

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA CHEMICKÁ
ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

FACULTY OF CHEMISTRY
INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

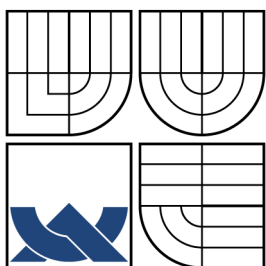
VLIV AROMATICKY AKTIVNÍCH LÁTEK NA CHUTNOST JOGURTŮ

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

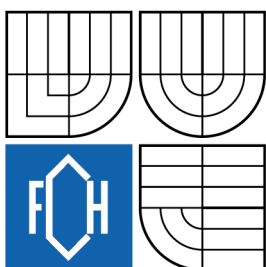
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. JIŘÍ MALINA

BRNO 2009



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ
ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A
BIOTECHNOLOGIÍ

FACULTY OF CHEMISTRY
INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

VLIV AROMATICKY AKTIVNÍCH LÁTEK NA CHUTNOST JOGURTŮ

INFLUENCE OF AROMA ACTIVE COMPOUNDS ON FLAVOUR OF YOGURTS

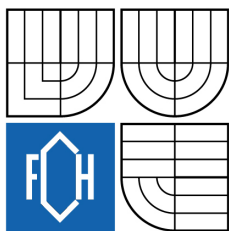
DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. JIŘÍ MALINA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. EVA VÍTOVÁ, Ph.D.



Zadání diplomové práce

Číslo diplomové práce: **FCH-DIP0237/2008** Akademický rok: **2008/2009**
Ústav: Ústav chemie potravin a biotechnologií
Student(ka): **Bc. Jiří Malina**
Studijní program: Chemie a technologie potravin (N2901)
Studijní obor: Potravinářská chemie a biotechnologie (2901T010)
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Eva Vítová, Ph.D.**
Konzultanti diplomové práce:

Název diplomové práce:

Vliv aromaticky aktivních látek na chutnost jogurtů

Zadání diplomové práce:

1. Zpracujte literární přehled zaměřený na:
 - chemické složení, strukturu jednotlivých složek jogurtů
 - stručný technologický postup výroby jogurtů
 - vznik a vývoj aroma a chuti v průběhu výroby
2. Identifikujte sloučeniny typické pro chutnost jogurtů pomocí metody SPME-GC
3. Vyberte vhodné metody pro senzorické hodnocení jejich chutnosti
4. Sledujte vliv vybraných látek na chutnost různých typů jogurtů

Termín odevzdání diplomové práce: 22.5.2009

Diplomová práce se odevzdává ve třech exemplářích na sekretariát ústavu a v elektronické formě vedoucímu diplomové práce. Toto zadání je přílohou diplomové práce.

Bc. Jiří Malina
Student(ka)

Ing. Eva Vítová, Ph.D.
Vedoucí práce

doc. Ing. Jiřina Omelková, CSc.
Ředitel ústavu

V Brně, dne 1.10.2008

doc. Ing. Jaromír Havlica, DrSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá problematikou stanovení aromaticky aktivních látek přítomných v bílých jogurtech. Tyto látky jsou klíčové pro chutnost těchto fermentovaných mléčných výrobků. Byly analyzovány celkem čtyři typy jogurtů, smetanový (obsah tuku 10 %), střednětučný a střednětučný Bio (obsah tuku 3 %) a nízkotučný (obsah tuku 0,1 %), vyrobené v Mlékárně Valašské Meziříčí, spol. s r.o. Analýza byla provedena s použitím plynové chromatografie s extrakcí analytů pomocí SPME - mikroextrakce na tuhé fázi.

V rozdílných množstvích bylo zjištěno pět skupin různých aromatických látek: ketony, aldehydy, organické kyseliny a jejich estery a alkoholy. Tyto sloučeniny jsou většinou produkty metabolismu bakterií *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* a *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, což jsou jogurtové kultury používané při jejich výrobě. Menší množství jsou obsažena v kravském mléce nebo v mlékařských aditivech.

Pro zjištění přijatelnosti a chutnosti byly jogurty zároveň sensoricky hodnoceny pomocí pořadové zkoušky a stupnicové metody. Hodnotitelé byli vybráni z řad studentů a zaměstnanců fakulty.

KLÍČOVÁ SLOVA

jogurt, chutnost, SPME, GC, sensorická analýza

ABSTRACT

This diploma thesis deals with the questions of determination of aroma active compounds present in yoghurts. These compounds are crucial for flavour of these fermented dairy products. Four types of yoghurts were analyzed, creamy (10 % of fat), medium-fat and medium-fat Bio (3 % of fat) and light (0,1 % of fat), produced by Mlékárna Valašské Meziříčí, spol. s r.o. Analysis was carried out by gas chromatography with extraction of analytes by SPME - solid phase microextraction.

Five groups of different aroma active compounds such as ketones, aldehydes, organic acids and their esters and alcohols in different amounts were determined. These compounds are mostly metabolic products of *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, dairy yoghurt cultures usually used for yoghurt production. Less amounts are present in cow's milk or in dairy additives.

Yoghurts were simultaneously sensorially evaluated using ranking test and scale test for determination of acceptability and flavour. The assessors were students and staffs of faculty of chemistry BUT.

KEYWORDS

yogurt, flavour, SPME, GC, sensory analysis

MALINA, J. *Vliv aromaticky aktivních látek na chutnost jogurtů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2009. 78 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Eva Vítová, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citoval. Diplomová 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:

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucí mé diplomové práce ing. Evě Vítové, Ph.D. za odbornou pomoc, cenné rady a připomínky. Také bych chtěl poděkovat mé rodině a blízkým, kteří mě po celou dobu studia podporovali jak materiálně, tak psychicky.

OBSAH

1. ÚVOD	11
2. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	12
2.1. OBECNÁ CHARAKTERISTIKA JOGURTŮ	12
2.2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ A VÝŽIVOVÁ HODNOTA JOGURTŮ	12
2.2.1 Sacharidy	12
2.2.2 Proteiny	13
2.2.3 Tuky	13
2.2.4 Kyselina mléčná	15
2.2.5 Minerální látky a vitamíny	16
2.3. TECHNOLOGIE VÝROBY JOGURTŮ	17
2.3.1 Výběr mléka	19
2.3.2 Ošetření mléka	19
2.3.3 Standardizace mléka	19
2.3.4 Přídavek stabilizačních látek	19
2.3.5 Homogenizace mléka	20
2.3.6 Tepelné ošetření mléka před zakysáním	20
2.3.7 Zakysávání mléka	20
2.3.7.1 Kultury používané při výrobě jogurtů	20
2.3.7.2 <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	21
2.3.7.3 <i>Streptococcus salivarius</i> subsp. <i>thermophilus</i>	22
2.3.8 Zrání	23
2.3.9 Přidávání ochucovadel, balení, chlazení, expedice	24
2.4. VZNIK A VÝVOJ AROMA A CHUTI V PRŮBĚHU VÝROBY	24
2.4.1 Změny sacharidů	24
2.4.2 Změny bílkovin	25
2.4.3 Změny tuků	25
2.5 AROMATICKY AKTIVNÍ LÁTKY	26
2.5.1 Aromaticky aktivní látky v mléce	26
2.5.2 Aromaticky aktivní látky v jogurtu	27
2.5.3 Alkoholy	28
2.5.4 Aldehydy	28
2.5.5 Ketony	29
2.5.6 Estery	30
2.5.7 Sírné sloučeniny	30
2.5.8 Volné mastné kyseliny	30
2.5.9 Aminy	30
2.6. Senzorická analýza	31
2.6.1 Senzorická laboratoř	31
2.6.2 Nástroje smyslového vnímání	32
2.6.2.1 Chuťový smysl	32
2.6.2.2 Čichový smysl	33
2.6.2.3 Smysl zrakový	34
2.6.2.4 Sluchový smysl	34
2.6.2.5 Taktilní smysl	35
2.6.2.6 Kinestetický smysl	35
2.6.2.7 Smysl pro teplo	35
2.6.2.8 Smysl pro chlad	35
2.6.3 Hodnotitelé	36
2.6.4 Podávání a zkoušení vzorků	36

