrojem ve vodě rozpustného vitamínu B₂ (riboflavinu) a vitamínu B₁₂ (kyanokobalaminu) a poměrně dobrým zdrojem vitamínu B₁ (thiaminu), B₆ (pyridoxinu) a biotinu. [10]

Čerstvě nadojené mléko obsahuje také vitamin C, ale vlivem světla, přítomnosti kyslíku, strelizace, dlouhého skladování a případného převaření je o tento vitamin ochuzováno. Mléko přispívá k výživě člověka pouze zanedbatelným množstvím vitamínu K a malým množstvím vitamínu E. [11]

Vitamin D má význam pro metabolismus vápníku, a to zejména pro jeho resorpci ve střevě a zpětnou resorpci v ledvinách. [9]

Mléčný tuk obsahuje vitamínu E mnohem méně než rostlinné oleje. V nepřítomnosti kyslíku a oxidovaných lipidů je vitamin E poměrně stabilní při běžném průmyslovém zpracování. Vitamin K se v játrech účastní syntézy většiny koagulačních faktorů. Během zpracování a skladování je relativně stabilní, ke značným ztrátám dochází, je-li mléko vystaveno dennímu světlu. [9]

Enzymy

V mléce je značné množství enzymů. Vznikají syntézou v mléčné žláze, přechází z krve dojnice nebo se jedná o mikrobiální enzymy z kontaminující mikroflóry. Detekce jejich obsahu (aktivity) se využívá zejména k:

- rozlišení mlék různých savců,
- odlišení zralých mlék od nezralých (mlezivo),
- diagnostika zdravotního stavu dojnice,
- zjišťování hygieny získávání mléka,
- zjišťování správnosti ošetření mléka (enzymy se liší v teplotě inaktivace a v potřebné době jejího působení – lze rozlišit různé stupně záhřevu),
- hodnocení nebezpečí rozkladu složek mléka působením enzymů.

Mezi významné zástupce enzymů v mléce patří laktoperoxidasa, xantinoxidasa, katalasa, lipasa, fosfatasa a plasmin.

Laktoperoxidasa rozkládá peroxid vodíku na vodu a atomární kyslík. Aktivita laktoperoxidasy se mění se stádiem laktace (v průběhu klesá). Je značně tepelně stabilní. Xantinoxidasa zprostředkovává oxidaci xantinu na hypoxantin a dále na kyselinu močovou. Aktivita se mění se stádiem laktace (v průběhu roste). [1] Katalasa rozkládá peroxid vodíku na vodu a kyslík. Mléko ji obsahuje vždy. Lipasy způsobují hydrolyzu acylglycerolů na glycerol a mastné kyseliny. Obvyklá je asociace lipasy s kaseinem a tukovými kuličkami. Aktivita se mění se stádiem laktace a roční dobou. Lipasa je aktivována stopovými prvky (Cu, Fe). Fosfatasy způsobují hydrolyzu estericky vázané kyseliny fosforečné z různých substrátů. Je přirozenou součástí mléka. Alkalická fosfatasa má svůj původ v epitelu mléčné žlázy, v krvi a buněčných útvarech, avšak je produkována i některými mikroorganismy přítomnými v mléce. Je lokalizována v membránách tukových kuliček a její aktivita v mléce je výrazně vyšší než aktivita fosfatasy kyselé. Alkalická fosfatasa je inaktivována běžnými pasteračními teplotami. Měření alkalické fosfatasy bylo proto nařízeno jako test konečného produktu sloužící k prokázání, zda bylo mléko dostatečně pasterováno a zda nebylo rekontaminováno syrovým mlékem.

Plasmin (alkalická mléčná proteasa) štěpí α a β -frakce kaseinu. Disociace nastává při poklesu pH. Při výrobě sýrů ze syrového mléka se plasmin podílí na proteolýze bílkovin.

[1] a [13]

Plyny

Čerstvě nadojené mléko obsahuje cca 6 – 9 obj. % plynů (značná část 5 – 7 obj. %) CO₂, pravděpodobně přechází z krve a část plynů se dostává ze vzduchu. Při stání se ustavují rovnováhy, nastane pokles CO₂, zvýšení N₂ a O₂. Přítomností kyslíku je možná oxidace vitamínu C, případně i tuků. Je také možný rozvoj aerobních mikroorganismů. [1]

a [13]

ZÍSKÁVÁNÍ SYROVÁTKY

Syrovátku lze charakterizovat jako tekutou složku mléka po oddělení koagula, tj. pevné složky obsahující hlavně kasein a tuk. Syrovátka je vedlejším produktem při výrobě sýrů, tvarohů a kaseinu. Syrovátku rozlišujeme podle její kyselosti a původu. Sladká syrovátka se produkuje v sýrárnách, kyselá pochází z výroby tvarohu a kaseinu. [1] a [40]

Výroba sýrů

Sýry jsou to čerstvé nebo prozřálé výrobky získané oddělením tekutiny – syrovátky – po koagulaci mléka. Do syrovátky přechází větší část vody, laktosy, bílkoviny syrovátky a část solí. Na výrobu 1 kg sýra je zapotřebí kolem 7–15 litrů mléka, záleží na obsahu sušiny.

Mléko se začalo zpracovávat na sýry z důvodu prodloužení jeho trvanlivosti. Povrch sýra je často chráněn kůrou, zrací fólií nebo nátěrem. Další výhodou zpracování mléka na sýry je to, že jsou v nich koncentrovány nutričně nejcennější složky mléka. [12]

Podle konzistence ve vztahu k obsahu vody v tukuprosté hmotě sýry dělíme na:

- extra tvrdé (obsah vody max. 47,0 %)
- tvrdé (obsah vody nad 47,0 do 54,9 %)
- polotvrdé (obsah vody 55,0 – 61,9 %)
- poloměkké (obsah vody 62,0 – 68,0 %)
- měkké (obsah vody více než 68,0 %) [13] a [40]

VVTPH = voda v tukuprosté hmotě sýra, která se stanoví podle následujícího vzorce:

$$\% \text{ VVTPH} = \frac{\text{g vody}}{100 - \text{g tuku}} \times 100$$

Příprava standardizované suroviny vychází ze základu syrového mléka, které je tepelně ošetřeno a po přidavku mezofilní kultury dochází k přezrání. Koagulace probíhá po přidavku kyselkové kultury, chloridu vápenatého CaCl_2 a syřidla. Srážení kaseinu je základním procesem při výrobě sýrů. Kasein se z mléka sráží jednak při snížení pH na hodnotu blízkou izoelektrickému bodu, jednak působením enzymů. V prvním případě hovoříme o tzv. kyselém srážení, uplatňuje se u některých druhů sýrů a hlavně u tvarohů.

Koagulace mléka syřidlem je založena na enzymovém štěpení specifické peptidové vazby v kaseinové frakci κ , ze které tak vzniká para- κ -kasein a glykomakropeptid. Působení syřidla na κ -kasein se označuje jako primární – enzymová fáze syření. V sekundární fázi dochází k tvorbě gelu, označuje se proto jako fáze koagulační. Vzniklá sýřenina se dále zpracovává a získáváme sýrové zrno a syrovátku. Při formování sýrového zrna se opět odvádí syrovátka a i při následném lisování je druhým výsledným či odpadním produktem syrovátka také. Zrno se míchá v uvolněné syrovátce. Toto míchání, zejména zpočátku, musí být šetrné. Zrno je totiž v této fázi křehké a hrozí nebezpečí jeho rozbití na jemné částice, tzv. sýrový prach. Ten by nebyl zadržen v sýru, a zvýšily by se tak jeho ztráty do syrovátky. [14] a [24]

Operace při zpracování sýřeniny podporují její synerézi, tj. smršťování a uvolňování syrovátky. Mechanické zpracování zkrátí dráhu, kterou musí syrovátka proniknout gelem, a zvětší se též plocha, kterou prochází. [12]

Čím menší je velikost zrna a větší povrch, tím více se vyloučí syrovátky. Obecně platí, že u měkkých sýrů se zpracovává sýřenina na velké zrno, pro tvrdé sýry se sýřenina zpracovává na menší zrno, které se navíc dohřívá. Technologické postupy uvádějí velikost zrna v mm, v praxi se často používá přirovnání, např. vlašský ořech, lískový ořech, fazole, hrách, obilka apod. [15]

Formování začíná oddělení syrovátky od sýrového zrna. Způsob oddělování syrovátky i další formování jsou závislé na typu sýra.

Sýry umístěné ve tvořítkách uvolňují další syrovátku. Měkké sýry se lisují vlastní vahou a je nutné jejich obracení. Tvrdé a polotvrdé sýry se lisují postupně narůstajícím tlakem po dobu 60 minut, vysokodohřívané sýry ještě déle. Rychlé zvýšení tlaku vede k uzavření povrchu sýra a znemožnění odtoku syrovátky. Lisování nejen napomáhá oddělení syrovátky, ale dává sýrům i finální tvar. Zvýšením osmotického tlaku v prostoru mezi zrny a působením na bílkoviny se zvyšuje množství uvolněné syrovátky. [13] Tlak používaný při lisování se udává v pascálech na 1 kg sýrové hmoty. Předlisování trvá cca 25 – 30 minut při tlaku 0,005 – 0,05 MPa, vlastní lisování probíhá 20 – 35 minut při tlaku do 0,04 MPa. Čas lisování závisí od lehkosti, s jakou se dá odstranit přebytek syrovátky, při výrobě ementálu trvá 10 hodin. [15],[16] a [24]

Následuje solení chloridem sodným NaCl, zrání a výsledkem celého procesu je zralý sýr. Při lisování však vzniklá syrovátka je velmi slaná. [14]

Výroba tvarohů

Tvaroh je sraženina z odstředěného mléka, zbavená podstatné části vody, resp. syrovátky. Sraženina vzniká smíšeným srážením s převahou kyselého srážení.

Při výrobě tvrdého tvarohu se nepoužívají syřidla, jedná se o kyselé srážení odstředěného mléka. Při výrobě měkkého tvarohu klasickým způsobem se mléko pasteruje na 85° C po dobu 15 – 20 s, tzn. na vyšší teplotu, než je běžná při výrobě sýrů. Pasterované standardizované mléko se sráží ve tvarohářských vanách zaočkováním 0,5 – 1% mezofilního zákysu a malým přídatkem syřidla. Po „předkysání mléka“ – dosažení kyselosti 8,0 – 8,4 °SH (cca 2 – 4 hodiny od přídatku ČMK), zasýření syřidlem a po dokonalém promíchání se sráží 16 – 18 hodin do kyselosti syrovátky 22 – 24° SH. Rozkrájená tvarohovina se vypouští do tkaninových pytlů – tvarožníků a překládá se až do dosažení požadované sušiny ~25 % hmotnostních. Tvrdý tvaroh se lisuje do dosažení konečné sušiny 32 %.

Dnes je jako tradiční postup označována i výroba tvarohu odstředivkovým způsobem. Odstředěné mléko se pasteruje po dobu 20 – 40 s na teplotu 74 – 75° C, přidá se mezofilní kultura chlorid vápenatý CaCl₂, po předeprání se přidá syřidlo a následuje zrání po dobu 18 – 20 hodin. Následuje rozmíchání, přečerpání a ohřev koagulátu na teplotu 40 – 42° C a při odstředění se odvádí syrovátka o obsahu sušiny 6,4 %. Získáváme tvaroh o obsahu 25 % sušiny, který se dále chladí, balí a expeduje. [14]

Z pohledu technologie můžeme tvarohy rozdělit:

- podle způsobu zpracování tvarohoviny,
- tvarohy vyráběné klasickou technologií (diskontinuální výroba) – po vysrážení se tvarohovina zpracovává ručně odkapáváním v tvarožnících,
- tvarohy vyráběné „odstředivkovým způsobem“ (kontinuální technologie) – po vysrážení se tvarohovina odstřeďuje ve speciálních dekantačních odstředivkách. [13]

Využití syrovátky ze sýrů a tvarohů

Při výrobě sýrů a tvarohů zůstává značné množství syrovátky, které obsahuje ještě asi polovinu sušiny původního mléka. Vhodné využití syrovátky, zejména pro lidskou výživu, může podstatně zlepšit ekonomické výsledky výroby tvarohů a sýrů.

Obsah syrovátkových bílkovin závisí na tepelném ošetření mléka před srážením. Do sladké syrovátky přechází ve vodě, slabých zásadách a kyselinách rozpustný kaseinomakropeptid odštěpený syřidlem. V kyselé syrovátce je podstatně více popelovin, především vápníku. V současné době se největší část syrovátky využívá jako krmivo – buď v tekuté, zahuštěné nebo sušené formě. Pro lidskou potřebu má tekutá, zahuštěná a sušená syrovátka využití do nápojů, pečiva, cukrovinek nebo tavených sýrů.

