

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA CHEMICKÁ

FACULTY OF CHEMISTRY

ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

VLIV OBSAHU SUŠINY NA PROFIL TĚKAVÝCH LÁTEK VYBRANÝCH KYSANÝCH MLÉČNÝCH VÝROBKŮ

EFFECT OF DRY MATTER CONTENT ON THE PROFILE OF VOLATILE SUBSTANCES OF SELECTED
FERMENTED MILK PRODUCTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jakub Kirchdorfer

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Eva Vítová, Ph.D.

BRNO 2023

Zadání bakalářské práce

Číslo práce: FCH-BAK1810/2022 Akademický rok: 2022/23
Ústav: Ústav chemie potravin a biotechnologií
Student: **Jakub Kirchdorfer**
Studijní program: Chemie a technologie potravin
Studijní obor: Potravinářská chemie a technologie
Vedoucí práce: **doc. Ing. Eva Vítová, Ph.D.**

Název bakalářské práce:

Vliv obsahu sušiny na profil těkavých látek vybraných kysaných mléčných výrobků

Zadání bakalářské práce:

- Zpracujte literární přehled dané problematiky:
 - jogurt – charakteristika, technologie výroby, sensorická kvalita, těkavé (aromatické) látky, nutriční význam
 - možnosti stanovení těkavých látek v jogurtu (SPME, GC–MS) – princip, popis, instrumentace; přehled aplikací
 - možnosti sensorického hodnocení jogurtu – princip, popis; přehled aplikací
- Optimalizujte a standardizujte postup výroby jogurtu
- Pomocí vybraných metod posuďte profil těkavých látek a sensorickou kvalitu vyrobených vzorků
- Diskutujte vliv obsahu sušiny na uvedené parametry

Termín odevzdání bakalářské práce: 22.5.2023:

Bakalářská práce se odevzdává v děkanem stanoveném počtu exemplářů na sekretariát ústavu. Toto zadání je součástí bakalářské práce.

Jakub Kirchdorfer
student

doc. Ing. Eva Vítová, Ph.D.
vedoucí práce

prof. RNDr. Ivana Márová, CSc.
vedoucí ústavu

V Brně dne 1.2.2023

prof. Ing. Michal Veselý, CSc.
děkan

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá výrobou jogurtů a jejich charakterizací z hlediska senzoričké kvality a profilu těkavých (aromatických) látek.

Teoretická část se zabývá charakterizací jogurtů, technologií jejich výroby, senzoričnou kvalitou a možnostmi stanovení těkavých látek ve vzorcích jogurtu.

V experimentální části byl nejprve optimalizován proces výroby vzorků tak, aby bylo dosaženo co nejlepší senzoričké kvality. Pro dosažení žádoucí husté konzistence jogurtu byl zvýšen obsah sušiny přidavkem sušeného odtučněného mléka a sušené syrovátky.

Pro senzoričké hodnocení byly použity grafické stupnice pro hodnocení vzhledu, barvy, konzistence, vůně a chuti, dále pořadový test a párová porovnávací zkouška. Z výsledků vyplývá, že v případě sušeného mléka došlo podle očekávání s vyšším přidavkem k zisku žádoucí hustší konzistence, vyšší přidavek navíc zjemňoval chuť a vůni jogurtu.

V případě sušené syrovátky se naopak s vyšším přidavkem hustota jogurtu snižovala, na chuť a vůni přidavek neměl významný vliv. Jako „optimální“ byly vybrány jogurty s přidavkem 6 % hm. sušeného mléka a 2 % hm. sušené syrovátky. Oba měly optimální konzistenci, příjemnou barvu, vůni a jemně kyselou chuť.

Pomocí metody HS-SPME-GC-MS byl stanoven profil těkavých látek; ve vzorcích bylo celkem identifikováno 16 sloučenin, převládaly ketony a kyseliny. Nejvíce zastoupenými sloučeninami byly diacetyl, acetoin, kyselina octová a kapronová. Z výsledků vyplývá, že přidavek sušiny neměl významný vliv na celkový profil těkavých látek ve vzorcích, nelze určit jednoznačný trend. Více patrný byl vliv na senzoričnou kvalitu vzorků, ani tady však výsledky nejsou jednoznačné. Někteří hodnotitelé sice preferovali hustou konzistenci jogurtu s přidavkem sušeného mléka, někteří však lepší chuť jogurtu s přidavkem sušené syrovátky.

KLÍČOVÁ SLOVA

Jogurt, aromatické látky, SPME, GC-MS

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the production of yogurt and its characterization in terms of sensory quality and volatile (flavour) profile.

The theoretical part deals with the characterization of yogurt, production technology, sensory quality, and possibilities of determination of volatile compounds in yogurt samples.

In the experimental part, the production process of the samples was first optimized to achieve the best possible sensory quality. To achieve the desired thick consistency of the yogurt, the dry matter content was increased by the addition of non-fat milk powder and whey powder.

For the sensory evaluation, graphical scales were used to assess appearance, colour, consistency, aroma, and taste, as well as a ranking test and a paired comparison test. The results showed that in the case of milk powder, as expected, the higher addition resulted in the desired thicker consistency, while the higher addition also softened the flavour and aroma of the yogurt.

In the case of whey powder, on the other hand, the density of the yogurt decreased with higher additions and the taste and flavour were not significantly affected. Yogurts with 6 % w/w milk powder and 2 % w/w whey powder were selected as “optimal”. Both had an optimum consistency, a pleasant colour and aroma and a slightly sour taste.

The volatile matter profile was determined by HS-SPME-GC-MS; a total of 16 compounds were identified in the samples, with ketones and acids predominating. The most abundant compounds were diacetyl, acetoin, acetic acid and caproic acid. The results show that the addition of dry matter did not significantly influence the overall profile of volatiles in the samples, no clear trend can be identified. The effect on the sensory quality of the samples was more evident, but even here the results are not conclusive. While some evaluators preferred the thick consistency of yogurt with the addition of milk powder, some preferred the better taste of yogurt with the addition of whey powder.

KEY WORDS

Yogurt, aroma compounds, SPME, GC-MS

KIRCHDORFER, Jakub. *Vliv obsahu sušiny na profil těkavých látek vybraných kysaných mléčných výrobků* [online]. Brno, 2023 [cit. 2023-04-09]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/148965>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie potravin a biotechnologií. Vedoucí práce Eva Vítová.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně, a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citoval. Bakalářská práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího bakalářské práce a děkana FCH VUT.

.....

Podpis studenta

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval své vedoucí bakalářské práce paní doc. Ing. Evě Vítové, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování této práce věnovala.

OBSAH

1	ÚVOD	9
2	TEORETICKÁ ČÁST	10
2.1	Mléko	10
2.1.1	Mléčný tuk	10
2.1.2	Mléčné bílkoviny	10
2.1.3	Mléčný cukr	11
2.1.4	Minerální látky	11
2.2	Fermentace	11
2.3	Fermentované mléčné výrobky	12
2.3.1	Bakterie mléčného kvašení	12
2.3.1.1	Rod Lactococcus	12
2.3.1.2	Rod Streptococcus	13
2.3.1.3	Rod Lactobacillus	13
2.3.1.4	Ostatní druhy kvasných bakterií	13
2.4	Jogurt	14
2.4.1	Jogurtové kultury	15
2.4.2	Jogurtové stabilizátory	15
2.4.3	Zdravotní benefity jogurtu	16
2.4.4	Technologie výroby jogurtu	16
2.4.5	Klasifikace jogurtů	17
2.4.6	Bulharský jogurt	19
2.5	Senzorická analýza	19
2.5.1	Senzorická analýza jogurtu	19
2.5.2	Těkavé látky v jogurtu	20
2.6	Stanovení tekavých látek v jogurtu	21
2.6.1	Mikroextrakce pevnou fází	21
2.6.2	Plynová chromatografie	21
2.6.2.1	Princip	22
2.6.2.2	Instrumentace	22
2.6.2.3	Plynová chromatografie s hmotnostním detektorem	24
3	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	26
3.1	Laboratorní vybavení a chemikálie	26
3.1.1	Přístroje	26
3.1.2	Pracovní pomůcky	26
3.1.3	Chemikálie	26
3.1.4	Plyny	26

3.1.5	Suroviny pro výrobu jogurtové kultury a jogurtů	26
3.2	Analyzované vzorky	26
3.2.1	Postup výroby jogurtové kultury	27
3.2.2	Postup výroby jogurtu	27
3.3	Senzorická analýza	27
3.4	Stanovení těkavých látek	28
3.4.1	Podmínky SPME extrakce.....	28
3.4.2	Podmínky GC-MS analýzy	28
3.5	Doplňkové charakteristiky.....	29
3.5.1	Stanovení titrační kyselosti	29
3.5.2	Reduktázová zkouška	29
3.5.3	Stanovení sušiny.....	29
3.6	Statistické zpracování výsledků.....	30
4	VÝSLEDKY A DISKUZE	31
4.1	Příprava jogurtové kultury	31
4.2	Ověření trvanlivosti jogurtové kultury	33
4.2.1	Reduktázová zkouška	34
4.3	Optimalizace výroby jogurtu	34
4.3.1	Senzorické hodnocení.....	35
4.3.2	Jogurty s přídavkem sušeného mléka.....	35
4.3.2.1	Vzhled a barva	35
4.3.2.2	Textura.....	35
4.3.2.3	Vůně.....	36
4.3.2.4	Chuť	36
4.3.3	Jogurty s přídavkem sušené syrovátky	37
4.3.3.1	Vzhled a barva	37
4.3.3.2	Textura.....	37
4.3.3.3	Vůně.....	38
4.3.3.4	Chuť	39
4.3.4	Srovnání vzorků jogurtů (sušené mléko vs. sušená syrovátka).....	39
4.3.5	Pořadový test	41
4.3.5.1	Jogurty s přídavkem sušeného mléka	41
4.3.5.2	Jogurty s přídavkem sušené syrovátky	42
4.3.6	Párová porovnávací zkouška	43
4.4	Stanovení sušiny optimálních vzorků.....	44
4.5	Výsledky stanovení těkavých látek optimálních vzorků	44

4.6	Vzorky jogurtů s cizí pachutí.....	47
4.6.1	Senzorické hodnocení jogurtů s cizí pachutí.....	47
4.6.2	Výsledky stanovení těkavých látek vzorků s pachutí.....	48
4.6.3	Srovnání vzorků jogurtů (s pachutí vs. bez pachuti).....	52
	ZÁVĚR	55
5	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	56
6	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	61
7	PŘÍLOHY	62

1 ÚVOD

Lidé se vyvinuli v souladu s přírodou a mezi prvními přírodními produkty, které člověk konzumoval, je mléko. Před domestikací zvířat měl člověk příjem mléka pouze v podobě mléka mateřského. Po domestikaci ovcí, koz a později krav, se stalo mléko významnou součástí lidské potravy.

Fermentace jako taková nebyla úmyslná, ale byl to následek špatného skladování nadojeného mléka. Konzumace fermentovaných mléčných výrobků měla velký dopad na vývoj kostry člověka. Měla vliv na tělesnou výšku, složení a tvrdost kostí, hmotnost těla i velikost mozku.

Velkou výhodou těchto výrobků je jejich delší trvanlivost. Byly a jsou také využívány pro své sensorické vlastnosti. Přesný původ a původní postup výroby je velmi těžké určit, avšak vědci se domnívají, že fermentované mléčné výrobky byly zřejmě první lidmi produkováné potraviny.

Díky nalezeným důkazům se lze domnívat, že mléko bylo kultivováno již před 8 000 lety. Důkazy, konkrétně o kefiru, byly nalezeny ve starověké Číně v hrobce z doby bronzové. První výrobky podobající se jogurtu byly zřejmě vyrobeny 5 000–6 000 př. n. l. v Mezopotámii. V současné době je konzumace těchto potravin hlavně spojena s jejich zdravotními benefity.

Cílem této bakalářské práce bylo zavést a standardizovat výrobu jogurtu v laboratorních podmínkách na FCH VUT a optimalizovat postup tak, aby bylo dosaženo co nejlepší sensorické kvality.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Mléko

Mléko je primárním zdrojem živin pro novorozence, kteří nedokáží strávit jinou potravu. Mléko je bílá nebo nažloutlá neprůhledná kapalina, jejíž hlavní složkou je voda (cca 90 % hm.). Ve vodě jsou rozpuštěny či rozptýleny složky sušiny [1]. Tato potravina je však také plnohodnotnou potravou pro dospělého člověka, jelikož obsahuje všechny potřebné živiny jako jsou minerální látky, vitaminy, tuk a snadno stravitelné bílkoviny [2]. V mléce nalezneme vysoké množství vápníku, hořčíku, selenu, riboflavinu, vitamínu B12 a B5. Mléko ostatních savců není doporučováno dětem, které jsou mladší než jeden rok, a to kvůli nízkému obsahu železa a kyseliny listové. Nutriční hodnota mléka se mírně liší na základě původu, zdravotního stavu zvířat, stáří či jejich potravy [3].

2.1.1 Mléčný tuk

Je klasifikován jako tuk živočišný vzhledem k jeho původu. Jelikož se však vlastnosti ostatních živočišných tuků liší častěji se užívá termín „mléčný tuk“. Obsah mléčného tuku v syrovém kravském mléce je od 3,2 % do přibližně 5 %. Nachází se v mléce jako útvary zvané tukové kuličky, ve kterých je tuk obalen tzv. membránou složenou z polárních povrchově aktivních látek, jenž přispívají ke stabilitě a tukové kuličky jsou jemně rozptýleny v mléce [1].

Složení mléčného tuku a jeho vlastnosti se mění. Rozdíly jsou v obsahu nasycených, nenasycených a polynenasycených mastných kyselin, díky čemuž se mění konzistence i nutriční složení mléka. Vyšším podílem nenasycených a polynenasycených mastných kyselin se obecně zvyšuje nutriční hodnota tuku. Tyto změny jsou závislé zejména na kvalitě krmiva, plemenu dojnic a ročnímu období. V létě je díky zelenému krmivu tuk bohatější na karotenoidy, a tudíž je žlutější barvy, je měkčí a lépe roztíratelný. V zimním období je tomu naopak [1].

Mléčný tuk obsahuje vitaminy rozpustné v tucích jako je vitamin A, D a v menším množství vitamin E. Zahrnuje komplex látek jako triacylglyceroly, fosfolipidy či jiné lipoidy. Kromě vitaminů obsahuje mléčný tuk i složky, které se chovají jako hormony, enzymy a další důležité látky pro organismus. V mléčném tuku se nachází cholesterol, jehož obsah se pohybuje v rozmezí 100–150 mg na 1 litr mléka. Je důležitý pro správnou funkci organismu a je nenahraditelnou součástí biomembrán, kde se podílí na látkové výměně. Je i prekurzorem pro syntézu vitamínu D [1].

Chut' a vůni mléčného tuku může ovlivnit prostředí, ve kterém jsou dojnice chovány, jelikož mléčný tuk má vysokou schopnost pohlcovat různé pachy z okolního prostředí. Vůni či chuť může ovlivnit i skladování mléka. Nutriční hodnota a sensorické vlastnosti mohou být sníženy díky zvýšenému obsahu volných mastných kyselin v důsledku rozkladu tuku. Ten se může rozložit vlivem slunečního záření, kontaktu mléka s kovy (železo, zinek) či při delším a nesprávném skladování mléčných výrobků [1].

2.1.2 Mléčné bílkoviny

Hlavními mléčnými proteiny jsou kasein a syrovátkové proteiny [3].

Kasein tvoří zhruba 78 % sušiny v kravském mléce. Může se vyskytovat ve formách α_{s1} , α_{s2} , β , κ [3]. Je důležitý jako zdroj aminokyselin, důležitých pro lidský vývoj [1].

Syrovátkové proteiny tvoří cca 17 % sušiny. Hlavními syrovátkovými proteiny jsou β -laktoglobulin, α -laktalbumin, sérový albumin a imunoglobuliny. Mezi méně zastoupené syrovátkové proteiny patří například laktoferin. Hlavním zdrojem syrovátkových proteinů je syrovátka, vedlejší produkt při výrobě sýrů. V dnešní době se však syrovátka dostává do popředí jako doplněk stravy pro sportovce [3].

2.1.3 Mléčný cukr

Laktóza patří mezi disacharidy a skládá se z glukózy a galaktózy. Sladivost tohoto disacharidu je nižší než glukózy nebo sacharózy. Laktóza má nižší rozpustnost, což se může při vyšších koncentracích projevit písčitou konzistencí výrobku. Její obsah v mléce se pohybuje v rozmezí 4,6–4,9 % [1].

Laktóza je substrátem pro řadu mikroorganismů. Její rozklad je základem pro výrobu sýrů a fermentovaných mléčných výrobků (viz kap. 2.3) [4].

U některých jedinců se může vyskytnout intolerance na laktózu, což je důsledkem nedostatku enzymu laktázy (β -galaktosidázy), který v tenkém střevě a žaludku štěpí laktózu na galaktózu a glukózu [1]. Při nedostatku či nepřítomnosti enzymu proběhne štěpení laktózy nedostatečně, a to může způsobit plynatost či průjemy [3]. Pro tyto jedince jsou vhodné fermentované mléčné výrobky, jelikož část laktózy je zde přeměněna na kyselinu mléčnou [1].

2.1.4 Minerální látky

Mléko je významným zdrojem minerálních látek, většina je rozpuštěna ve vodě, část z nich může být vázána na proteiny. V syrovém mléce minerální látky zaujímají 0,7–0,8 % celkového obsahu. V solených mléčných výrobcích se do těchto látek započítává i přidaná sůl. Tyto látky v organismu slouží jako stavební materiál, podílí se na regulaci životně důležitých funkcí; patří mezi ně vápník, hořčík, fosfor [1].

Mezi nejdůležitější patří vápník, který je důležitý pro správnou stavbu kostí, jeho nedostatek může způsobit závažná onemocnění jako je osteoporóza, poruchy srážlivosti krve a poruchy činnosti ledvin [1].

2.2 Fermentace

Fermentace je biochemický proces, při kterém je sacharidový substrát díky metabolické aktivitě mikroorganismů, jako jsou bakterie či kvasinky, přeměňován na jednodušší nízkouhlíkaté sloučeniny. Vznikají látky jako kyseliny, ethanol, oxid uhličitý a jiné plyny a mnohé další molekuly. Produkce kyselin má za následek snížení pH, čímž se limituje aktivita nežádoucích mikroorganismů [5].

Fermentace je považována za jednu z nejstarších metod úpravy potravin, datující se od neolitu přibližně 10 000 let př. n. l. a dodnes se používá v mnoha odvětvích potravinářského průmyslu, jako např. při výrobě piva, vína, octa, droždí apod. a především fermentovaných mléčných výrobků [5].

Za objev toho, jak fermentace funguje, se zasloužil francouzský chemik Louis Pasteur. Prokázal, že kvašení je životní projev mikroorganismů, a že různé mikroorganismy způsobují různé typy kvašení [5].

K fermentaci může být využívána široká škála mikroorganismů, vzhledem k zaměření této práce bude věnována pozornost bakteriím mléčného kvašení (viz kap. 2.3.1).

2.3 Fermentované mléčné výrobky

Fermentované mléčné výrobky (FMV) jsou produkty vyrobené z mléka nebo mléčných komponentů obsahující speciální kultury [6]. Řadí se mezi jedny z nejvíce konzumovaných a nejžádanějších potravin, jsou vyráběny z různých druhů mléka pocházejícího od domestikovaných zvířat [7]. Mléko jako takové patří mezi nejčastěji fermentovaný produkt [8].

Do skupiny kysaných mléčných výrobků se řadí všechny druhy mléčných produktů, které se připravují kvašením (fermentací) mléka. Kvašením se mění základní charakteristiky produktu a obohacují ho o sensorické vlastnosti. FMV jsou lépe stravitelné díky bakteriím mléčného kvašení, jež částečně natravují mléčnou bílkovinu. Díky použití mikroflóry z čistých mlékárenských kultur dochází často k vytváření látek typu antibiotik, které potlačují nežádoucí mikroflóru. Po léčbě pomocí antibiotik dochází k poškození střevní mikroflóry a některé fermentované výrobky dokáží tuto poškozenou mikroflóru obnovit [9].

Mikroorganismy využívané při výrobě FMV musí být živé a aktivní do data minimální spotřeby [6].

2.3.1 Bakterie mléčného kvašení

Bakterie mléčného kvašení (BMK) jsou bakterie, které produkují kyselinu mléčnou. Většina BMK jsou klasifikována jako heterotrofní chemoorganotrofové, což znamená, že získávají svoji energii a uhlík oxidací organických látek. Mohou být získány z různých přirozených zdrojů, jako je mléko či maso [10]. Jsou ve velké míře spojovány s fermentovanými potravinami a jsou považovány za zdravé prospěšné mikroorganismy. Některé druhy BMK jsou klasifikovány jako probiotické a mají pozitivní vliv na lidský organismus. Avšak některé druhy jsou naopak patogeny, jako někteří zástupci rodu *Streptococcus* nebo *Carnobacterium* [11].

Homofermentativním kvašením je více než 90 % sacharidového substrátu přeměněno na kyselinu mléčnou [10]. Mléčné kvašení zprostředkované těmito bakteriemi zlepšuje chuť a stravitelnost výrobků [12].

Heterofermentativním kvašením vzniká kromě kyseliny mléčné i množství dalších sloučenin, jako oxid uhličitý, ethanol, acetát aj. [11].

Mléčné bakterie jsou nyní rozděleny do 40 rodů, z nichž pouze 12 je považováno za vhodné pro fermentaci potravin [10]. Mají pozitivní vliv na lidské zdraví a užívají se jako probiotika, jsou spojovány s dlouhověkostí a zlepšením zdraví u lidí. Většina probiotik patří do čeledi *Bifidobacteriaceae* [13].

Při fermentaci mléka mohou být spolu s BMK použity i například kvasinky či dokonce plísně. Ty se většinou považují za nežádoucí kontaminanty, avšak některé druhy, jako například *Saccharomyces cerevisiae* či *Candida kefyr*, se používají pro přípravu měkkých sýrů a kefiru. Plísně jako je *Penicillium camemberti* či *Geotrichum candidum* se mohou použít při výrobě kefiru nebo finského viili [2].

2.3.1.1 Rod *Lactococcus*

Rod *Lactococcus* patří mezi homofermentativní BMK [10]. Řadí se mezi grampozitivní bakterie [11]. Vyžadují teplotu kolem 30 °C k optimálnímu růstu [10].

Mezi nejvýznamnější zástupce patří *L. lactis*, který je nejvíce používanou bakterií v průmyslu. Je základem smetanové (mezofilní) kultury používané pro výrobu sýrů

i fermentovaných výrobků po celém světě. Pro kultury je využíván jen *L. lactis* subsp. *lactis* a *L. lactis* subsp. *cremoris* [10]. Hlavním rozdílem mezi těmito poddruhy je tolerance soli a hydrolýza argininu typické pro *L. lactis* subsp. *lactis* [11].

2.3.1.2 Rod *Streptococcus*

Zástupci rodu *Streptococcus* patří mezi grampozitivní fakultativně anaerobní bakterie [11].

Tento rod obsahuje mnoho různých druhů, které obývají různá prostředí i lidský organismus, například dutinu ústní. Při fermentaci je využíván *Streptococcus thermophilus*, zástupce homofermentativních BMK. Bakterie tohoto rodu se podobají laktokokům svojí adaptací na prostředí mléka, *Streptococcus thermophilus* má však vyšší toleranci k teplotě; optimální teplota je 40 °C a dokáže přežít až při 60 °C [10].

Většina bakterií tohoto druhu jsou patogenní, *Streptococcus thermophilus* je jediným druhem, který byl klasifikován jako bezpečný. *S. thermophilus* dodává FMV texturu, chuť a vůni díky produkci těkavých látek jako jsou karboxylové kyseliny, aldehydy, ketony, alkoholy či estery [14].