2.6.5	Metody senzorické analýzy	37
2.6.5.1	Metody rozlišovací	38
2.6.5.2	Pořadové metody	39
2.6.5.3	Hodnocení srovnáním se standardem	39
2.6.5.4	Hodnocení s použitím stupnic	39
2.6.5.5	Poměrové (magnitudové) metody	40
2.7.	Metody stanovení aromatických látek v mléčných výrobcích	41
2.7.1	Plynová chromatografie	41
2.7.1.1	Chromatografická kolona	42
2.7.1.2	Detektor	42
2.7.2	Plynová chromatografie s izolací analytů metodou SPME	43
3.	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	46
3.1	Vybavení senzorické laboratoře	46
3.1.1	Přístroje a pomůcky	46
3.1.2	Senzorická laboratoř	46
3.2	Senzorická analýza	46
3.2.1	Vzorky	46
3.2.2	Podmínky při převozu a podávání vzorků při hodnocení	46
3.2.3	Označení vzorků	46
3.2.4	Dotazník pro senzorické hodnocení a hodnotitelé	47
3.2.5	Statistické vyhodnocení výsledků	47
3.2.5.1	Friedmanův test	47
3.2.5.2	Kruskal-Wallisův test	48
3.3	Vybavení analytické laboratoře	49
3.3.1	Standardsy pro určení AAL technikou SPME – GC	49
3.3.2	Plyny	49
3.3.3	Přístroje	49
3.3.4	Pomůcky	50
3.4	Analýza aromaticky aktivních látek v bílých jogurtech technikou SPME – GC	50
3.4.1	Vzorky	50
3.4.2	Podmínky izolace těkavých látek technikou SPME	50
3.4.3	Podmínky chromatografické analýzy	51
3.4.4	Statistické vyhodnocení výsledků	51
4.	VÝSLEDKY A DISKUZE	52
4.1	Senzorická analýza bílých jogurtů	52
4.1.1	Vyhodnocení častosti konzumace jogurtů a vztah hodnotitelů k nim	52
4.1.2	Vyhodnocení preference různých druhů bílých jogurtů u spotřebitelů	54
4.1.3	Vyhodnocení stupnicových metod	56
4.1.3.1	Hodnocení vzhledu a barvy	56
4.1.3.2	Hodnocení textury	57
4.1.3.3	Hodnocení chuti a vůně	59
4.1.4	Vyhodnocení pořadové zkoušky	60
4.2	Stanovení aromatických látek v bílých jogurtech pomocí standardů	61
4.2.1	Standardsy aromatických látek a jejich retenční časy	62
4.2.2	Identifikace a kvantifikace aromatických látek v bílých jogurtech	63
4.2.3	Porovnání obsahu aromatických látek v různých typech ovocných jogurtů	64
5.	ZÁVĚR	67
6.	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	69
7.	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	72
8.	SEZNAM PŘÍLOH	73

1. ÚVOD

Nejrozšířenějšími a nejoblíbenějšími kysanými mléčnými výrobky jsou v celosvětovém měřítku jogurty. Svou oblíbenost si získaly jednak svými vynikajícími organoleptickými vlastnostmi, tak i výživnými a dietetickými účinky.

Kysané, neboli též fermentované mléčné výrobky vznikají zkysáním mléčné a smetanové směsi pomocí specifických mikroorganismů. K výrobě jogurtů se pro zakysání používá směsná jogurtová kultura kmenů *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* a *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*.

Při fermentaci jsou chuťové a aromaticky aktivní látky produkty metabolismu těchto kultur a vznikají enzymovým rozkladem některých složek mléka. Zrání je jednou z nejdůležitějších fází výroby, protože při něm dochází nejen k vývoji charakteristické chuti a vůně, ale i k tvorbě struktury a konzistence jogurtů.

Pro výrobu kvalitních a chutných jogurtů je nutné znát podmínky a zákonitosti vzniku aromaticky aktivních látek a jejich vliv na sensorické vnímání. Právě vznikem a změnami různých aromaticky aktivních látek a jejich vlivem na celkovou chutnost jogurtů se tato diplomová práce zabývá.

Veškeré vzorky zpracované v experimentální části této práce byly poskytnuty firmou Mlékárna Valašské Meziříčí spol. s r.o., která vznikla privatizací Beskydských mlékáren roku 1992. První zmínka o mlékárně ve Valašském Meziříčí pochází už z roku 1936. Od té doby prošla řadou rekonstrukcí a modernizací. Výrobní sortiment mlékárny dnes obsahuje kromě jogurtů také čerstvé mléko, acidofilní a kefírové mléko, jogurtové nápoje, bio zákys, čerstvou smetanu a kyšku.

Cílem této diplomové práce je posoudit, jak se aromaticky aktivní látky v jogurtech podílejí na celkové chutnosti sledovaných vzorků a jejich preferenci u koncových spotřebitelů. Jogurty budou hodnoceny dle oblíbenosti z hlediska organoleptických vlastností sensorickou analýzou, kde bude posuzován jejich vzhled, textura, chuť a vůně. Ke stanovení obsahu aromaticky aktivních látek a jejich koncentrací bude použita separační metoda plynové chromatografie v kombinaci s metodou SPME (mikroextrakce na tuhé fázi), která slouží k extrakci těchto látek ze vzorku.

K analýze budou použity čtyři druhy bílých jogurtů, a to jogurt smetanový (obsah tuku 10 %), jogurt střednětučný (obsah tuku 3 %), jogurt střednětučný Bio (obsah tuku 3 %) a jogurt nízkotučný (obsah tuku 0,1 %).

2. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

2.1. OBECNÁ CHARAKTERISTIKA JOGURTŮ

Kysané mléčné výrobky jsou v podstatě biologicky aktivní mléka. Jejich obliba u spotřebitelů má mnoho příčin. Mohou se uchovávat v čerstvém stavu déle než sladké mléko. Mají lahodnou a osvěžující chuť přítomností kyseliny mléčné a oxidu uhličitého, jsou lehce stravitelné, příznivě podněcují trávicí sekreci. Obsahují vysoké množství živin, minerálních látek a vitaminů. Obsahují rovněž živé bakterie mléčného kvašení, čímž se řadí mezi tzv. probiotika [1].

Jogurt je velmi výživný a má silné ochranné účinky. Jednou z hlavních předností jogurtu je, že obohacuje střevní mikroflóru prospěšnými bakteriemi podporujícími její růst. Bakteriální mikroflóra střev napomáhá trávení a vstřebávání stravy, omezuje tvorbu patogenní mikroflóry, brzdí hnilobné procesy a udržuje optimální pH ve střevech [2,3,4].

Česká legislativa definuje jogurt jako kysaný mléčný výrobek získaný kysáním mléka, smetany, podmáslí, nebo jejich směsi pomocí mikroorganismů *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* a *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*. Do kategorie jogurtů patří všechny výrobky, které mají v názvu nebo popisu výrobku slovo jogurt. Jako jogurtový lze označit pouze ten výrobek, v němž jogurt tvoří nejméně 50 % hmotnosti. V dnešní době se na trhu objevuje stále více jogurtů v bio kvalitě. Obecně lze biopotravinu definovat jako ty potraviny, k jejichž výrobě bylo použito min. 95 % surovin, které pocházejí z ekologického zemědělství za podmínek uvedených v zákoně č. 242/2000 Sb. o ekologickém zemědělství vydaném Ministerstvem zemědělství a v Nařízení Rady EHS č. 2092/91 (zákaz používání chemických prostředků, umělých hnojiv, preventivní podávání antibiotik zvířatům, produkce geneticky modifikovaných organismů). Další 5 % mohou tvořit pouze látky přírodního původu, nesmí se jednat o chemické, uměle vyrobené látky [5].

2.2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ A VÝŽIVOVÁ HODNOTA JOGURTŮ

Chemické složení a tím i nutričně fyziologické hodnoty kysaných mléčných výrobků se od hodnot mléka použitého k výrobě významně liší [2].

2.2.1 Sacharidy

Ze sacharidů obsahuje mléko především laktosu, tj. disacharid složený z glukosy a galaktosy [4].

Průměrný obsah laktosy v mléce je 4,8 %. Vyskytuje se dvou anomerech, z nichž α -forma se obvykle vyskytuje jako monohydrát, kdežto β -forma jako anhydrid [3].

Vyznačuje se nízkou sladivostí, z biologického hlediska má však zvláštní význam, neboť se vyskytuje pouze v mléce, které představuje přirozenou výživu mláďat savců [1].

Vedle laktosy obsahuje mléko řadu dalších sacharidů v malých koncentracích, a to jednak ve volné formě, jednak ve formě vázané na bílkoviny, lipidy nebo fosfáty. Z monosacharidů obsahuje mléko glukosu a galaktosu v množství asi 10 mg na 100 ml mléka, koncentrace oligosacharidů je rovněž nízká – asi 10 mg na 100 ml.

Při průchodu gastrointestinálním traktem se laktosa prakticky nesorbují. Specificky dráždivým účinkem laktosy na sliznici tenkého střeva dochází k vylučování enzymu laktasy (β -galaktosidasy), která štěpí laktosu na glukosu a galaktosu. Tyto hexosy se resorbují [1].