Významnou složkou syrovátky jsou syrovátkové bílkoviny. Tepelnou denaturací se získá sraženina obsahující podstatnou část syrovátkových bílkovin. Na tepelné koagulaci je založena výroba syrovátkových sýrů, často vyráběných ze směsi mléka a syrovátky. Koncentráty bílkovin syrovátky se dnes nejčastěji získávají ultrafiltrací, jejich hlavní využití je v kojenecké výživě, v dietních potravinách a ve výživě pro sportovce. [12]

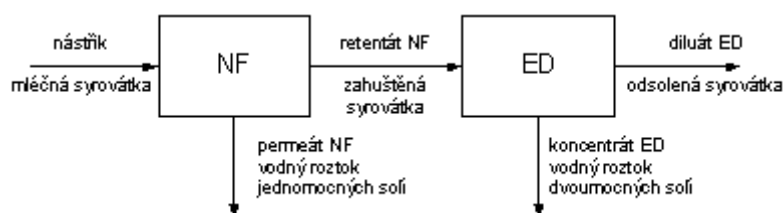
ÚPRAVA SYROVÁTKY PŘED DALŠÍM ZPRACOVÁNÍM

Čištění syrovátky

Při moderních postupech zpracování syrovátky se téměř vždy provádí čištění od nežádoucího zbytku sraženiny, kterým je sýrařský prach. Používá se usazování, scezování a odstředování, a to v závislosti na velikosti a množství pevných částic. Při jejich velkém množství se používají samoodkalovací odstředivky s kontinuálním odstraňováním kalů. [7] Pokud syrovátka pochází z výroby sýra, obsahuje obvykle určitý podíl tuku, který je rovněž vhodné odstranit kvůli průběhu dalšího zpracování a kvalitě a stabilitě produktu. Za tímto účelem se často použije další odstředivka. [7] Dalším krokem nezbytným pro zachování chemické i mikrobiologické jakosti syrovátky je pasterace, obvykle 72 – 78° C po dobu 15 – 20 s. Některé varianty pasteračních postupů však používají teploty v rozsahu 62 – 95° C. Tím se sníží počet živých mikroorganismů. Před pasterací musí být syrovátka uchovávána jen co nejkratší dobu, a sice při teplotách do 5° C. [7]

Demineralizace syrovátky

Odstranění solí ze syrovátky je obvykle dalším zásadním požadavkem pro její použitelnost k potravinářským účelům. Zvláště u kyselé syrovátky před zahušťováním je vždy nutné snížení obsahu minerálních látek a kyselin kvůli snížení hygroskopicity a termoplasticity, která překáží v procesu sušení, a kvůli potřebě zmírnit hořkoslanou chuť prášku. Demineralizaci lze provádět elektrodialýzou, gelovou filtrací (chromatografické dělení), pomocí iontoměničů a membránovými technikami. Odsolená syrovátka (diluát) představuje 90 – 95 % původní suroviny, koncentrát solí 5 – 10 %. [7]



Obrázek 1 Spojení membránových procesů při separaci mléčné syrovátky,

NF = nanofiltrace, ED = elektrodialýza

Mléčná syrovátka je po odstředění a pasteraci nejprve zahuštěna a částečně zbavena jednomocných iontů procesem nanofiltrace (NF) a pak odsolena procesem elektrodialýzy (ED). Nanofiltrace výrazně snižuje investiční i provozní náklady ED technologie. Odsolená syrovátka je po ED vysušena a dále zpracovávána. (viz.obr.1) [45] a [46] Nanofiltrační membrány se pohybují na hranici rozeznatelných pórů. Selektivita nanofiltrace je dána různou rychlostí rozpouštění látek v polymeru a různou rychlostí difuze látek polymerem. Nanofiltrací se separují nízkomolekulární organické látky, velikost separovaných látek se udává spíše v jednotkách molekulární hmotnosti než ve velikostech. Nanofiltrace separuje látky přibližně do 20kDa, což odpovídá např. molekulám cukrů, barviv, pesticidů a herbicidů. Tlaky jsou o dost vyšší než u ultrafiltrace, pohybují se v desítkách barů, začíná se projevovat osmotický tlak.

Elektrodialýza je membránová metoda velmi vhodná k odsolování syrovátky. Jejím úkolem je odstranit z roztoku ionty za použití elektrického napětí a iontových selektivních membrán. Zařízení obsahuje kationové a aniontové propustné membrány, mezi nimiž střídavě protéká syrovátka a vodný roztok solí. Ionty přecházejí pod vlivem napětí ze syrovátky do roztoku solí. Za normálních podmínek se ze syrovátky při každém průchodu sestavou membrán odstraní asi 10 % minerální látky. Žádoucí míry odsolení se dosáhne opakovaným průchodem. Takto lze odstranit až 90 % minerálních látek. Míra odsolení není u všech iontů stejná. Závisí na velikosti náboje a na velikosti iontů. Nejvyšší míra odsolení je u draslíku, mnohem nižší je u vápníku. Demineralizovaný roztok syrovátky lze dále zahušťovat. [18] [19] a [46]

Gelovou (permeační) chromatografií lze oddělit frakce o různé velikosti molekul, tzn. při dělení syrovátky získat nejprve frakci bílkovinného koncentrátu, poté roztok laktosy a roztok minerálních solí. Dělení probíhá na zbobtnalých částicích gelu, který je naplněn v koloně s mikroporézním dnem. Porézní kulovité částice mají v suchém stavu průměr 4 – 12 mm, při bobtnání se mnohonásobně zvětší. Princip spočívá v tom, že složky roztoku s větší molekulou procházejí prostorem mezi částicemi a menší molekuly pronikají do struktury gelu a uvolňují se z něho později. Syrovátka se před aplikací zahustí na 20 % sušiny. Výhodou je možnost detailního dělení bílkovin o různé velikosti molekul, např. se získá frakce obsahující převážně α -laktalbumin – pro obohacení kojenecké výživy, v závislosti na použitém gelu. Nevýhodou je zanášení kolony koloidním fosforečnanem vápenatým $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Gelová filtrace se používá k separaci bílkovin od ostatních složek

syrovátky. Tento proces se jeví jako vhodný zejména proto, že získané sérové bílkoviny mají své funkční vlastnosti zachovány. K izolaci jednotlivých složek mléka se často použije kombinace několika procesů, např. odpaření syrovátky v odparkách, gelová filtrace, elektrolyza nebo ultrafiltrace. [4] a [17]

V současném mlékárenském průmyslu má velké uplatnění ultrafiltrace, která umožňuje frakcionaci mléka a syrovátky. Běžně užívané ultrafiltrační membrány jsou propustné pro čisté rozpouštědlo (vodu), ionty, soli, aminokyseliny, peptidy, jednoduché cukry. Jsou nepropustné pro makromolekulární látky, např. bílkoviny. Tlak při ultrafiltraci se pohybuje v mezích 0,07 – 3,50 MPa. Membránou prochází permeát (hyperfiltrát), nad membránou proudí koncentrát (retentát). Při ultrafiltraci se používají membrány, které mají velkou separační účinnost, permeabilitu, mechanickou pevnost a odolnost vůči čistícím prostředkům. Separační účinnost membrány závisí na velikosti pórů. Jako nevhodnější se ukázaly membrány z acetátu celulózy, polymeru a keramiky. [7] [45] a [46]

Zahušťování syrovátky

Syrovátka obsahuje 93 – 96 % vody. Běžným způsobem zahušťování syrovátky je zahušťování na průmyslových odparkách. Používají se většinou stejné odparky jako pro mléko. Často se jedná o filmové vícestupňové odparky s klesajícím filmem. Má-li se zahuštěná syrovátka dále sušit na pokud možno nehydrokopický prášek, nesmí se s ohledem na možnou denaturaci bílkovin syrovátky překročit teplota 75° C. Konstrukce odparek musí být taková, aby nevznikly potíže s pěněním syrovátky. K pěnění je náchylná především syrovátka sladká, zatímco syrovátka kyselá pění méně.

Syrovátka se zahušťuje na cca 50 % sušiny. Stupeň zahuštění syrovátky je technologicky omezen viskozitou vzniklého syrovátkového sirupu. Se zvyšující se koncentrací viskozita velmi prudce vzrůstá a silně zahuštěné syrovátkové roztoky vykazují až 5x vyšší viskozitou než samotná syrovátka. Z hlediska konstrukčního je důležitá konstrukce odparky s ohledem na stupeň zahuštění, protože se stupněm zahuštění vzrůstá velmi prudce viskozita, a to zejména při zahuštění nad 45 % sušiny. Ze syrovátky zahuštěné nad 65 % se může laktosa uvolňovat ve formě krystalů již během odpařování. [2]

Moderní možností zahušťování je membránový postup – reverzní osmóza, která se využívá v sýrárnách k předběžné koncentraci veškerých mléčných složek. Míra zahuštění je limitována viskozitou retentátu, dosahuje se tak zahuštění 20 – 25 %. Tento postup je

vhodný jako předstupeň odpařování. K oddělení vody se vzhledem k malé velikosti pórů používají tlaky 3 – 4 MPa a teploty 25 – 33 °C. Se stoupající koncentrací stoupá i osmotický tlak syrovátky, který musí být vnějším tlakem překonán. Dříve se používaly acetáto-celulózové membrány, které však nesnášely teplotu nad 30° C a negativně reagovaly na čištění a sanitaci. V současné době se používají membrány z kompozitu, které snášejí teploty až 80° C, pH 1 – 12 a jsou odolné vůči sanitačním prostředkům. [4] a [46]

Sušení syrovátky

Sušení syrovátky probíhá obdobným způsobem jako sušení mléka. Vlastnosti syrovátky jsou při sušení ovlivněny vysokým obsahem laktosy (asi 70 % v sušině). Bezvodná amorfní laktosa, která při rychlém sušení v sušárnách vzniká, může způsobovat lepení teplého prášku na stěny zařízení. Proto se celý proces vede tak, aby amorfní laktosa nevznikla nebo se alespoň její vznik minimalizoval. Vzniká sklovitá tavenina postrádající vhodné vlastnosti, jejíž struktura je nehomogenní. Vzhledem k vysokému obsahu laktózy se syrovátka suší mnohem hůře než odstředěné mléko. Kyselá syrovátka se suší obtížněji než syrovátka sladká. Pro správné sušení syrovátky se používá dvoustupňová sušárna, kde nižší vstupní teplota snižuje lepivost prášku. [13] a [14]

V současné době nejrozšířenějším postupem průmyslového zpracování syrovátky je sušení v rozprašovacích sušárnách.

Při rozprašovacím sušení zahuštěné, nevykrystalizované syrovátky vznikne prášek, obsahující laktosu převážně amorfní v nevykrystalizované formě, tj. ve formě ztuhlé taveniny, která se fyzikálním stavem podobá sklu. Amorfní laktosa dodává syrovátkovému prášku nepříznivé vlastnosti, především velmi špatnou rozpustnost a značnou hydroskopičnost, s níž souvisí spékavost výrobku. Uvedené vlastnosti zhoršují užitnou hodnotu sušené syrovátky. Hydroskopičnost sušené syrovátky se podstatně sníží a rozpustnost zlepší, obsahuje-li sušená syrovátka část laktosy vykrystalizované ve formě α -hydrátu. Čím je množství hydrátu větší, tím lepší má sušená syrovátka fyzikální vlastnosti. Přeměny laktosy v α -monohydrát dosáhneme při sušení syrovátky tzv. předkrystalizací zahuštěné syrovátky. To znamená, že se nechá při vhodném režimu chlazení a míchání část laktosy v syrovátce vykrystalizovat a získaná disperze krystalů v syrovátkovém sirupu se usuší. α -monohydrát vzniká z přesycených roztoků laktosy po ochlazení na teplotu pod

93° C. Množství vytvořených krystalů závisí na míře přesycenosti roztoku při dané krystalizační teplotě a rychlost krystalizace na řadě faktorů, především na viskozitě krystalizujícího roztoku a rychlosti míchání a přítomnosti krystalizačních jader. [2]

FERMENTOVANÉ MLÉČNÉ VÝROBKY

Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 77/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, rozumí kysaným mléčným výrobkem mléčný výrobek získaný kysáním mléka, smetany, podmáslí nebo jejich směsi za použití mikroorganismů, tepelně neošetřený po kysacím procesu. Jogurtem se rozumí kysaný mléčný výrobek vyrobený za použití jogurtové kultury. [20] Vyhláškou stanovený obsah mléčné mikroflory výrobku v 1 g je 10^7 . [42]

Jen pro zajímavost, pro pojmenování tradičních a průmyslově vyráběných fermentovaných mléčných výrobků je po celém světě používáno kolem 400 názvů. [22] Mléko má okamžitě po nadojení teplotu optimální pro růst řady mikroorganismů. Chlazením lze jejich aktivitu omezit. Pro výrobu kysaných mléčných výrobků je vhodné pouze jakostní mléko obsahující nízký celkový počet mikroorganismů. Důležité je i jejich druhové zastoupení. Mléko rovněž nesmí obsahovat inhibiční látky, jako jsou antibiotika, rezidua čistících či dezinfekčních prostředků atd. Na tyto látky jsou kyselé kultury citlivé. Důležitým krokem přípravy mléka před jeho fermentací je standardizace tuku a tukuprosté sušiny. Nejčastější obsah tuku u fermentovaných mlék je 0,5 – 3,5 %. Minimální obsah tukuprosté sušiny je u fermentovaných mlék 8,2 %. Standardizace se provádí odpařováním na odparkách nebo přidavkem sušeného odtučněného mléka, případně jiných sušených produktů, jako je syrovátka, podmáslí či další mléčné koncentráty. Obsah vzduchu v mléce používaném pro výrobu fermentovaných výrobků musí být co nejnižší. Technologický proces, který se za tímto účelem používá, se nazývá deaerace (odvětrání). Dalším krokem ošetření je homogenizace, jejímž cílem zabránit vystávání mléčného tuku v průběhu inkubace v obalu a zajistit rovněž stabilitu a rovnoměrné rozdělení mléčného tuku ve výrobku. Významným úkonem přípravného výrobního procesu je tepelné ošetření mléka. [14] a [23] Pro účely fermentovaných mléčných výrobků se zpravidla využívá vysoké pasterace trvající několik desítek sekund při teplotách obvykle nad 90° C. [24] Mléko je po pasteraci zchlazeno na teplotu inokulace, která je závislá na typu použité mikroflory použitelné pro fermentaci. Zakysání se provádí důkladným rozmícháním odpovídajícího množství mikroorganismů.