2.3.1.3 Rod *Lactobacillus*

Bakterie rodu *Lactobacillus* jsou mikroaerofilní grampozitivní bakterie nacházející se v různých prostředích, včetně mléčných výrobků. V hojném množství se vyskytují v prostředích s velkým množstvím mikrobů jako jsou rostliny, půda či povrch sliznic u lidí [11].

V posledních letech bylo zjištěno přes 240 druhů a poddruhů rodu *Lactobacillus*, které mohou obývat rozmanitá prostředí. Některé druhy byly nalezeny v ovoci, mase, mléce, obilovinách či lidském těle, patří sem zástupci homofermentativního i heterofermentativního kvašení [10].

Druhy těchto bakterií byly součástí lidské potravy již od pravěku, a to z důvodu nesprávného skladování, kdy docházelo k samovolné fermentaci [11]. Jsou vhodné pro fermentaci potravin, kde jsou buď přidávány do startovacích kultur, avšak většinou jsou přítomné již v surovém materiálu [10]. Patří mezi nejvíce používané při výrobě FMV jako je jogurt, sýr a fermentovaná mléka. Používají se též při výrobě tradičního kimchi nebo kefiru. Využití mají i při výrobě kysaného zelí, nakládané zeleniny či kváskového chleba. Bakterie rodu *Lactobacillus* jsou komerčně využívány jako probiotika, jež jsou používána jako doplňky stravy v podobě kapslí, prášku či v probiotických potravinách, mezi které patří například jogurt [11].

Nejvíce používanými poddruhy při výrobě sýrů a jogurtu jsou *Lactobacillus helveticus* a *Lactobacillus delbreueckii* subsp. *bulgaricus* [10].

2.3.1.4 Ostatní druhy kvasných bakterií

Při fermentaci se nepoužívají jen BMK, ale i bakterie z dalších rodů, jako například *Acetobacter*, *Gluconobacter* a *Gluconacetobacter*. Tyto bakterie se využívají při ostatních druzích fermentace, konečnou látkou jejich metabolismu je kyselina octová [10].

Mezi bakterie, které dokážou při fermentaci produkovat kyselinu mléčnou, patří rody *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Fructibacillus* či *Carnobacterium*. Tyto rody patří mezi méně známé z několika důvodů: byly nově objeveny, rod obsahuje malé množství druhů, byly chybně označeny jako jiný druh bakterií nebo je obtížné je izolovat z jejich prostředí [11].

Některé další druhy, například *Bifidobacterium* dokáží produkovat kyselinu mléčnou, a tak mohou být využívány při výrobě FMV. Jsou využívány jako startovací kultury při výrobě jogurtu a také mohou být přidávány do probiotických doplňků stravy [10].

2.4 Jogurt

Podle české legislativy (vyhláška č. 397/2016 Sb.) je jogurt definován jako „kysaný mléčný výrobek získaný kysáním mléka, smetany, podmáslí nebo jejich směsi pomocí mikroorganismů uvedených v příloze č. 1 (symbiotická směs *Streptococcus thermophilus* a *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*), u kterého lze zvýšit obsah sušiny pouze přidáním mléčné bílkoviny, sušeného nebo zahuštěného mléka, nebo odebráním syrovátky, tepelně neošetřený po kysacím procesu“. U jogurtových výrobků mohou být kromě základní jogurtové kultury přidávány kmeny produkující kyselinu mléčnou a pomáhající dotvářet specifickou chuťovou nebo texturní charakteristiku výrobku. Musí však být zachován optimální poměr obou základních kmenů jogurtové kultury, tj. 1:1 až 1:2 (tyčinky:koky). Požadovaný obsah živých buněk je 10^7 v 1 g výrobku [15].

První jogurty pravděpodobně vznikly náhodně přirozenou fermentací BMK, které volně žily na kůži koz [4].

Kvůli své chuti a širokému využití je jogurt jedním z nejvíce konzumovaných FMV na světě [8]. Jeho spotřeba se zvyšuje na základě jeho výživové hodnoty a také díky jeho variabilitě [9]. Jako většina ostatních mléčných výrobků, je jogurt doporučován ve výživě pro obsah živin jako jsou esenciální aminokyseliny a další bioaktivní složky, například kyselina mléčná [8].

V jogurtu se nachází všechny vitaminy rozpustné v tucích, které jsou vzácně zastoupeny v potravě [8]. Jogurt je také považován za výborný zdroj vitaminů rozpustných ve vodě. Nejdůležitější jsou vitaminy skupiny B, jako je riboflavin, niacin, vitamin B6 a vitamin B12. Je přirozeným zdrojem prebiotik a probiotik [16]. Průměrné složení jogurtů je: 4,4 MJ energie, 35,5 g tuku, 56,4 g bílkovin, 124,6 g sacharidů, 2,06 g vápníku na 1 kg produktu [9]. Většina jogurtů obsahuje mezi 0,8 % až 1,0 % kyseliny mléčné a hodnota pH je pod 4,6. Při absenci sladidel se může pH zvýšit na hodnotu pod 5 [10].

Z hlediska konzistence je jogurt hladký viskózní rosolovitý mléčný výrobek. Tyto atributy jsou výsledkem fermentace mléka směsnou zákysovou kulturou. Při výrobě jogurtu dochází k přeměně laktózy na kyselinu mléčnou a mléko při určitém pH (izoelektrický bod kaseinu pH 4,6–4,9) koaguluje. Díky vzniklé kyselině mléčné je organismus schopen lepšího využití vápníku a fosforu [9]. Při výrobě jogurtu je možno použít plnotučné, polotučné či nízkotučné mléko [10].

Jogurt je vyráběn zaočkováním mléka specifickými kmeny bakterií a následnou fermentací při teplotě 42–43 °C ve fermentačním tanku. Kyselé prostředí o hodnotě pH 4–5 brání proliferaci a také vývinu patogenních bakterií [4].

Ve většině zemí se jogurt vyrábí fermentací bakteriemi rodu *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* a *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. (dále *Str. thermophilus* a *Lbc. bulgaricus*). Tyto dvě bakterie se často vyskytují spolu s dalšími mléčnými bakteriemi, jako například *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei* a bakterie z rodu *Bifidobacterium*, které mají vliv na lepší chuť a disponují zdravotními benefity. V USA a Evropě je produkt nazýván jogurtem, pokud finální výrobek obsahuje živé bakterie [4].

2.4.1 Jogurtové kultury

Kultury používané pro výrobu jogurtu jsou klíčovým aspektem při jeho výrobě. Vybraná kultura má vliv na barvu, chuť, vzhled, konzistenci a celkovou kvalitu výrobku [2, 10].

Standardní složení kultur je z bakterií *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* a *Streptococcus thermophilus*. Poměr těchto bakterií je většinou 1:1. I přes to, že tento poměr může být upraven, je důležité, aby při fermentaci jogurtu byly přítomny oba kmeny těchto bakterií, jelikož rostou nejlépe a nejrychleji v symbióze [10].

Lactobacillus bulgaricus produkuje aminokyseliny z kaseinu, díky čemuž je růst bakterií *Streptococcus thermophilus* stimulován. *Lactobacillus* převádí threonin na acetaldehyd, který dodává jogurtu jeho chuť. Naopak *Streptococcus thermophilus* napomáhá odstraňovat kyslík. Tím se snižuje pH a vytváří se kyselina mravenčí, což může mít za následek příliš velkou kyselost jogurtu [2].

2.4.2 Jogurtové stabilizátory

Pro vylepšení vlastností jogurtu lze přidat stabilizátor. Stabilizátory se obecně přidávají ke zlepšení textury, lepší vaznosti vody či vylepšení tepelné odolnosti [17].

Mezi běžně užívané stabilizátory patří škrob, želatina, guarová guma, pektin či xantanová guma [17].

Škrob

Škrob je hlavní zásobní polysacharid v hlízách a endospermu semen rostlin, kde se nachází ve formě granulí. Každá granule obsahuje několik milionů molekul amylopektinu, a ještě větší množství molekul amylozy. Nejvýznamnějším zdrojem škrobu je kukuřice. Dalšími běžně užívanými zdroji jsou pšenice, brambory, tapioka a rýže. Škrob je využíván, jelikož je levný a má univerzální použití jako zahušťovadlo, pojivo vody, stabilizátor emulzí či želírovací látka [17].

Želatina

Želatina se běžně používá jako stabilizátor jogurtů. Jedná se o bílkovinu, která se získává částečnou hydrolyzou kůže, kostí a pojivové tkáně skotu, prasat a některých ryb. Jedinečnou vlastností želatiny je její schopnost vytvářet čirý termoreverzibilní gel s bodem tání blízkým teplotě lidského těla. Proto se velmi dobře hodí do předem namíchaných jogurtů. Želatina vylepší schopnost udržet vodu v již předmíchaném jogurtu [17].

Guma guar

Jedná se o hydrát sacharidů získávaný z luštěniny *Cyamopsis tetragonolobus*. Rostlina, ze které se guma získává se pěstuje v oblastech Indie a Pákistánu. Sklízí se její semeník. Použitelná složka produktu se poté rozemele a proseje. Guma má vynikající schopnost zadržovat vodu a je příjemná v ústech. Guarová guma je relativně levná. Při nadměrném množství může guma způsobit slizkou strukturu a klouzavý pocit v ústech. Vysoké množství je také příčinou výrazné „fazolové“ chuti. Při nedostatečném vyčištění při její přípravě může hotový výrobek obsahovat nežádoucí tmavě zbarvené skvrny [17].

Pektin

Nejčastěji se pektin získává ze slupek citrusových plodů, jako je citron, pomeranč, limetka a grapefruit. Pektin lze také získat z jablečných výlisků. Z původního zdroje se získává rozemletím, extrakcí vodou a kyselinou a poté vysrážením pomocí alkoholu. Poté se usuší a namele. Pektin je mnohými považován za zcela přírodní a je oblíbeným stabilizátorem jogurtů. Použití pektinu jako stabilizátoru v jogurtu obvykle zajišťuje příjemnou pudinkovou konzistenci [17].

Xantanová guma

Xantanová guma je polysacharidová guma, která se vyrábí fermentací sacharidů v čisté kultuře bakterií *Xanthomonas campestris*. Po fermentaci následuje sterilace a srážení hledané složky alkoholem. Poté se směs odstředí, usuší a namele. Xantanová guma je rozpustná ve studené vodě. Je stabilní při zmrazování a rozmrazování. Jako stabilizátor jogurtů se příliš nepoužívá, protože má tendenci způsobovat zrnitost [17].

2.4.3 Zdravotní benefity jogurtu

Jogurt je považován za potravinu s mnoha pozitivními účinky na lidské zdraví [16]. Obyvatelé Asie a Středního východu konzumovali jogurt již před tisíci lety, a to kvůli jeho pozitivním zdravotním účinkům. Pozitivní účinky jogurtu a FMV byly známy po celém světě, v minulosti byly předepisovány jako léčivo při průjmech a zažívacích potížích [18].

Při použití probiotických kultur může jogurt pomoci při prevenci proti rakovině, díky inhibici karcinogenů. Konzumace jogurtu snižuje riziko výskytu cukrovky 2. typu a zlepšuje i inzulinovou rezistenci. Jogurt, jako zdroj důležitých živin, zlepšuje zdravotní stav kostí z hlediska hladiny vápníku, hořčíku, zinku či fosforu [16].

Jogurt je obecně považován za zdroj kvalitních bílkovin. Je lépe stravitelný než samotné mléko díky bakteriálnímu natrávení mléčných proteinů [16]. Může také napomoci při potížích týkajících se zažívacího traktu. Dalším z benefitů konzumace jogurtu je snížení cholesterolu v krvi a tím snížení rizika infarktu [16].

2.4.4 Technologie výroby jogurtu

Výroba jogurtu se datuje několik tisíc let zpátky a postupy výroby se předávaly z generace na generaci [19].

Při výrobě jogurtu je důležitý výběr mléka, které nesmí obsahovat vysoké množství bakterií, stopy po antibiotikách nebo chemikáliích. Mléko nesmí být zkažené, získané od nemocných zvířat či být kontaminováno bakteriofágy [4].

Většina jogurtových kultur obsahuje směs bakterií *Streptococcus thermophilus* a *Lactobacillus bulgaricus*. I přes to, že obě bakterie dokáží růst jednotlivě, využívají se společně kvůli vyšší produkci kyseliny mléčné. Tyto bakterie jsou zodpovědné za typickou jogurtovou chuť a pokles pH. Bakterie rodu *Streptococcus* snižují hodnotu pH na 5 a bakterie rodu *Lactobacillus* na hodnotu pH 4. Chuť ovlivňují zejména produkty fermentace jako je kyselina mléčná, acetaldehyd, kyselina octová a diacetyl [4].

Jogurt lze vyrobit z jakéhokoliv mléka s různým obsahem tuku, ale obvykle se vyrábí z kravského mléka. Mléko je standardizováno k dosažení požadovaného obsahu tuku a sušiny. V tanku jsou přimíchány případné ingredience a směs je pasterována [4]. Pasterace probíhá

po dobu 30 minut při 85 °C nebo 1 minutu při 90–95 °C [18]. Vysoký záhřev zničí živé nežádoucí mikroorganismy, ale ničí i spory termofilních bakterií. Při záhřevu dochází k téměř 100 % denaturaci syrovátkové bílkoviny a tím ke zlepšení viskozity [10]. Jakmile směs po pasteraci vychladne na teplotu 40–45 °C, je přidána jogurtová kultura [18]. Kultivace se provádí ve fermentačním tanku v rozmezí 4 až 6 hodin při teplotě okolo 43 °C. Většinou je však teplota zvýšena na 44 °C a díky tomu je růst mikroorganismů rychlejší, což má za následek sladší chuť jogurtu. Díky zvýšení teploty se dosáhne husté konzistence za kratší dobu [4]. Je sledována hodnota pH, která se obvykle pohybuje okolo 4,5. Poté je produkt promíchán a zchlazen [18]. Zchlazení probíhá co nejrychleji kvůli zastavení fermentace. Rychlé zchlazení je důležité i z hlediska kyselosti výsledného produktu. Po vychlazení může být přidáno ovoce či jiné přísady. Po jejich přidání se jogurt zabalí a je uchováván při nízké teplotě (<6 °C) k zajištění delší trvanlivosti [4].

2.4.5 Klasifikace jogurtů

Podle české legislativy (vyhláška č. 397/2016 Sb.) se jogurty jednoduše dělí na bílé (obsah tuku <10 % hm., tukuprostá sušina min. 8,2 % hm.), smetanové a bílé smetanové (obsah tuku min. 10 % hm.) a jogurtové mléko (obsah tuku min. 0,5 % hm., tukuprostá sušina min. 8 % hm.) [15]; nicméně v zahraniční literatuře lze najít široké spektrum různých typů jogurtů, které se postupně objevují i na našem trhu a získávají na oblibě spotřebitelů.

Jogurty se rozdělují do kategorií podle kultury, která je při výrobě použita, a to na jogurt se standardní kulturou a bio jogurty či probiotické jogurty [16].

Standardní jogurty obsahují bakterie *Lactobacillus bulgaricus* a *Streptococcus thermophilus*, které stimulují střevní mikroflóru [19].

Bio jogurty jsou vyráběny pomocí kultury s dalšími prospěšnými mikroorganismy, které se vyznačují mnoha pozitivními účinky na organismus člověka především bakterie rodu *Bifidobacterium* a *Lactobacillus acidophilus*. Na rozdíl od klasických jogurtových kultur, jsou tyto považovány za bakterie se specifickým vlivem na střevní mikroflóru [19]. Bio jogurty jsou populárnější díky své krémovější a jemnější chuti, která je méně kyselá [16].

Na základě chemického složení

Podle obsahu tuku se jogurty dělí na nízkotučné, odtučněné jogurty a „klasické“ [16]. Klasické jogurty jsou vyráběny z plnotučného mléka, které by mělo obsahovat alespoň 3,25 % mléčného tuku. Nízkotučné a odtučněné jogurty jsou vyráběny z mléka s nízkým obsahem tuku či mléka odtučněného [19].

Na základě fyzikální povahy

Z hlediska konzistence se jogurty dělí na tuhé, polotekuté a tekuté. Tuhé jogurty jsou inkubovány a chlazené ve finálním balení [16]. Jejich konzistence připomíná tuhé želé. Polotekuté a tekuté typy jogurtu či jogurtové nápoje jsou připravovány inkubací v tanku, kde se poruší jejich konzistence mícháním, chlazením a následným balením [19].

Na základě příchutě

Příchutě jsou do jogurtu přidávány na základě požadavků zákazníků. Příchutě mohou být přidány před nebo po homogenizaci. Jogurty dělíme na jogurty bez příchutě, ovocné a s jinou příchutí [16].

Jogurty bez příchutě jsou nejjednodušší na přípravu, kde se jogurt skládá z mléka a kultury, která jogurtu dodá texturu a chuť. Do těchto druhů jogurtů nejsou přidávána žádná barviva či sladidla. Tyto jogurty mají čistou jogurtovou chuť a obsahují největší množství vápníku [19].

Přidáním ovocné složky nebo jiné příchutě může být zvýšena sladkost a zlepšena chuť jogurtu [16]. Jsou dostupné v množství různých variant. Jako příchutě se mohou přidat jablka, třešně, maliny, broskve aj. Do těchto typů jogurtů se přidávají kromě ovoce i cereálie, čokoláda, vanilka nebo karamel [19].

Jogurty balkánského typu

Jogurt balkánského typu je také známý díky své husté textuře a je vyráběn po malých individuálních várkách; mléko zaočkované kulturou se nechá fermentovat alespoň po dobu 12 hodin bez míchání. Doba se odvíjí od požadované hustoty [19]. Díky tomu získá jogurt svoji hustou a krémovou konzistenci. Tento typ jogurtu je používán při přípravě balkánských masových pokrmů, kde má nahradit zakysanou smetanu. Je používán jako dressing na saláty nebo je konzumován samotný či s příměsí různého ovoce, ořechů či medu [16].

Jogurty řeckého typu

Tento typ jogurtu je také nazýván Středozevní typ. Je hustý a krémový a při jeho výrobě se využívá kondenzované mléko nebo je vyráběn ze syrovátky, precedené z čistého jogurtu [16]. Díky své konzistenci je odolnější vůči teplotě, používá se např. pro výrobu tradičního řeckého pokrmu „tzatziki“. Řecký jogurt je zdrojem nasycených tuků a je bohatým zdrojem vitamínu A [16]. Jogurty řeckého typu jsou dostupné buď jako plnotučné či polotučné jogurty [19].

Jogurty francouzského typu

Tento typ jogurtu je vyráběn přímou kultivací v hrnci podle tradiční francouzské receptury, a tak získává pudinkovou strukturu. Jogurty tohoto typu obsahují velké množství vitamínu A, železa a bílkovin a mohou být zdobeny ovocem, z něž dostává jogurt svoji příchutě [16].

Ovocné jogurty

Jogurty obsahující ovoce se dělí na dva druhy. Buď je ovoce umístěno na dně nádoby, nebo je rovnoměrně zamícháno do obsahu jogurtu (tzv. švýcarský typ jogurtu) [16].

Nemléčné jogurty

Pro jedince s alergií na mléčné výrobky, které jim způsobují zažívací potíže, byly vytvořeny nemléčné jogurty. Tyto jogurty jsou náhražkou pro vegetariány či vegany nebo osoby, které nekonzumují mléčné výrobky kvůli náboženství. Jsou vyráběny např. ze sóji. Obsah živin v těchto jogurtech je stejný jako u jogurtů, díky obohacení výrobků o vitamin D a vápník. Při výrobě může být využíváno i živých kultur na fermentaci [16].

2.4.6 Bulharský jogurt

Tradiční bulharský jogurt je vyráběn za přítomnosti pouze dvou bakterií *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* a *Streptococcus thermophilus* (standardně v poměru 1:2 až 1:5). Obvykle se tento jogurt připravuje z kravského mléka, ale jsou známy i varianty ze zubřího, kozího či ovčího mléka. Barva bulharského jogurtu je bílá až nažloutlá a vrchní vrstva je pokryta viditelnou tukovou vrstvou. Konzistence jogurtu závisí na použitém mléce, při použití mléka od zebra či ovce má jogurt krémovou homogenní či zrnitou konzistenci. Použité mléko také dodá bulharskému jogurtu jeho charakteristickou chuť a aroma [12].

Syrové mléko je při přípravě bulharského jogurtu přefiltrováno kvůli oddělení nežádoucích částic, poté je homogenizováno a pasterováno při teplotě 93–95 °C po dobu 3–5 sekund [12].

Po pasteraci dojde k ochlazení na 45–50 °C a zaočkování startovací kulturou v množství 0,5–2 %. Ještě horké naočkované mléko je přelito do nádob či do obalů a poté je ponecháno při teplotě 42–45 °C po dobu cca 4 hodin. Finální produkt je ochlazen na 6–12 °C a je možno ho skladovat až 21 dní [12].

2.5 Senzorická analýza

Senzorická analýza je hodnocení potravin lidskými smysly, a to včetně zpracování centrálním nervovým systémem [20]. Zjišťují se senzorické (organoleptické) vlastnosti produktu jako je chuť, vůně, konzistence. Výsledky analýz se poté buď dají použít samostatně k hodnocení jakostních ukazatelů, avšak často se kombinují a slouží k vyhodnocení celkové jakosti potravin [21]. Hodnocení probíhá za podmínek, které poskytují objektivní, přesné a opakovatelné výsledky [20].

2.5.1 Senzorická analýza jogurtu

Pro senzorickou analýzu jogurtů je kromě samotné výroby vzorků, důležitý výběr správného prostředí a osvětlení. Světlo by mělo být přírodní, jelikož by mohlo dojít ke zkreslení hodnocení. Důležitým aspektem souvisejícím s prostředím je zajištění místnosti bez hluku a nežádoucích zápachů, které by také mohly ovlivnit výsledné hodnocení [17].

Při hodnocení jogurtu se hodnotí aspekty, jako je celkový vzhled jogurtu, vůně, struktura, chuť, pocit v ústech a chuť po požití [22].

Prvním zaznamenaným údajem je čas, kdy je výrobek umístěn na desku, protože jogurt zahříváním mění svůj vzhled. K většině vizuálních změn dochází po více jak 15 minutách je-li jogurt ponechán při pokojové teplotě [17].

Vzhled u většiny druhů jogurtů připomíná hustší pudink. Textura může být popsána jako heterogenní, kompaktní či hrudkovitá, hustá nebo s přítomností bublinek. Dále si je třeba všimnout, zda se neobjevují barevné pruhy či jakékoliv neobvyklé barvy. Při analýze ochucených jogurtů, například s přídavkem borůvek, by barva měla být odpovídající barvě čerstvých borůvek. Pokud je barva jogurtu velmi bledá nebo extrémně tmavá, je charakterizována jako "atypická" [17]. Při hodnocení barvy neochucených jogurtů může být barva popsána jako nažloutlá či jogurtově bílá [22].

Vůni lze popsat jako sladká, ovocná v případě přidaného ovoce, ostrá, kyselá, s příchutí syrovátky, mléčná či dokonce s cizí vůní [22].

Při vložení lžičky jogurtu do úst se také pozoruje, jak se jogurt lepí na jazyk a stěny úst. Zjišťuje se, jak rychle se jogurt při pohybu v ústech rozplyne na jazyku. Tím se určuje,

zda je výrobek hodnocen jako tzv. slabý, což znamená, že má nízký obsah sušiny, a proto se chuť rozptýlí rychleji. Po zaznamenání textury a pocitu v ústech se rozpoznávají první vnímané chutě [17]. Chuť lze podobně popsat jako vůni, tedy sladká, jogurtová, kyselá, hořká či bez příchutě [22].

Jedním z prvních pozorovatelných vjemů je kyselost jogurtu. Zpozorování příliš vysoké kyselosti či sladkosti může způsobit, že tyto chuťové tóny budou až příliš silné. Na začátku degustačního cyklu mohou být zaznamenány také silné vedlejší pachutě, jako je oxidovaná, cizí, nečistá nebo kvasinková [17].