Laktosa je ideální živnou půdou pro bakterie mléčného kvašení jako hlavní zdroj uhlíku a energie a podporuje syntézu vitamínů skupiny B. Střevní mikroflóra ji zkvašuje na kyselinu mléčnou [3].

Onemocnění, pocházející z konzumace mléka jsou dvojího původu. Mikrobiálním se předchází správným hygienickým zpracováním mléka. Nemikrobiálním onemocněním je tzv. laktosová intolerance. Mechanismus laktosové intolerance spočívá v dočasné nebo trvalé nepřítomnosti střevní laktasy, která štěpí laktosu na glukosu a galaktosu. Nerozložená laktosa se nevstřebává a způsobuje střevní potíže [6,7].

Při fermentaci mléka bakteriemi mléčného kvašení se přemění asi 30 až 40 % laktosy na kyselinu mléčnou. Proto jsou jogurty vhodnou potravinou i pro lidi trpící laktosovou intolerancí [1].

2.2.2 Proteiny

Průměrný obsah bílkovin v kravském mléce je 3,3 %. Z toho 2,5 – 2,6 % připadá na kasein a 0,7 – 0,8 na syrovátkové bílkoviny [3].

Kaseiny jsou heterogenní skupina fosfoproteinů, tvořená α_{s1} , α_{s2} , β , κ -kaseinem a malým množstvím γ -kaseinu. Obsahuje také minerální složky jako vápník, hořčík, citrany a fosfáty. Kaseiny se liší zastoupením aminokyselin, primární strukturou a stupněm fosforylace. Surovátkové bílkoviny tvoří α -laktalbumin, β -laktoglobulin a imunoglobuliny [2].

Mléčné bílkoviny se při biologickém zrání vysrážejí ve formě jemných vloček, které se snadněji a rychleji tráví než bílkoviny sladkého mléka nebo vysrážená bílkovina syřidlovým enzymem. Jogurtová kultura má schopnost štěpit bílkoviny zčásti na peptidy a volné aminokyseliny, takže lze mluvit o určitém natrávení bílkovin v průběhu fermentace.

Stravitelnost mléčných bílkovin v kysaných mléčných výrobcích závisí na technologii výroby, především na délce a výši tepelného záhřevu mléčné směsi, na druhu použitých bakterií mléčného kvašení a s tím souvisejících proteolytických enzymů a na organických kyselinách produkovaných při kvašení.

V jogurtu je asi 10krát více nebílkovinného dusíku než v mléce. Převážnou část tohoto dusíku tvoří volné aminokyseliny. Obsah volných aminokyselin se zvětšuje nejen během fermentace, ale také během delšího skladování v důsledku silných proteolytických vlastností, které vykazuje *L. bulgaricus*.

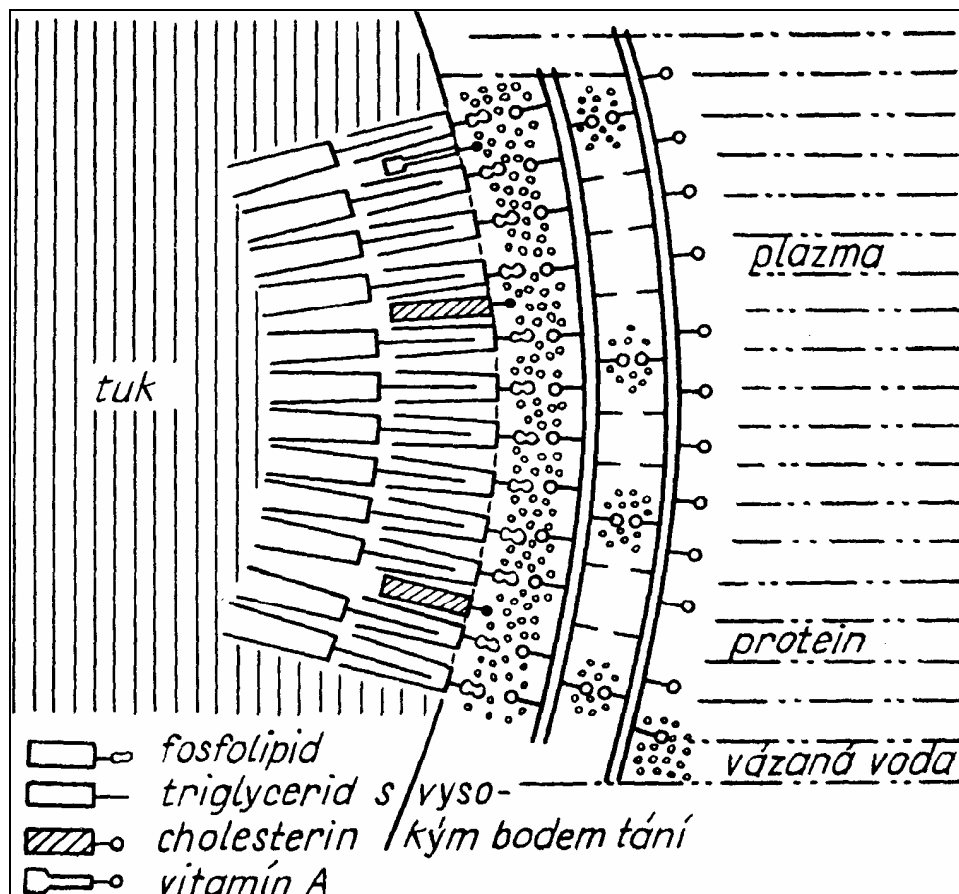
Mléčné bílkoviny jsou plnohodnotné, obsahují všechny esenciální aminokyseliny. Spolu s triacylglyceroly mléčného tuku tvoří bílkoviny zdroj využitelné energie.

V kravském mléce jsou přítomny dva proteinové alergeny: α_{s1} -kasein a β -laktoglobulin. Lidé trpící alergií na α_{s1} -kasein mohou konzumovat mléko kozí [1,5,8].

2.2.3 Tuky

V kravském mléce jsou průměrně 4 % lipidů, převážně ve formě triacylglycerolů mastných kyselin. Jako doprovodné látky jsou v malém množství přítomny fosfolipidy, cerebrosidy a steroly. Triacylglyceroly jsou estery glycerolu a mastných kyselin [2,3].

Tuk je v mléce ve formě tukových kuliček. Kuličky tuku, pro své větší rozměry a nižší specifickou váhu tuku, stoupají vzhůru, netvoří však hutnou tukovou vrstvu [9].



Obr. 1: Složení tukové kuličky [1]

Mléčný tuk vykazuje ve srovnání s jinými tuky živočišného i rostlinného původu výbornou stravitelnost. Příčinou jsou jeho fyzikální vlastnosti a specifické složení mastných kyselin. Mléčný tuk je lépe stravitelný pro relativně velký obsah mastných kyselin s krátkým řetězcem, neboť délka řetězce mastných kyselin ovlivňuje jejich oxidaci [2].

V mléčném tuku bylo identifikováno 140 mastných kyselin, z nichž nejdůležitější jsou kyselina másečná, kapronová, kaprylová, kaprinová, laurová, myristová, palmitová, stearová, olejová, linolová, linoleová a arachidonová [6].

Mléko obsahuje 0,02 - 0,03 % fosfolipidů, z 60 - 65 % lokalizovaných v membráně tukových kuliček. Tyto látky jsou součástí všech buněk, zvláště nervových tkání. Jejich složení se od mléčného tuku liší tím, že fosfolipidy obsahují více mastných kyselin s dlouhými řetězci, vázanou kyselinu fosforečnou a aminové deriváty.

Nejvyšší podíl (28 % fosfolipidů) tvoří lecitin. Je nejdůležitějším antagonistou cholesterolu a pomáhá stabilizovat poměr mezi frakcemi LDL a HDL (Low Density Lipoprotein, High Density Lipoprotein).

Výhradním zástupcem sterolů v živočišných tucích je cholesterol. Jeho množství závisí na obsahu tuku ve výrobku. Vyskytuje se převážně ve volné formě, málo jako ester. Poměr v tuku činí asi 3,3 mg na 1 g mléčného tuku. Podíl v membráně tukových kuliček je 0,4 - 3,5 % [3,7,8].

Stravitelnost mléčného tuku se zlepšuje díky homogenizaci mléka. Resorpce tuku je tím snadnější, čím menší jsou tukové kuličky. Zlepší se přímý kontakt s lipolytickými enzymy a tím i rozklad a stravitelnost tuku.

Jogurty také obsahují řadu lipotropních látek, které posilují jaterní tkáň a zvyšují detoxikační kapacitu jater [1].

2.2.4 Kyselina mléčná

Zatímco čerstvé mléko obsahuje zanedbatelné množství kyseliny mléčné, dochází fermentačním procesem zajišťovaným bakteriemi mléčného kvašení ke konverzi určité části laktosy na kyselinu mléčnou.