Prvním typem fermentace je *Set Type*, jedná se o výrobek s tuhým, nerozmíchaným koagulátem. Do mléka (standardizované směsi) je přidávána kysaná kultura, takto

upravená směs se plní do spotřebitelských obalů, které se dále umísťují do zracích skříní, zracích tunelů nebo zracích místností, vždy je zde udržována požadovaná teplota. Fermentace probíhá přímo v obalech. Některé typy zracích boxů pracují na vícefunkčním principu, tedy v režimu inkubace/chlazení. Typ fermentace *Set Type* je v dnešní době minoritní. Druhým typem fermentace je způsob *Stirred Type*, takový typ výrobku je krémovité konzistence s rozmíchaným koagulátem. Koagulát vzniká ve fermentačním tanku. Následně dochází k rozmíchání a chlazení koagulátu a také jeho balení. Před nebo během procesu rozmíchání a chlazení dojde k rozrušení jeho gelovité struktury. Chlazení koagulátu lze provádět přímo ve víceúčelovém tanku nebo ve výměnících tepla, kam se koagulát přečerpává nejčastěji pomocí šnekového čerpadla. [13], [24] a [22]

Jogurty patří mezi hlavní zástupce fermentovaných mléčných výrobků s termofilními kulturami. Jsou děleny na přírodní jogurty a ochucené jogurty, obsahující různé složky nemléčného původu. Jogurt se vyrábí z mléka o různém obsahu sušiny i tuku a jeho zrání probíhá při různých kultivačních teplotách i dobách. [25] Jogurt je nutričně bohatý obzvláště na bílkoviny, vápník, riboflavin, vitamin B6 a vitamin B12. [26]

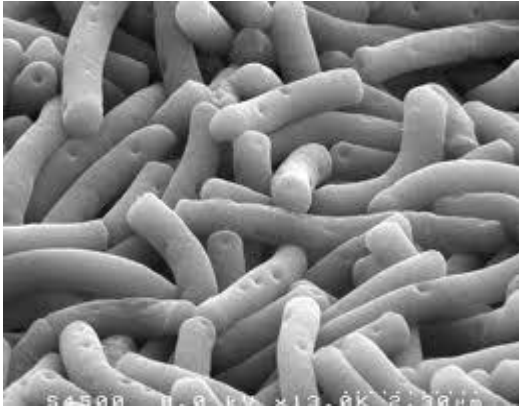
Jogurty jsou tedy mléčné výrobky vzniklé prokysáním čistou jogurtovou termofilní kulturou *Streptococcus thermophilus* a *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, která obsahuje mikroorganismy ve vhodném poměru. [27] a [28]

Bylo prokázáno, že při výrobě jogurtů produkují více kyseliny mléčné a další sensoricky aktivní látky směsné kultury *Streptococcus thermophilus* a *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* než kdyby byl použit pouze jeden druh mikroorganismů. [29] Kombinovaná kultura vyprodukuje při 42° C po dobu 4 hodin více než 10 g/l kyseliny mléčné, zatím co hodnoty u jednotlivých kultur byly pro *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* okolo 2 g/l kyseliny mléčné a u *Streptococcus thermophilus* asi 4 g/l kyseliny mléčné. [30]

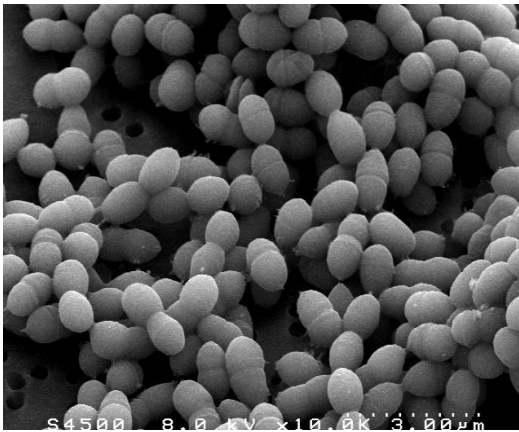
Rod *Streptococcus* čeleď *Streptococcaceae* patří mezi fakultativně anaerobní bakterie mléčného kvašení. Streptokoky jsou gram-pozitivní, nesporulující kokovité nebo oválné buňky v párech nebo různě dlouhých řetězcích. Jsou nepohyblivé. Nejméně polovinu konečných produktů metabolismu uhlíku tvoří kyselina mléčná. Optimální teplota růstu se pohybuje v rozmezí od 37 – 42° C. Streptokoky rostou pouze na komplexních médiích se všemi výživnými substráty, protože jsou náročné na živiny a růstové faktory.

Rod *Lactobacillus* se řadí do čeledi *Lactobacillaceae* a je zdaleka nejrozsáhlejší ze všech rodů bakterií mléčného kvašení. Laktobacily jsou velmi heterogenní a řadí se sem druhy s odlišnými fyziologickými, biochemickými a fyziologickými vlastnostmi. Vyskytují se v palisádách nebo krátkých řetězcích, jsou gram-pozitivní a jsou nepohyblivé, fakultativně anaerobní. Nejméně polovinu konečných produktů metabolismu uhlíku tvoří kyselina mléčná. Kromě fermentovaných sacharidů jako zdroj uhlíku a energie vyžadují laktobacily i nukleotidy, vitaminy skupiny B a aminokyseliny. Optimální teplota růstu se pohybuje v rozmezí od 30 – 40 °C. Laktobacily rostou pouze na komplexních médiích se všemi výživnými substráty, protože jsou náročné na živiny a růstové faktory. Optimální hodnota pH půdy pro růst se pohybuje v rozmezí 5,6 – 6,2. Růst na povrchu tuhých médií podporuje anaerobní atmosféra nebo redukce tenze kyslíku a přídavek 5 – 10 % CO². [31] a [32] a [37]

Fermentace směsi pro výrobu jogurtů probíhá díky správnému poměru těchto mikroorganismů. Poměr těchto mikroorganismů je ovlivněn dobou kultivace, teplotou inkubace a velikostí inokula. Zvýšení množství inokula, doby i teploty kultivace posouvá poměr bakterií ve prospěch laktobacilů, což s sebou nese zvýšení kyselosti. V současnosti je upřednostňována převaha streptokoků, kdy vzniká méně kyselý výrobek. Fermentace může probíhat při teplotě 42 – 45° C po dobu 3 – 4 h (při 1 – 2 %). Je možné i využití nižších teplot, avšak při delším čase inkubace. [24]



Obrázek 2 *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* [54]



Obrázek 3 *Streptococcus thermophilus* [54]

PRAKTICKÁ ČÁST

CÍL PRÁCE

Tato práce je rozdělena na dvě části.

Cílem teoretické části této práce bylo definovat:

- získávání a zpracování syrovátky,
- technologii výroby jogurtů,
- chemické složení mléka a syrovátky.

Cílem praktické části této práce bylo:

- aplikovat druhy syrovátky do kysaných výrobků a popsat metodiku,
- stanovit profilovou texturní a senzorickou analýzu.

METODIKA PRÁCE

Popis experimentu

Při modelové výrobě vzorků jogurtů byly použity tři rozdílné materiály, sušené odstředěné mléko, sušená syrovátka a sušená demineralizovaná syrovátka v různých koncentracích. Po pasteraci následovala inokulace jogurtovou kulturou. Vzorky byly umístěny do inkubátoru a po dosažení požadované hodnoty pH byla provedena texturní a senzorická analýza. Při stanovení texturní analýzy byly měřeny hodnoty pevnosti, relativní lepivosti a kohezivnosti.

Stanovení aminokyselin v jednotlivých komponentech

Pro zjištění celkového obsahu aminokyselin byly vázané aminokyseliny ze vzorků uvolněny kyselou hydrolyzou (6mol.l^{-1} HCl, 115°C , 23 hodin). Sírné aminokyseliny (cystein a metionin) byly před kyselou hydrolyzou navíc oxidovány směsí HCOOH a H_2O_2 v poměru 9:1 v/v (2°C , 16 hodin), protože při kyselé hydrolyze by docházelo u těchto sirných aminokyselin k jejich rozkladu. Po ukončení hydrolyzy byla ze vzorků odpařena HCl (rotační vakuová odparka RVO 400, Ingos, Praha, ČR), sirupovitý odparek byl rozpuštěn v sodno-citrátovém pufru (pH 2,2) a nakonec byl vzorek přefiltrován přes $0,45\ \mu\text{m}$ filtr. Uvolněné aminokyseliny byly analyzovány pomocí iontově výměnné kapalinové chromatografie na Automatickém analyzátoru aminokyselin AAA 400 (Ingos, Praha, ČR) s kolonou $370 \times 3,7\ \text{mm}$ (iontoměnič Ostion LG ANG), postkolonovou ninhydrinovou derivatizací a spektrofotometrickou detekcí ($440\ \text{nm}$ pro prolin a $570\ \text{nm}$ pro ostatní aminokyseliny). Cystein a metionin byly stanoveny jako kyselina cysteová a metioninsulfon a pomocí molekulových hmotností přepočítány na cystein a metionin. Asparagin a kyselina asparagová byly stanoveny jako suma a označeny jako „kyselina asparagová“. Glutamin a kyselina glutamová byly stanoveny jako suma a označeny jako „kyselina glutamová“.

Při kyselé hydrolyze dochází ke konverzi asparaginu a glutaminu na příslušné kyseliny. Tryptofan v této práci nebyl stanoven, pro jeho uvolnění z peptidových vazeb bez současné destrukce je nutná alkalická hydrolyza [51] a [52]. Výsledky byly vyjádřeny v g/kg. [51]

Výroba vzorků

Při výrobě jogurtů byly použity tři rozdílné materiály, sušené odstředěné mléko, sušená syrovátka a sušená demineralizovaná syrovátka. U prvního typu vzorků, tedy s obsahem sušeného odstředěného mléka, byl obsah sušiny zvýšen o 4 % (w/w). Pro tuto sadu vzorků bylo použito:

- sušené mléko odtučněné, určeno pro lidskou výživu, výrobce Moravia Lacto a.s. ve složení:
- pasterované mléko, obsah. laktosy minimálně 47 %,
- vlhkost maximálně 5 % .

Do vyrobených vzorků byla přidávána sušená hmota v rozdílné gramáži se vzestupnou tendencí, s intervalem 20g. První vzorek byl bez přídavku sušených hmot, druhý vzorek obsahoval 20g/l, třetí vzorek obsahoval 40g/l. Do posledního vzorku bylo přidáno 60g/l sušené hmoty.

U druhého typu vzorků bylo mléko obohaceno o:

- sušenou syrovátku, určeno pro lidskou výživu, výrobce Moravia Lacto a.s. ve složení:
- obsah. laktosy minimálně 69,5 %,
- vlhkost maximálně 4 %.

Přidávky sušené syrovátky byly do mléka aplikovány stejným principem jako u prvního typu vzorků, s pravidelně se zvyšujícím rozdílem 20g sušené syrovátky.

U třetího typu vzorků bylo mléko obohaceno o:

- sušenou syrovátku demineralizovanou D-90 %, výrobce Moravia Lacto a.s. ve složení:
- pasterovaná syrovátka,
- obsah. laktosy minimálně 79 %,
- vlhkost maximálně 4 %.

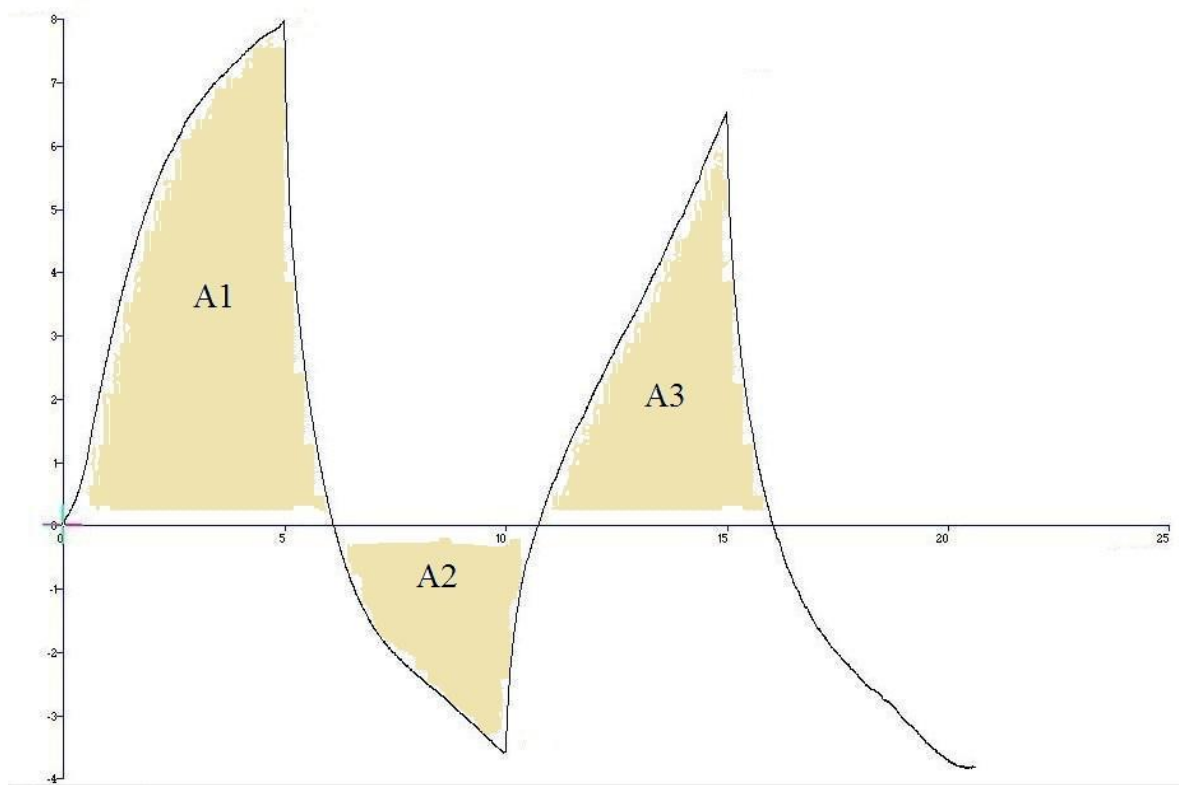
Přidávky sušené demineralizované syrovátky byly vzestupně aplikovány stejným principem jako u předchozích typů vzorků.

Jak již bylo uvedeno, vzorky se všemi druhy a úrovněmi sušených hmot byly pasterovány. Pasterace probíhala diskontinuálně pomocí vodní lázně při teplotě 80° C po dobu 10 minut za střídavého měření nádob teploměrem. Následné chlazení zpasterovaného mléka

probíhalo také na vodní lázni, kde byly vzorky zchlazeny na cílovou teplotu $\sim 37^{\circ}\text{C}$. Dalším krokem byla inokulace 9g/l lyofilizovanou jogurtovou kulturou firmy MILCOM a.s. s obsahem *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* a *Streptococcus thermophilus*. Ochlazené mléko bylo naočkováno jogurtovou kulturou, která byla v mléce následně důkladně rozmíchána. Inokulovaná směs byla nadávkována do válcových plastových obalů o průměru 52 mm, víčka byla zatavena a kompletní vzorky inkubovány při 40°C . Před umístěním do inkubátoru bylo u každého vzorku změřeno a zaznamenáno pH. Toto měření bylo následně prováděno v pravidelných časových intervalech s odstupem 2 hodin až do zaznamenání cílového požadovaného pH o hodnotě 4,9. Poté byly vzorky přeneseny do chladicího boxu, kde probíhalo dokysání na pH 4,6 při teplotě cca 8°C po dobu 7 dnů. Dalším krokem experimentu bylo měření texturních vlastností vyrobených jogurtů a senzorická a organoleptická analýza. Pro výrobu jogurtů bylo ve všech případech použito OLMA Dobré mléko – MLÉKO SELSKÉ až 4 % tuku, s obsahem ve 100 ml: bílkoviny 3,2 g, sacharidy 4,6 g, tuk 3,6 g, Ca 120 mg /15 % DDD/ (deklarované hodnoty uváděné výrobcem na etiketě výrobku).