Doporučuje se jogurt nepolykat, ale vyplivnout. Chuť tedy v ústech nezůstane dlouhou dobu. Po kyselém a sladkém vjemu jsou dalšími vnímanými chutěmi vařená, příliš vysoká příchutě, nízká příchutě a některá z příchutí stabilizátorů [17]. Díky chuti lze charakterizovat i chuť po požití, která může být mléčná, kyselá, hořká nebo mít pachutě po zkysaném mléce. Pocit v ústech lze popsat jako hutný či tuhý, hrudkovitý, zrnitý, krémový či slizký [22].

Na konci hodnocení jsou zaznamenány i některé nepříjemné příchutě, jako je žluklá či hořká. Jsou také zaznamenány konzervační látky, které jsou vnímatelné po vyplivnutí jogurtu a obvykle jsou doprovázeny pálením uprostřed a vzadu na jazyku [17].

2.5.2 Těkavé látky v jogurtu

Senzorické vlastnosti jogurtu z jisté části závisí na rovnováze látek pocházejících z tuku, bílkovin a sacharidů v mléce. Na chuti jogurtu se podílí kyselina mléčná a široké spektrum aromatických sloučenin dle Tabulky 1. Ty zahrnují těkavé látky přítomné v mléce a specifické sloučeniny vznikající při fermentaci. V jogurtu bylo dosud identifikováno více než 90 různých těkavých látek, mezi které patří alkoholy, aldehydy, ketony, kyseliny, estery či sloučeniny obsahující síru [23].

Těkavé látky se mohou při skladování jogurtu měnit, změny mohou nastat kvůli mikrobiálním, enzymatickým nebo chemickým reakcím. Ty probíhají během skladování jogurtu a mohou změnit jeho fyzikální, chemickou i mikrobiologickou strukturu, a způsobit tak jeho zkažení. Vznik vedlejších produktů může vést k nepříjemným chutím a tím výrobek nevyhovuje spotřebitelům [23].

Tabulka 1: Těkavé látky v jogurtu [23]

Karboonylové sloučeniny	acetaldehyd, aceton, propan-2-on, butan-2-on, diacetyl, acetoin, 3-methylbutanal, pentan-2,3-dion, hexanal, hexan-2-on, heptanal, nonanal, nonan-2-on, pentan-2-on, heptanon, 3-octan-3-on, oct-1-en-3-on, nonanon, undekan-2-on, γ -dodekalakton, δ -dodekalakton, 2-fenylacetaldehyd
Alkoholy	ethanol, pentan-1-ol, heptan-2-ol, okt-1-en-3-ol, oktan-2-ol, okt-1-en-3-ol, guajakol
Estery	ethyl acetát, ethyl butanoát, ethyl hexanoát, ethyl octanoát, butyl acetát
Kyseliny	kyselina octová, kyselina propionová, kyselina máselná, kyselina izobutyrová, kyselina 3-methylbutanová, kyselina kapronová, kyselina kaprylová, kyselina kaprinová
Sírné sloučeniny	dimethyl sulfid, dimethyl disulfid, dimethyl trisulfid, methional, S-methyl thioacetát
Dusíkaté sloučeniny	N,N-dimethylformamid, laktamid, N-ethylanilin
Uhlovodíky	heptan, methylcyklohexan, nonan, undekan

2.6 Stanovení tekavých látek v jogurtu

2.6.1 Mikroextrakce pevnou fází

Solid-phase microextraction (SPME) neboli mikroextrakce pevnou fází je v současnosti jednou z nejčastěji používaných extrakčních technik v analytické chemii. Lze ji využít v různých oblastech, například v environmentálních aplikacích, potravinářském, klinickém či toxikologickém výzkumu. Mezi nejčastěji analyzované typy potravin, k identifikaci aromatických látek, patří víno, ovoce či zelenina, mléčné výrobky, maso, koření, tuky a oleje, obiloviny nebo pečivo [24].

Nejdůležitější částí zařízení SPME je vlákno umístěné ve stříkačce. Vlákno je vyrobeno z taveného oxidu křemičitého potaženého tenkou vrstvou vhodného sorbentu či imobilizované kapaliny [25]. Typ používaného vlákna závisí na povaze analyzované složky a je třeba jej před každou analýzou vyčistit, kvůli případným kontaminantům, které by mohly způsobit vysoké pozadí na chromatogramu [26, 27].

Ve většině případů se extrakce provádí přímým ponořením vlákna do vzorku. Možnou alternativou je extrakce „headspace“, čehož se využívá při analýze pevných vzorků či vzorků, které by mohli kontaminovat vlákno, kam patří biologické a petrochemické vzorky [25].

Princip SPME spočívá v rozdělovacím mechanismu a dosažení rovnovážného stavu analytu mezi analyzovaným vzorkem a ostatními složkami v systému [25].

Po extrakci vzorku je vlákno vloženo do injektoru měřícího zařízení, kde dochází k desorpci analytů. Měřícím zařízením může být plynový nebo kapalinový chromatograf [25].

2.6.2 Plynová chromatografie

Plynová chromatografie (Gas Chromatography – GC) je široce používaná analytická technika, která se využívá k separaci a analýze plyných a těkavých sloučenin. Jedná se o velmi citlivou a rychlou metodu. Složky vzorku jsou separovány mezi mobilní a stacionární fází [27].

Mobilní fáze je chemicky inertní plyn, sloužící k přenosu molekul analytu zahřátou kolonou. Plynová chromatografie je jednou z chromatografií, při které molekuly analytu neinteragují s mobilní fází. Při chromatografii plyn-pevná látka (GSC) je stacionární fází pevný adsorbent. Když je mobilní fází kapalina na inertním nosiči, označujeme chromatografii jako plyn-kapalina (GLC) [28].

2.6.2.1 Princip

V plynové chromatografii je vzorek zplyněn a vstříknut na kolonu chromatografu. Eluce je umožněna díky proudem inertní mobilní fáze, tedy plynu [29].

Ve stacionární fázi se více rozpustné částice pohybují pomaleji a méně rozpustné složky putují rychleji [26].

Při separaci sloučenin v chromatografii plyn-kapalina se vzorek roztoku, obsahující požadované sloučeniny, vstříkne do injektoru, kde se následně odpaří. Odpařený vzorek je následně přenášen inertním plynem. Jako inertní plyn se nejčastěji využívá helium nebo dusík. Plyn prochází kolonou naplněnou stacionární fází [28].

Typický plynový chromatograf se skládá z injektoru, kolony, zařízení pro řízení průtoku nosného plynu, peci a ohříváčů pro udržování požadované teploty injektoru a kolony, detektoru, integrátoru a zapisovače [28].

2.6.2.2 Instrumentace

Injektor

Injektor je důležitý pro zavedení vzorku na začátek kolony. Moderní techniky často využívají vyhřívané porty. Těmi je možno vstříkovat vzorek a následně ho rychle odpařit. Většina separací vyžaduje pouze malou část původního objemu vzorku a k odvedení přebytečného vzorku do odpadu se používá rozdělovač vzorku (tzv. „splitr“) [28]. Při nástřiku velkého množství vzorku by mohlo dojít ke špatnému rozlišení [27].

Komerční plynové chromatografy často umožňují jak split, tak splitless nástřik při střídání náplňových a kapilárních kolon [28]. Injektor obsahuje vyhřívanou komoru se skleněnou vložkou, do které se přes septum vstříkuje vzorek (několik μl). Nosný plyn vstupuje do komory a je následně odsáván. Vzorek se odpařuje za vzniku směsi nosného plynu, rozpouštědla a rozpuštěné látky. Část směsi vstupuje do kolony, ale většina odchází výstupem [27]. Odpařovací komora se většinou zahřeje o 50 °C nad nejnižší bod varu vzorku a následně se mísí s nosným plynem. Ten poté dopraví vzorek do kolony [28].

Nosný plyn

Nosný plyn hraje důležitou roli v plynové chromatografii a liší se v závislosti na používané GC. Plyn musí být suchý, bez kyslíku a chemicky inertní, aby mohl být použit jako mobilní fáze [28].

Nejčastěji používané je helium, jelikož je bezpečnější než vodík. Ve srovnání s vodíkem co do účinnosti, má větší rozsah průtoků a je kompatibilní s mnoha detektory. V závislosti na požadované účinnosti a detektoru se používají také dusík a argon. Vodík a helium se běžně používají u většiny tradičních detektorů, jako je plamenový ionizační a elektronový záchyt. Poskytují kratší dobu analýzy a nižší teploty eluce vzorku. Vodík nebo helium poskytují

nejvyšší citlivost při použití tepelně vodivostního detektoru, protože rozdíl v tepelné vodivosti mezi organickými parami a vodíkem či heliem je větší než u jiných nosných plynů. V jiných detektorech, jako je hmotnostní spektrometrie (MS), se kromě helia používá dusík či argon. Ty mají větší výhodu než vodík nebo helium díky své vyšší molekulové hmotnosti, díky čemuž se zvyšuje účinnost vývěvy [28].

Nosné plyny jsou většinou k dispozici v tlakových nádobách a ke kontrole průtoku se používají regulátory tlaku, manometry a průtokoměry. K minimalizaci tlakových výkyvů a ke sledování průtoku plynu je nutné použít dvoustupňovou regulaci tlaku. Pro sledování průtoku plynu je také využíván regulátor průtoku nebo tlaku na nádrži i na vstupu plynu. Nosný plyn se před vstupem do odpařovací komory přehřívá a filtruje molekulárním sítem, za účelem odstranění nečistot a vody [28].

Termostat

Termostat slouží k regulaci teploty kolony s přesností na několik desetin stupně. Díky této regulaci je možná velmi přesná práce. Může se ovládat dvěma způsoby: izotermickým programováním nebo teplotním programováním [28].

Při izotermickém programování je teplota kolony po celou dobu separace konstantní. Optimální teplota kolony pro tento druh provozu je přibližně uprostřed bodu varu vzorku. Izotermické programování funguje nejlépe, je-li rozsah bodů varu vzorku úzký. Pokud se zvýšená teplota blíží k bodům varu složek s vyšším bodem varu, tak tyto složky eluují jako ostré píky. Složky s nižším bodem varu eluují tak rychle, že nedochází k jejich separaci [28].

Při separaci směsí s širokým rozsahem bodů varu je využívána metoda teplotního programování, kde se teplota kolony zvyšuje postupně v závislosti na průběhu separace [28].

Kolona

V plynové chromatografii se používají dva typy kolon: kapilární a náplňová [27].

Kapilární neboli otevřené trubkové kolony, se vyrábějí ve dvou základních formách, tzv. WCOT (Wall-Coated Open Tubular column) a SCOT (Support-Coated Open Tubular column). Kolony WCOT jsou trubice, které mají na stěnách kolony tenkou vrstvu stacionární fáze. Jsou většinou vyrobeny z taveného křemene a díky ošetření koncentrovanou kyselinou chlorovodíkovou jsou odolné vůči leptání. Mohou se vyrábět i z nerezové oceli, hliníku či mědi. U kolon SCOT jsou nejprve stěny potaženy tenkou vrstvou pevného adsorbentu, například křemelinou. Pevná adsorpční látka je poté ošetřena kapalnou stacionární fází. Ačkoli jsou kolony SCOT schopny pojmout větší objem stacionární fáze díky větší kapacitě vzorku, nemají tak vysokou účinnost jako kolony WCOT [28].

Náplňové kolony jsou trubice vyrobené ze skla nebo kovu jako je hliník nebo měď [27]. Trubice je hustě naplněna například křemelinou. Vzhledem k obtížnosti rovnoměrného naplnění trubice mají tyto typy kolon větší průměr než kolony kapilární a mají omezený rozsah délek. V důsledku toho mohou plněné kolony dosáhnout pouze 50 % účinnosti ve srovnání s kolonou WCOT. Problémem je, že se náplň z křemeliny časem deaktivuje v důsledku adsorpce nečistot v koloně [28].

Detektor

Detektor je zařízení, které je umístěno na konci kolony. Zprostředkovává kvalitativní a kvantitativní měření složek směsi při jejich eluci v kombinaci s nosným plynem [29].

Každý detektor má dvě hlavní části. Při společném použití části slouží jako převodníky, které převádějí zjištěné změny vlastností na elektrický signál. Ten se potom zaznamenává jako chromatogram [28].

První částí detektoru je senzor umístěný co nejbliž k výstupu kolony, kvůli optimalizaci detekce. Druhou částí je elektronické zařízení, sloužící k digitalizaci analogového signálu, aby mohl počítač analyzovat získaný chromatogram. Čím dříve se analogový signál převede na digitální, tím větší je poměr signál/šum, protože analogový signál je náchylný k mnoha typům rušení [28].

Ideální GC detektor splňuje několik požadavků. Prvním je dostatečná citlivost. Ta poskytuje signál s vysokým rozlišením pro všechny složky ve směsi. Detektor by měl být také co nejvíce spolehlivý a snadno ovladatelný [28].

Mezi nejznámější detektory patří hmotnostní spektrometr (MS), plamenový ionizační detektor (FID), tepelně vodivostní detektor (TCD), detektor elektronového záchytu (ECD) či atomový emisní detektor (AED) [28].

2.6.2.3 Plynová chromatografie s hmotnostním detektorem

Tato metoda (Gas Chromatography–Mass Spectrometry – GC-MS) se využívá k oddělení složek směsi plynovým chromatografem a k jejich následné analýze hmotnostním spektrometrem, který měří poměr hmotnosti a náboje iontů vznikajících při ionizaci měřeného vzorku. Metoda je prakticky univerzální a v současné době nejvíce používaná pro stanovení těkavých látek v různých typech vzorků včetně potravin [29].

Hmotnostní spektrometr (MS) je jeden z nejvýkonnějších detektorů plynové chromatografie. V GC-MS hmotnostní spektrometr skenuje hmotnosti po celou dobu separace. Jakmile vzorek vystupuje z chromatografické kolony, prochází do hmotnostního spektrometru, kde je ionizován a fragmentován, obvykle zdrojem iontů s dopadem elektronů. Během toho je vzorek bombardován elektrony. Dalším bombardováním dojde k fragmentaci iontů. Ionty jsou poté poslány do hmotnostního analyzátoru, kde jsou rozděleny podle příslušného poměru hmotnosti a náboje (m/z) [28].

Jedním z nejvíce používaných typů hmotnostních analyzátorů v GC-MS je kvadrupólový analyzátor s iontovou pastí. Ten umožňuje dlouhodobé udržení aniontů nebo kationtů pomocí elektrického a magnetického pole. Kvadrupólová iontová past se skládá z prstencové elektrody se dvěma elektrodami. Na prstencovou elektrodu se přivádí proměnná rádiová frekvence a ionty s příslušnou hodnotou m/z obíhají kolem dutiny. Při zvyšování rádiové frekvence jsou ionty se stabilní hodnotou m/z vymršťeny v pořadí podle hmotnosti. Těžké nebo příliš lehké ionty jsou destabilizovány a jejich náboj je při srážce se stěnou prstencové elektrody neutralizován. Emitované ionty pak narazí na elektronový násobič, který převede detekované ionty na elektrický signál. Tento signál je zachycen počítačem. Konečný výsledek je chromatogram znázorňující poměr m/z v závislosti na množství vzorku [28].

GC-MS je využívanou metodou, protože umožňuje okamžité stanovení hmotnosti analytu a lze ji použít k identifikaci složek neúplných separací. Nevýhodou těchto detektorů je destrukce vzorku [28].

Díky svému širokému využití může být CG-MS například v mlékárenském průmyslu využito k velkému množství analýz. Tuto metodu lze využít při detekci pesticidů v mléčných výrobcích či analýze mastných kyselin. GC-MS se využívá i při detekci těkavých látek v másle, sýru či jogurtu [30].

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 Laboratorní vybavení a chemikálie

3.1.1 Přístroje

- Plynový chromatograf TraceTM 1310 se split/splitless injektorem, Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA
- Hmotnostní detektor ISQTM LT Single Quadrupole, Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA
- Knihovna spekter NIST/EPA/NIH, Verze 2.0, Gaithersburg, Maryland, USA
- Počítač PC, Intel Pentium procesor
- pH metr HI 981032
- Analytické digitální váhy HELAGO, GR-202-EC, Itálie
- Předvážky EK-600i, A&D Instruments LTD., Japonsko
- Skříňová sušárna ULM 400, Memmert GmbH & Co. KG, Německo
- Chladnička s mrazničkou

3.1.2 Pracovní pomůcky

- SPME vlákno DVB/CAR/PDMS 50/30 μm , Supelco, Bellefonte, Pennsylvania, USA
- Mikrostríkačka Hamilton 100 μl
- Běžné laboratorní sklo
- Kuchyňské pomůcky a nádobí pro výrobu vzorků

3.1.3 Chemikálie

- Hydroxid sodný p.a., Lach-Ner, Neratovice
- Mořský písek vyžíhaný
- Methylenová modř

3.1.4 Plyny

- Dusík 5.0 SIAD v tlakové láhvi s redukčním ventilem a kovovou membránou, SIAD, Česká republika
- Vodík 5.5 SIAD v tlakové láhvi s redukčním ventilem, SIAD, Česká republika
- Vzduch 5.0 SIAD v tlakové láhvi s redukčním ventilem pro kyslík, SIAD, Česká republika
- Helium, čistota 4.8., v tlakové lahvi s redukčním ventilem, SIAD, Česká republika

3.1.5 Suroviny pro výrobu jogurtové kultury a jogurtů

- Čerstvé mléko polotučné 1,5%
- Jogurtová kultura sušená, MILCOM a.s., Česká republika
- Sušené odtučněné mléko, NUTRIHOUSE
- Sušená syrovátka, Mogador

3.2 Analyzované vzorky

V experimentální části bakalářské práce byly analyzovány vzorky jogurtů vyrobené v laboratorních podmínkách na FCH VUT v Brně. Vzorky byly vyrobeny standardním technologickým postupem (viz kap. 3.2.2).

3.2.1 Postup výroby jogurtové kultury

Pro přípravu jogurtové kultury bylo mléko (1 litr) zahřáto v hrnci při 90–92 °C. Mléko bylo ponecháno bez míchání při mírném varu po dobu 30 minut. Po sterilaci bylo mléko zchlazeno na teplotu 45 °C, přidáno balení sušené jogurtové kultury (příp. 30 g předchozí kultury při přeočkování) a vše dobře promícháno.

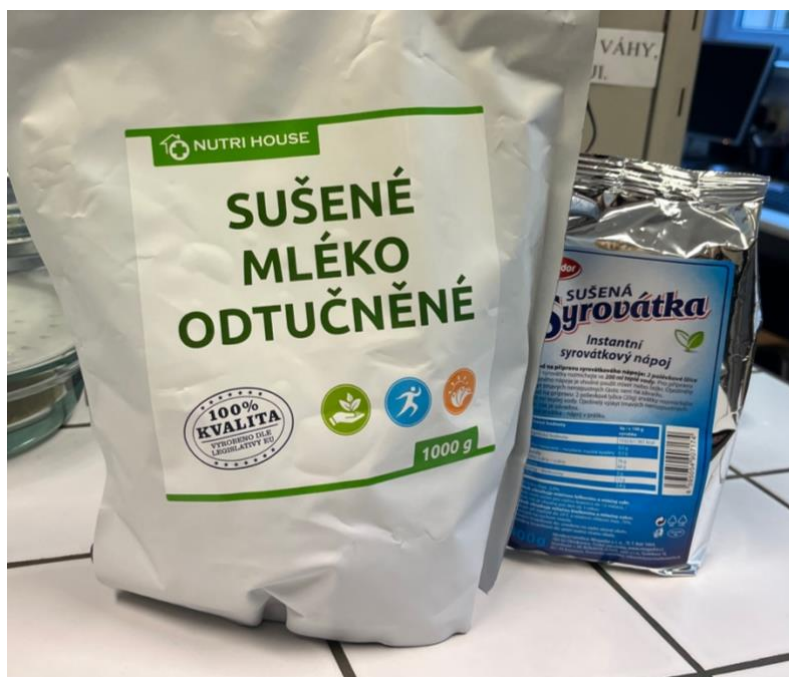
Fermentace probíhala v uzavřené nádobě při teplotě 43–45 °C po dobu 3–6 hod. do dosažení pH 4,3–5,4. Hotová kultura byla uložena do ledničky a skladována při teplotě 4–6 °C.

3.2.2 Postup výroby jogurtu

Jogurty byly vyrobeny stejným způsobem jako jogurtová kultura (kap. 3.2.1) s tím rozdílem, že pro výrobu bylo použito mléko se zvýšeným obsahem sušiny – přídatkem odpovídajícího % hm. odtučněného sušeného mléka nebo sušené syrovátky (viz Obrázek 1). Značení vzorků viz Tabulka 2.

Tabulka 2: Značení vzorků

Přídavek sušiny	Sušené mléko	Sušená syrovátka
0 % hm.	JOG	
2 % hm.	SUŠ-2	SYR-2
4 % hm.	SUŠ-4	SYR-4
6 % hm.	SUŠ-6	SYR-6



Obrázek 1: Sušené odtučněné mléko a sušená syrovátka použité při výrobě jogurtů

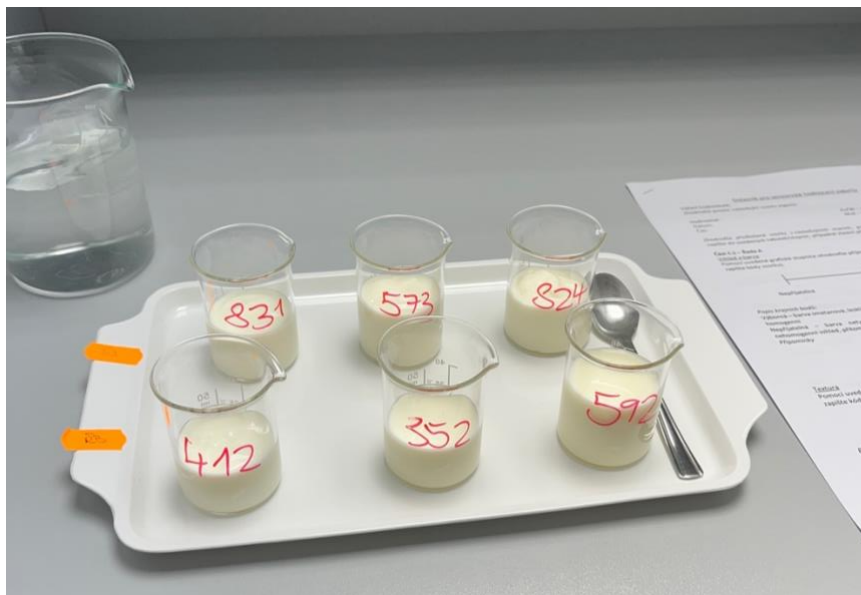
3.3 Senzorická analýza

K senzorickému hodnocení bylo pozváno 10 hodnotitelů z řad žen a mužů v různých věkových kategoriích. Hodnotitelé měli za úkol zhodnotit předložené vzorky z hlediska vzhledu, barvy, textury, chutě a vůně. Hodnotili pomocí 10 cm grafické stupnice od nepříjemného po vynikající.

V rámci pořadového testu řadili vzorky z hlediska konzistence a celkové přijatelnosti (nejlepší ⇒ nejhorší).

Následnou párovou porovnávací zkouškou vybrali z každé dvojice vždy vzorek, který považovali za lepší, přijatelnější.

Hodnotitelé vždy dostali cca 30 g vzorku v kelímku označeném třímístným kódem a vodu jako neutralizátor chuti a dotazník pro hodnocení (viz Příloha 1).



Obrázek 2: Ukázka vzorků připravených pro senzoryckou analýzu

3.4 Stanovení těkavých látek

Těkavé látky byly analyzovány pomocí plynové chromatografie s hmotnostní detekcí ve spojení s mikroextrakcí pevnou fází (HS-SPME-GC-MS).