Obvyklá koncentrace vyprodukované kyseliny mléčné po fermentaci je 0,6 – 1,2 %.

Kyselina mléčná má ve fermentovaném mléce tyto fyziologické výhody:

- vysrážením do jemných vloček se zlepšuje stravitelnost mléčných bílkovin
- zvyšuje se utilizace vápníku, fosforu a železa
- vzniká jemně kyselá osvěžující chuť
- prodlužuje se trvanlivost mléka
- podněcuje se sekrece trávicích šťáv a příznivě se ovlivňuje aktivita pepsinu
- urychluje se vyprázdnění žaludku
- zdroj energie v procesu respirace
- působí antisepticky vůči hnilobným bakteriím [2].

Kyselina mléčná se v mléce vyskytuje ve dvou optických izomerech: jako pravotočivá L (+) kys. mléčná a jako levotočivá D (-) kys. mléčná.



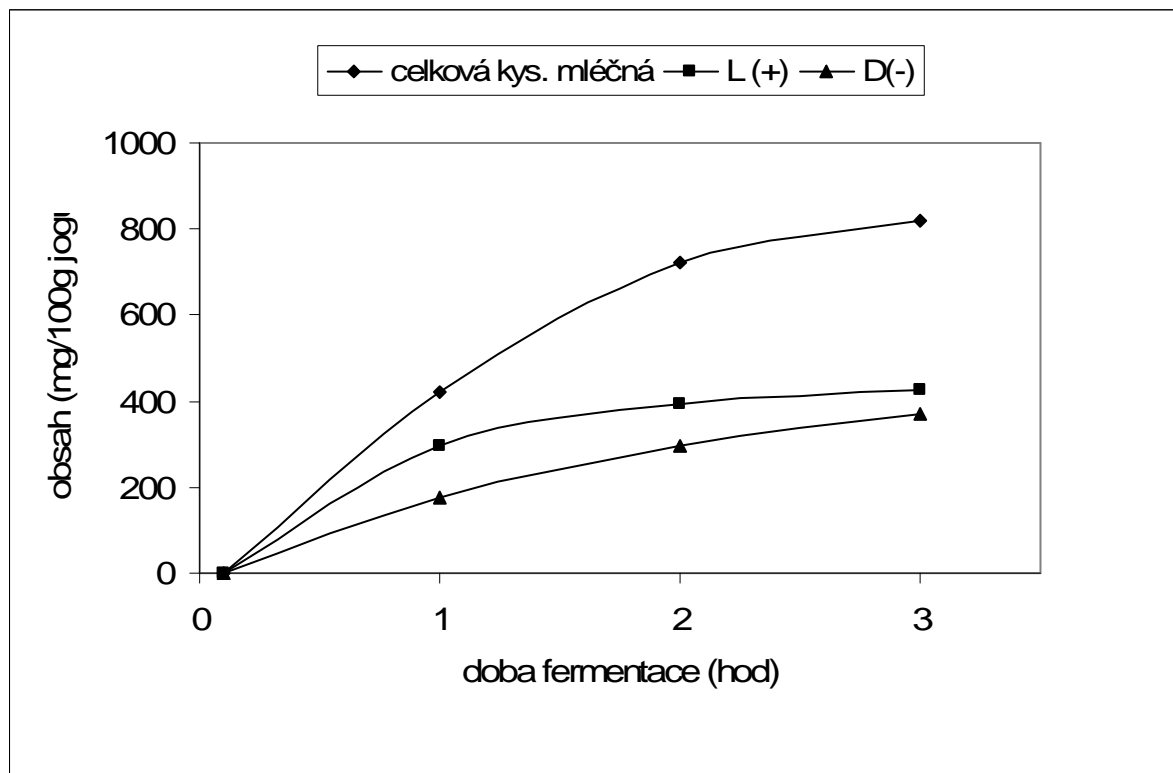
Produkce obou izomerů během fermentačního procesu u všech druhů čistých mlékařských kultur používaných k výrobě kysaných mléčných výrobků byla sledována mnohými autory. Příklad produkce během kultivace jogurtové kultury je uveden na obrázku 2 [1,3].

Oba izomery vyskytující se ve fermentovaném mléce jsou absorbovány v trávicím traktu, jejich přeměna je však rozdílná. Pravotočivá L (+) kys. mléčná je kompletně odbourávána v respiračním procesu nebo je přeměněna přes glukosu na glykogen.

Levotočivá D (-) kys. mléčná je transformována jen omezeně a pozvolna. Lidský organizmus totiž vytváří pravotočivou L (+) kys. mléčnou v systému látkové výměny endogenních buněk. Všechny enzymy jsou tudíž specificky uzpůsobeny na pravotočivou konfiguraci kys. mléčné. Přichází-li tedy exogenně v potravě, nakládá se s ní jako s metabolickým analogem. Proto by strava kojenců měla obsahovat převážně pravotočivou kys. mléčnou, aby se předcházelo tzv. acidózám, tj. zvýšenému obsahu kyseliny v krvi. Pro dospělé lidi nepředstavuje tato kyselina žádné zdravotní riziko [1].

L. bulgaricus produkuje převážně levotočivou a *S. thermophilus* pravotočivou kys. mléčnou.

Vedle produkované mléčné kyseliny při zrácím procesu vznikají menší množství kyseliny octové, mravenčí, propionové, atd. [1,3].



Obr. 2: Tvorba kyseliny mléčné během zrání jogurtové kultury [1]

2.2.5 Minerální látky a vitamíny

Jogurt je významným zdrojem vápníku. Dále obsahuje fosfor, železo a další min. látky. Složení minerálních látek a stopových prvků se fermentací mléka prakticky nemění. Zvyšuje se však využitelnost některých látek, především vápníku [3].

V kyselém prostředí se zvyšuje rozpustnost vápenatých solí a usnadňuje se resorpce vápníku sliznicí tenkého střeva vlivem vytvoření relativně kyselého prostředí.

Bakterie mléčného kvašení využívají pro svůj růst vitamíny, které v některých fázích metabolického procesu mléku odebírají, v jiných fázích je však mohou opět syntetizovat.

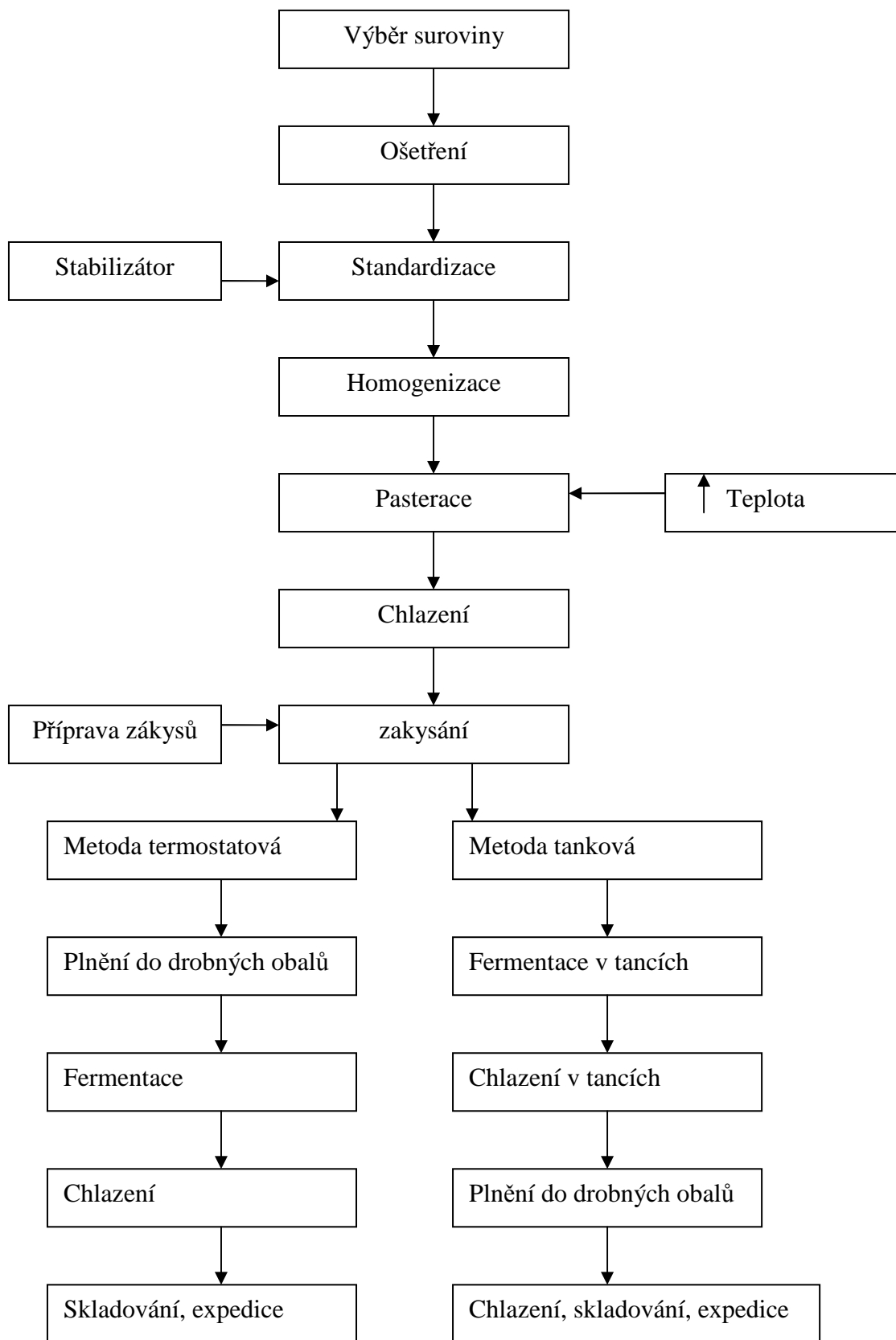
Při použití jogurtové kultury se po 24 hodinách nepatrně sníží hladiny většiny vitaminů skupiny B (nejvíce thiaminu), zatímco obsah lipofilních vitaminů, jako A,E, roste [1].