Texturní analýza

Texturní analýza byla provedena pomocí texturního analyzátoru TA-XT plus (Stable Micro Systems, Ltd.) penetrací sondy (hloubka 10 mm, rychlost penetrace sondy 2 mm·s⁻¹, zahájení při síle odpovídající 5 g). Test byl realizován s použitím sondy o průměru 20 mm (P20).



Obrázek 4 Graf k vyhodnocení texturních vlastností jogurtů

Tvrдость je definována jako síla potřebná k dosažení deformace výrobku [34, 35]. Tvrдость bude sledována jako maximální síla potřebná pro vtlačení sondy do hloubky 10 mm. Čím vyšších hodnot dosahuje vrchol křivky na ose x, tím více síly je potřeba k deformaci jogurtu a výrobek je tvrdší.

Relativní lepivost je označení práce potřebné k překonání přitažlivých sil mezi povrchem taveného sýra a povrchem sondy [34, 35]. Relativní lepivost je zvolena z důvodu vlivu stupně tuhosti matrice na práci potřebnou k vytažení sondy ze vzorku. Relativní lepivost bude spočtena jako poměr absolutní hodnoty plochy záporného píku A2 k ploše A1. Čím

větší plochu křivka zaujímá (při konstantní tuhosti matrice), tím více je potřeba práce k překonání síly přitažlivosti mezi povrchem jogurtu a povrchem sondy a tím je jogurt lepivější.

Kohezivnost je popisována jako síla vnitřních vazeb, které tvoří potravinu [34, 35]. Při vyhodnocování je kohezivnost dána poměrem ploch $A_3 : A_1$. Čím více se hodnota kohezivnosti blíží k 1, tím intenzivnější jsou síly vnitřních vazeb jogurtu a výrobek je soudržnější.

Pro vyhodnocení texturních vlastností byl použit textuometr TA-XT plus, sloužící ke stanovení textury a mechanických vlastností potravin. Rychlost sondy při měření $2 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$, zpětná rychlost návratu sondy $2 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$, hloubka penetrace 10 mm. Pro měření bylo použito cylindrické sondy o průměru 20 mm a hmotnosti 16,391 g. Při měření bylo vyhodnocováno maximum píku zátěžové křivky v N. Měření probíhalo při laboratorní teplotě, pro každou úroveň přidané sušiny či syrovátky tři měření. Pro praktickou manipulaci byly z každé sady měření podrobeny 4 vzorky, celkem tedy 12 vzorků. Z výsledků texturní analýzy byla určena tvrdost, relativní lepivost a kohezivnost (soudržnost) jogurtů. [34, 35]

Senzorická analýza

Senzorické analýze byly podrobeny všechny vyrobené vzorky jogurtů, označené pouze čísly. K analýze bylo přizváno 20 nezávislých hodnotitelů. K dispozici měli formulář senzorické analýzy a tabulku pro zaznamenávání svých výsledků. Formulář senzorické analýzy je uveden v příloze č. 1. Hodnocena byla konzistence, chuť a vůně výrobku a přítomnost cizích pachů a pachutí. K vytvoření formuláře senzorické analýzy byla využita norma ČSN ISO 4121, Senzorická analýza, metodologie. [53]

VÝSLEDKY A DISKUSE

Byly naměřeny hodnoty celkového obsahu aminokyselin (viz. tabulka č. 3). Dále byly zjištěny hodnoty tvrdosti – pevnosti, relativní lepidlosti a kohezivnosti – soudržnosti a byla provedena senzorická analýza. Výsledky byly zaznamenány v dílčích grafech a tabulkách.

Měření hodnot pH modelových vzorků

Měření bylo prováděno v pravidelných časových intervalech. Poté byly vzorky přeneseny do chladicího boxu, kde probíhalo dokysání na pH 4,6 při teplotě cca 8° C po dobu 7 dnů.

Tabulka 2: Tabulka měřených hodnot pH modelových vzorků

ČÍSLO VZORKU	%	SUŠENÉ ODSTŘEDĚNÉ MLÉKO	JOGURTOVÁ KULTURA	pH1 po inokulaci	pH2 po 3 hodinách inkubace	pH3 po 4 hodinách inkubace
1	0 %	0	9 g/l	6,36	5,1	4,8
2	2 %	20g/l	9 g/l	6,38	4,9	4,7
3	4 %	40g/l	9 g/l	6,35	5,0	4,7
4	6 %	60g/l	9 g/l	6,32	5,1	4,8
SUŠENÁ SYROVÁTKA						
5	0 %	0	9 g/l	6,38	4,95	4,8
6	2 %	20g/l	9 g/l	6,30	5,0	4,7
7	4 %	40g/l	9 g/l	6,20	5,3	4,9
8	6 %	60g/l	9 g/l	6,13	5,6	5
SUŠENÁ DEMINERALIZOVAN Á SYROVÁTKA						
9	0 %	0	9 g/l	6,38	4,95	4,8
10	2 %	20 g/l	9 g/l	6,40	5,6	4,9
11	4 %	40 g/l	9 g/l	6,36	5,6	4,9
12	6 %	60 g/l	9 g/l	6,36	5,8	4,9

Stanovení obsahu aminokyselin

Aminokyseliny byly ze vzorků uvolněny kyselou hydrolyzou. Sirné aminokyseliny (cystein, metionin) byly před kyselou hydrolyzou navíc oxidovány směsí HCOOH a H₂O₂. Výsledky jsou zaznačeny v níže uvedené tabulce.

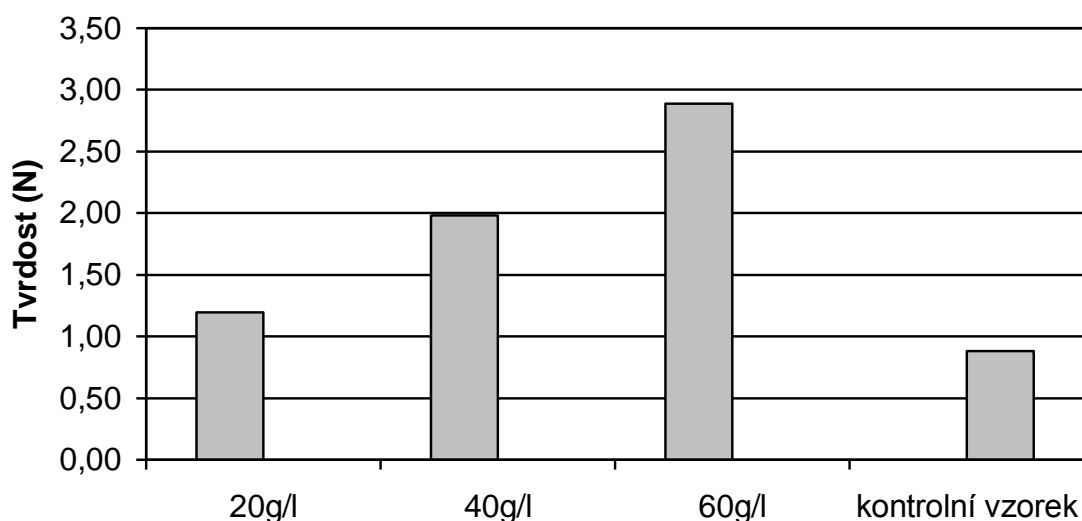
Tabulka 3: Naměřené hodnoty celkového obsahu aminokyselin v g/kg.

AMINOKYSELINA	SUŠENÉ ODSTŘEDĚNÉ MLÉKO	SUŠENÁ SYROVÁTKA	SUŠENÁ DEMINERALIZOVANÁ SYROVÁTKA
Kyselina asparagová	20,52	9,41	9,98
Threonin	11,03	5,71	6,08
Serin	13,78	4,21	4,40
Kyselina glutamová	61,42	17,89	18,19
Prolin	27,79	4,40	4,67
Glycin	4,72	1,76	1,76
Alanin	8,27	4,02	4,30
Valin	15,37	4,84	5,18
Isoleucin	12,5	5,16	5,38
Leucin	24,11	8,90	9,35
Tyrosin	10,22	2,68	2,61
Fenylalanin	12,43	3,29	3,33
Histidin	7,33	1,92	2,07
Lysin	19,83	7,15	7,99
Arginin	8,24	2,09	2,10
Cystein	0,88	0,76	0,89
Methionin	1,91	0,37	0,60

Suma	260,34	84,57	88,89
------	--------	-------	-------

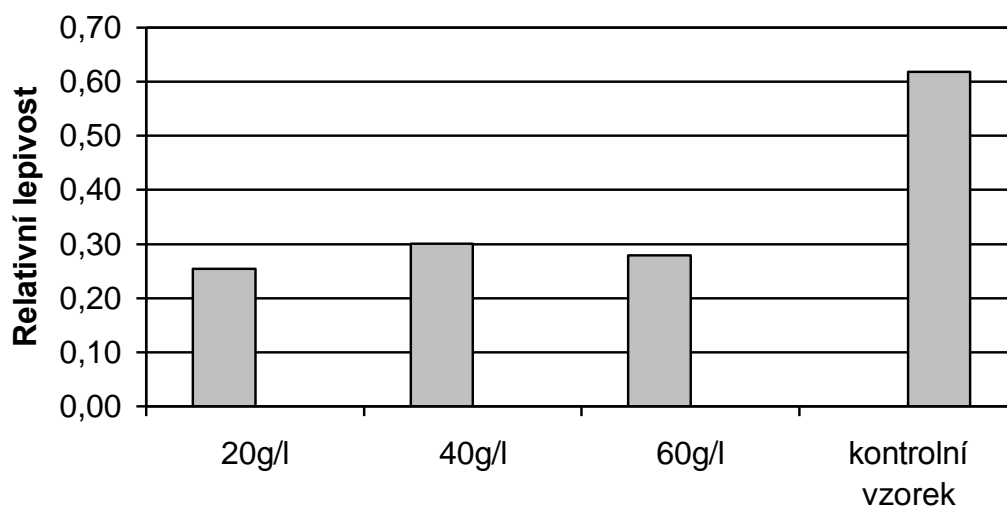
Vzorky s přídavkem sušeného odstředěného mléka

Tvrdość je definovaná jako maximální síla dosažená při deformaci výrobku. Je to síla potřebná ke stlačení potraviny zubními stoličkami člověka. Naměřené hodnoty tvrdosti pro jednotlivé druhy vyrobených vzorků 7. den po výrobě byly následně zpracovány do níže uvedeného grafu (viz. obrázek č. 5). Tvrdość se ve vzorcích s přídavkem sušeného odstředěného mléka celkem výrazně zvyšovala. Jako nejpevnější se vykazuje vzorek s obsahem 60 g/l přidaného sušeného odstředěného mléka, jehož tvrdost byla naměřena v hodnotě 2,8 N. Tato hodnota byla také vyhodnocena jako nejvyšší hodnota naměřené tvrdosti v rámci celého experimentu. Kontrolní vzorek vyrobený bez přídavku sušeného odstředěného mléka vykazoval hodnotu 0,8 N. Tato hodnota je nižší než hodnota naměřená u vzorku s přídavkem 20 g/l přidaného sušeného odstředěného mléka. Lze vypořozovat závislost mezi obsahem sušeného odstředěného mléka a tvrdostí vzorků. S rostoucím obsahem sušeného odstředěného mléka roste také tvrdost jogurtů.



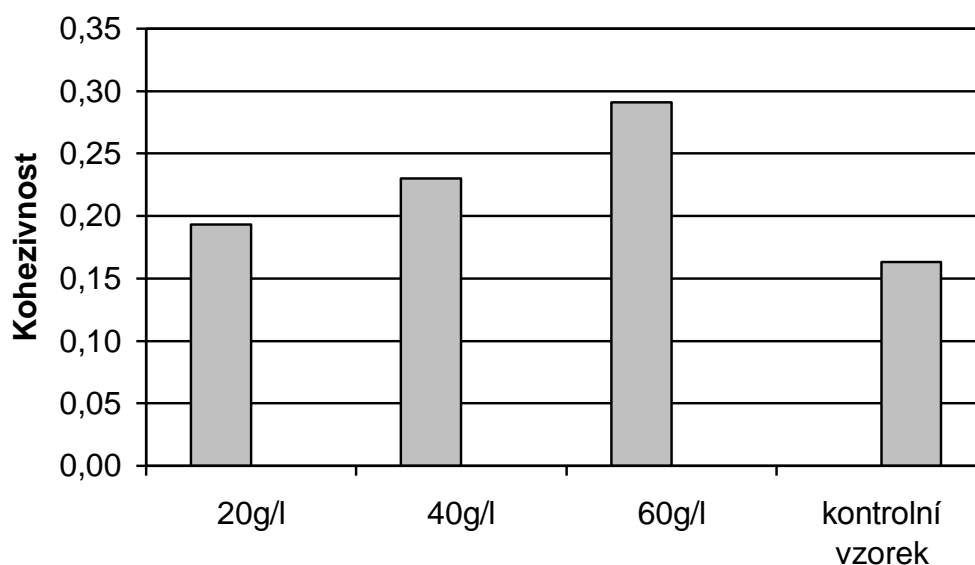
Obrázek 5 Graf naměřených hodnot tvrdosti vzorků jogurtů s přídavkem sušeného odstředěného mléka

Jako relativní lepivost byla označena síla potřebná k překonání síly přitažlivosti mezi povrchem vyrobeného vzorku jogurtu a povrchem sondy [36]. Naměřené hodnoty relativní lepivosti pro jednotlivé druhy vyrobených vzorků 7. den po výrobě byly následně zpracovány do níže uvedeného grafu (viz. obrázek č. 6). Relativní lepivost ve vzorcích s přídavkem sušeného odstředěného mléka vykazuje celkem rozdílné hodnoty. Ve všech případech ovšem vykazují maximálně poloviční hodnoty oproti výrobku bez přídavku sušeného odstředěného mléka. Jako výrobek s naměřenou nejvyšší relativní lepivostí v hodnotě 0,30 můžeme označit vzorek s obsahem 40 g/l. Další měřené vzorky vykazovaly hodnoty relativně podobné úrovně. Lze vypořádat, že se vzrůstajícím obsahem přidaného sušeného mléka nevzrůstá relativní lepivost vyrobených vzorků jogurtů, ale jejich hodnoty se pohybují v podobných hladinách.