Postup:

Na předvážkách bylo naváženo 2,0 až 2,5 g vzorku jogurtu do 10 ml vialky. Vialka byla uzavřena uzávěrem se septem a poté vložena do GC-MS.

3.4.1 Podmínky SPME extrakce

- Doba inkubace (temperování): 10 min
- Doba extrakce: 20 min
- Teplota agitátoru (teplota extrakce a inkubace): 40 °C
- Agitátor zapnutý: 5 s
- Agitátor vypnutý: 60 s
- Množství vzorku: 2 g
- Hloubka ponoření vlákna do vialky: 20 mm

3.4.2 Podmínky GC-MS analýzy

- Kapilární kolona: ZB–Wax; parametry kolony: 30 m × 0,25 mm × 0,5 μm
- Teplota injektoru (teplota desorpce): 240 °C
- Doba desorpce: 20 min
- Dávkování: splitless, ventil uzavřen 10 min

- Hloubka ponoření vlákna do injektoru: 40 mm
- Nosný plyn: helium
- Průtok nosného plynu: $1 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$
- Teplotní program: $-40 \text{ }^\circ\text{C}$ s výdrží 2 min
 - Vzestupný gradient $3 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ do $110 \text{ }^\circ\text{C}$ s výdrží 10 min
 - Vzestupný gradient $3 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ do $200 \text{ }^\circ\text{C}$ s výdrží 0 min
- Celková doba analýzy: 65 min
- Ionizace v módu EI
- Energie ionizačních elektronů: 70 eV
- Teplota iontového zdroje: $200 \text{ }^\circ\text{C}$
- Skenovací rozsah m/z: 30–370 amu
- Rychlost skenování: 0,2 s

3.5 Doplnkové charakteristiky

3.5.1 Stanovení titrační kyselosti

Titrační kyselost byla stanovena pomocí titrace NaOH na fenolftalein. Byl připraven odměrný roztok NaOH ($c = 0,25 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$). Pro titrování bylo naváženo 25 g vzorku jogurtu a přidán 1 cm^3 fenolftaleinu a obsah byl dobře promíchán. Směs byla titrována roztokem NaOH za neustálého míchání do slabě růžového zbarvení stálého alespoň 30 sekund [31].

Výpočet titrační kyselosti jogurtu pomocí vzorce (1):

$$x = \frac{100 \cdot a}{m} [\text{°SH}] \quad (1)$$

x – titrační kyselost [°SH]

a – spotřeba roztoku NaOH při titraci [ml]

m – navážka vzorku [g]

3.5.2 Reduktázová zkouška

Pro stanovení životnosti jogurtové kultury byla provedena reduktázová zkouška. Jako první byl připraven nasycený roztok methylenové modři. Roztok methylenové modři se připravil do odměrné baňky na 100 ml. Bylo připraveno 5 ml nasyceného roztoku methylenové modři. Roztok byl poté převeden do odměrné baňky a doplněn destilovanou vodou. Pro zkoušku bylo do zkumavky odměřeno 10 ml mléka zaočkovaného jogurtovou kulturou a byl přidán 1 ml roztoku methylenové modři. Směs byla promíchána a ponechána ve tmě při $43\text{--}45 \text{ }^\circ\text{C}$ do odbarvení [32].

3.5.3 Stanovení sušiny

Přístroje a pomůcky:

Analytické váhy, sušárna, exsikátor, hliníkové misky, skleněné tyčinky, mořský písek vyžíhaný, kleště

Postup:

Do hliníkové misky bylo naváženo 10–30 g mořského písku. Miska se s víčkem a skleněnou tyčinkou dala sušit do sušárny o teplotě 102 ± 2 °C po dobu 1 hodiny. Po vysušení byly misky přemístěny do exsikátoru k vychladnutí. Po vychladnutí byly misky s pískem a tyčinkou zváženy na analytických váhách s přesností na 0,0001 g. Poté byl do misky navážen vzorek jogurtu o hmotnosti 3–5 g s přesností na 0,0001 g. Miska byla uložena do sušárny a sušena po dobu 3 hodin, kdy prvních 10, 20 a 30 minut byl obsah promícháván. Misky byly ochlazeny v exsikátoru a zváženy. Sušení bylo prováděno do dosažení konstantní hmotnosti [33].

Výpočet obsahu vody se vypočítá pomocí vzorce (2):

$$w_v = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 100}{m_1 - m_0} \quad [\%] \quad (2)$$

w_v – obsah vody [%]

m_0 – hmotnost misky s pískem a skleněnou tyčinkou [g]

m_1 – hmotnost misky s pískem, tyčinkou a navážkou vzorku před sušením [g]

m_2 – hmotnost misky s pískem, tyčinkou a navážkou vzorku po sušení [g]

Výpočet obsahu sušiny se vypočítá pomocí vzorce (3):

$$w_{suš} = 100 - w_v \quad [\%] \quad (3)$$

$w_{suš}$ – obsah sušiny [%]

w_v – obsah vody [%]

3.6 Statistické zpracování výsledků

Naměřená data byla vyhodnocena pomocí programu Microsoft Excel Office 2019.

Těkavé látky byly identifikovány pomocí programu Xcalibur 2.2 porovnáním hmotnostních spekter s dostupnými knihovny spekter. Každé měření bylo provedeno dvakrát ($n = 2$). Obsah identifikovaných sloučenin byl vyjádřen semikvantitativně pomocí ploch příslušných píků na chromatogramu. Průměrný retenční čas (T_R) byl vypočítán jako aritmetický průměr z jednotlivých měření. Výsledky jsou uvedeny v tabulkách a znázorněny pomocí sloupcových grafů.

Výsledky senzorkého hodnocení jsou vyjádřeny jako průměr hodnocení všech hodnotitelů ($n = 10$) a znázorněny graficky, chybové úsečky vyjadřují směrodatnou odchylku měření.

4 VÝSLEDKY A DISKUZE

Principem výroby všech FMV je fermentace mléka příslušnou mikrobiální kulturou, v případě jogurtu je to tzv. jogurtová kultura, která se standardně skládá ze dvou termofilních bakterií *Str. thermophilus* a *Lbc. bulgaricus*. Tuto kulturu je dnes běžně možné získat komerčně v lyofilizované formě, nicméně zpravidla bývá nezbytné ji nejprve aktivovat. Prvním krokem této práce byla příprava a aktivace jogurtové kultury

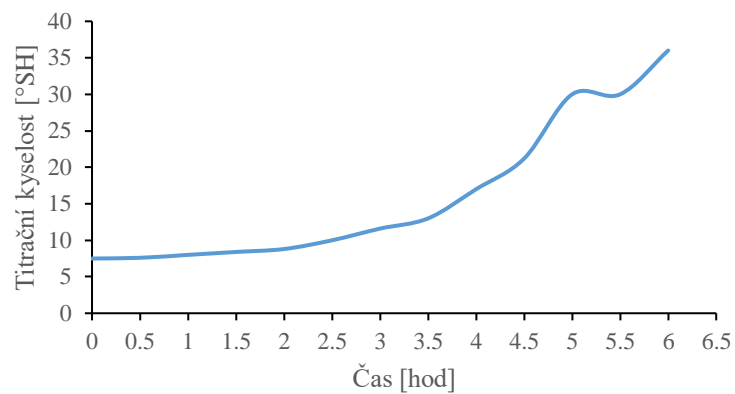
4.1 Příprava jogurtové kultury

Jogurtová kultura byla připravena podle návodu výrobce rozptýlením jednoho balení v 1 litru čerstvého mléka, pasterovaného 95 °C 30 minut (viz kap. 3.2.1). Standardní fermentace jogurtové kultury je 42–45 °C 3–6 hod. do dosažení pH 4,4 (cca 40–53 °SH). Hotová kultura by měla mít čistě aromatickou kyselou jogurtovou chuť i vůni, hustou konzistenci, po promíchání tvoří film na skle obalu tzv. praménky (Obrázek 3) [34].

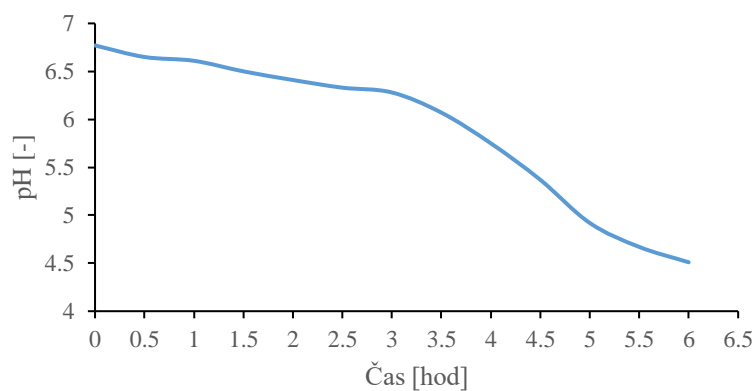


Obrázek 3: Jogurtová kultura

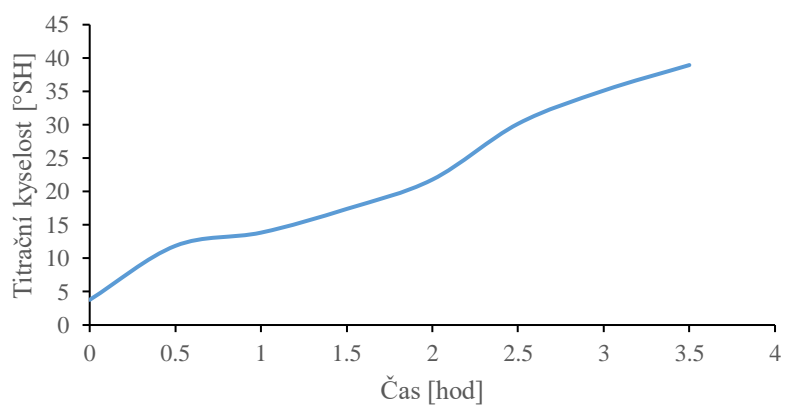
Průběh prokysání byl sledován měřením pH a titrační kyselosti (ve °SH) v intervalech 30 min. ukázalo se, že kultura nejprve prokysávala poměrně pomalu, až několik hodin. Na Obrázku 4 a 5 je uvedena ukázka prokysávání – kysací křivka, na které je dobře patrné, že požadovaná kyselost byla dosažena až po více než 6 hod. fermentace. Teprve po několika přeočkováních byla dosažena požadovaná kvalita a aktivita kultury (fermentovaná standardně 3–4 hod.) (viz Obrázek 6 a 7), která byla následně použita pro výrobu jogurtu.



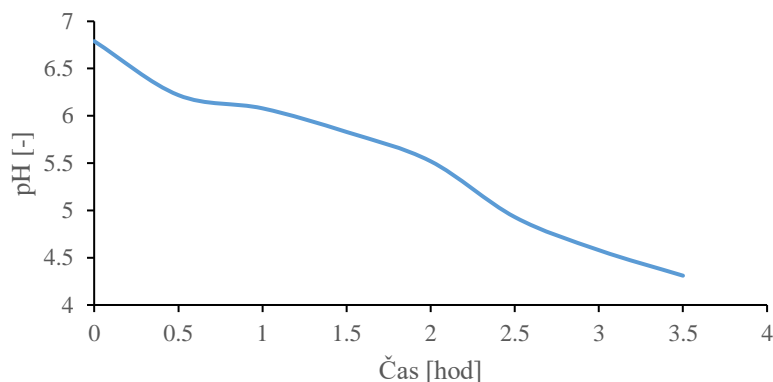
Obrázek 4: Graf závislosti °SH na čase při fermentaci



Obrázek 5: Graf závislosti pH na čase při fermentaci



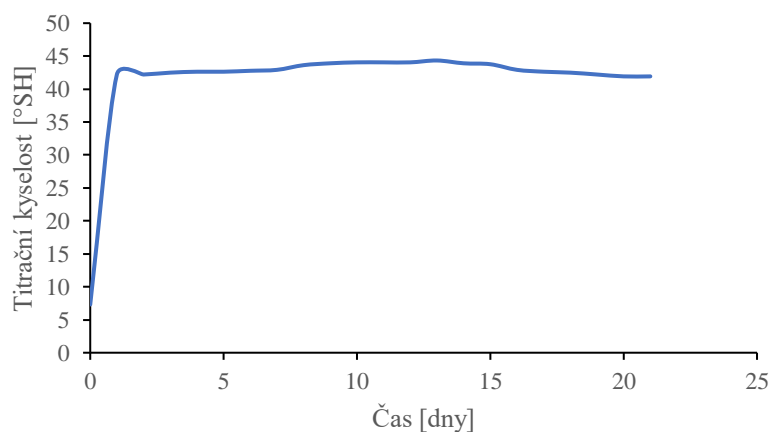
Obrázek 6: Graf závislosti °SH na čase při fermentaci



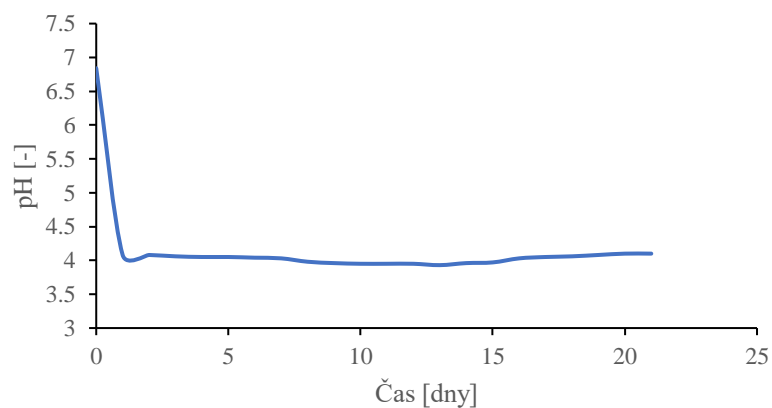
Obrázek 7: Graf závislosti pH na čase při fermentaci

4.2 Ověření trvanlivosti jogurtové kultury

Vzhledem k tomu, že kulturu je třeba čas od času přeočkovat, byl proveden skladovací experiment pro ověření její trvanlivosti. Hotová kultura byla uložena v lednici při teplotě $4 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ a v pravidelných intervalech (1 den) bylo měřeno pH a titrační kyselost. Výsledky jsou uvedeny na Obrázcích 8 a 9. Z obrázků je patrné, že kyselost kultury se neměnila po dobu <14 dní; po této době byl experiment ukončen, poněvadž se v kultuře začaly objevovat sensorické změny, jako je řidší konzistence a výrazně kyselá chuť a vůně. Kulturu je tedy nutné přeočkovat max. po 14 dnech uchovávání v lednici, lépe častěji.



Obrázek 8: Vývoj °SH při skladování jogurtu



Obrázek 9: Vývoj pH při skladování jogurtu

4.2.1 Reduktázová zkouška

Kromě měření kyselosti byla pro ověření trvanlivosti a především aktivity (vitality) kultury použita reductázová zkouška (viz kap. 3.5.2). Jedná se o jednoduchou orientační metodu, principem je postupné odbarvování methylenové modři na bezbarvou leukobázi (viz Obrázek 10 a 11). Doba odbarvení je přímo úměrná aktivitě enzymů, tj. počtu mikroorganismů ve vzorku [35]. Podle našich předpokladů během skladování počet živých buněk v kultuře postupně klesá, což však pouhým měřením kyselosti nejde přesně ověřit.

Z provedeného měření bylo zřejmé, že kultura si zachovává vysokou vitalitu po dobu 7 dnů po zaočkování, kdy odbarvení probíhalo do 20 minut. Po této době se doba odbarvení postupně prodloužila na 1–2 hodiny, tj. podle očekávání během skladování vitalita kultury postupně klesala.



Obrázek 10: Jogurtová kultura před odbarvením



Obrázek 11: Jogurtová kultura po odbarvení

4.3 Optimalizace výroby jogurtu

Přípravená jogurtová kultura byla použita pro výrobu jogurtu. Postup výroby jogurtu je prakticky stejný jako příprava jogurtové kultury (viz kap. 3.2.2), pro zpevnění konzistence je však nezbytné zvýšit sušinu použitého mléka (požadovaný obsah tukuprosté sušiny jogurtu je min. 8,2 % hm. [1]), což se v praxi zpravidla provádí zahuštěním na odparce nebo přidavkem sušeného mléka.

V této práci byl vyzkoušen přidavek sušeného odstředěného mléka a sušené syrovátky; nejprve bylo nutné vybrat optimální přidané množství obou testovaných přísad, tak aby bylo dosaženo optimálních sensorických vlastností jogurtu, především požadované husté viskózní konzistence. Přídavek sušeného mléka se podle literatury pohybuje v rozmezí 1-6 % [36]; příliš nízký přídavek znamená řídký jogurt, příliš vysoký naopak riziko vzniku „práškové“ chuti. Doporučený přídavek je 3–4 % [36].

Byly tedy vyrobeny dvě řady jogurtů, s přídavkem sušeného mléka a s přídavkem syrovátky, obojí v množství 2, 4 a 6 % hm. Nejlepší vzorek byl vždy vybrán na základě sensorického hodnocení, výsledky jsou prezentovány formou grafů.

4.3.1 Senzorické hodnocení

Za účelem získání „optimálního“ výrobku jogurtu byl vytvořen dotazník senzorické analýzy (viz Příloha 1).

Dotazník byl rozdělen na dvě řady dle přídavku sušiny k jogurtové kultuře – s přídavkem sušeného mléka (řada A) a s přídavkem syrovátky (řada B).

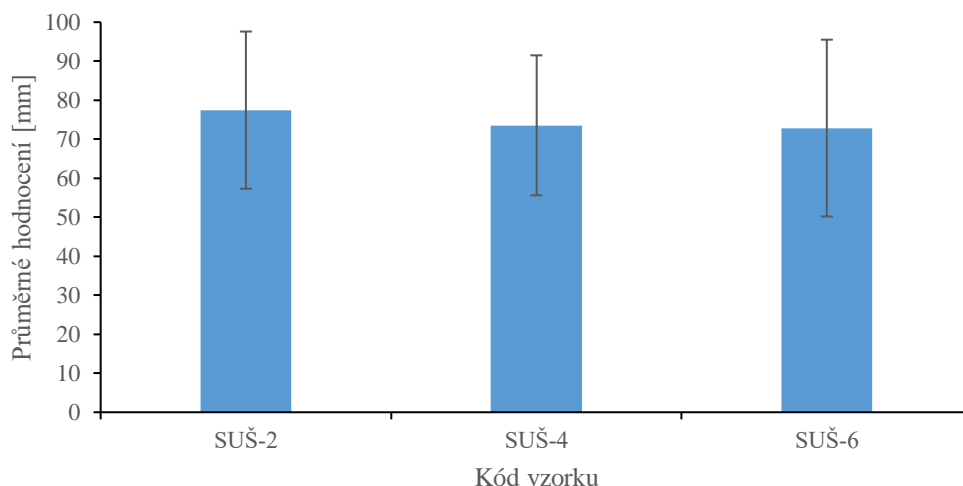
Nejprve měli hodnotitelé za úkol komplexně zhodnotit předložené vzorky z hlediska vzhledu, barvy, textury, chutě a vůně. Na konci každé řady byl vždy pořadový test z hlediska konzistence a celkové přijatelnosti vyrobených jogurtů.

4.3.2 Jogurty s přídavkem sušeného mléka

Do mléka na výrobu vzorků bylo přidáno odpovídající procento sušeného mléka (2, 4 a 6 % hm.). Vzorky jsou označeny SUŠ-2 až SUŠ-6 (viz Tabulka 2).

4.3.2.1 Vzhled a barva

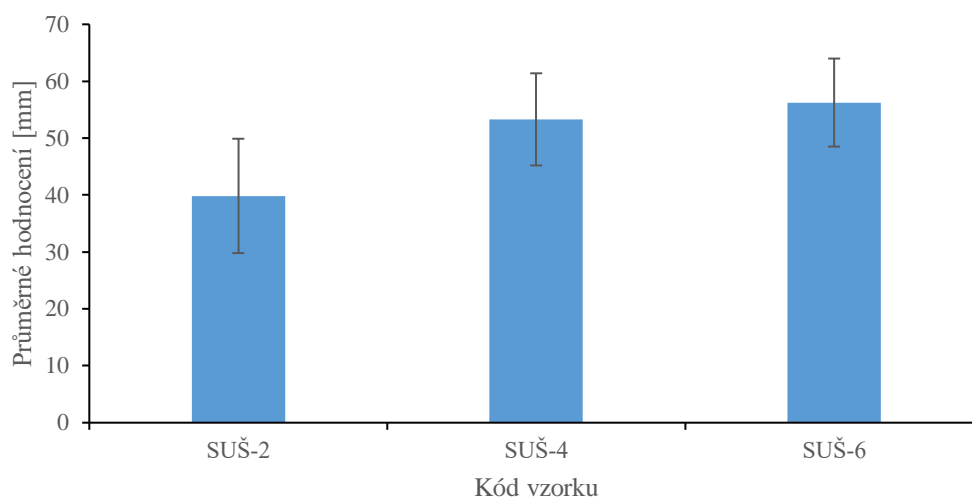
Dle grafu (Obrázek 12) je zřejmé, že z hlediska vzhledu a barvy byly všechny vzorky na stejné úrovni, lze je hodnotit jako velmi dobré. Spotřebiteli byla však vybrána varianta s kódem SUŠ-2 s přídavkem 2 % hm. sušeného mléka jako nejvíce vyhovující. Vzhledem k barvě, která byla popsána jako jogurtová a čistému vzhledu bez cizích příměsí.



Obrázek 12: Výsledky senzorického hodnocení pro vzhled a barvu vzorků jogurtu řady A (nepřijatelná ⇒ výborná)

4.3.2.2 Textura

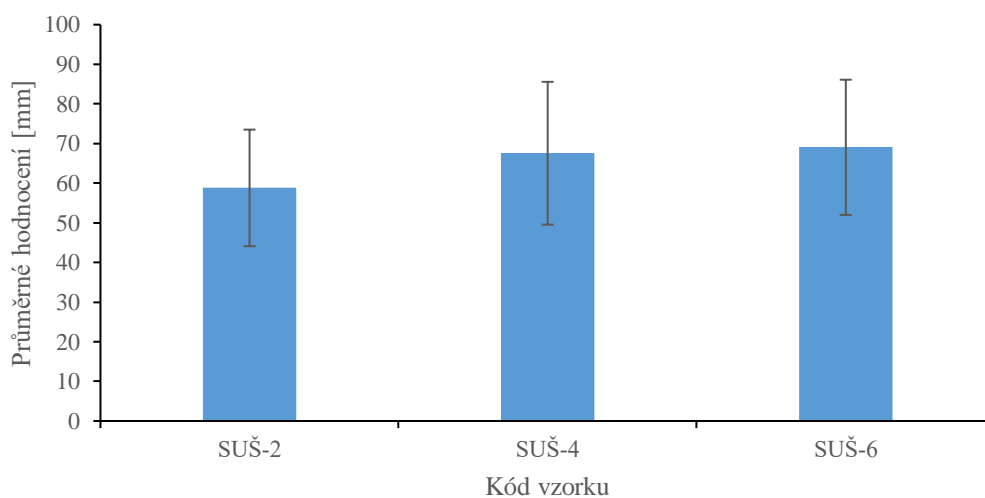
Z pohledu textury (Obrázek 13) byl jako optimální vybrán vzorek s kódem SUŠ-4, tedy s přídavkem 4 % hm. sušeného mléka. Vzorek s kódem SUŠ-6 byl hustší konzistence, naopak vzorek SUŠ-2, s přídavkem 2 % hm. sušeného mléka byl shledán jako příliš řídký.