2.3. TECHNOLOGIE VÝROBY JOGURTŮ

Výroba fermentovaných mlék představuje progresivní způsob zpracování mléka na výrobky ceněné pro pozitivní vlastnosti nutriční, organoleptické i dietetické. Od konce 19. století, kdy se fermentované mléčné výrobky začaly vyrábět průmyslově, vykazuje jejich výroba celosvětově rostoucí trend zvláště patrný v posledním desetiletí. Kromě objemu výroby rostou i nároky prodejců a spotřebitelů na jakost, standardnost a trvanlivost těchto výrobků, čehož je možné dosahovat zpracováním vysoce jakostních mléčných i nemléčných surovin, zavedením automatizovaných, vysokokapacitních linek umožňujících aseptickou výrobu včetně plnění a balení a dokonalý systém čištění celého zařízení. Fermentovaná mléka jsou produkty vyrobené z pasterovaného nebo sterilovaného homogenizovaného mléka různé tučnosti a sušiny, které bylo fermentováno pomocí speciálních mikroorganismů [2,4].

Celosvětově patří k nejrozšířenějším fermentovaným výrobkům s termofilními bakteriemi mléčného kvašení jogurty. Jejich sortiment z hlediska konzistence i použitých přídavných látek je značně široký. Jogurtové výrobky se dělí na přírodní jogurty a ochucené jogurty, které mohou obsahovat různé nemléčné složky (různé formy ovoce, zeleninu, koření, cereálie, kávu, čokoládu atd.), aromata, barviva a přísady zlepšující konzistenci. Z hlediska použité mikroflóry se ve většině zemí definuje jogurt jako výrobek obsahující živé bakterie *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* a *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* [1,2,4].

Kvalita jogurtů (konzistence, chuť a vůně, trvanlivost) závisí na uspořádání výrobní linky, ošetření mléka a ošetření produktu [4]. Na obrázku 3 je uvedeno schéma výroby fermentovaných mléčných výrobků.



Obr. 3: Schéma výroby fermentovaných mléčných výrobků [8]

2.3.1 Výběr mléka

Mléko pro výrobu jogurtů musí být především čerstvé, mikrobiologicky čisté, se standardní chutí a vůní. Má mít vysoký obsah sušiny a tukuprostá sušina nemá klesnout pod 8,5% [4].

Při výrobě kysaných mléčných výrobků velmi záleží na chemickém složení mléka. Jednotlivé složky a jejich vzájemný poměr ovlivňují správný růst ušlechtilých bakterií mléčného kvašení a jejich fyziologickou činnost. Aby prokysání proběhlo rychle a správně, musí být mléko bohaté na některé volné aminokyseliny a mít vyvážený poměr solí. Mléko nesmí obsahovat inhibiční látky jako např. dezinfekční prostředky a ani ve stopových množstvích rezidua antibiotik a jiných veterinárních léčiv [2,4].

2.3.2 Ošetření mléka

Ošetřením mléka rozumíme tepelné ošetření nebo fyzikální separaci.

Mezi fyzikální separační metody řadíme baktofugaci a mikrofiltraci. Baktofugace je ošetření mléka při 10 000 g, kdy se mléko plynule rozděluje na 97 až 98 % podílu, který je prakticky prostý mikrobu, a na zbývající 2 až 3 % baktofugátu obsahujícího spory. Ten se vysteriluje zahřátím na teplotu 130 až 140 °C, která působí asi 3 až 4 s (vstříkem přímé páry), a může se přidat k hlavnímu podílu mléka. K oddělení 99,5 % bakteriálních spor se v současné době používá mikrofiltrace [2,9].

Tepelné ošetření mléka spočívá v šetrné pasteraci při teplotě 85 °C po dobu 40 s, nebo jinou kombinací teploty a času. Při vyšších teplotách dochází k denaturaci bílkovin, zvyšuje se vaznost vody, snižuje se obsah sušiny a tím i jakost jogurtů. Přínosem je hlavně zničení zbylé patogenní mikroflóry přítomné v mléce a zlepšení organoleptických vlastností jogurtů [2,4,10].

2.3.3 Standardizace mléka

Při standardizaci mléka se upravuje obsah tuku a sušiny tak, aby bylo dosaženo požadovaných hodnot v konečném výrobku. Podle obsahu tuku se jogurty dělí na smetanové (obsah tuku nad 10 %), přírodní (obsah tuku nad 3 %) a nízkotučné (obsah tuku pod 0,1 %) [4,6].

Zvyšováním tučnosti se zajišťuje hladkost a jemnost textury sraženiny a je to i jeden z faktorů podílejících se na zvyšování viskozity a pevnosti koagulátu.

Na jakost a reologické vlastnosti má také zásadní vliv obsah tukuprosté sušiny. Ovlivňuje chuť, vůni, viskozitu, pevnost koagulátu a vázání syrovátky v koagulátu.

Zahuštění mléka se provádí v odparkách za sníženého tlaku při teplotě 45 až 50 °C. K zahuštění mléka lze použít i přídavek zahuštěného (kondenzovaného) mléka nebo mléka sušeného [1,4].

2.3.4 Přídavek stabilizačních látek

K zajištění dobré jakosti a zvláště reologických vlastností jogurtů se používá přídavek stabilizačních látek.

Ke stabilizaci kysaných mléčných výrobků se používají především různé druhy nativních i modifikovaných škrobů kukuřičných, pšeničných, rýžových i bramborových. Dále se doporučují přídatky želatiny, pektinu či agaru.

Hlavní působení hydratujících vazných prostředků spočívá v tom, že se aglomerací kaseinových micel snižuje kontrakční síla kaseinového koagulátu. Naopak se zvyšuje

odolnost koagulátu vůči kontrakční síle, čímž se snižuje syneréze spojená s odlučováním syrovátky. Struktura jogurtu je pak homogenní, hladká, jemná a stabilní proti otřesům a tepelným výkyvům [4,7].

2.3.5 Homogenizace mléka

Homogenizace mléka má příznivý vliv především na reologické vlastnosti finálního výrobku. Homogenizace vede ke snížení průměru a tím ke zvětšení povrchu tukových kuliček, což vede k lepší stabilitě koagulátu.

Dochází také ke stabilizaci bílkovinného komplexu a kaseinové micely jsou schopny vázat více vody. Doporučuje se homogenizace zahuštěného mléka při tlaku 18 – 20 MPa při teplotě 60 až 70 °C [2,4,6].

2.3.6 Tepelné ošetření mléka před zakysáním

Cílem tepelného ošetření mléka je nejen zničit nežádoucí mikroflóru, ale také zlepšit vlastnosti mléka pro výrobu jogurtů a vytvořit živné prostředí pro bakterie mléčného kvašení.

Při výrobě jogurtů je optimální UHT (ultra high temperature) pasterace při teplotě 95 °C po dobu 30 s., popř. při teplotách nižších s úměrně prodlouženou dobou záhřevu [4].

Při pasteraci fermentovaných mléčných výrobků platí zásada, že s rostoucím obsahem tuku a sušiny v surovině je třeba úměrně zvyšovat intenzitu tepelného záhřevu, aby bylo dosaženo dostatečné tepelné inaktivace přítomných mikroorganismů.