Obrázek 6 Graf naměřených hodnot relativní lepivosti vzorků jogurtů s přídavkem sušeného odstředěného mléka

Kohezivnost je popisována jako síla vnitřních vazeb, které tvoří potravinu [36]. Naměřené hodnoty kohezivnosti pro jednotlivé vzorky vyrobených jogurtů byly změřeny a zpracovány 7. den po výrobě a následně zpracovány do níže uvedeného grafu (viz. obrázek č. 7). Kohezivnost se ve vzorcích s přidavkem sušeného odstředěného mléka celkem výrazně zvyšovala. Jako nejpevnější se vykazuje vzorek s obsahem 60 g/l přidaného sušeného odstředěného mléka, jehož kohezivnost byla naměřena v hodnotě 0,29. Kohezivnost u kontrolního vzorku bez přidavku sušeného odstředěného mléka byla naměřena v hodnotě 0,163. Tato hodnota je nižší než hodnota naměřená u vzorku s přidavkem 20 g/l přidaného sušeného odstředěného mléka. Lze vypočítat závislost mezi obsahem sušeného odstředěného mléka a kohezivností vzorků. S rostoucím obsahem přidavku sušeného odstředěného mléka roste také kohezivnost vyrobených vzorků jogurtů.

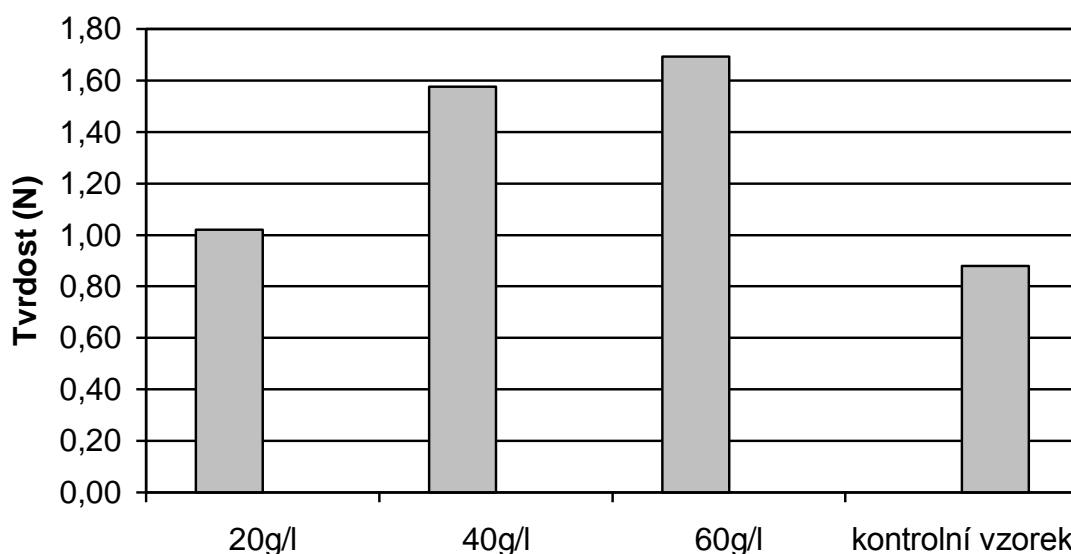


Obrázek 7 Graf naměřených hodnot kohezivnosti vzorků jogurtů s přidavkem sušeného odstředěného mléka

V rámci senzorické analýzy tuhou konzistencí dle vyjádření hodnotitelů vykazuje vzorek s přidavkem 20 g/l sušeného odstředěného mléka. Výsledky srovnání konzistence v texturní profilové analýze a senzorické analýze se liší.

Vzorky s přidavkem sušené syrovátky

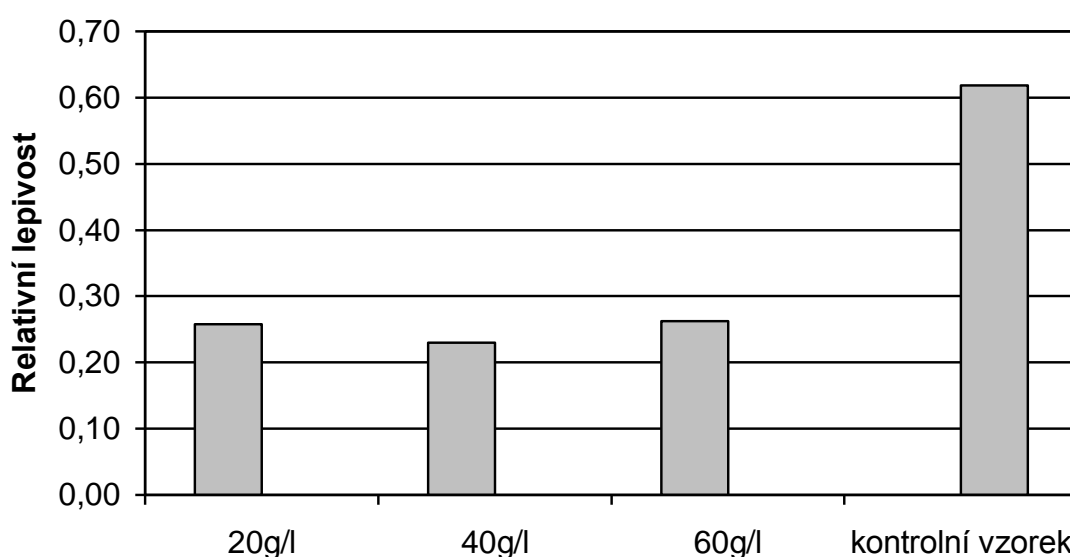
Tvrdość je definována jako maximální síla dosažená při deformaci výrobku. Je to síla potřebná ke stlačení potraviny zubními stoličkami člověka. Naměřené hodnoty tvrdosti pro jednotlivé druhy vyrobených vzorků 7. den po výrobě byly následně zpracovány do níže uvedeného grafu (viz.obrázek č. 8). Tvrdość se ve vzorcích s přidavkem sušené syrovátky zvyšovala a měla mírnou a nepravidelnou stoupající tendenci. Jako nejpevnější se vykazuje vzorek s obsahem 60 g/l přidané sušené syrovátky, jehož tvrdost byla naměřena v hodnotě 1,6 N. Tvrdość u kontrolního vzorku bez přidavku sušené syrovátky byla naměřena v hodnotě 0,879. Tato hodnota je nižší než hodnota naměřená u vzorku s přidavkem 20 g/l přidané sušené syrovátky. Lze vypořozovat závislost mezi obsahem sušené syrovátky a tvrdostí vzorků. S rostoucím obsahem přidavku sušené syrovátky roste také tvrdost vyrobených vzorků jogurtů. Maximální tvrdosti vzorků s přidavkem sušeného odstředěného mléka ale zdaleka nedosahují.



Obrázek 8 Graf naměřených hodnot tvrdosti vzorků jogurtů s přidavkem sušené syrovátky

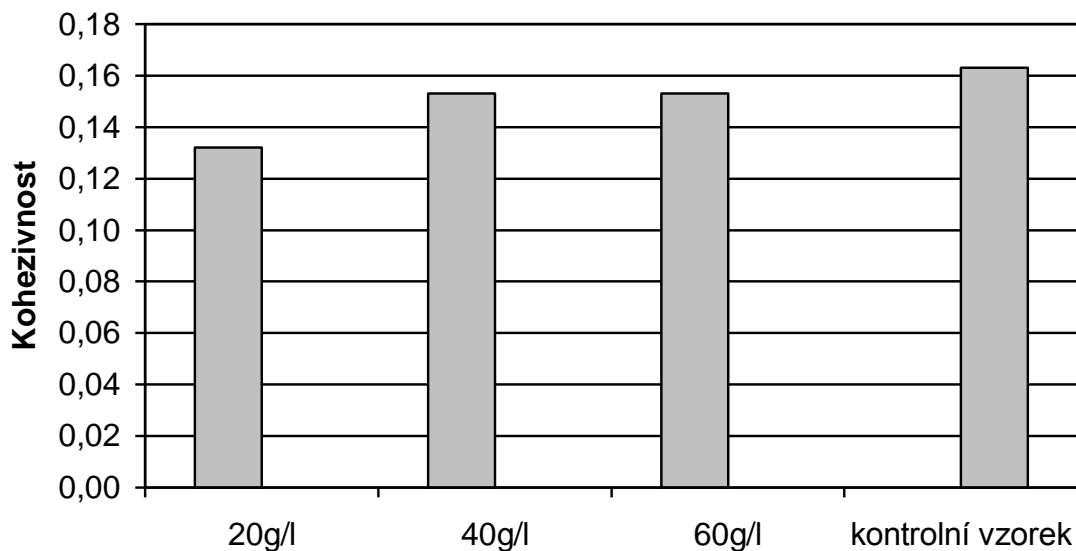
Jako relativní lepivost byla označena síla potřebná k překonání síly přitažlivosti mezi povrchem vyrobeného vzorku jogurtu a povrchem sondy [36]. Hodnoty relativní lepivosti pro jednotlivé druhy vyrobených vzorků byly naměřeny 7. den po výrobě a následně byly zpracovány do níže uvedeného grafu (viz.obrázek č. 9). Relativní lepivost ve vzorcích s

přídavkem sušené syrovátky vykazuje celkem rozdílné hodnoty. Ve všech případech ovšem vykazují téměř třetinové hodnoty oproti kontrolnímu vzorku bez přídavku sušené syrovátky. Jako výrobek s naměřenou nejnižší relativní lepivostí v hodnotě 0,23 označíme vzorek s obsahem 40 g/l sušené syrovátky. Jedná se o vzorek s nejmenší relativní lepivostí v rámci celého experimentu. Další měřené vzorky s přídavkem sušené syrovátky vykazovaly hodnoty relativně podobné úrovně. Lze vypořadovat, že se vzrůstajícím obsahem přidané sušené syrovátky nevzrůstá relativní lepivost vyrobených vzorků jogurtů, ale jejich hodnoty se pohybují v podobných hladinách.



Obrázek 9 Graf naměřených hodnot relativní lepivosti vzorků jogurtů s přídavkem sušené syrovátky

Kohezivnost je popisována jako síla vnitřních vazeb, které tvoří potravinu [36]. Naměřené hodnoty kohezivnosti pro jednotlivé vzorky vyrobených jogurtů byly změřeny a následně zpracovány 7. den po výrobě do níže uvedeného grafu (viz. obrázek č. 10). Kohezivnost se ve vzorcích s přídavkem sušené syrovátky celkem výrazně neměnila a měla téměř srovnatelnou hladinu. Výjimku tvoří vzorek s obsahem 20 g/l přidané sušené syrovátky, jehož kohezivnost byla naměřena v hodnotě 0,13. Jedná se i o vzorek s nejmenší naměřenou soudržností v rámci celého experimentu. Lze vypořadovat, že se vzrůstajícím obsahem přídavku sušené syrovátky nedochází k výrazným změnám v kohezivnosti vyrobených vzorků jogurtů. Kohezivnosti kontrolního vzorku naměřené v hodnotě 0,163 nedosahovaly.



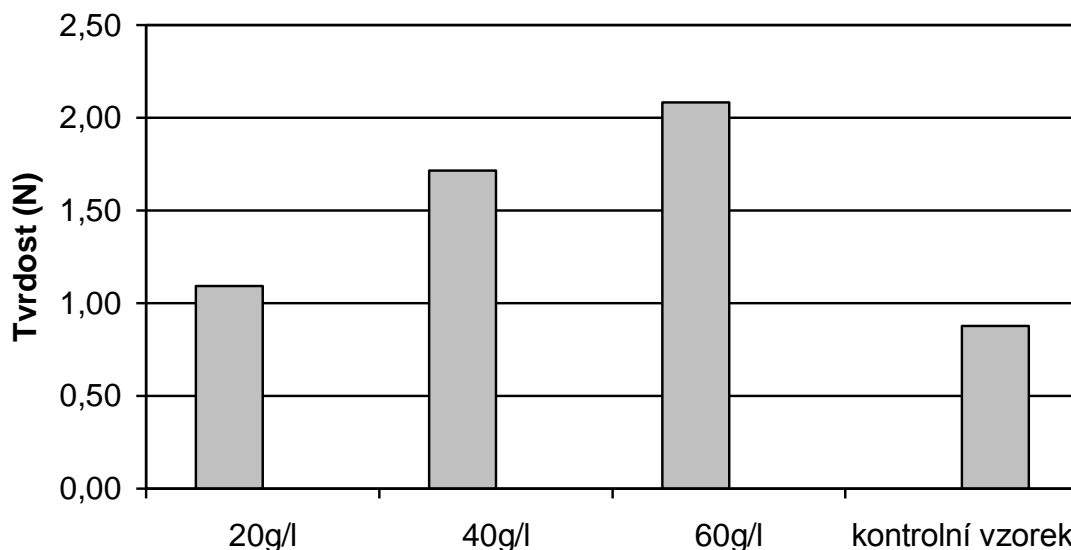
Obrázek 10 Graf naměřených hodnot kohezivnosti vzorků jogurtů s přídavkem sušené syrovátky

V rámci sensorické analýzy se jako nejméně pevný hodnotitelům jevil vzorek s číslem 4, tedy s přídavkem 20 g/l sušené syrovátky. Jako nejpevnější hodnotili posuzovatelé vzorek s přídavkem 40 g/l sušené syrovátky. Při měření profilové texturní analýzy se jako nejpevnější vykazuje vzorek s obsahem 60 g/l přidané sušené syrovátky. V rámci srovnání sensorické analýzy a texturní profilové analýzy získáváme rozdílné výsledky.