Obrázek 13: Výsledky senzoričkého hodnocení pro texturu vzorků jogurtu řady A (příliš řídká \Rightarrow příliš hustá)

4.3.2.3 Vůně

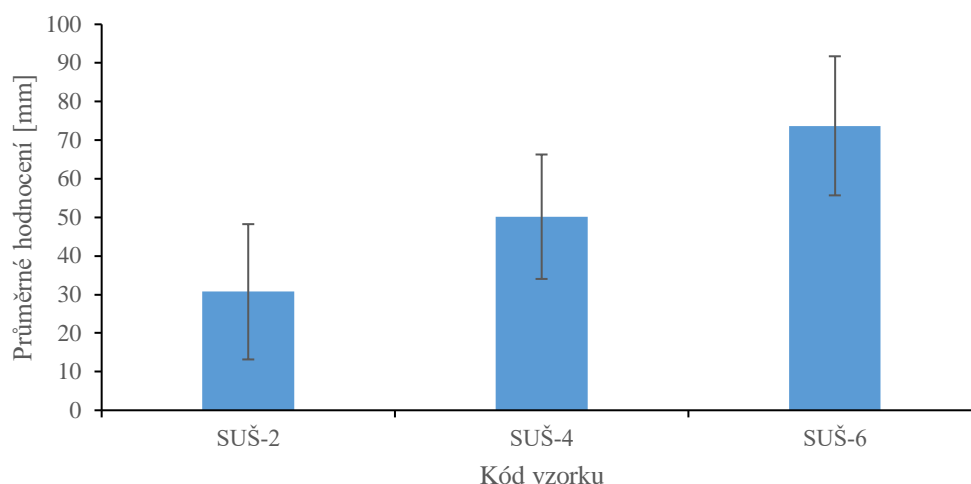
Všechny předložené vzorky byly shledány z hlediska vůně za přijatelné (viz Obrázek 14), na základě použité stupnice je lze označit jako příjemné. Avšak vzorek SUŠ-6, tedy s přidavkem 6 % hm. sušeného mléka, byl shledán nejlepší s jemnou jogurtovou vůní bez kyselého aroma.



Obrázek 14: Výsledky senzoričkého hodnocení pro vůni vzorků jogurtu pro řadu A (nepříjemná \Rightarrow velmi příjemná)

4.3.2.4 Chuť

Z hlediska chutě (Obrázek 15) byl jednoznačně určen jako nejlepší vzorek SUŠ-6, tedy s přidavkem 6 % hm. sušeného mléka. Zbylé dva vzorky SUŠ-2 a SUŠ-4 byly označeny jako nevyhovující, příliš kyselé a proto „ne příliš chutné“.



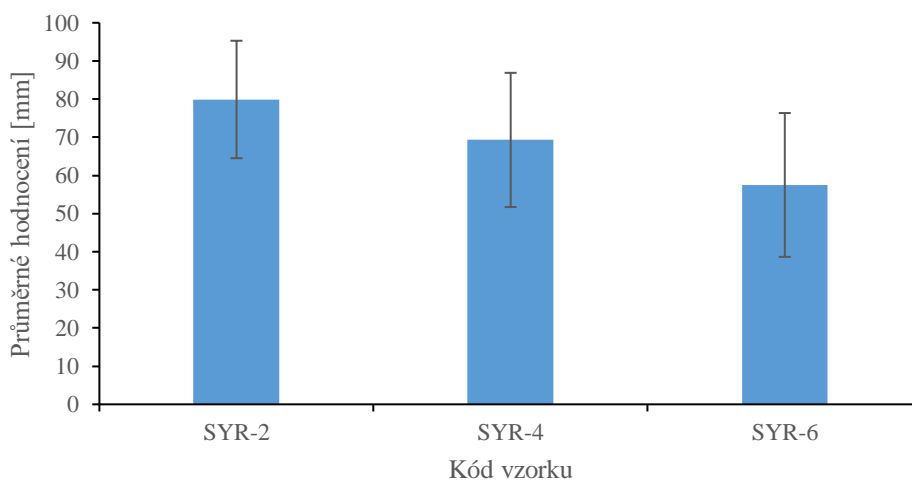
Obrázek 15: Výsledky senzoričkého hodnocení pro chuť vzorků jogurtu řady A (nepříjemná ⇒ velmi příjemná)

4.3.3 Jogurty s přidavkem sušené syrovátky

Do mléka na výrobu vzorků bylo přidáno odpovídající procento sušené syrovátky (2, 4 a 6 % hm.). Vzorky jsou označeny SYR-2 až SYR-6 (viz Tabulka 2).

4.3.3.1 Vzhled a barva

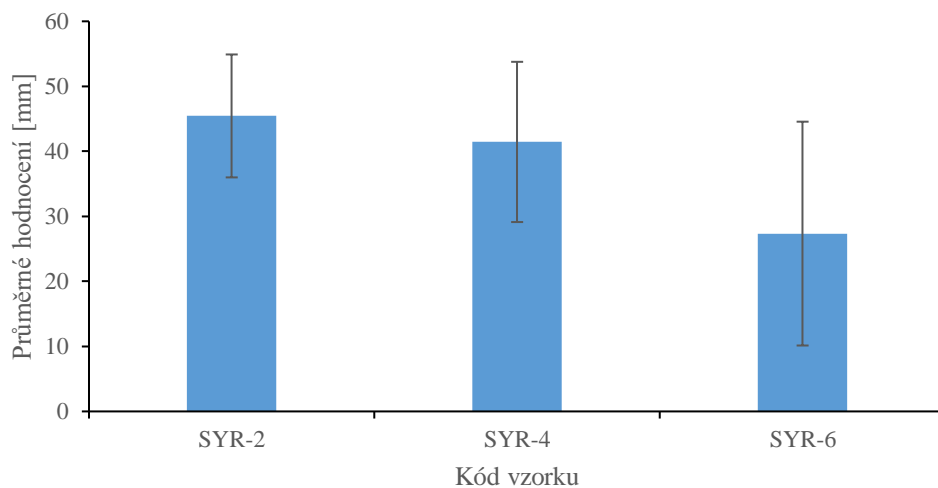
Z hlediska a vzhledu a barvy lze z grafu na Obrázku 16 vyčíst, že vzorek SYR-2 s přidavkem 2 % hm. sušené syrovátky byl shledán jako nejvíce vyhovující. Kvůli své bílé jogurtové barvě bez cizích podtónů a lesklému vzhledu. Ostatní jogurty měly lehce nažloutlou barvu.



Obrázek 16: Senzoričké hodnocení pro vzhled a barvu vzorků jogurtu řady B (nepřijatelná ⇒ výborná)

4.3.3.2 Textura

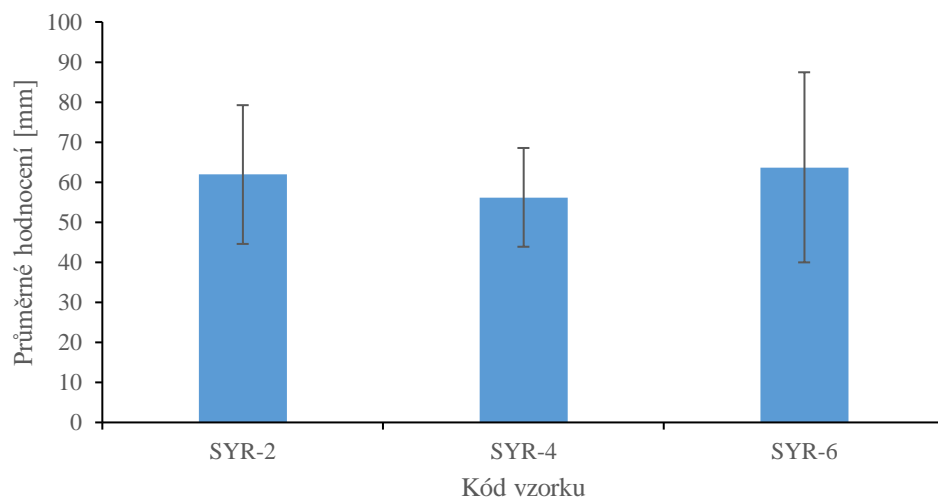
Z hlediska textury (Obrázek 17) byly všechny vzorky shledány jako řídké, a tedy spíše nevyhovující. Překvapivě vzorek s nejnižším přidavkem syrovátky (2 % hm.) byl nejhustší.



Obrázek 17: Senzorické hodnocení pro texturu vzorků jogurtu řady B (příliš řídká ⇒ příliš hustá)

4.3.3.3 Vůně

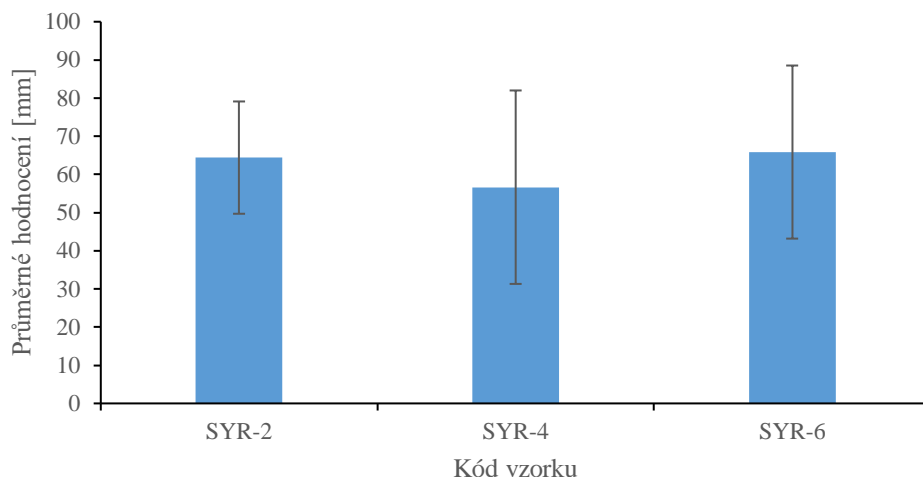
Vzorky z hlediska vůně byly shledány jako příjemné (viz Obrázek 18), avšak vzorek SYR-6 s přidavkem 6 % hm. byl shledán jako nejvíce vyhovující díky své vyvážené nakyslé vůni.



Obrázek 18: Senzorické hodnocení pro vůni vzorků jogurtu řady B (nepříjemná ⇒ velmi příjemná)

4.3.3.4 Chut'

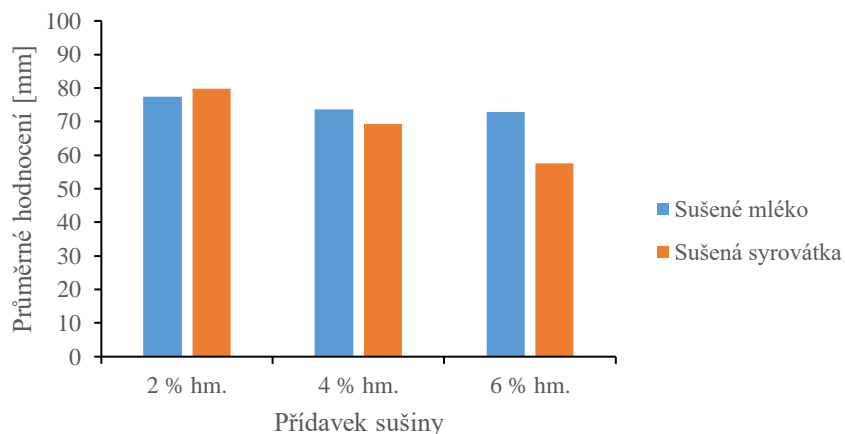
Jako nejchutnější dle spotřebitelů byl sledován vzorek s kódem SYR-6, tedy s přidavkem 6 % hm. sušené syrovátky. Byl popsán jako jogurt s jemnou, vyváženou, jogurtovou a příjemně nakyslou chutí.



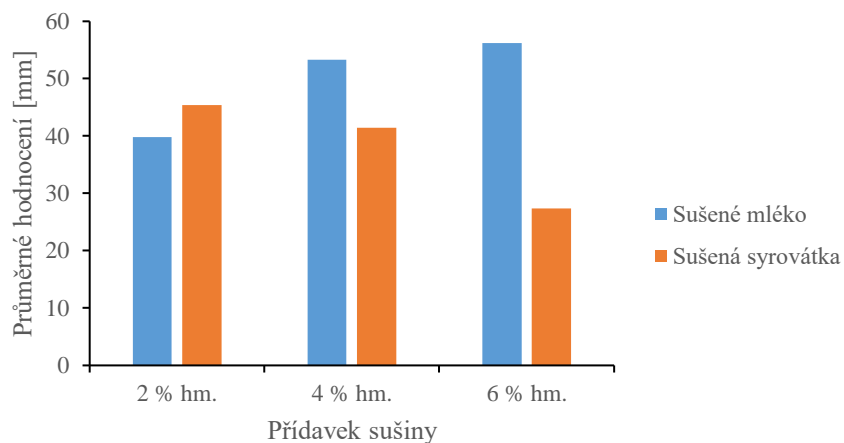
Obrázek 19: Senzorické hodnocení pro chuť vzorků jogurtu řady B (nepříjemná ⇒ velmi příjemná)

4.3.4 Srovnání vzorků jogurtů (sušené mléko vs. sušená syrovátka)

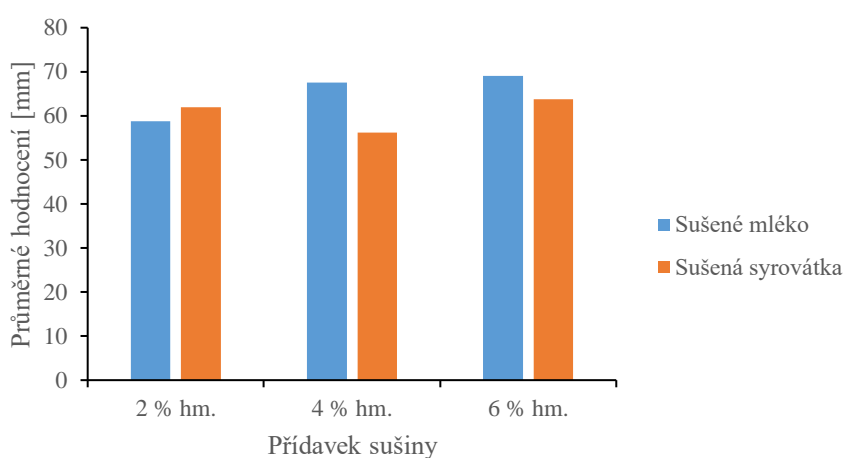
Pro srovnání mezi vzorky s přidavkem sušeného mléka a sušené syrovátky byly vytvořeny grafy pro každou hodnocenou kategorii (vzhled a barva, textura, vůně a chuť) (viz Obrázky 20 až 23).



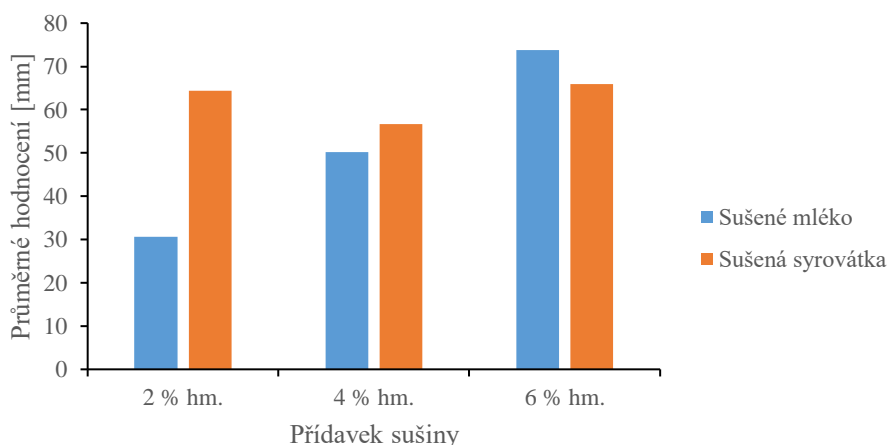
Obrázek 20: Porovnání vzorků z hlediska celkového vzhledu a barvy (nepříjemná ⇒ výborná)



Obrázek 21: Srovnání vzorků z hlediska textury (příliš řídká ⇒ příliš hustá)



Obrázek 22: Srovnání vzorků z hlediska vůně (nepříjemná ⇒ velmi příjemná)



Obrázek 23: Srovnání vzorků z hlediska chutě (nepříjemná ⇒ velmi příjemná)

Z Obrázku 20 je patrné, že přídavek 2 % hm. neměl velký vliv na celkový vzhled a barvu. Větší rozdíly jsou zřejmé při přídavku 6 % hm. kde s velkým rozdílem byl lepším vzorkem shledán přídavek 6 % hm. sušeného mléka.

Při porovnání vzorku z hlediska textury byly jako lepšími shledány vzorky s přidavkem sušeného mléka s výjimkou přidavku 2 % hm., kde byl jako lepší vzorek shledán s přidanou sušenou syrovátkou.

Z hlediska vůně byly vzorky s přidavkem sušeného mléka shledány, v porovnání s přidavkem sušené syrovátky jako lepší. Výjimku tvořily vzorky s přidavkem 2 % hm., kde jako lepší vzorek byl vybrán s přidavkem sušené syrovátky.

Při hodnocení chuti byly vzorky s přidavkem 2 a 4 % hm. sušené syrovátky shledány lepšími. Při přidavku 6 % hm. sušiny byl jako nejlepší vybrán s přidavkem sušeného mléka.

Není to sice úplně jednoznačné, ale dá se říci, že ve všech vlastnostech kromě chuti byl lépe hodnocen jogurt se sušeným mlékem.

4.3.5 Pořadový test

Pro porovnání všech tří jogurtů s rozlišnou koncentrací přidaného sušeného mléka či sušené syrovátky byl hodnotitelům předložen pořadový test. Byl sestaven z hlediska konzistence a celkové přijatelnosti (nejlepší \Rightarrow nejhorší). Výsledky jsou prezentovány v tabulkách jako součet pořadí.

4.3.5.1 Jogurty s přidavkem sušeného mléka

Dle uvedených tabulek je zřejmé, že jogurt s kódem SUŠ-6 nejvíce vyhovuje jak v konzistenci (Tabulka 3), tak v celkové přijatelnosti (Tabulka 4).

Při hodnocení textury podle stupnice (kap. 4.3.2.2) byl sice blíže optimu označen vzorek SUŠ-4, ale z výsledků pořadového testu vyplývá, že hodnotitelé přece jen preferovali hustší konzistenci vzorku SUŠ-6.

K celkové přijatelnosti vzorku SUŠ-6 pravděpodobně také přispěla příjemná chuť a vůně.

Tabulka 3: Pořadový test z hlediska konzistence (nejlepší \Rightarrow nejhorší)

Hodnotitel	Kód vzorku		
	SUŠ-2	SUŠ-4	SUŠ-6
1	2	3	1
2	3	1	2
3	2	3	1
4	3	2	1
5	2	3	1
6	3	1	2
7	3	2	1
8	3	2	1
9	2	3	1
10	3	2	1
Součet pořadí	26	22	12

Tabulka 4: Pořadový test z hlediska celkové přijatelnosti (nejlepší ⇒ nejhorší)

Hodnotitel	Kód vzorku		
	SUŠ-2	SUŠ-4	SUŠ-6
1	3	2	1
2	3	1	2
3	2	3	1
4	3	2	1
5	2	3	1
6	2	1	3
7	3	2	1
8	3	2	1
9	3	2	1
10	3	2	1
Součet pořadí	27	20	13

4.3.5.2 Jogurty s přidavkem sušené syrovátky

Dle uvedených tabulek byl z hlediska konzistence (Tabulka 5) i celkové přijatelnosti (Tabulka 6) nejlépe hodnocen jogurt s kódem SYR-2.

Z hlediska konzistence byl překvapivě nejhůře hodnocen vzorek s nejvyšším přidavkem syrovátky SYR-6, který měl nejřidší konzistenci. V případě celkové přijatelnosti jsou rozdíly mezi vzorky velmi malé, podobně jako při hodnocení jednotlivých charakteristik podle stupnice (kap. 4.3.3). Každopádně lze říci, že přidavek sušené syrovátky měl na konzistenci jogurtu spíše negativní vliv.

Tabulka 5: Pořadový test z hlediska konzistence (nejlepší ⇒ nejhorší)

Hodnotitel	Kód vzorku		
	SYR-2	SYR-4	SYR-6
1	1	2	3
2	3	1	2
3	1	2	3
4	1	2	3
5	1	2	3
6	1	2	3
7	1	2	3
8	1	2	3
9	1	2	3
10	1	2	3
Součet pořadí	12	19	29

Tabulka 6: Pořadový test z hlediska celkové přijatelnosti (nejlepší ⇒ nejhorší)

Hodnotitel	Kód vzorku		
	SYR-2	SYR-4	SYR-6
1	3	1	2
2	3	2	1
3	1	2	3
4	1	2	3
5	1	3	2
6	1	3	2
7	1	2	3
8	3	2	1
9	3	1	2
10	2	3	1
Součet pořadí	19	21	20

4.3.6 Párová porovnávací zkouška

Na závěr senzoričského hodnocení byla použita párová porovnávací zkouška, kde byly porovnány vzorky z řady A a řady B vždy se stejnou koncentrací přidané sušiny.

Při porovnávání vzorků s přídavkem 2 % hm. sušeného mléka a sušené syrovátky byly hodnotiteli vzorky s přídavkem sušeného mléka označeny jako „příliš kyselé“ a i přes hustší konzistenci si většina vybrala vzorek s přídavkem sušené syrovátky díky jeho chuti, menší kyselosti a lepší vůni.

Vzorky s přídavkem 4 % hm. sušeného mléka a sušené syrovátky dala většina hodnotitelů také přednost vzorku se sušenou syrovátkou. Vzorek jim připadal i přes jeho řidší konzistenci v porovnání se sušeným mlékem chutnější a méně kyselý. V některých případech ale byl vzorek se sušeným mlékem vybrán jako lepší z důvodu jeho husté konzistence.

Jogurty s přídavkem 6 % hm. sušené syrovátky byly hodnoceny jako řidší ale chutnější, vyvážený, příjemně sladký a méně kyselý. Jogurt s přídavkem 6 % hm. sušeného mléka byl ostatními hodnotiteli shledán jako vzorek s lepší konzistencí a lepší vůní, která byla příjemnější než vzorek se sušenou syrovátkou.

Tabulka 7: Párová porovnávací zkouška pro vzorky s 2 % hm. přídavkem

Kód vzorku	SUŠ-2	SYR-2
Počet hodnotitelů	3	7

Tabulka 8: Párová porovnávací zkouška pro vzorky s 4 % hm. přídavkem

Kód vzorku	SUŠ-4	SYR-4
Počet hodnotitelů	2	8

Tabulka 9: Párová porovnávací zkouška pro vzorky s 6 % hm. přídavkem

Kód vzorku	SUŠ-6	SYR-6
Počet hodnotitelů	5	5

Nicméně dle ČSN EN ISO 5495 [37] je při celkovém počtu 10 hodnotitelů potřebných 9 preferenčních hlasů, aby mohl být výsledek při zvolené hladině pravděpodobnosti $p = 95 \%$ považován za statisticky významný. Uvedené rozdíly mezi vzorky tedy nejsou statisticky významné.

Na základě všech získaných výsledků ze sensorické analýzy byl z každé řady vzorků vybrán jeden jako optimální. Z řady s přidavkem sušeného mléka byl vybrán vzorek se 6 % hm. sušeného mléka a z řady se sušenou syrovátkou vzorek se 2 % hm.

4.4 Stanovení sušiny optimálních vzorků

Pro optimální vzorky získané z výsledků sensorické analýzy byl zkontrolován obsah sušiny v jogurtu.

Ze získaných dat bylo stanoveno, že v jogurtu bez přidavku sušeného mléka či syrovátky, byl obsah sušiny 11,25 %, což relativně odpovídá 12 % sušiny, která by měla být obsažena v jogurtu [2].

Optimální vzorek se sušeným mlékem by měl obsahovat 6 % hm. přidané sušiny. Ze stanovení sušiny vyplynulo, že obsah celkové sušiny ve vzorku byl 17,12 % hm., z čehož přídavek odpovídá 5,86 % hm.