Vysoký pasterační záhřev lze realizovat:

- Při nižším objemu výroby diskontinuálním procesem (např. ve víceúčelovém duplikátorovém tanku)
- Při velkém objemu výroby kontinuálním procesem (především v deskovém pasteru nebo ve výměníku tepla se stíraným povrchem)

Při kombinaci tepelného ošetření mléka s homogenizací se spojují všechny pozitivní účinky obou procesů a zlepšují se hydratační vlastnosti bílkovin, zkracuje se koagulační proces a následně se zlepšují reologické vlastnosti a jakost jogurtů [2,4,6].

2.3.7 Zakysávání mléka

Po ochlazení na 42 – 45 °C se v zakysávacím tanku očkuje 1 až 2 % jogurtové kultury pro příslušný objem jogurtu. Naočkované mléko se musí důkladně promíchat, aby se kultura dobře rozptýlila do celého obsahu mléka. Tím se předchází místnímu překysání a nepravidelnému srážení koagulátu. Když je dosaženo pH 4,2 – 4,5, musí být jogurt ochlazen na 15 – 22 °C. To zabrání dalšímu rozvoji bakterií a zvyšování pH. Chlazení se provádí na deskových výměnících se speciálními pláty. Tento proces zajistí jemné mechanické ošetření produktu a ten pak má správnou konsistenci [2,4].

2.3.7.1 Kultury používané při výrobě jogurtů

Vliv čistých mlékařských kultur na kvalitu a reologické vlastnosti kysaných mléčných výrobků je značný. Základní charakteristické vlastnosti použitých čistých mlékařských kultur k výrobě těchto výrobků spočívají v zajištění správného průběhu biochemických pochodů, především kysání, správného vývoje organoleptických a reologických vlastností a příznivých dieteticko-léčebných účinků [11,12,13].

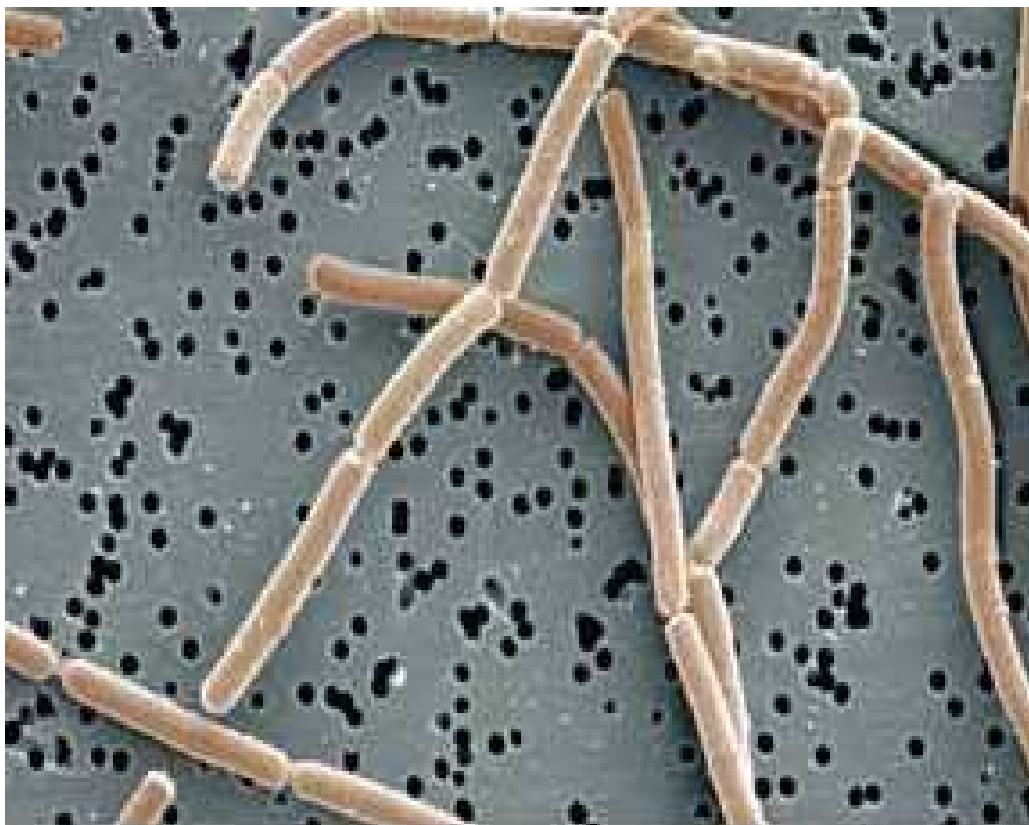
Mlékárna Valašské Meziříčí používá mlékařské kultury hluboce zmražené, které se uchovávají na suchém ledu a skladují se při teplotě -45 °C [14].

Nakoncentrované bakterie mléčného kvašení se co nejdříve zmrazují, a to v případě, že se vyrábějí zmražené koncentráty i v případě výroby sušených koncentrátů lyofilizovaných. Mezi koncentrací a namrazováním může být odseparovaná biomasa čistých mlékařských kultur udržována jen po velmi krátkou dobu při teplotě $4\text{ až }6\text{ °C}$, aniž by došlo k redukci živých mikrobů a ke snížení jejich biochemické aktivity

K výrobě jogurtů se používá směsná kultura bakterií mléčného kvašení kmenů *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* a *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* v poměru 1: 1 až 1 : 2. Jogurtová kultura přeměňuje mléčný cukr na kyselinu mléčnou, stopy kyselin jantarové, octové a mravenčí. Peptonizační činnost je nepatrná. To je pravděpodobně příčinou, že jogurtová kultura vyniká čistou chutí a vůní kysaného mléka. Proto je jogurt vyhledávaným mléčným výrobkem [12,13].

2.3.7.2 *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*

Je to tyčinka dlouhá $5\text{ až }10\text{ }\mu\text{m}$, široká $0,7\text{ až }1,5\text{ }\mu\text{m}$, někdy jsou tyčinky i větších rozměrů. Vyskytují se jednotlivě i v řetězcích přecházejících někdy až do vláken. Roste v tepelném rozmezí $22\text{ až }52,5\text{ °C}$. Optimální teplota je asi $45\text{ °C až }50\text{ °C}$. Mladé kultury jsou silně gram pozitivní, starší se stávají gram negativními. Jsou kmeny převážně anaerobní a kmeny převážně aerobní. Nejvhodnější prostředí pro růst této tyčinky je mléko, kde zkvašuje laktosu na kyselinu mléčnou. Kromě kyseliny mléčné se tvoří stopy kyseliny jantarové, octové a mravenčí. Charakteristickým znakem je způsob srážení mléka při optimální teplotě. Při této teplotě ztuhne mléko během dvou a půl až čtyř hodin v celé hmotě najednou v porcelánovitou kompaktní hmotu [12]. Ze všech tyčinek mléčného kvašení tato tyčinka nejmírněji štěpí kasein (maximálně 2% veškerého dusíku) [11].

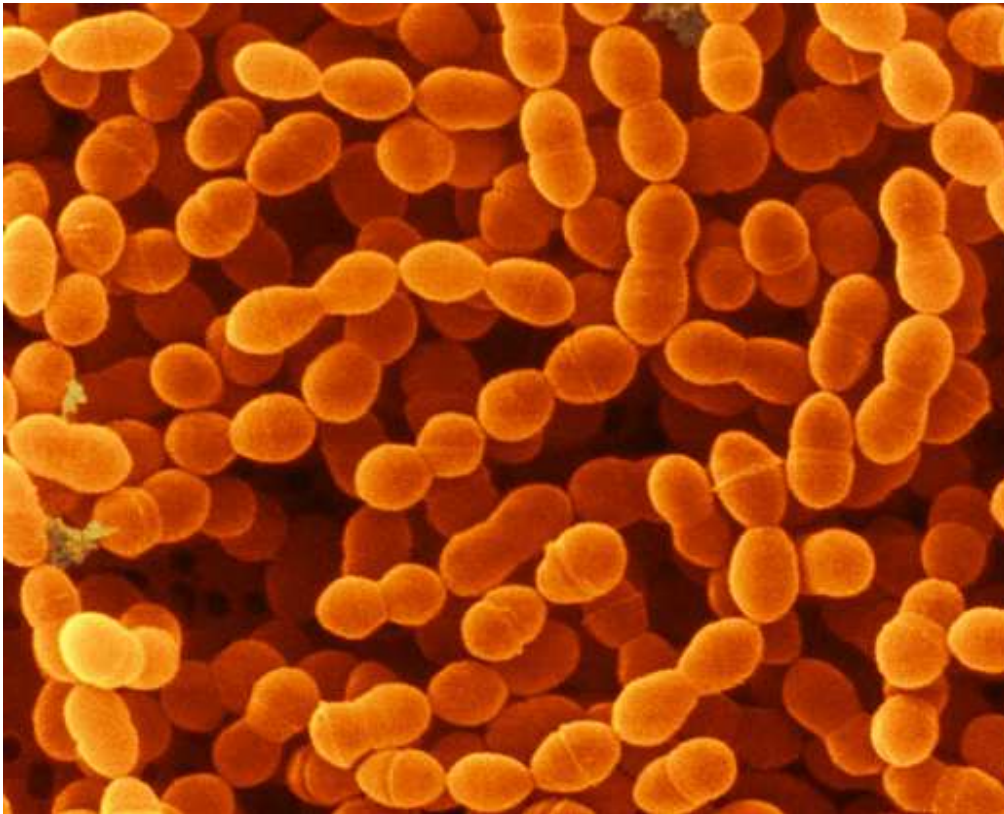


Obr. 4: *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*[14]