Vzorky s přídavkem demineralizované syrovátky

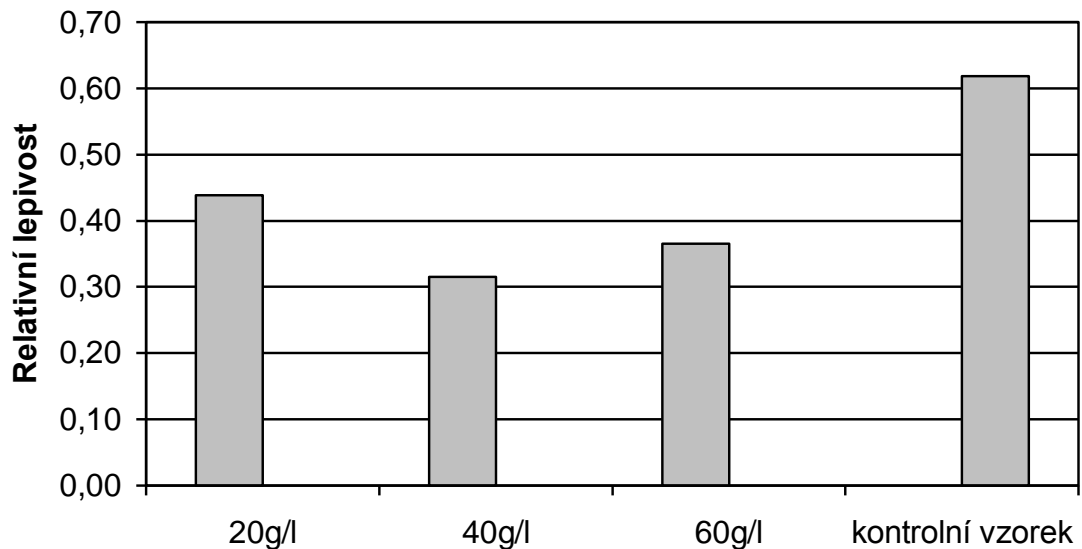
Tvrдост je definovaná jako maximální síla dosažená při deformaci výrobku. Je to síla potřebná ke stlačení potraviny zubními stoličkami člověka. Naměřené hodnoty tvrdosti pro jednotlivé druhy vyrobených vzorků 7. den po výrobě byly následně zpracovány do níže uvedeného grafu (viz. obrázek č. 11). Tvrдост se ve vzorcích s přídavkem sušené demineralizované syrovátky zvyšovala. Jako nejpevnější se vykazuje vzorek s obsahem 60 g/l přidané sušené demineralizované syrovátky, jehož tvrdost byla naměřena v hodnotě 2,1 N. Lze vypořadovat závislost mezi obsahem sušené demineralizované syrovátky a tvrdostí jogurtů. S rostoucím obsahem přídavku sušené demineralizované syrovátky roste tvrdost vyrobených vzorků jogurtů. Maximální tvrdosti vzorků s přídavkem sušeného

odstředěného mléka ale nedosahují, nicméně vykazují vyšší hodnoty než u vzorků s přidavkem sušené syrovátky.



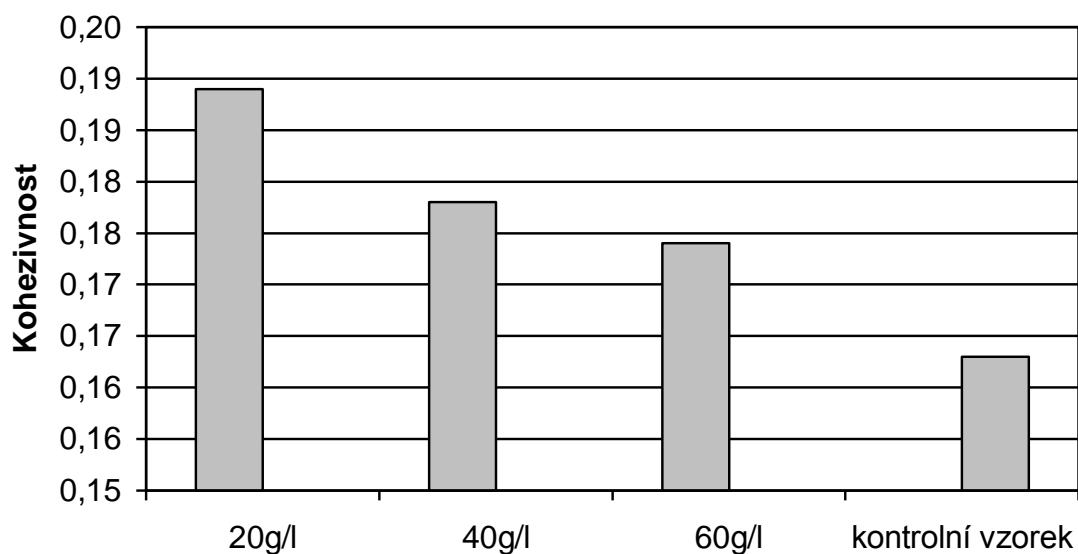
Obrázek 11 Graf naměřených hodnot tvrdosti vzorků jogurtů s přidavkem sušené demineralizované syrovátky

Jako relativní lepivost byla označena síla potřebná k překonání síly přitažlivosti mezi povrchem vyrobeného vzorku jogurtu a povrchem sondy [36]. Naměřené hodnoty relativní lepivosti pro jednotlivé druhy vyrobených vzorků 7. den po výrobě byly následně zpracovány do níže uvedeného grafu (viz. obrázek č. 12). Relativní lepivost ve vzorcích s přidavkem sušené demineralizované syrovátky vykazuje celkem rozdílné hodnoty. Ve všech případech ovšem vykazují nižší hodnoty oproti kontrolnímu vzorku bez přidavku sušené demineralizované syrovátky. Jako výrobek s naměřenou nejvyšší relativní lepivostí v hodnotě 0,43 můžeme označit vzorek s obsahem 20 g/l sušené demineralizované syrovátky. Jedná se o vzorek i s nejvyšší relativní lepivostí v rámci celého experimentu. Další měřené vzorky s přidavkem sušené demineralizované syrovátky vykazovaly hodnoty nižší úrovně. Nejnižší hodnota 0,31 byla naměřena u vzorku s obsahem 40 g/l sušené demineralizované syrovátky. Lze vypořadovat, že se vzrůstajícím obsahem přidané sušené demineralizované syrovátky nevzrůstá relativní lepivost vyrobených vzorků jogurtů, jejich hodnoty se pohybují v různých hladinách.



Obrázek 12 Graf naměřených hodnot relativní lepivosti vzorků s přidavkem sušené demineralizované syrovátky

Kohezivnost je popisována jako síla vnitřních vazeb, které tvoří potravinu [36]. Naměřené hodnoty kohezivnosti pro jednotlivé vzorky vyrobených jogurtů byly změřeny 7. den po výrobě a následně zpracovány do níže uvedeného grafu (viz.obrázek č. 13). Naměřené hodnoty soudržnosti vzorků obsahující sušenou demineralizovanou syrovátku vykazují jiné výsledky než u předchozích pozorování. Získané hodnoty jsou zřetelně vyšší než hodnoty naměřené u předchozích stanovení. Pohybují se v rozmezí mezi 0,18 až 0,17, přičemž naměřená hodnota (0,18) vzorku s obsahem 20 g/l sušené demineralizované syrovátky je vyšší než u vzorků s vyšším obsahem sušené demineralizované syrovátky. Lze vypočítat, že se vzrůstajícím obsahem sušené demineralizované syrovátky klesá hladina hodnoty kohezivnosti měřených vzorků. Ve všech případech je vyšší než hodnota 0,163 naměřená u kontrolního vzorku.

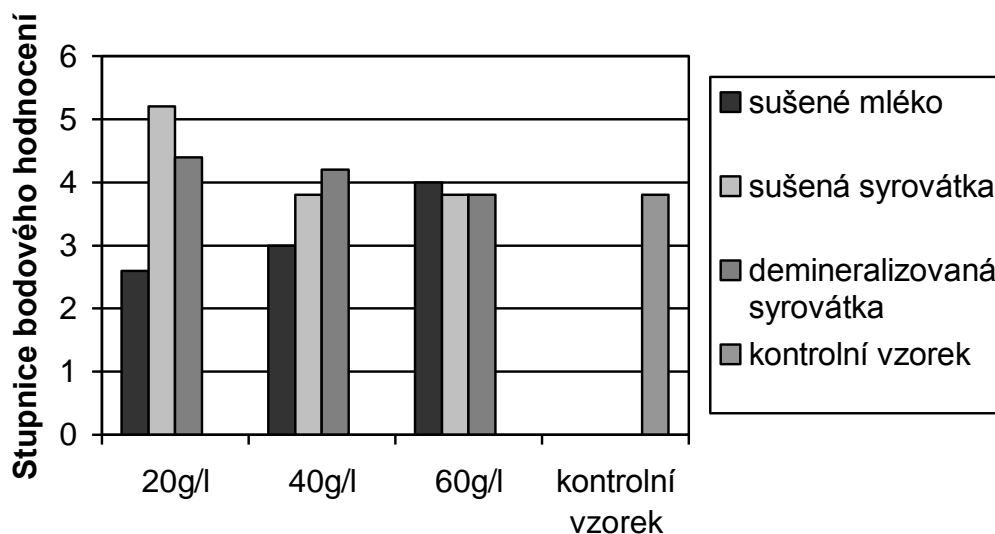


Obrázek 13 Graf naměřených hodnot kohezivnosti vzorků s přídavkem sušené demineralizované syrovátky

V rámci sensorické analýzy se jako nejméně pevný hodnotitelům jevil vzorek tedy s přídavkem 20 g/l sušené demineralizované syrovátky. Jako nejpevnější hodnotili posuzovatelé vzorek s přídavkem 60 g/l sušené syrovátky. Při měření profilové texturní analýzy se jako nejpevnější vykazuje také vzorek s obsahem 60 g/l přidané sušené demineralizované syrovátky. Jako vzorek nejméně pevný se vykazuje vzorek s přídavkem 20 g/l sušené demineralizované syrovátky. V rámci srovnání sensorické analýzy a texturní profilové analýzy získáváme shodné výsledky.

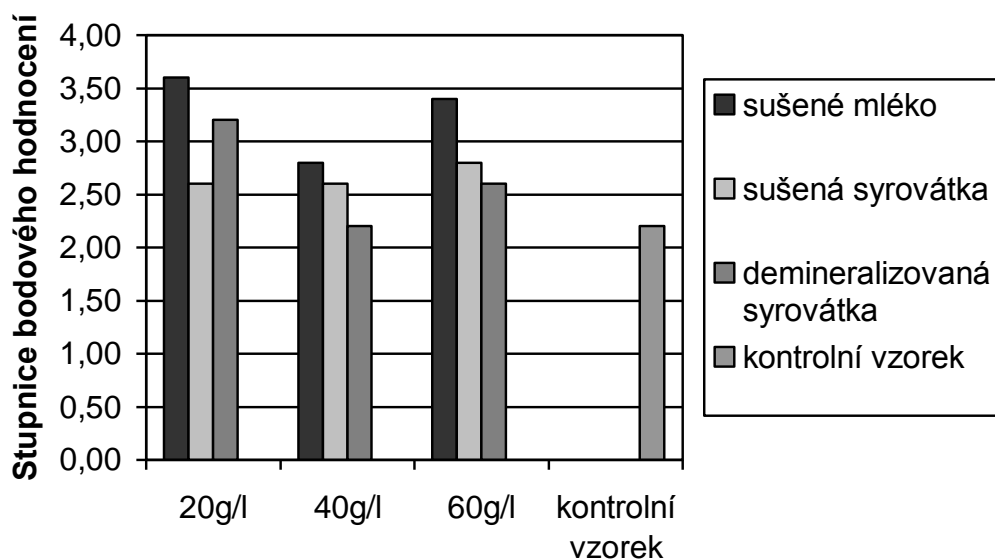
Výsledky sensorické analýzy

V následujícím grafu je znázorněno grafické vyhodnocení sensorické analýzy konzistence modelových vzorků na základě předchozího statistického zpracování. Jako nejméně pevný se hodnotitelům jevil vzorek s přídavkem 20 g/l sušené syrovátky. Ve schématu sensorické analýzy této hodnotě odpovídá stupeň – mírně řidší. Naopak tuhou konzistenci dle vyjádření hodnotitelů vykazuje vzorek s přídavkem 20 g/l sušeného odstředěného mléka.



Obrázek 14 Graf sensorického hodnocení konzistence modelových vzorků jogurtů

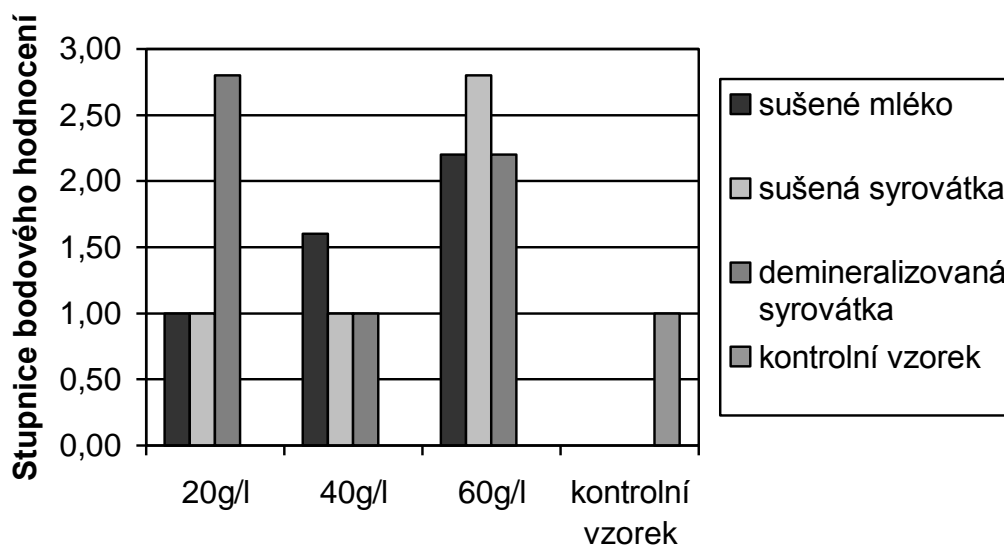
V následujícím grafu je znázorněno grafické vyhodnocení sensorické analýzy chuti a vůně modelových vzorků na základě předchozího statistického zpracování. Většina vzorků vykazuje dle hodnotitelů příjemnou, typickou chuť pro jogurt. Výrobky s obsahem sušené syrovátky vykazují celkově nejpozitivnější hodnocení v této oblasti sensorické analýzy.