Při stanovení optimálního vzorku se sušenou syrovátkou měl být obsah přidané sušiny 2 %. Stanovením sušiny byl zjištěn obsah celkové sušiny na 14,1 % hm., z čehož přidaná sušina odpovídá 2,83 % hm.

4.5 Výsledky stanovení těkavých látek optimálních vzorků

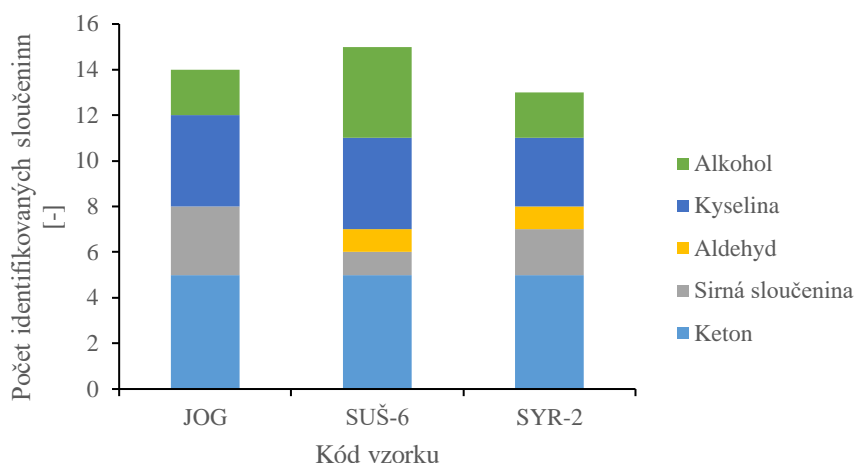
Hlavním cílem této práce bylo zhodnotit vliv zvýšeného obsahu sušiny na profil těkavých látek vyrobených jogurtů. Byl tedy stanoven profil a relativní obsah těkavých látek v optimálních vzorcích a porovnán s jogurtem bez přidavku sušiny.

Těkavé látky byly stanoveny pomocí metody HS-SPME-GC-MS, jejich přehled je uveden v Tabulce 10. Sloučeniny byly rozděleny do příslušných chemických skupin a jejich přítomnost byla zaznamenána jako % celkové plochy píků identifikovaných sloučenin (rel %).

Tabulka 10: Přehled těkavých látek identifikovaných ve vzorcích jogurtu

Název sloučeniny	Chemická klasifikace	T _R [min]	RI vypočítaný	Tabelovaný RI	JOG [rel. %]	SUŠ-6 [rel. %]	SYR-2 [rel. %]	Ref.
diacetyl	keton	5,8	996	995	15	10	9	[38]
pentan-2,3-dion	keton	8,2	1070	1068	9	6	9	[39]
dimethyl disulfid	sírná sloučenina	8,5	1080	1081	1	–	–	[39]
2-heptanon	keton	12,6	1187	1086	9	7	7	[40]
3-methyl-2-butenal	aldehyd	13,6	1212	1212	–	st.	st.	[41]
acetoin	keton	17,4	1301	1301	18	23	18	[41]
3-methylbut-2-en-1-ol	alkohol	18,8	1333	1330	st.	st.	st.	[42]
hexanol	alkohol	20,0	1363	1363	–	st.	–	[43]
dimethyl trisulfid	sírná sloučenina	21,0	1386	1385	1	–	st.	[44]
2-nonanon	keton	21,4	1395	1394	3	3	3	[45]
kyselina octová	kyselina	24,6	1471	1472	20	20	24	[45]
kyselina máselná	kyselina	34,4	1644	1645	6	7	6	[46]
kyselina kapronová	kyselina	47,5	1863	1863	11	15	16	[43]
dimethylsulfon	sírná sloučenina	49,7	1912	1912	st.	1	1	[47]
fenylethylalkohol	alkohol	50,0	1920	1920	1	st.	st.	[48]
kyselina kaprylová	kyselina	56,0	2060	2060	4	6	–	[49]

TR – retenční čas; *RI* – retenční index; *st.* – stopové množství (<1 rel. %); *JOG* – jogurt bez přídavku sušeného mléka či sušené syrovátky (*standard*); *SUŠ-6* – jogurt s přídavkem 6 % hm. sušeného mléka; *SYR-2* – jogurt s přídavkem 2 % hm. sušené syrovátky



Obrázek 24: Celkový počet těkavých látek ve vzorcích jogurtu podle chemických skupin; značení vzorků viz Tabulka 2

Tabulka 11: Celkový počet těkavých látek ve vzorcích jogurtu podle chemických skupin

	JOG	SUŠ-6	SYR-2
Keton	5	5	5
Sírná sloučenina	3	1	2
Aldehyd	0	1	1
Kyselina	4	4	3
Alkohol	2	4	2
Celkem	14	15	13

Celkem bylo ve vzorcích jogurtu identifikováno 16 těkavých sloučenin, z nichž bylo 11 přítomných ve všech vzorcích.

Ve vzorku bez přídavku sušiny (JOG) bylo identifikováno celkem 14 látek. Z 14 látek bylo identifikováno 5 ketonů, 3 sírné sloučeniny, 4 kyseliny a 2 alkoholy. Ze vzorku s přídavkem sušeného mléka (SUŠ-6) bylo identifikováno 15 těkavých látek, z nichž bylo 5 ketonů, 1 sírná sloučenina, 1 aldehyd, 4 kyseliny a 4 alkoholy. Identifikovaných látek v jogurtu s přídavkem syrovátky bylo 13. Jogurt obohacený sušenou syrovátkou (SYR-2) obsahoval 5 ketonů, 2 sírné sloučeniny, 1 aldehyd, 3 kyseliny a 2 alkoholy.

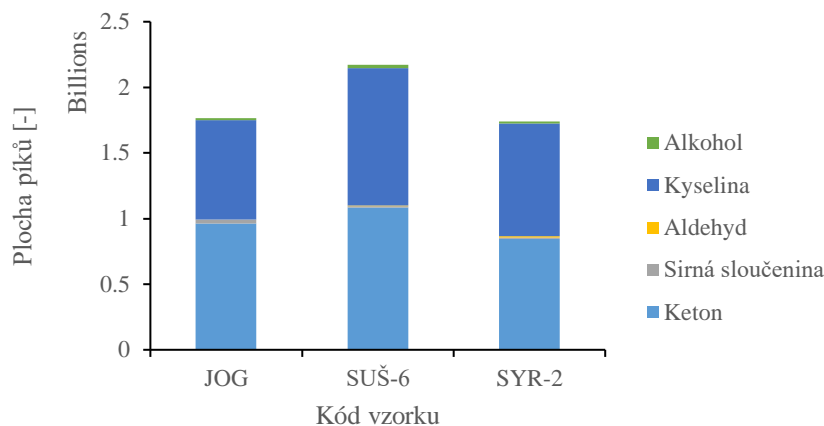
Při vzájemném porovnání všech tří vzorků je patrné, že jsou si složením velice podobné, co se týče počtu ketonů či kyselin. Vzorek s kódem JOG se od ostatních vzorků odlišuje absencí aldehydu.

Porovnáme-li vzorky s přídavkem mezi sebou, liší se v počtu identifikovaných látek. Odlišují se od sebe také tím, že ve vzorku SYR-2 je více sírných sloučenin a méně alkoholů. V jogurtu SUŠ-6 se naopak nachází více kyselin.

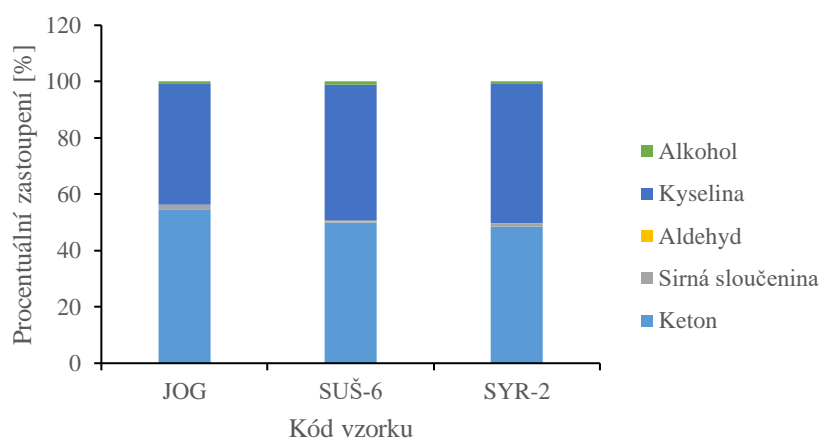
Z procentuálního zastoupení sloučenin z Obrázku 20 je patrné, že jsou si vzorky podobné v obsahu alkoholů, kyselin a ketonů. V JOG představovaly ketony 54 %, kyseliny 43 % a alkoholy 1,7 %. Nejvíce zastoupenými sloučeninami byly diacetyl, acetoin a kyselina octová.

Ve vzorku SUŠ-6 představovaly ketony 50 %, kyseliny 48 % a alkoholy 1,2 %, kde nejvíce zastoupenými látkami byl acetoin, kyselina octová a kyselina kapronová.

Vzorek SYR-2 v porovnání s dvěma ostatními vzorky z hlediska obsahu ketonů, kyselin a alkoholů obsahoval nejvíce kyselin a to 49 %, ketonů 49 % a alkoholů 0,7 %. Nejvíce zastoupenými sloučeninami byl, stejně jako v případě SUŠ-6, acetoin, kyselina octová a kapronová.



Obrázek 25: Obsah těkavých látek ve vzorcích jogurtu podle chemických skupin; značení vzorků viz Tabulka 2



Obrázek 26: Obsah těkavých látek ve vzorcích jogurtu podle chemických skupin (v %); značení vzorků viz Tabulka 2

4.6 Vzorky jogurtů s cizí pachutí

Během optimalizace výroby jogurtu se u některých vzorků objevil nepříjemný pach a především pachutí různé intenzity, která byla pravděpodobně způsobena poměrně dlouhou dobou pasterace (90–92 °C, 30 min.) mléka s přidáním sušiny. Kupodivu se tato vada objevila až po fermentaci jogurtu. Pro zajímavost byly tyto vzorky také předloženy hodnotitelům na sensorické hodnocení a byl u nich stanoven profil těkavých látek, stejně jako u vzorků „optimálních“.

4.6.1 Sensorické hodnocení jogurtů s cizí pachutí

Pro sensorické hodnocení byl použit jednoduchý pořadový test, zároveň nás zajímalo, zda budou hodnotitelé schopni pachutí nějakým způsobem popsat. Hodnotitelům byly předloženy vzorky s přidáním 2 a 6 % hm. sušeného mléka i syrovátky (viz Tabulka 12) a měli je opět seřadit podle celkové přijatelnosti (viz Tabulka 13). Použitý dotazník je uveden v Příloze 2.

Tabulka 12: Značení vzorků s pachutí

Přídavek sušiny	Sušené mléko	Sušená syrovátka
2 % hm.	SUŠ-2-P	SYR-2-P
6 % hm.	SUŠ-6-P	SYR-6-P

Tabulka 13: Pořadový test z hlediska celkové přijatelnosti (nejlepší ⇒ nejhorší)

Hodnotitel	Kód vzorku			
	SUŠ-2-P	SUŠ-6-P	SYR-2-P	SYR-6-P
1	1	2	3	4
2	2	3	1	4
3	2	3	1	4
4	2	3	1	4
5	3	2	1	4
6	2	3	1	4
7	2	4	1	3
8	4	1	2	3
9	4	1	2	3
10	4	1	2	3
11	4	2	1	3
Součet pořadí	30	25	16	39

Hodnotitelé seřadili vzorky v pořadí SYR-2-P > SUŠ-6-P > SUŠ-2-P > SYR-6-P (nejlepší ⇒ nejhorší), u všech detekovali pachutí. Z těchto výsledků nelze přesně říci, zda je pachutí způsobena více přídavkem syrovátky nebo sušeného mléka, ani to že vyšší přídavek sušiny způsobuje větší pachutí. Pro průkaznější výsledky by bylo potřeba více hodnotitelů, možná více zkušných.

Jako nejhorší zvolili hodnotitelé vzorek s kódem SYR-6-P tedy s přídavkem 6 % hm. sušené syrovátky. Posuzovatelé jej popsali jako jogurt se zvláštní vůní až zapáchající, někteří vůni přirovnali k rybě. Co se týče chuti, popsali jej jako příliš kyselý a chutnající po rybině. U ostatních vzorků se objevovaly termíny jako neobvyklá, palčivá, octová chuť.

4.6.2 Výsledky stanovení těkavých látek vzorků s pachutí

Profil těkavých látek byl stanoven stejně jako u jogurtů „optimálních“ pomocí metody HS-SPME-GC-MS.

Přehled identifikovaných těkavých látek je uveden v Tabulce 14. Sloučeniny byly rozděleny do skupin a jejich přítomnost byla zaznamenána pomocí procenta zastoupení ve vzorku.

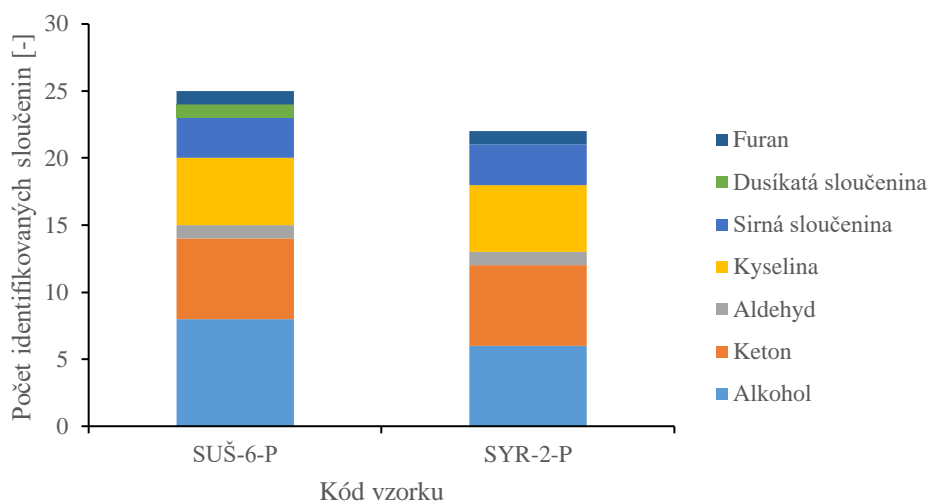
Tabulka 14: Přehled těkavých látek identifikovaných ve vzorcích jogurtu s pachutí

Název sloučeniny	Chemická klasifikace	T _R [min]	RI vypočítaný	Tabelovaný interval 90 % RI	Tabelovaný RI	SUŠ-6-P [rel. %]	SYR-2-P [rel. %]	Ref
laktamid	dusíkatá sloučenina	4,64	971	–	–	7	–	–
ethanol	alkohol	4,64	971	–	955	7	10	[50]
pentan-2-on	keton	5,62	993	–	993	10	10	[51]
pentan-2,3-dion	keton	8,20	1071	–	1068	1	1	[39]
dimethyldisulfid	siřná sloučenina	8,51	1082	–	1081	st.	st.	[39]
2-heptanon	keton	12,65	1190	–	1086	16	19	[40]
3-methyl-2-butenal	aldehyd	13,57	1212	–	1212	1	1	[41]
pentan-1-ol	alkohol	13,90	1220	1217–1271	–	1	1	[52]
isopentylalkohol	alkohol	14,14	1225	–	1223	1	–	[53]
acetoin	keton	17,35	1301	–	1301	6	10	[41]
heptan-2-ol	alkohol	18,60	1330	1284–1335	–	st.	–	[52]
3-methylbut-2-en-1-ol	alkohol	18,76	1334	–	1330	st.	st.	[42]
dimethyl trisulfid	siřná sloučenina	21,05	1387	–	1385	st.	st.	[44]
2-nonanon	keton	21,42	1396	–	1394	7	8	[45]
kyselina octová	kyselina	24,58	1471	–	1472	18	18	[45]

Tabulka 14 pokračování: Přehled těkavých látek identifikovaných ve vzorcích jogurtu s pachutí

Název sloučeniny	Chemická klasifikace	T _R [min]	RI vypočítaný	Tabelovaný interval 90 % RI	Tabelovaný RI	SUŠ-6-P [rel. %]	SYR-2-P [rel. %]	Ref
2-ethylhexan-1-ol	alkohol	25,73	1499	–	1499	st.	st.	[54]
2-nonanol	alkohol	27,03	1524	–	1524	1	1	[43]
2-undekanon	keton	31,35	1604	–	1604	st.	st.	[40]
kyselina máselná	kyselina	34,40	1644	–	1645	5	4	[46]
furfuryl alkohol	furan	36,90	1671	–	1669	2	st.	[50]
kyselina kapronová	kyselina	47,50	1863	–	1863	11	10	[43]
dimethylsulfon	sírná sloučenina	49,70	1912	–	1912	st.	st.	[47]
fenylethylalkohol	alkohol	50,05	1921	–	1920	st.	st.	[48]
kyselina kaprylová	kyselina	55,99	2061	–	2060	5	4	[49]

TR – retenční čas; *RI* – retenční index; *st.* – stopové množství (<1 rel. %); *SUŠ-6-P* – jogurt s pachutí s přidavkem 6 % hm. sušeného mléka; *SYR-2-P* – jogurt s pachutí s přidavkem 2 % hm. sušené syrovátky



Obrázek 27: Celkový počet těkavých látek ve vzorcích jogurtu s pachutí podle chemických skupin; značení vzorků viz Tabulka 12

Tabulka 15: Celkový počet těkavých látek ve vzorcích jogurtu s pachutí podle chemických skupin

	SUŠ-6-P	SYR-2-P
Alkohol	8	6
Keton	6	6
Aldehyd	1	1
Kyselina	5	5
Sírná sloučenina	3	3
Dusíkatá sloučenina	1	0
Furan	1	1
Celkem	25	22

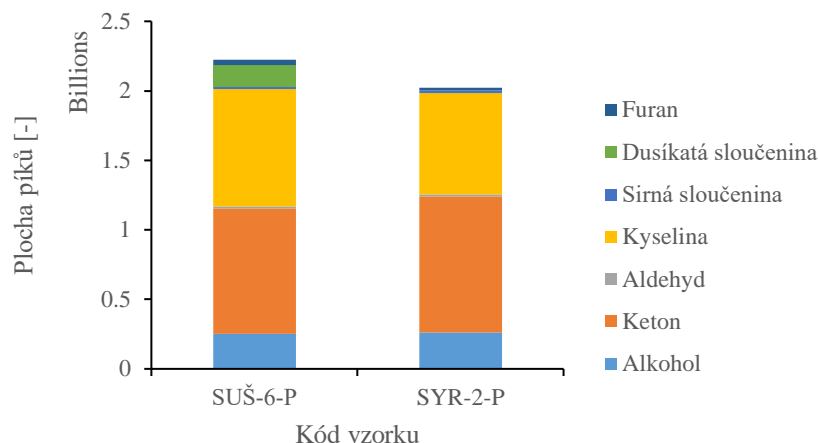
Ve vzorcích jogurtu s pachutí bylo identifikováno 25 těkavých sloučenin, z nichž bylo 21 přítomných v obou vzorcích.

V obou vzorcích se shodoval počet ketonů (6), aldehydů (1), kyselin (5) a sirných sloučenin (3) a furanu (1). Vzorky se liší počtem alkoholů, kde ve vzorku se sušeným mlékem (SUŠ-6-P) jich bylo identifikováno 8. Ve vzorku se sušenou syrovátkou (SYR-2-P) bylo identifikovaných alkoholů 6. Ve vzorcích s pachutí byla identifikována 1 dusíkatá sloučenina, která byla ve vzorku SUŠ-6-P.

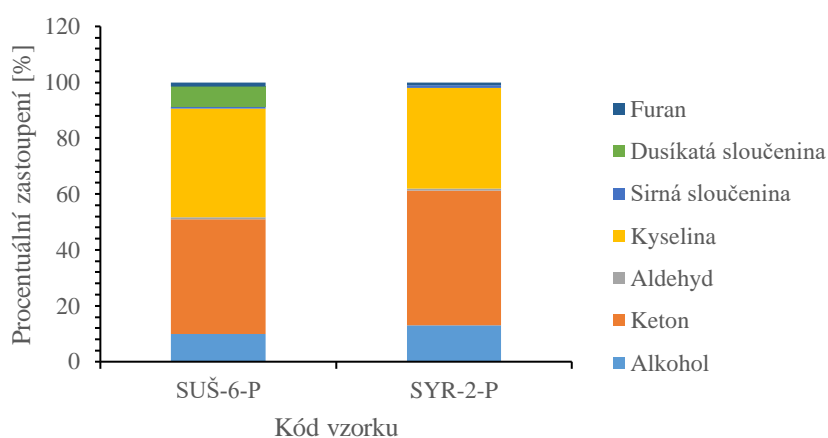
Z procentuální zastoupení sloučenin z Obrázku 27 je patrné, že jsou si vzorky, jako u optimálních vzorků, podobné v obsahu kyselin, ketonů a alkoholů.

Ve vzorku SUŠ-6-P ketony představovaly 41 %, kyseliny 39 % a alkoholy 10 %, kde nejvíce zastoupenými látkami byly heptan-2-on, kyselina octová a kyselina kapronová.

Vzorek SYR-2-P v porovnání se vzorkem SUŠ-6-P obsahoval více ketonů a to 48 % a alkoholů 13 %. Obsahoval však méně kyselin a to 36 %. Nejvíce zastoupenými sloučeninami ve vzorku byly heptan-2-on, kyselina octová a ethanol.



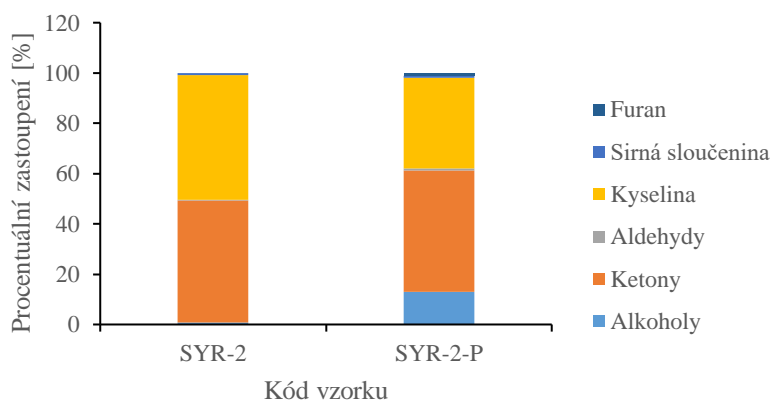
Obrázek 28: Obsah těkavých látek ve vzorcích s pachutí podle chemických skupin; značení vzorků viz Tabulka 12



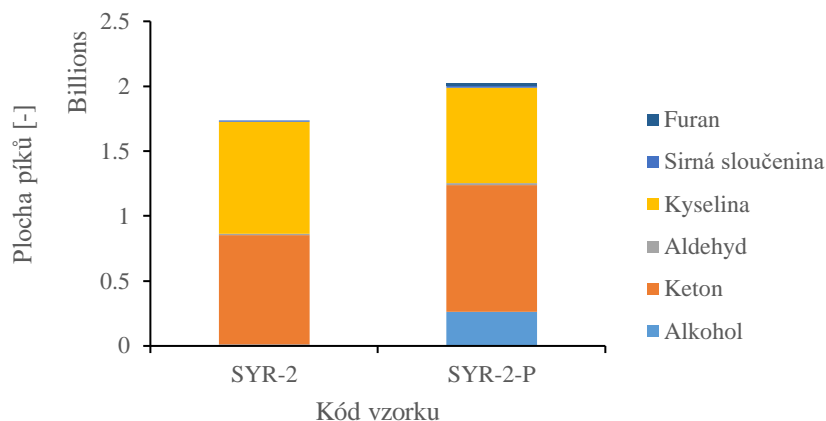
Obrázek 29: Obsah těkavých látek ve vzorcích s pachutí podle chemických skupin (v %); značení vzorků viz Tabulka 12

4.6.3 Srovnání vzorků jogurtů (s pachutí vs. bez pachutí)

Pro srovnání mezi vzorky s pachutí a bez pachutě byly vytvořeny grafy mezi vzorky se stejným přídatkem sušiny.