2.3.7.3 *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*

V mléce tvoří krátké řetězky nebo jen dvojice koků. Koky měří v průměru 0,7 až 0,9 μm . Je grampositivní, žije v tepelném rozpětí 20 až 50 $^{\circ}\text{C}$, optimální teplota je 40 až 45 $^{\circ}\text{C}$. Je to fakultativní anaerob. Nejvýhodnějším prostředím pro tuto bakterii je mléko. Vytváří v něm pravotočivou kyselinu mléčnou. Mléko při pokojové teplotě sráží až za několik dní. Kasein štěpí nepatrně [11,12].

Streptococcus salivarius subsp. thermophilus a *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* žijí v symbiotickém vztahu a svůj vývoj vzájemně stimulují. Nejprve se rozmnožuje *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*, který však ke svému růstu nutně potřebuje některé aminokyseliny. Svou tvorbou mléčné a mravenčí kyseliny stimuluje růst kmenů *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, které kromě intenzivní tvorby mléčné kyseliny jsou schopny rozkladem bílkovin zajistit potřebné aminokyseliny i pro streptokoky. Ty se mohou znovu rozmnožovat, i když jejich činnost ustala následkem vyčerpání vhodných aminokyselin z mléka. Tato obnovená činnost streptokoků spoluzajišťuje žádanou koagulaci a požadované reologické vlastnosti jogurtů [12,13].



Obr. 5: *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* [14]

2.3.8 Zrání

U bílého jogurtu se teplota zrání udržuje v rozmezí 42 až 45 °C po dobu 2,5 až 3,5 hod.

Uvažuje-li se další využití bílého jogurtu pro přípravu ovocného jogurtu, u něhož převažuje chuť a vůně ovoce, pak lze změnit podmínky kultivace ve prospěch reologických vlastností. Těmto požadavkům vyhovuje kultivace při teplotě 30 °C po dobu 16 hod. [4].

Podle použitého způsobu fermentace a dalšího zpracování koagulátu se rozlišují jogurty s nerozmíchaným koagulátem – zrání probíhá přímo ve spotřebitelském obalu, jogurty s rozmíchaným koagulátem - zrání v tanku, po promíchání koagulátu a vychlazení naplnění do drobných obalů, jogurty pitné – fermentace v tanku jako u jogurtu s rozmíchaným koagulátem [2,4].

Podmínkou správného procesu fermentace je mikrobiologická čistota v průběhu celého výrobního procesu. Jinak se začne ve větší míře rozmnožovat nežádoucí mikroflóra kontaminující mléčnou směs. Nejčastěji se tak pomnožují koliformní bakterie. Jestliže kysací proces probíhá příliš pozvolna, může se při pH nad 6,0 rozmnožovat *Bacillus cereus*, jenž svými syřidlovými enzymy vyvolává sladké srážení mléčné směsi. Chuť je pak prázdná a nečistá, struktura sraženiny hrubá, chuchvalcovitá.

Během zrání se nemá po rozmíchání s naočkovaným mlékem pohybovat, jinak dojde ke ztrátě stability, vzniku hrubší textury, a tím se umožní oddělování syrovátky. Po uzrání se jogurtový koagulát plní do spotřebitelských obalů a vychladí se tak, aby jeho titrační kyselost nepřesáhla 2,5 mmol.l⁻¹ [4].

2.3.9 Přidávání ochucovadel, balení, chlazení, expedice

K ochucování jogurtů se nejčastěji používá cukr, ovoce a ovocné přípravky, zelenina a přírodní aroma. Aby ovocné přísady dodávaly jogurtu příjemnou chuť, musí mít vyhovující jakost a správnou hodnotu pH.

Ovocné džemy se plní buď na dno spotřebitelských obalů a poté se zalijí zralým koagulátem, nebo se rozmíchají v uzrálém koagulátu a tato směs se plní do obalů.

Poté se jogurt uchovává v chladárně do doby expedice při teplotě pod 10 °C [2,4].

2.4. VZNIK A VÝVOJ AROMA A CHUTI V PRŮBĚHU VÝROBY

Během výroby se formuje celkové aroma a chuť jogurtů ve fázi zrání.

Zráním se rozumí biochemické pochody probíhající v mléce působením bakterií mléčného kvašení. Zrání ovlivňuje vzhled, vůni, chuť a konzistenci jogurtů [4].

Tabulka.1: Změny ve složení mléka během fermentace jogurtovou kulturou [1]

Úbytek	Přírůstek
Laktosa	Glukosa
Bílkoviny	Galaktosa
Tuk	Kyselina mléčná
Močovina	Polysacharidy
Některé vitaminy (B ₁₂ , biotin, cholin)	Peptidy
Některé organické kyseliny (orotová)	Volné aminokyseliny
	Volné mastné kyseliny
	Amoniak
	Některé vitaminy (kyselina listová)
	Některé org. kyseliny (jantarová)
	Některé nukleotidy
	Aromaticky aktivní látky
	Enzymy
	Bakteriální buněčná hmota

2.4.1 Změny sacharidů

Základním biochemickým pochodem, zajišťovaným bakteriemi mléčného kvašení při výrobě jogurtů, je anaerobní proces přeměny sacharidů na kyselinu mléčnou katalyzovaný celým komplexem enzymů [2].

Při fermentaci laktosy se tento disacharid nejprve hydrolyzuje činností enzymu β -galaktosidasy, vytvořeného kmenem *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, na glukosu a galaktosu. Galaktosa se následně izomeruje na glukosu. Proces přeměny jednoduchého sacharidu glukosy na mléčnou kyselinu probíhá takto: Molekula glukosy fosforylací a izomerací přechází v poslední fázi zrání na fruktosa-1,6-bisfosfát, který se vlivem aldolasy štěpí na fosfáty dvou trios, a to glyceraldehyd fosfát a dihydroxyaceton fosfát. Glyceraldehyd fosfát se působením příslušné dehydrogenasy oxiduje na glycerol-1,3-bisfosfát. V důsledku defosforylace a enolizace se tvoří pyruvát (kyselina pyrohroznová), který se potom redukuje na laktát (mléčná kyselina). Při mléčném kvašení se pyruvát stává akceptorem vodíku

z NADH + H⁺ a vzniká mléčná kyselina. NADH + H⁺ se regeneruje a také se uvolňují 2 molekuly ATP [2,4,15].

2.4.2 Změny bílkovin

Proteolytická aktivita bakterií mléčného kvašení mění fyzikálně chemické vlastnosti kaseinu, což ovlivňuje pevnost, texturu i viskozitu jogurtové sraženiny.

Vyprodukovaná kyselina mléčná způsobuje kyselé srážení mléka, které spočívá ve snížené bobtnavosti kaseinu v jeho izoelektrickém bodě a uvolnění z pevného svazku s vápníkem. Hodnota pH, při kterém dochází ke srážení mléka, bývá kolem 4,7 – 4,8 pH [2].

Bílkoviny se hydrolyzují na takové formy dusíkatých látek, jaké potřebují zákysové kultury ke svému vývoji a růstu. Tyto změny se odrážejí ve struktuře sraženiny a usnadňují trávení bílkovin v lidském organismu.