Obrázek 15 Graf sensorického hodnocení chuti a vůně modelových vzorků

V následujícím grafu je znázorněno grafické vyhodnocení sensorické analýzy přítomnosti cizích pachů a pachutí modelových vzorků na základě předchozího statistického

zpracování. Přítomnost cizích pachů a pachutí vykazují zkoumané vzorky sporadicky, pouze 2 vzorky vykazují hodnotu 2,8 blížíci se hodnocení – mírný náznak cizích pachů a pachutí, stále však akceptovatelný výrobek. Konkrétně se jedná o vzorky s 60 g/l sušené syrovátky a 20 g/l sušené demineralizované syrovátky. Obecně lze ale konstatovat, že všechny zkoumané vzorky se při sensorické analýze hodnotitelům jevily jako výrobky naprosto bez cizích pachů a pachutí.



Obrázek 16 Graf sensorického hodnocení přítomnosti cizích pachů a pachutí modelových vzorků

Diskuze

V tomto experimentu byly naměřeny hodnoty u vybraných modelových vzorků vyrobených jogurtů, a to pomocí texturního analyzátoru, který simuluje stlačení zubních stoliček člověka díky dvěma po sobě jdoucím kompresím. Byly zjištěny hodnoty tvrdosti – pevnosti, relativní lepivosti a kohezivnosti – soudržnosti. Výsledky byly zaznamenány ve výše uvedených srovnávacích grafech.

Tvrdoost se ve všech měřených vzorcích v rámci celého experimentu vzorcích výrazně zvyšovala. S rostoucím obsahem sušených hmot tvrdost jogurtů roste. Jako nejpevnější se vykazuje vzorek s obsahem 60 g/l přidaného sušeného odstředěného mléka, jehož tvrdost byla naměřena v hodnotě 2,8 N. Tato hodnota byla také vyhodnocena jako nejvyšší

hodnota naměřené tvrdosti v rámci celého experimentu. Největší ovlivnění tvrdosti lze stanovit právě u vzorků s přídavkem sušeného odstředěného mléka, znatelná stoupající tendence byla zaznamenána u vzorků s demineralizovanou sušenou syrovátkou, nejmenší rozdílnou stupnici mají vzorky s přídavkem sušené syrovátky. Lze vypořádat závislost mezi obsahem sušeného odstředěného mléka a demineralizované sušené syrovátky a tvrdostí vzorků. S rostoucím obsahem sušených hmot roste také tvrdost jogurtů.

Relativní lepivost ve vzorcích s rozdílným přídavkem vykazuje celkem různorodé hodnoty. Ve všech případech ovšem vykazují téměř třetinový pokles hodnoty oproti výrobku bez přídavku. Jako výrobek s naměřenou nejnižší relativní lepivostí v hodnotě 0,23 označíme vzorek s obsahem 40 g/l sušené syrovátky. Jedná se o vzorek s nejmenší relativní lepivostí v rámci celého experimentu. Jako výrobek s naměřenou nejvyšší relativní lepivostí v hodnotě 0,43 můžeme označit vzorek s obsahem 20 g/l sušené demineralizované syrovátky. Jedná se o vzorek i s nejvyšší relativní lepivostí v rámci celého experimentu. Další měřené vzorky s přídavkem sušené demineralizované syrovátky vykazovaly hodnoty nižší úrovně. Další měřené vzorky s rozdílným přídavkem vykazovaly hodnoty relativně podobné úrovně. Lze vypořádat, že se vzrůstajícím obsahem přidané látky nevzrůstá relativní lepivost vyrobených vzorků jogurtů, ale jejich výsledné hodnoty se pohybují v podobných hladinách.

Kohezivnost se ve vzorcích s přídavkem sušeného odstředěného mléka celkem výrazně zvyšovala. Jako nejsoudržnější se vykazuje vzorek s obsahem 60 g/l přidaného sušeného odstředěného mléka, jehož kohezivnost byla naměřena v hodnotě 0,29. Limitující se zdá hodnota 20 g/l u vzorků s přídavkem sušené syrovátky a s přídavkem sušené demineralizované syrovátky. V prvním případě byl zaznamenán znatelný pokles soudržnosti. Konkrétně se jedná o vzorek s obsahem 20 g/l přidané sušené syrovátky, jehož kohezivnost byla naměřena v hodnotě 0,13. Jedná se i o vzorek s nejmenší naměřenou soudržností v rámci celého experimentu. V případě druhém byla naměřena naopak vyšší hodnota kohezivnosti oproti ostatním zkoumaným vzorkům s přídavkem sušené a nebo sušené demineralizované syrovátky. Lze vypořádat, že se vzrůstajícím obsahem přídavku sušené či demineralizované syrovátky nedochází k výrazným změnám v kohezivnosti vyrobených vzorků jogurtů. Naopak přídavek sušeného odstředěného mléka má na kohezivnost dopad ve formě stoupající křivky. Souhrnné srovnávací grafy jsou k dispozici v příloze P II.

Tvrдост se ve všech měřených vzorcích v rámci celého experimentu vzorcích s rostoucím obsahem sušených hmot výrazně zvyšovala. Tato zjištění korespondují s pracemi Suková I. a Klváček M. [7] [55]. Syrovátka dodává vysokou výživovou hodnotu a širokou paletu fyzikálně-chemických vlastností. Potvrdilo se též, že z hlediska sensorických vlastností bývá příznivě hodnoceno jemné mléčné aroma, chuť a textura. Syrovátkové bílkoviny mohou být přidávány jako stabilizátory např. v množství 3 až 5 % do jogurtů. Vysoká schopnost vázat vodu umožňuje snížit podíl sušiny odtučněného mléka a příp. dalších stabilizátorů. Zlepšení konzistence a snížení uvolňování syrovátky u jogurtu se dosáhne přidávkem syrovátkové bílkoviny a laktoperoxidasy. [7]

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce byla praktická výroba jogurtů s různými syrovátkovými preparáty, porovnání a stanovení tvrdosti, relativní lepivosti, kohezivnosti testovaných jogurtů, obsahu aminokyselin a sensorické hodnocení. V praktické části byla stanovena metodika aplikace syrovátky do kysaných výrobků a provedena profilová texturní a sensorická analýza.

Úkolem této práce bylo vyrobit modelové vzorky kysaných mléčných jogurtů a různým obsahem sušeného odstředěného mléka, sušené syrovátky a sušené demineralizované syrovátky a provést u nich texturní analýzu se zaměřením na tvrdost, relativní lepivost a kohezivnost. Tyto analýzy byly doplněny o sensorickou analýzu sledovaných vzorků. Modelové vzorky byly hodnoceny 7. den po výrobě.

Byly zjištěny následující závěry:

- Jako nejpevnější se vykazoval vzorek s obsahem 60 g/l přidaného sušeného odstředěného mléka.
- Lze vypořadovat, že se vzrůstajícím obsahem přidané sušené hmoty nevzrůstá relativní lepivost vyrobených vzorků jogurtů, ale jejich výsledné hodnoty se pohybují v podobných hladinách.
- Kohezivnost se ve vzorcích s přídatkem sušeného odstředěného mléka celkem výrazně zvyšovala.
- Lze vypořadovat, že se vzrůstajícím obsahem přídatku sušené či demineralizované syrovátky nedochází k výrazným změnám v kohezivnosti vyrobených vzorků jogurtů.
- Sensorická analýza prokázala v konzistenci výrobků stupeň tuhosti standardní pro jogurt, chuť a vůně výrobků byla průměrně hodnocena jako příjemná, typická pro jogurt a většina výrobků prokazovala nepřítomnost cizích pachů a pachutí.

Závěrem lze konstatovat, že přídatky sušeného odstředěného mléka, sušené syrovátky nebo sušené demineralizované syrovátky ovlivňují výsledné texturní vlastnosti výrobků. V definovaných parametrech může být sušená syrovátka použita jako přídatek do kysaných mléčných výrobků a ovlivnit jejich pevnost s pozitivním výsledkem a prospěšným efektem.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BUŇKA, F. *Technologie výroby potravin živočišného původu II.*, 2007
- [2] FORMAN, L. *Mlékárenská technologie II.* 2nd ed. Praha: VŠCHT, 1996. ISBN 80-7080-250-2
- [3] FOX, P.F., MCSWEENEY, P.L.H. *Dairy Chemistry and Biochemistry.* Springer - Verlag, 2004. 478 s. ISBN 978-0-412-72000.
- [4] JOHNSON, B. U.S. whey products in snacks and seasonings [online]. Applications monograph. USA: U.S. Dairy Export Council, 2000.
Dostupné z www: <<http://www.usdec.org/library/PublicationsInfo.cfm?ProductType=Whey&mnItemNumber=82207&snItemNumber=82218&tnItemNumber=82261&Category=ApplicationMonographs>>
- [5] Dostupné na: <http://www.agronavigator.cz/az/>
- [6] Dostupné na: <http://www.biology.estranky.cz/clanky/vzorce-sloucenin/pismeno>
- [7] SUKOVÁ, I. *Syrovátka v potravinářství*, Informační přehled ÚZPI, Praha 2006. 60s. ISBN 80-7271-173-3
- [8] PEŠEK, M., Ed.; *Syrovátka a možnosti jejího využití ve výživě hospodářských zvířat*, Využitie vedľajších výrobkov mliekarenského priemyslu; 1989.
- [9] Dostupné na: http://is.muni.cz/th/176312/fsps_b/Bakalarska_prace-text.pdf
- [10] Dostupné na: http://biomikro.vscht.cz/biol2/documents/Biologie_potravin_a_surovin_zivocisneho_puvodu.pdf.
- [11] GAJDŮŠEK, S. *Laktologie*, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003
- [12] ČURDA, L. *Tvarohy a sýry*, Technologie potravin II, VŠCHT Praha, 2002
- [13] Anonym, FT UTB, *Mlékárenské technologie II*, Distanční text
- [14] KADLEC, P., MELZOCH, K., a kolektiv *Přehled tradičních potravinářských výrob*, Stran: 588, Vydal: Key Publ., ISBN: 978-80-7418-145-0, 2012
- [15] GAJDŮŠEK, S. *Mlékařství II*, Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně,

1999

[16] PIJANOWSKI, E. *Základy chemie a technologie mlékárstva*, Bratislava, 1978

[17] FORMAN, L., MERGL, M. a kol. *Syrovátka - její užití v lidské výživě a ve výživě zvířat*. Praha: VÚPP, 1979. 343s.

[18] ZIMÁK, E. *Technologie, SPŠ mlékárenské, obor zpracování mléka*. Praha: SNTL, 1982. 184s.

[19] KUMPRECHT, I., PROKOP, V., *Sušená syrovátka (soubor podkladů)*. Výzkumný ústav výživy zvířat Pohořelice: 1996. 20s.

[20] Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 77/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje.

[21] WOUREST JMT., AYAD E., HUGENHOLTZ J., SMIT G., *Microbes from raw milk for fermented dairy products*, International Dairy Journal, 2002, ISSN 0958- 6946.

[22] TAMINE A. Y., ROBINSON R. K. *Yoghurt Science and Technology*, Woodhead Publishing Limited, CRC Press, 2.vyd., 2001, 587s. ISBN 978-0-8493-1785-9

[23] DRDÁK M., STUDNICKÝ J., MÓROVÁ E., KOROVIČOVÁ J., *Základy potravinářských technologií*, Malé centrum, Bratislava 1996, ISBN 80-967064-1-1.

[24] KADLEC P., a kolektiv, *Technologie potravin II.*, Vydavatelství VŠCHT Praha, Praha 2007, ISBN 80-7080-510-2.

[25] BRINGER L., FERENČÍK M., KRAJČOVIČ J., *Beneficial Health Effects of Milk and Fermented Dairy Product*, Folia Microbiologica 2008, ISSN 0015-5632.

[26] TAMINE, ROBINSON'S *Yoghurt - Science and Technology*, England 1999, ISBN 978-1-61583-327-6.

[27] TEPLÝ M., *Čisté mlékařské kultury*, Nakladatelství technické literatury, Praha 1984,04-806-84.

- [28] ÖZEN, S.; ÖZILGEN, M. Effects of Substrate Concentration on Growth and Lactic Acid Production by Mixed Cultures of *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. 1992, 54, s. 57-61.
- [29] FARNWORTH, Edward R. *Handbook of fermented functional foods*. 2nd ed. Boca Raton : CRC Press, 2008. 581 s. ISBN 978-1-4200-5326-5
- [30] GÖRNER, F.; VALÍK, L'. *Aplikovaná mikrobiológia potravín*. Bratislava : MALÉ CENTRUM, 2004. 528 s
- [31] KLEEREBEZEM, M., HOL, P., HUGENHOLTZ, J. Lactic acid bacteria as acell factory: rerouting of carbon metabolism in *Lactococcus lactis* by metabolic engineering. *Enzyme and Microbial Technology*, 2000, vol. 26, s. 840-848.
- [32] CENTENO, J., CEPADA, A., RODRIGUEZ-OTEIRO, J. Lactic Acid Bacteria Iso-lated from Arzba Cows' Milk Cheese. *International Dairy Journal*, 1996, vol. 63 s. 65-78.
- [33] TILSALA-TIMISJÄRVI, A., ALATOSSAVA, T. Development of oligonucleotide primers from the 16S-23S rRNA intergenic sequences for identifying different dairy and probiotic lactic acid bacteria by PCR. *International Journal of Food Mikrobiology*, 1997, vol. 35, s. 49-56.
- [34] ROSENTHAL, A. J.: *Food Texture – Measurement and Perception*, A Chamman & Hall Food Science Book, Aspen Publishers, Inc., Gaithersburg, Maryland: 1999. ISBN 0-8342-1238-2.
- [35] CUNHA, C.R., VIOTTO, W.H.: Casein peptization, functional properties, and sensory acceptance of processed cheese spreads made with different emulsifying salts. *Journal of Dairy Science*. 2010, č. 75, s. 113-120.