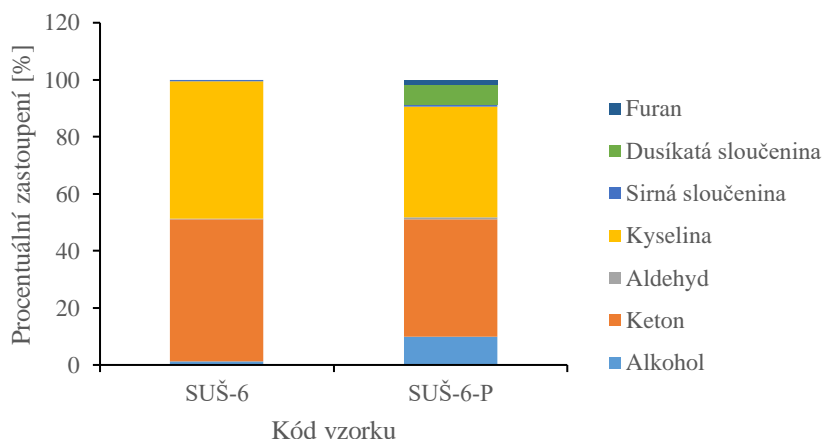


Obrázek 30: Obsah těkavých látek ve vzorcích bez pachutě a s pachutí podle chemických skupin (v %); značení vzorků viz Tabulka 2 a 12

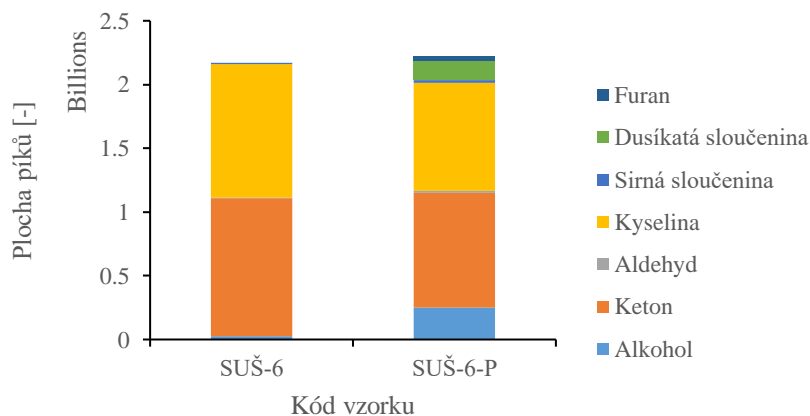


Obrázek 31: Obsah těkavých látek ve vzorcích bez pachutě a s pachutí podle chemických skupin; značení vzorků viz Tabulka 2 a 12

Z Obrázků 30 a 31 lze vyčíst, že se vzorky bez pachutě a s pachutí liší v obsahu alkoholů, furanu a sirných sloučenin. Relativní shodu můžeme najít při výskytu ketonů a kyselin. Kde ve vzorku SYR-2 zaujímaly ketony 49 % a kyseliny 50 %. Ve vzorku s pachutí (SYR-2-P) zaujímaly ketony rovněž 49 % avšak obsah kyselin byl nižší, tedy 36 %.



Obrázek 32: Obsah těkavých látek ve vzorcích bez pachutě a s pachutí podle chemických skupin (v %); značení vzorků viz Tabulka 2 a 12



Obrázek 33: Obsah těkavých látek ve vzorcích bez pachutě a s pachutí podle chemických skupin; značení vzorků viz Tabulka 2 a 12

Z Obrázků 32 a 33 lze vyčíst, že se vzorky bez pachutě a s pachutí liší v obsahu alkoholů, furanu, dusíkatých a sirných sloučenin. Vzorky se relativně shodují v obsahu kyselin a ketonů. Ve vzorku SUŠ-6 zaujímaly ketony 50 % a kyseliny 48 %. Ve vzorku s pachutí (SUŠ-6-P) zaujímaly ketony rovněž 41 % avšak obsah kyselin byl nižší, tedy 39 %.

Za pravděpodobnou příčinu nepříjemné pachuti by mohl být považován furfuryl alkohol, typický produkt Maillardovy reakce, jehož aroma je popisováno jako vařené, spálené; byl identifikován pouze u vzorků s pachutí, i když v minimálním množství; a příp. sirné sloučeniny uvolněné z denaturovaných bílkovin. Detekované množství bylo také velmi malé, nicméně jejich obsah se ve vzorcích s pachutí zvýšil. Sirné sloučeniny mají obecně výrazné aroma a nízký práh vnímání, takže mohou způsobit defekt i ve stopových koncentracích; vznikají ze sirných aminokyselin, především methioninu. V jogurtech byly detekovány tři, dimethyldisulfid, dimethyltrisulfid a dimethylsulfon, jejich aroma/pach bývá popisován jako vařené zelí, květák, česnek, příp. jako sirné [23].

ZÁVĚR

Tato práce se zabývala výrobou jogurtů a jejich charakterizací z hlediska senzoričké kvality a profilu těkavých látek.

První část práce se věnovala optimalizaci výroby vzorků; pro výrobu byl použit klasický postup zaočkování mléka předem připravenou jogurtovou kulturou. Pro dosažení žádoucí husté viskózní konzistence jogurtu byl zvýšen obsah sušiny přidáním sušeného odtučněného mléka a sušené syrovátky (přídavek 2, 4 a 6 % hm.). Hlavním záměrem bylo zjistit optimální přídavek sušiny a její vliv na výše uvedené parametry.

Z výsledků vyplývá, že v případě sušeného mléka došlo podle očekávání s vyšším přídavkem k zisku žádoucí hustší konzistence, vyšší přídavek navíc zjemňoval chuť a vůni jogurtu. V případě sušené syrovátky se naopak s vyšším přídavkem hustota překvapivě snižovala, na chuť a vůni přídavek neměl významný vliv. Pokud srovnáme všechny vlastnosti obou řad vzorků, dá se říct, že ve všech vlastnostech kromě chuti byl lépe hodnocen jogurt se sušeným mlékem; podle párové porovnávací zkoušky však byl jogurt s přídavkem syrovátky hodnocen téměř vždy jako lepší. Měl sice řidší konzistenci, ale byl chutnější, příjemně sladký a méně kyselý než jogurt s přídavkem sušeného mléka. Z toho vyplývá, že pro konzumenty nemusí být konzistence nejdůležitější vlastností a jejich preference ovlivňuje hlavně chuť.

Z jednotlivých řad vzorků byly jako „optimální“ vybrány jogurty s přídavkem 6 % hm. sušeného mléka a 2 % hm. sušené syrovátky. Oba měly příjemnou „jogurtovou“ barvu, příjemnou vůni a jemně kyselou chuť, konzistenci hodnotitelé popsali jako optimální. V těchto vzorcích byl stanoven profil těkavých látek pomocí metody HS-SPME-GC-MS a porovnán s jogurtem bez přídavku sušiny.

Ve vzorcích bylo celkem identifikováno 16 sloučenin, tyto byly rozděleny podle chemických skupin na alkoholy, aldehydy, ketony, kyseliny a sirné sloučeniny.

Ve všech vzorcích převládaly ketony a kyseliny, přídavek sušiny neměl významný vliv na celkový profil (rel. %) těkavých látek ve vzorcích. Obsah těchto kvantitativně nejvýznamnějších sloučenin se pohyboval v rozmezí: ketony 49-54 % a kyseliny 43-48 %. Ostatní skupiny tvořily jednotky %. Nejvíce zastoupenými sloučeninami byly diacetyl, acetoin, kyselina octová a kapronová. Tyto látky vznikají při fermentaci a jako významné složky aroma jogurtu už byly v jogurtech dříve identifikovány.

Během optimalizace výroby jogurtu se u některých vzorků, v důsledku dlouhé doby pasterace (90–92 °C, 30 min.) mléka s přidanou sušinou, objevila nepříjemná pachut' různé intenzity, kterou hodnotitelé popsali jako neobvyklá, příliš kyselá, palčivá, octová a chutnající po rybině. Za její pravděpodobnou příčinu by mohl být považován furfuryl alkohol, který byl identifikován pouze u vzorků s pachutí a příp. vyšší obsah sirných sloučenin. Tyto látky vykazují negativní aroma/pach a mohou ovlivnit chuť jogurtu už ve velmi nízkých koncentracích. K odstranění této vady bylo mléko pasterováno před přídavkem sušeného mléka/syrovátky, což je celkem diskutabilní z hlediska možné mikrobiální kontaminace, nebo by bylo možné zkrátit dobu pasterace, což bude testováno v rámci navazujících experimentů.

5 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] PAVELKA, Antonín, 1996. *Mléčné výrobky pro vaše zdraví*. Brno: Litera. ISBN 80-85763-09-5.
- [2] Puniya A.K. *Fermented Milk and Dairy Products*. Boca Raton: CRC Press. Taylor & Francis Group. 2016 ISBN 978-1-4665-7800-5.
- [3] MUEHLHOFF, Ellen, Anthony BENNETT a Deirdre MCMAHON, 2013. *Milk and dairy products in human nutrition*. Food and Agriculture Organisation of the United Nations. Rome: FAO. ISBN 978-92-5-107864-8.
- [4] YILDIZ, Fatih, 2010. *Development and Manufacture of Yogurt and Other Functional Dairy Products* [online]. Boca Raton: CRC Press. ISBN 9781420082081. Dostupné z: doi:10.1201/9781420082081
- [5] KOK, Car Reen a Robert HUTKINS, 2018. Yogurt and other fermented foods as sources of health-promoting bacteria. *Nutrition Reviews*. **76**(Supplement_1), 4-15. ISSN 0029-6643. Dostupné z: doi:10.1093/nutrit/nuy056
- [6] CABALLERO, Benjamin, Luiz TRUGO a Paul FINGLAS, 2003. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. Academic Press. ISBN 978-0-12-227055-0.
- [7] PANESAR, Parmjit S., 2011. Fermented Dairy Products: Starter Cultures and Potential Nutritional Benefits. *Food and Nutrition Sciences*. **02**(01), 47-51. ISSN 2157-944X. Dostupné z: doi:10.4236/fns.2011.21006
- [8] CASTELLONE, Vincenzo, Elena BANCALARI, Josep RUBERT, Monica GATTI, Erasmo NEVIANI a Benedetta BOTTARI, 2021. Eating Fermented: Health Benefits of LAB-Fermented Foods. *Foods*. **10**(11). ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods10112639
- [9] TAMIME, AY, 2002. Fermented milks: a historical food with modern applications—a review. *European Journal of Clinical Nutrition*. **56**(S4), S2-S15. ISSN 0954-3007. Dostupné z: doi:10.1038/sj.ejcn.1601657
- [10] HUTKINS, Robert W., [2019]. *Microbiology and technology of fermented foods*. Second edition. Hoboken, NJ, USA: Wiley Blackwell. ISBN 9781119027560.
- [11] LAHTINEN, Sampo, Arthur C. OUWEHAND, Seppo SALMINEN a Atte VON WRIGHT, c2012. *Lactic acid bacteria: microbiological and functional aspects*. 4th ed. Boca Raton: CRC Press. ISBN 978-1-4398-3677-4.
- [12] PETROVA, Penka, Ivan IVANOV, Lidia TSIGORIYNA, Nadezhda VALCHEVA, Evgenia VASILEVA, Tsvetomila PARVANOVVA-MANCHEVA, Alexander ARSOV a Kaloyan PETROV, 2021. Traditional Bulgarian Dairy Products: Ethnic Foods with Health Benefits. *Microorganisms*. **9**(3). ISSN 2076-2607. Dostupné z: doi:10.3390/microorganisms9030480
- [13] CASTELLONE, Vincenzo, Elena BANCALARI, Josep RUBERT, Monica GATTI, Erasmo NEVIANI a Benedetta BOTTARI, 2021. Eating Fermented: Health Benefits of LAB-Fermented Foods. *Foods*. **10**(11). ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods10112639
- [14] DAN, Tong, Rulin JIN, Weiyi REN, Ting LI, Haiyan CHEN a Tiansong SUN, 2018. Characteristics of Milk Fermented by *Streptococcus thermophilus* MGA45-4 and the Profiles of Associated Volatile Compounds during Fermentation and

- Storage. *Molecules* [online]. **23**(4) [cit. 2023-02-26]. ISSN 1420-3049. Dostupné z: doi:10.3390/molecules23040878
- [15] Vyhláška 397/2016 Sb., o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje
- [16] BANERJEE, Ujjwainee, Tanima HALDER, Rakibul MALIDA, Roshni PANDA a Gourisankar ROYMAHAPATRA, 2017. Variety of yogurt and its health aspects - a brief review. *International Journal of Innovative Practice and Applied Research*. **7**. 56-66. ISSN 2349-8978.
- [17] CLARK, Stephanie, Michael COSTELLO, MaryAnne DRAKE a Floyd BODYFELT, ed., 2009. *The Sensory Evaluation of Dairy Products* [online]. New York, NY: Springer US [cit. 2023-04-09]. ISBN 978-0-387-77406-0. Dostupné z: doi:10.1007/978-0-387-77408-4
- [18] ARYANA, Kayanush J. a Douglas W. OLSON, 2017. A 100-Year Review: Yogurt and other cultured dairy products. *Journal of Dairy Science* [online]. **100**(12), 9987-10013 [cit. 2023-03-01]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.2017-12981
- [19] WEERATHILAKE, W.A.D.V., D.M.D. RASIKA, J.K.U. RUWANMALI a M.A.D.D. MUNASINGHE, 2014. The evolution, processing, varieties and health benefits of yogurt. *International Journal of Scientific and Research Publications*. **4**(4). ISSN 2250-3153.
- [20] POKORNÝ, Jan, Zdeňka PANOVSÁ a Helena VALENTOVÁ, 1998. *Sensorická analýza potravin*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická. ISBN 80-7080-329-0.
- [21] KŘÍŽ, Oldřich, František BUŇKA a Jan HRABĚ, 2007. *Senzorická analýza potravin II.: statistické metody*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati. ISBN 978-80-7318-494-0.
- [22] KARAGL-YCEER, Yonca a MaryAnne DRAKE, 2006. Sensory Analysis of Yogurt. In: CHANDAN, Ramesh C., ed. *Manufacturing Yogurt and Fermented Milks* [online]. Ames, Iowa, USA: Blackwell Publishing, s. 265-278 [cit. 2023-03-01]. ISBN 9780470277812. Dostupné z: doi:10.1002/9780470277812.ch16
- [23] CHENG, Hefa, 2010. Volatile Flavor Compounds in Yogurt: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* [online]. **50**(10), 938-950 [cit. 2023-03-27]. ISSN 1040-8398. Dostupné z: doi:10.1080/10408390903044081
- [24] JELEŇ, Henryk H., Małgorzata MAJCHER a Mariusz DZIADAS, 2012. Microextraction techniques in the analysis of food flavor compounds: A review. *Analytica Chimica Acta* [online]. **738**, 13-26 [cit. 2023-05-11]. ISSN 00032670. Dostupné z: doi:10.1016/j.aca.2012.06.006
- [25] SPIETELUN, Agata, Adam KLOSKOWSKI, Wojciech CHRZANOWSKI a Jacek NAMIEŚNIK, 2013. Understanding Solid-Phase Microextraction: Key Factors Influencing the Extraction Process and Trends in Improving the Technique. *Chemical Reviews*. **113**(3), 1667-1685. ISSN 0009-2665. Dostupné z: doi:10.1021/cr300148j
- [26] KATAOKAA, Hiroyuki, Heather L. LORDB a Janusz PAWLISZYN, 2000. Applications of solid-phase microextraction in food analysis. *Journal of Chromatography A*. **880**(1-2), 35-62. Dostupné z: doi:10.1016/s0021-9673(00)00309-5.

- [27] GAWALE, Dnyaneshwar S., Rohit S. JAISWAL, Rituraj P. CHAVHAN, Dhananjay D. CHAUDHARI, Neha JAISWAL a Depa A. PATIL, 2022. A Short Review on Gas Chromatography. *International Journal of Pharmaceutical Research and Applications*. India, 7(6), 615-620. ISSN 2456-4494. Dostupné z: doi:10.35629/7781-0706615620
- [28] Gas Chromatography. *Chemistry Libre Text* [online]. [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Analytical_Chemistry/Supplemental_Modules_\(Analytical_Chemistry\)/Instrumentation_and_Analysis/Chromatography/Gas_Chromatography](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Analytical_Chemistry/Supplemental_Modules_(Analytical_Chemistry)/Instrumentation_and_Analysis/Chromatography/Gas_Chromatography)
- [29] SKOOG, Douglas A. a James J. LEARY, 1992. *Principles of instrumental analysis*. 4th ed. Fort Worth: Harcourt Brace College Publishers. ISBN 00-307-5398-8.
- [30] SINGH, Nishi, Saurabh GOSEWADE, Bumbadiya MITULKUMAR a Rajan SHARMA, 2018. Application of GC-MS as an Analytical Tool for Quality Assurance of Dairy and Food Products. In: *Nanotechnological and Biochemical Techniques for Assessing the Quality and Safety of Milk and Milk Products*. ICAR-NDRI, s. 21-26.
- [31] BUŇKA, František, 2013. *Mlékárenská technologie I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN 9788074542541.
- [32] CUPÁKOVÁ, Šárka, Renáta KARPÍŠKOVÁ a Lenka NECIDOVÁ, 2010. *Mikrobiologie potravin – praktická cvičení II.: Metody stanovení mikroorganismů v potravinách*. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. Brno.
- [33] HRSTKA, Miroslav, Lenka SOMROVÁ a Pavel DIVIŠ, 2019. *Praktikum z analytické chemie potravin*. Vysoké učení technické v Brně Fakulta chemická. Brno.
- [34] ROGINSKI, Hubert, Patrick F. FOX a John W. FUQUAY, 2003. *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Amsterdam: Academic Press. ISBN 01-222-7238-2.
- [35] ŠUSTOVÁ, Květoslava, 2015. *Mlékárenské technologie: (návod do cvičení)*. Brno: Mendelova univerzita v Brně. ISBN 978-80-7509-248-9.
- [36] KARAM, Marie Celeste, Claire GAIANI, Chadi HOSRI, Jennifer BURGAIN a Joël SCHER, 2013. Effect of dairy powders fortification on yogurt textural and sensorial properties: a review. *Journal of Dairy Research* [online]. 80(4), 400-409 [cit. 2023-05-05]. ISSN 0022-0299. Dostupné z: doi:10.1017/S0022029913000514
- [37] ČSN EN ISO 5495 (560032). *Senzorická analýza – Metodologie – Párová porovnávací zkouška*. Praha: Ústav pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [38] OTT, Andreas, Laurent B. FAY a Alain CHAINTREAU, 1997. Determination and Origin of the Aroma Impact Compounds of Yogurt Flavor. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 45(3), 850-858 [cit. 2023-05-19]. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/jf960508e
- [39] TANCHOTIKUL, URAIWAN a THOMAS C.-Y. HSIEH, 1989. Volatile Flavor Components in Crayfish Waste. *Journal of Food Science*[online]. 54(6), 1515-1520 [cit. 2023-05-19]. ISSN 0022-1147. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2621.1989.tb05149.x
- [40] CHUNG, Hau Yin, 1999. Volatile Components in Crabmeats of *Charybdis feriatus*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 47(6), 2280-2287 [cit. 2023-05-19]. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/jf981027t

- [41] LE GUEN, S., C. PROST a M. DEMAIMAY, 2000. Characterization of odorant compounds of mussels (*Mytilus edulis*) according to their origin using gas chromatography–olfactometry and gas chromatography–mass spectrometry. *Journal of Chromatography A* [online]. **896**(1-2), 361-371 [cit. 2023-05-19]. ISSN 00219673. Dostupné z: doi:10.1016/S0021-9673(00)00729-9
- [42] COEN, Matthias, Ralf ENGEL a Adolf NAHRSTEDT, 1995. Chavicol β -d-glucoside, a phenylpropanoid heteroside, benzyl- β -d-glucoside and glycosidically bound volatiles from subspecies of *Cedronella canariensis*. *Phytochemistry* [online]. **40**(1), 149-155 [cit. 2023-05-19]. ISSN 00319422. Dostupné z: doi:10.1016/0031-9422(95)00241-X
- [43] MALLIA, S., E. FERNÁNDEZ-GARCÍA a J. OLIVIER BOSSET, 2005. Comparison of purge and trap and solid phase microextraction techniques for studying the volatile aroma compounds of three European PDO hard cheeses. *International Dairy Journal* [online]. **15**(6-9), 741-758 [cit. 2023-05-19]. ISSN 09586946. Dostupné z: doi:10.1016/j.idairyj.2004.11.007
- [44] RUIZ PEREZ-CACHO, Pilar, Kanjana MAHATTANATAWEE, John M. SMOOT a Russell ROUSEFF, 2007. Identification of Sulfur Volatiles in Canned Orange Juices Lacking Orange Flavor. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. **55**(14), 5761-5767 [cit. 2023-05-19]. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/jf0703856
- [45] CHUNG, Hau Yin, 2000. Volatile Flavor Components in Red Fermented Soybean (*Glycine max*) Curds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. **48**(5), 1803-1809 [cit. 2023-05-19]. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/jf991272s
- [46] MAHAJAN, S.S., L. GODDIK a M.C. QIAN, 2004. Aroma Compounds in Sweet Whey Powder. *Journal of Dairy Science* [online]. **87**(12), 4057-4063 [cit. 2023-05-19]. ISSN 00220302. Dostupné z: doi:10.3168/jds.S0022-0302(04)73547-X
- [47] CHO, I.H., H.-J. NAMGUNG, H.-K. CHOI a Y.-S. KIM, 2008. Volatiles and key odorants in the pileus and stipe of pine-mushroom (*Tricholoma matsutake* Sing.). *Food Chemistry* [online]. **106**(1), 71-76 [cit. 2023-05-19]. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2007.05.047
- [48] GÜRBÜZ, Ozan, June M. ROUSEFF a Russell L. ROUSEFF, 2006. Comparison of Aroma Volatiles in Commercial Merlot and Cabernet Sauvignon Wines Using Gas Chromatography–Olfactometry and Gas Chromatography–Mass Spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. **54**(11), 3990-3996 [cit. 2023-05-19]. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/jf053278p
- [49] LEE, Seung-Joo, Jang-Eun LEE, Hyeon-Wee KIM, Sung-Soo KIM a Kyung-Hee KOH, 2006. Development of Korean red wines using *Vitis labrusca* varieties: instrumental and sensory characterization. *Food Chemistry* [online]. **94**(3), 385-393 [cit. 2023-05-19]. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2004.11.035
- [50] PJ Linstrom, and W.G. Mallard, Eds., NIST Chemistry WebBook, NIST Standard Reference Database Number 69, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg MD, 20899, doi.org/10.18434/T4D303
- [51] SHIRATSUCHI, Hideki, Mitsuya SHIMODA, Kazuhiro IMAYOSHI, Katsuhiko NODA a Yutaka OSAJIMA, 1994. Volatile Flavor Compounds in Spray-Dried Skim

- Milk Powder. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. **42**(4), 984-988 [cit. 2023-05-19]. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/jf00040a028
- [52] BABUSHOK, V. I., P. J. LINSTROM a I. G. ZENKEVICH, 2011. Retention Indices for Frequently Reported Compounds of Plant Essential Oils. *Journal of Physical and Chemical Reference Data* [online]. **40**(4) [cit. 2023-05-19]. ISSN 0047-2689. Dostupné z: doi:10.1063/1.3653552
- [53] PEŤKA, Ján, Vicente FERREIRA, Miguel Angel GONZÁLEZ-VIÑAS a Juan CACHO, 2006. Sensory and Chemical Characterization of the Aroma of a White Wine Made with Devín Grapes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. **54**(3), 909-915 [cit. 2023-05-19]. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/jf0518397
- [54] POZO-BAYÓN, Maria Angeles, Alejandro RUÍZ-RODRÍGUEZ, Karine PERNIN a Nathalie CAYOT, 2007. Influence of Eggs on the Aroma Composition of a Sponge Cake and on the Aroma Release in Model Studies on Flavored Sponge Cakes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. **55**(4), 1418-1426 [cit. 2023-05-19]. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/jf062203y

6 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

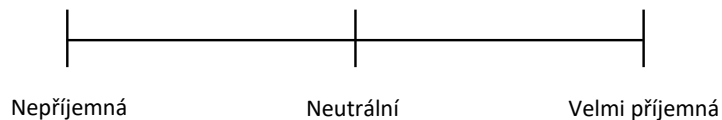
FMV	Fermentované mléčné výrobky
BMK	Bakterie mléčného kvašení
<i>L. lactis</i>	<i>Lactococcus lactis</i>
Subsp.	subspecies – poddruh
<i>Str. thermophilus</i>	<i>Streptococcus thermophilus</i>
<i>Lbc. bulgaricus</i>	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>
SPME	Solid-phase microextraction – mikroextrakce pevnou fází
GC	Plynová chromatografie
GSC	Gas-solid chromatography – chromatografie plyn-pevná látka
GLC	Gas-liquid chromatography – chromatografie plyn-kapalina
GC-FID	Plynová chromatografie s plamenově ionizační detekcí
MS	hmotnostní spektrometrie
WCOT	Wall-coated open-tubular – otevřená trubicová kolona se stěnovým povlakem
SCOT	Support-Coated Open Tubular – otevřená trubicová kolona s podpůrným povlakem
ECD	Electron capture detector – detektor elektronového záchytu
AED	Atomic emission detector – atomový emisní detektor
GC-MS	Plynová chromatografie s hmotnostní spektrometrií

7 PŘÍLOHY

- Příloha 1 Dotazník sensorické analýzy
- Příloha 2 Dotazník sensorické analýzy pro vzorky s pachutí
- Příloha 3 Ukázka chromatogramu těkavých (aromatických) látek identifikovaných ve vzorku JOG
- Příloha 4 Ukázka chromatogramu těkavých (aromatických) látek identifikovaných ve vzorku SUŠ-6
- Příloha 5 Ukázka chromatogramu těkavých (aromatických) látek identifikovaných ve vzorku SYR-2
- Příloha 6 Ukázka chromatogramu těkavých (aromatických) látek identifikovaných ve vzorku s pachutí SUŠ-6-P
- Příloha 7 Ukázka chromatogramu těkavých (aromatických) látek identifikovaných ve vzorku s pachutí SYR-2-P

Vůně

Pomocí uvedené grafické stupnice ohodnoťte vůni vzorků (do stupnice zapište kódy vzorků).



Popis krajních bodů:

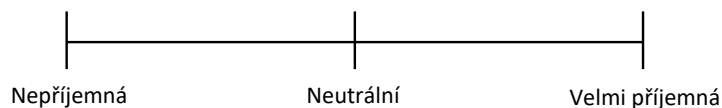
Velmi příjemná – čistá, bez cizích vůní, mléčná, mírně nakyslá

Nepřijemná – nečistá, nepříjemná, ostře kyselá, případně jiné vady

Připomínky

Chuť

Pomocí uvedené grafické stupnice ohodnoťte chuť vzorků (do stupnice zapište kódy vzorků).



Popis krajních bodů:

Velmi příjemná – čistá, jemně mléčně nakyslá, jogurtová

Nepřijemná – málo nebo naopak příliš kyselá, nepříjemná, cizí pachuti a jiné vady

Připomínky

Pořadový test

V následující tabulce seřadte vzorky podle **konzistence**

Pořadí vzorků	1. (nejlepší)	2.	3. (nejhorší)
Kód vzorku			

Pořadový test

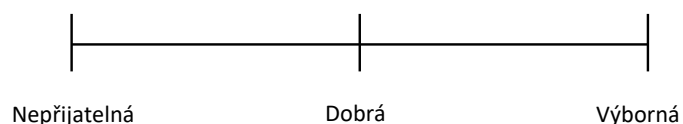
V následující tabulce seřadte vzorky dle **celkové přijatelnosti**

Pořadí vzorků	1. (nejlepší)	2.	3. (nejhorší)
Kód vzorku			

Část č.2 – Řada B

Vzhled a barva

Pomocí uvedené grafické stupnice ohodnoťte příjemnost vzhledu a barvy vzorků (do stupnice запиšte kódy vzorku).



Popis krajních bodů:

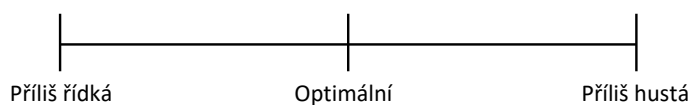
Výborná – barva smetanová, lesklá, stejnorodá, bez cizích odstínů. Vzhled čistý, hladký lesklý, homogenní

Nepřijatelná – barva netypická (nažloutlá, nazelenalá aj.), vyvstávající syrovátka, nehomogenní vzhled, přítomnost bublinek a jiné vady

Připomínky

Textura

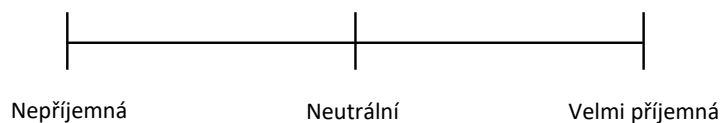
Pomocí uvedené grafické stupnice ohodnoťte texturu (hustotu, viskozitu) vzorků (do stupnice запиšte kódy vzorků)



Připomínky

Vůně

Pomocí uvedené grafické stupnice ohodnoťte vůni vzorků (do stupnice запиšte kódy vzorků).



Popis krajních bodů:

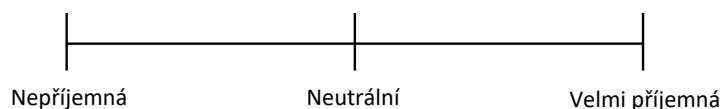
Velmi příjemná – čistá, bez cizích vůní, mléčná, mírně nakyslá

Nepříjemná – nečistá, nepříjemná, ostře kyselá, případné jiné vady

Připomínky

Chuť

Pomocí uvedené grafické stupnice ohodnoťte chuť vzorků (do stupnice zapište kódy vzorků).



Popis krajních bodů:

Velmi příjemná – čistá, jemně mléčně nakyslá, jogurtová

Nepřijemná – málo nebo naopak příliš kyselá, nepřijemná, cizí pachuti a jiné vady

Připomínky

Pořadový test

V následující tabulce seřaďte vzorky podle **konzistence**

Pořadí vzorků	1. (nejlepší)	2.	3. (nejhorší)
Kód vzorku			

Pořadový test

V následující tabulce seřaďte vzorky dle **celkové přijatelnosti**

Pořadí vzorků	1. (nejlepší)	2.	3. (nejhorší)
Kód vzorku			

Párová porovnávací zkouška

Vážení hodnotitelé,

Porovnejte prosím následující páry vzorků jogurtů a zakroužkujte vždy ten, který považujete za lepší, přijatelnější, a kterému byste dali přednost a proč?

Kódy vzorků		Odůvodnění
831	412	

Kódy vzorků		Odůvodnění
573	352	

Kódy vzorků		Odůvodnění
824	592	

Příloha 2: Dotazník senzorické analýzy pro vzorky s pachutí

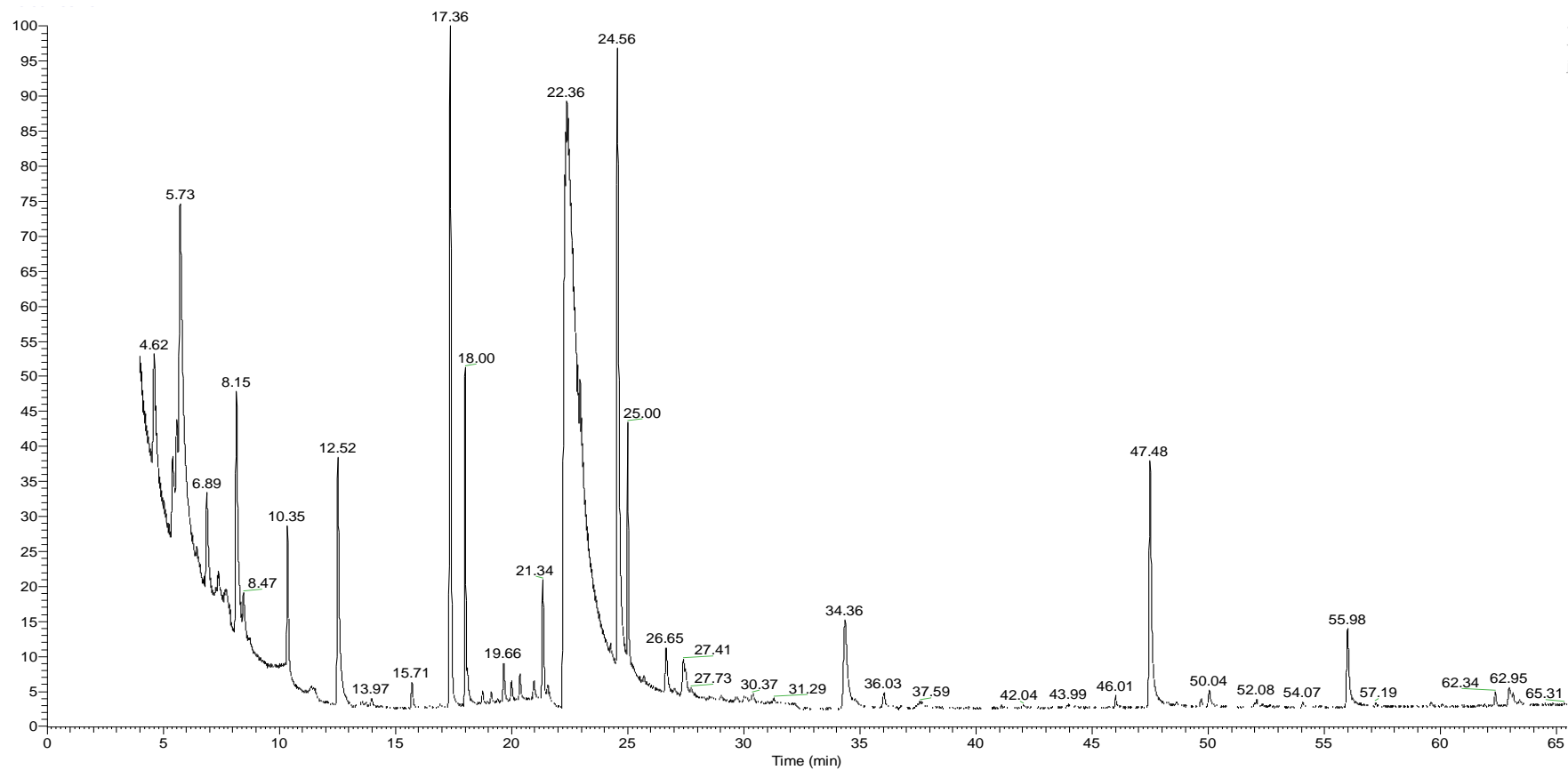
Pořadový test

V následující tabulce seřaďte vzorky dle **celkové přijatelnosti**

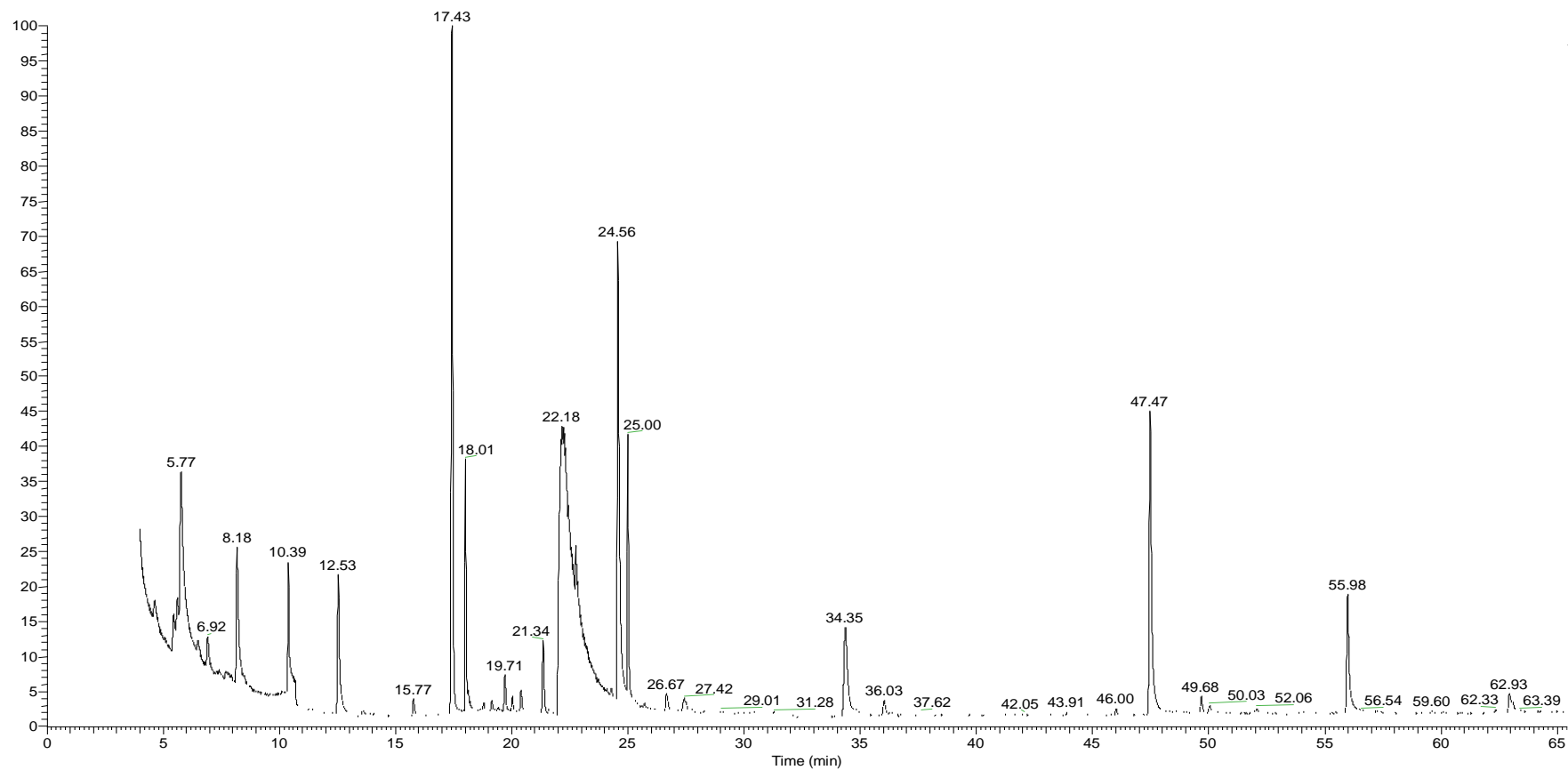
Pořadí vzorků	1. (nejlepší)	2.	3.	4. (nejhorší)
Kód vzorku				

Poznámky:

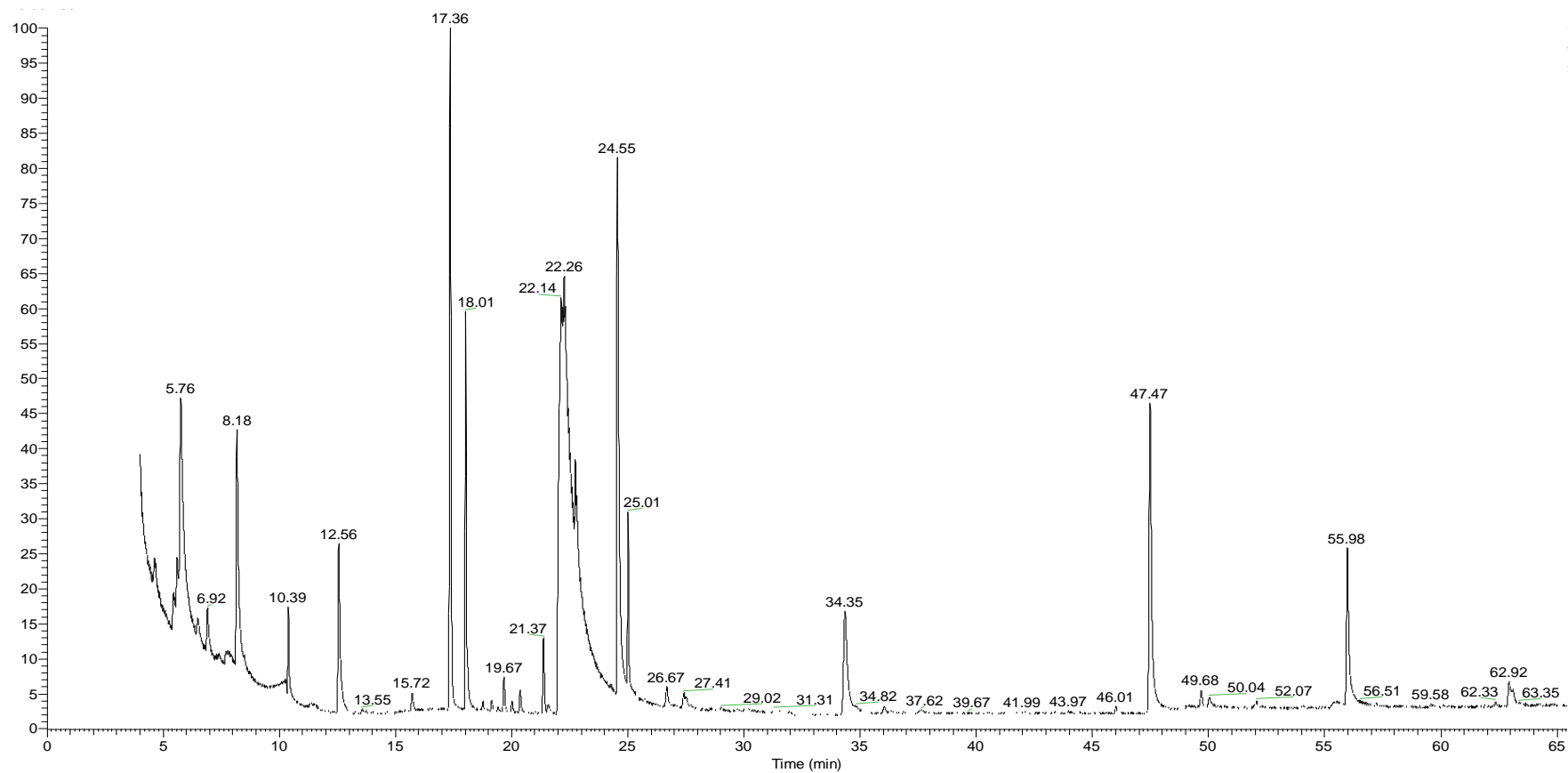
Příloha 3: Ukázka chromatogramu těkavých (aromatických) látek identifikovaných ve vzorku jogurtu (bez přídavku sušiny); identifikace sloučenin viz Tabulka 10



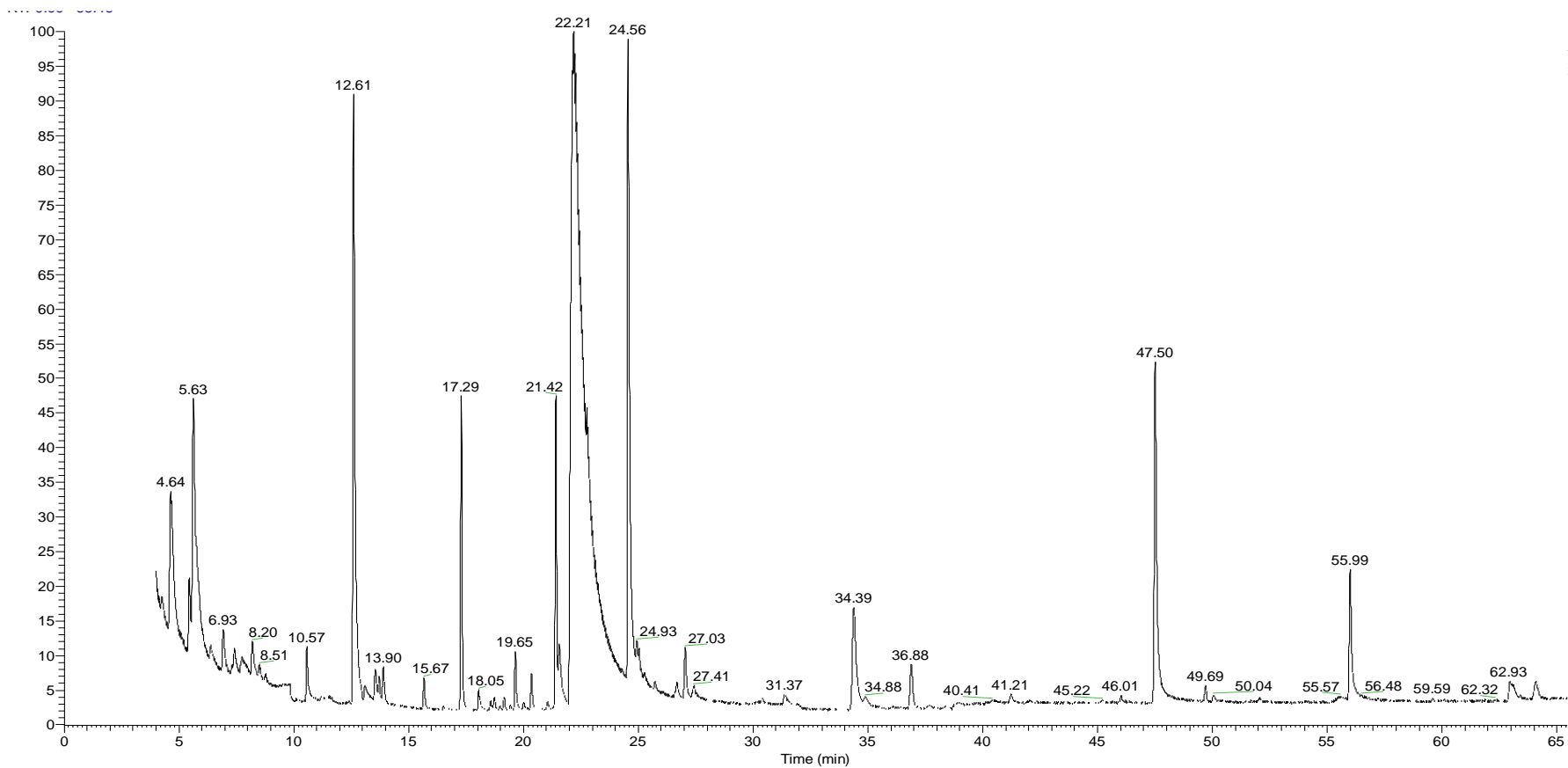
Příloha 4: Ukázka chromatogramu těkavých (aromatických) látek identifikovaných ve vzorku jogurtu (přídavek suš. mléka 6 % hm); identifikace sloučenin viz Tabulka 10



*Příloha 5: Ukázka chromatogramu těkavých (aromatických) látek identifikovaných ve vzorku jogurtu (přídavek suš. syrovátky 2 % hm.);
identifikace sloučenin viz Tabulka 10*



*Příloha 6: Ukázka chromatogramu těkavých (aromatických) látek identifikovaných ve vzorku s pachutí (přídavek suš. mléka 6 % hm.);
identifikace sloučenin viz Tabulka 14*



*Příloha 7: Ukázka chromatogramu těkavých (aromatických) látek identifikovaných ve vzorku s pachutí (přídavek suš. syrovátky 2 % hm.);
identifikace sloučenin viz Tabulka 14*