- [36] ROSENTHAL, A. J.: *Food Texture – Measurement and Perception*, A
Chapman & Hall
Food Science Book, Aspen Publishers, Inc., Gaithersburg, Maryland, 1999,
ISBN 0-8342-1238-2
- [37] SEDLÁČEK, I.: *Taxonomie prokaryot*, Masarykova univerzita, 2007, stran 270,
ISBN 80-210-4207-9
- [38] HARPER, W. James: *Whey products as functional foods* [online]. 2009 [cit.
2011-03-18]. Dostupné z WWW: <[http://docs.google.com/viewer?
a=v&q=cache:HAN7Yp9__esJ:www.fst.ohio-state.edu/People/HARPER/Parke
r%20Chair/PwrPntPresentations/Whey%20Products%20as
%20Functiona
l%20Foods.ppt+WHEY+PRODUCTS+AS+FUNCTIONAL+FOODS+
-+james+Harper&hl=cs&gl=cz&pid=bl&srcid=ADGEESjLo9zqb2w3jeYamrn2
-9LLUNoPu3bqWfv5_5FMh8QJBPSB7h_M6ee1cpwih7MOJ2Z2MZiE2atpVa
GPxO3SKstJKnrkjV87QqNJUNknvuxUYNnG1qMxneo3B3UIFWYv1I7G7&si
g=AHIEtbQzeSOziIDh8rnNfJqFFODqxDS_Xg](http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:HAN7Yp9__esJ:www.fst.ohio-state.edu/People/HARPER/Parke%20Chair/PwrPntPresentations/Whey%20Products%20as%20Functiona%20Foods.ppt+WHEY+PRODUCTS+AS+FUNCTIONAL+FOODS+-+james+Harper&hl=cs&gl=cz&pid=bl&srcid=ADGEESjLo9zqb2w3jeYamrn2-9LLUNoPu3bqWfv5_5FMh8QJBPSB7h_M6ee1cpwih7MOJ2Z2MZiE2atpVaGPxO3SKstJKnrkjV87QqNJUNknvuxUYNnG1qMxneo3B3UIFWYv1I7G7&sig=AHIEtbQzeSOziIDh8rnNfJqFFODqxDS_Xg)>.
- [39] MUŽIKOVÁ, J., NEPRAŠOVÁ, M., FASCHINGBAUER H.: *Chemické listy*,
č. 106, str. 36-40, 2012
- [40] VYHLÁŠKA Č. 77/2003 Sb, kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné
výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, PŘÍLOHA 2
- [41] ŠIMONOVÁ, J., dostupné na: www.agropress.cz/bilkoviny_mleka.php
- [42] Zákon č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a
doplnění některých souvisejících zákonů
- [43] Dostupné na: <http://galenus.cz/aminokyseliny-obsah-aminokyselin-v-mlece.php>
- [44] LUKÁŠOVÁ, J.: *Hygiena a technologie mléčných výrobků*. Brno: Veterinární
a farmaceutická univerzita, 2001. 180 s. ISBN 80-7305-415-9

[45] Dostupné na: <http://www.czemp.cz/cs/membranove-procesy/tlakove-membranove-procesy>

[46] PALATÝ, Z., Ed.: *Membránové procesy*, VŠCHT Praha 2012, ISBN 978-80-7080-808-5

[47] HEJDOVÁ, A.,: *Chemické složení a vlastnosti sladké a kyselé syrovátky* [online]. Zlín : Fakulta Technologická, 2009. 51 s. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Dostupné z [www:<http://dspace.knihovna.utb.cz/bitstream/handle/10563/7843/hejdo_v%C3%A1_2009_bp.pdf?sequence=1>](http://dspace.knihovna.utb.cz/bitstream/handle/10563/7843/hejdo_v%C3%A1_2009_bp.pdf?sequence=1).

[48] ČEPIČKA, J., a kolektiv: *Obecná a potravinářská technologie*. 1. vydání. Praha : Vysoká škola chemicko-technologická, 1995. 246 s. ISBN 80-7080-239-1.

[49] Anonym, *Chemie mléka* [online]. 2005 [cit. 2011-03-14]. Lipidy mléka. Dostupné z: http://eso.vscht.cz/cache_data/1207/www.vscht.cz/tmt/studium/chemie_mleka/P405a_scr.pdf.

[50] Anonym, *Technologie mlékárenských výrob - 12* [online]. 2005 [cit. 2011-03-16]. Sušené mléčné výrobky. Dostupné na: http://eso.vscht.cz/cache_data/1206/www.vscht.cz/tmt/studium/tmv/tmv_podklad_y12.pdf.

[51] FOUNTOULAKIS, M., LAHM, H.W.: *Hydrolysis and amino acid composition analysis of proteins*. Journal of Chromatography A, 1998, 826, s. 109 –134

[52] LAZÁRKOVÁ Z.,: Dostupné na: http://dspace.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/10885/lazarkova1_2009_dp.pdf?Sequence=1

[53] Vyhláška č. 211/2004 Sb., o metodách zkoušení a způsobu odběru a přípravy kontrolních vzorků § 8

[54] www.probioticsnews.creativetesting.co.uk

[55] KLVÁČEK M.,: Dostupné na :

http://dspace.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/14868/klv%C3%A1%C4%8Dek_2011_bp.pdf?sequence=1

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ED Elektrodiálýza

NF Nanofiltrace

ČMK Čistá mléčná kultura

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Spojení membránových procesů při separaci mléčné syrovátky

Obrázek 2 *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*

Obrázek 3 *Streptococcus thermophilus*

Obrázek 4 Graf k vyhodnocení texturních vlastností jogurtů

Obrázek 5 Graf naměřených hodnot tvrdosti vzorků jogurtů s přidavkem sušeného odstředěného mléka

Obrázek 6 Graf naměřených hodnot relativní lepivosti vzorků jogurtů s přidavkem sušeného odstředěného mléka

Obrázek 7 Graf naměřených hodnot kohezivnosti vzorků jogurtů s přidavkem sušeného odstředěného mléka

Obrázek 8 Graf naměřených hodnot tvrdosti vzorků jogurtů s přidavkem sušené syrovátky

Obrázek 9 Graf naměřených hodnot relativní lepivosti vzorků jogurtů s přidavkem sušené syrovátky

Obrázek 10 Graf naměřených hodnot kohezivnosti vzorků jogurtů s přidavkem sušené syrovátky

Obrázek 11 Graf naměřených hodnot tvrdosti vzorků jogurtů s přidavkem sušené demineralizované syrovátky

Obrázek 12 Graf naměřených hodnot relativní lepivosti vzorků s přidavkem sušené demineralizované syrovátky

Obrázek 13 Graf naměřených hodnot kohezivnosti vzorků s přidavkem sušené demineralizované syrovátky

Obrázek 14 Graf senzoričkého hodnocení konzistence modelových vzorků jogurtů

Obrázek 15 Graf senzoričkého hodnocení chuti a vůně modelových vzorků

Obrázek 16 Graf senzoričkého hodnocení přítomnosti cizích pachů a pachutí modelových vzorků

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Typické složení sladké a kyselé syrovátky

Tabulka 2: Tabulka měřených hodnot pH modelových vzorků

Tabulka 3: Naměřené hodnoty celkového obsahu aminokyselin

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I Formulář sensorické analýzy

Příloha P II Srovnávací grafy naměřených hodnot texturních vlastností modelových vzorků

Příloha P I/1: Formulář sensorické analýzy

Senzorická analýza

Počet vzorků jogurtů – 12

Hodnotitelské schéma pro jogurt:

Konzistence výrobku:

1. velmi tuhá
2. tuhá
3. mírně tužší
4. tučnost standardní pro jogurt
5. mírně řidší
6. řidký
7. velmi řidký

Chuť a vůně výrobku:

1. velmi příjemná, typická pro jogurt
2. příjemná, typická pro jogurt
3. chuť a vůně mírně prázdňější
4. prázdňá chuť a vůně, stále však bez cizích pachů a pachutí
5. výrobek bez charakteristické chuti a vůně, mírný náznak cizích pachů a pachutí
6. výrobek s jasnou přítomností cizích pachů a pachutí
7. nevyhovující, nepříjemný výrobek

Přítomnost cizích pachů a pachutí:

1. výrobek naprosto bez cizích pachů a pachutí
- 2.
- 3.
4. mírný náznak cizích pachů a pachutí, stále však akceptovatelný výrobek
- 5.
- 6.
7. vysoká přítomnost cizích pachů a pachutí

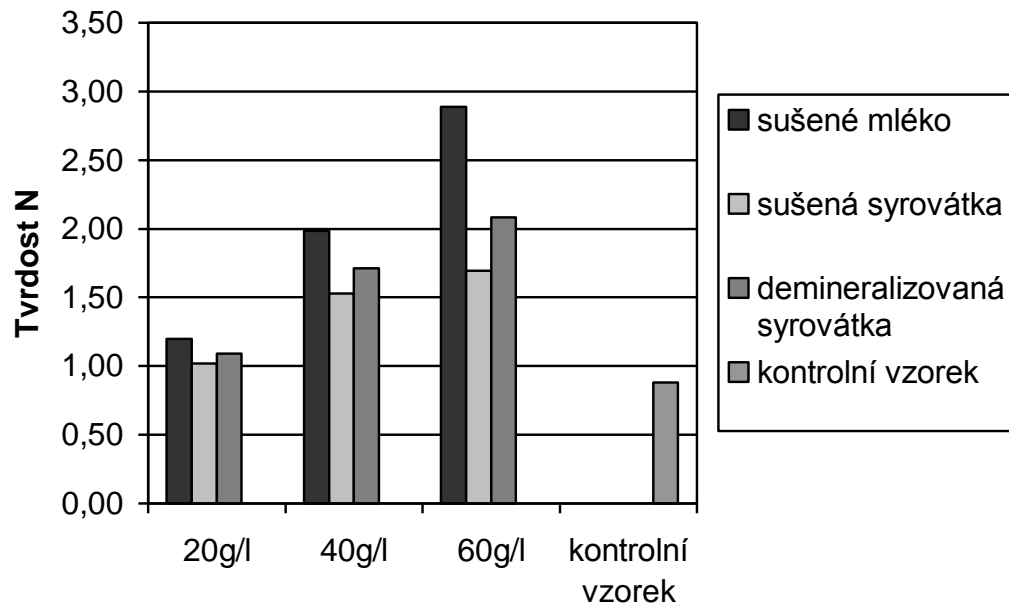
Příloha P I/2

Pro Vaše individuální posouzení použijte prosím SLOVNÍ NEBO ČÍSELNÉ hodnocení dle odpovídající charakteristiky uvedené na předchozím listě.

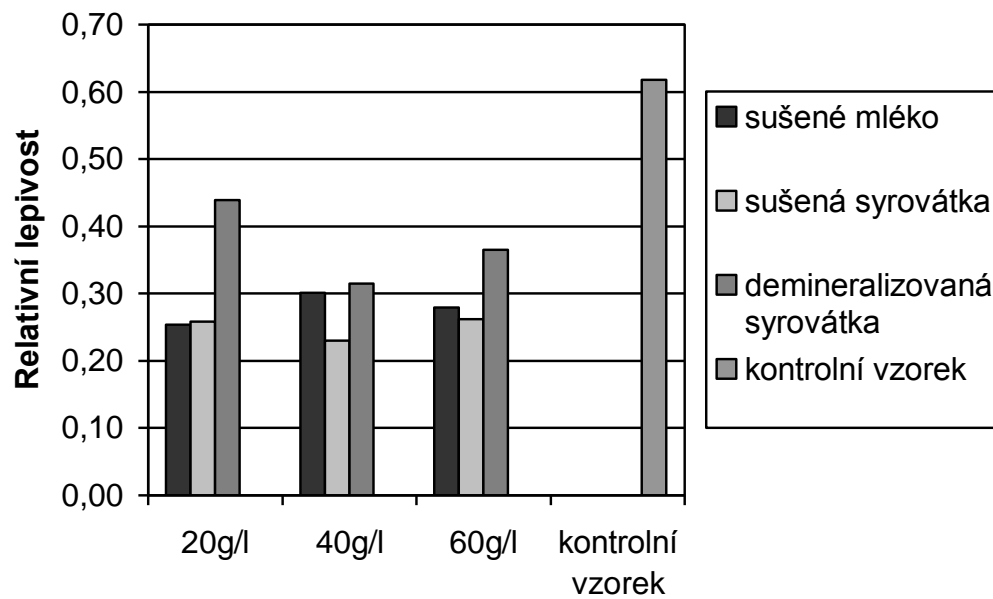
Záznam výsledků hodnocení s použitím stupnic:

VZOREK Č.	KONZISTENCE	CHUŤ A VŮNĚ	PŘÍTOMNOST CIZÍCH PACHŮ A PACHUTÍ
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			

Příloha P II/1 Srovnávací grafy naměřených hodnot

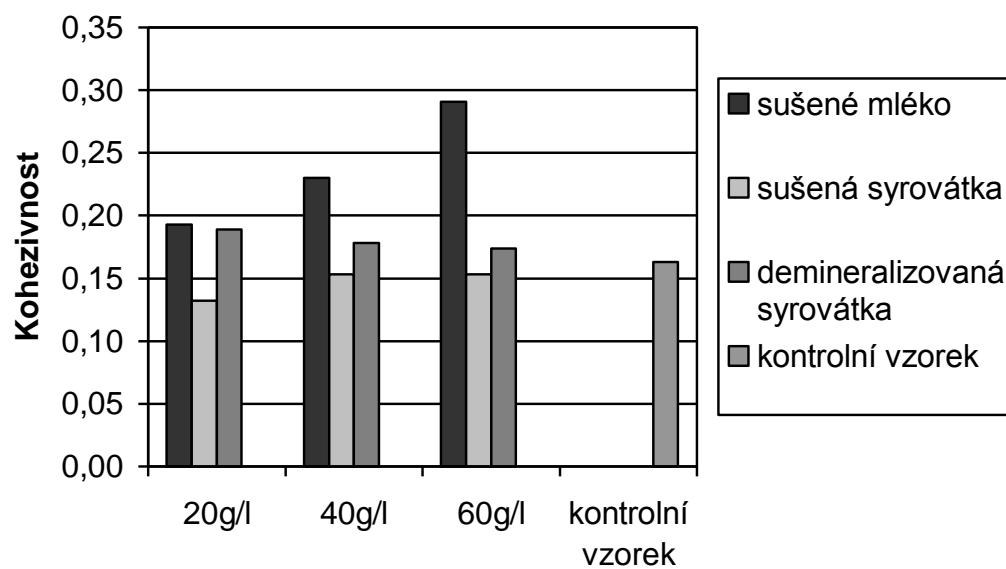


Obrázek 5 Srovnávací graf naměřených hodnot tvrdosti všech modelových vzorků



Obrázek 6 Srovnávací graf naměřených hodnot relativní lepivosti všech modelových vzorků

Příloha P II/2



Obrázek 7 Srovnávací graf naměřených hodnot kohezivnosti všech modelových vzorků