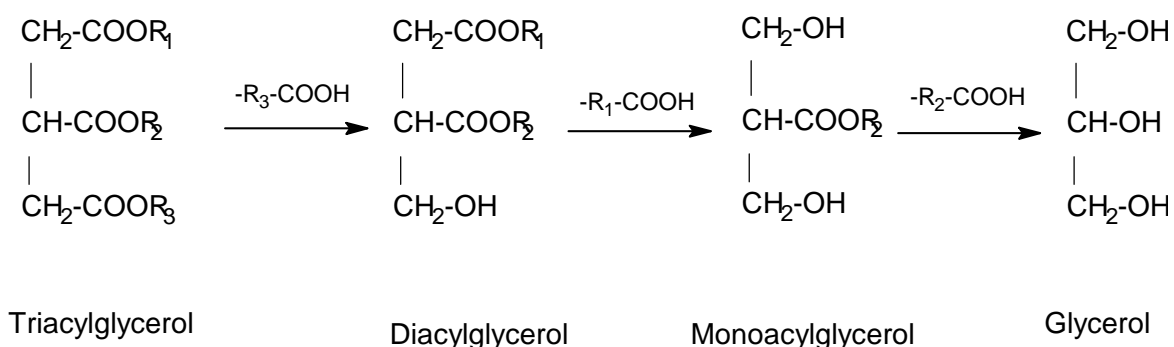
Během proteolýzy bílkovin se mléčné bílkoviny hydrolyzují specifickými enzymy na peptidy a volné aminokyseliny. Při fermentaci mléka jogurtovou kulturou je třeba, za předpokladu, že se většina aminokyselin uvolněných proteolytickou aktivitou *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* spotřebuje při logaritmické fázi zrání, přičíst většinu nahromaděných aminokyselin na vrub proteolytické aktivitě kmene *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*.

Hladina volných aminokyselin je vyšší než obsah volných aminokyselin kmenů *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* a *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* kultivovaných odděleně. To ukazuje na synergický vliv těchto mikroorganismů [2,4].

Další metabolismus uvolněných kyselin zahrnuje dekarboxylaci, deaminaci a transaminaci, takže se uvolní dusík pro syntézu nových aminokyselin, tvorbu amoniaku, organických kyselin a malého množství mastných kyselin. Takový metabolismus přispívá k celkové bilanci chuti a aromatu jogurtů [2,15].

2.4.3 Změny tuků

Výrazná chuť a vůně jogurtů je také do určité míry ovlivňována metabolickými produkty vzniklými hydrolytickými změnami mléčného tuku. Hydrolýzou triacylglycerolů (TAG) se uvolňuje glycerol a mastné kyseliny (MK). U jogurtů jsou to hlavně kyselina máselná, kapronová, kaprylová a kaprinová. Z nich vznikají methylketony, alkoholy, laktony a estery, které dodávají jogurtům jejich nezaměnitelnou chuť a vůni [2,10].



Lipolýzu tuku v jogurtech zajišťuje lipolytická aktivita intracelulárních enzymů produkovaných jogurtovou kulturou. Přestože jogurtová kultura má poměrně malou schopnost degradovat svou aktivitou mléčný tuk, dochází u fermentovaného mléka k několikanásobnému zvýšení volných mastných kyselin, oproti mléku použitému k výrobě.

Obsahuje-li např. čerstvé mléko méně než 0,4 mmol volných mastných kyselin v 1 litru, potom jogurty obsahují obvykle 2-3 mmol v 1 litru.

Hydrolyza mléčného tuku nedostoupí nikdy tak daleko, aby obsah volných mastných kyselin přesahoval 10 mmol na 1 kg v jogurtu přítomného tuku a objevila se tak nažluktá příchut' jogurtů [15].

Glycerol je převeden na jednoduché alkoholy nebo vstupuje do glykolytického cyklu, mastné kyseliny jsou odbourávány β -oxidací.

V první fázi dochází k aktivaci mastné kyseliny enzymem lipasou (acyl-CoA-syntetasou) za součinnosti energie ATP a koenzymu A. Aktivovaná kyselina vstupuje do tzv. Lynenovy spirály, kde se řetězec mastné kyseliny postupně zkracuje vždy o dva atomy uhlíku. Tento proces je cyklický a opakuje se tak dlouho, dokud se celá kyselina nerozloží na koenzym A.

Z kyselin se sudým počtem atomů vzniká acetyl-CoA, z kyselin s lichým počtem uhlíků sukcinyl-CoA. Obě tyto sloučeniny vstupují do citrátového cyklu, v němž dochází k jejich rozštěpení až na oxid uhličitý a k uvolnění energie [15,16].

2.5 AROMATICKY AKTIVNÍ LÁTKY

Aromaticky aktivními látkami (AAL) rozumíme veškeré vonné a chuťové látky, které tvoří tzv. flavour (aroma, chutnost) potravin [17].

Výsledný vjem vůně, chuti a barvy potravin bývá jen výjimečně určován přítomností jediné látky (tzv. klíčové látky) nebo několika málo látek. Obvykle jde o složité směsi několika nebo mnoha sloučenin [18].

Tyto látky jsou buď přirozenou složkou potravin a označujeme je jako AAL primární, nebo vznikají během skladování potravin jako sekundární AAL. Sekundární AAL vznikají jako produkty enzymových a chemických reakcí bílkovin, sacharidů, lipidů a dalších složek potravin [17]. Fermentační pochody a tepelné zpracování potravin (vaření, pečení, smažení, uzení, sušení aj.) jsou hlavními procesy, při kterých tyto látky vznikají ze svých prekurzorů [18].

Mezi primární a sekundární AAL řadíme některé uhlovodíky, kyslíkaté deriváty (aldehydy, alkoholy, ketony, ethery, karboxylové kyseliny a jejich estery), dusíkaté (aminy) nebo sirné sloučeniny (thioly) [17,18].

2.5.1 Aromaticky aktivní látky v mléce

Syrové nebo šetrně pasterované mléko má jemně charakteristické aroma a nasládlou chuť. Typickými vonnými látkami jsou dimethylsulfid, biacetyl, 2-methylbutan-1-ol,

(Z)-4-heptenal a (E)-2-nonenal vyskytující se v nízkých koncentracích. U mléka pasterovaného při vyšší teplotě a UHT mléka se projevuje při vyšší teplotě tzv. vařivé aroma. Jeho nositelem je sulfan a další sirné sloučeniny. Důležité jsou zejména dimethylsulfid, dimethyldisulfid a dimethyltrisulfid, které vznikají z proteinů obsažených v membránách tukových částic a z thiaminu. Významné jsou rovněž alkan-2-ony vznikající termickou dekarboxylací β -ketokyselin (hlavně hexan-2-on, heptan-2-on a nonan-2-on), z karbonylových sloučenin je důležitý biacetyl, hexanal, 3-methylbutanal, (Z)-4-heptenal a

(E)-2-nonenal. Při intenzivnější termické zátěži mléka (sterilaci) se jako vonné látky uplatňují i produkty Maillardovy reakce, a to methanol a isomaltol, 2,5-dimethylpyrazin, 5-hydroxymethyl furan-2-karbaldehyd a 4-hydroxy-2,5-dimethyl-(2H)-furan-3-on (furaneol) [17,18].

2.5.2 Aromaticky aktivní látky v jogurtu

Tyto látky jsou při fermentaci produkty metabolismu použitých čistých mlékařských kultur a vznikají enzymovým rozkladem některých složek mléka, především laktosy. Existuje celá řada těchto aromaticky aktivních látek [17,21]. Některé z AAL identifikovaných v jogurtech jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2: Aromaticky aktivní látky přítomné v jogurtech [15].

Sloučenina	Popis aroma
Acetaldehyd	Čerstvé, štiplavé
Dimethylsulfid	Mléčné, sirné
Diacetyl	Máselné, vanilkové
Pentan-2,3-dion	Máselné, vanilkové
2-methylthiofen	Styrenové, umělé
3-methylbut-2-en-1-al	Houbové
Dimethyltrisulfid	Sirné
Kyselina octová	Octové, štiplavé
Kyselina propionová	Máslové
Kyselina máselná	Žluklé, syrové
Kyselina kapronová	Žluklé
2-fenylacetaldehyd	Květové
3-methylbutanová kyselina	Sladké, sýrové
Okt-1-en-3-on	Houbové, zemité
Non-1-en-3-on	Houbové

Aby měl jogurt typickou chuť a aroma, je k tomu nezbytný acetaldehyd, octová kyselina v množství 0,002 % až 0,003 %, určitá titrační kyselost způsobená mléčnou kyselinou, a také volné mastné kyseliny C₄ a vyšší, ovšem v menším množství než je jejich chuťový práh žluklosti. Tvorba aromatických látek, a to především acetaldehydu je vázaná především na *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. Začíná při hodnotě pH 5,0, intenzivně roste při pH 4,4 až 4,3 (za asi 3 h při 42 °C), potom se významně zpomalí a stabilizuje se při hodnotě pH 4,0. Za 3 h dosahuje podle vlastností kultury koncentrace 20 až 40 mg.l⁻¹. Nejvyšší hladina acetaldehydu a diacetylu v jogurtu je po vychlazení zralého výrobku a udržuje se po 24 hodin skladování. Později hladina těchto aromatických látek klesá [4].

Další studie mezi hlavní aromatické látky jogurtu řadí netěkavé kyseliny (mléčná, pyrohroznová a další), těkavé kyseliny (mravenčí, octová, propionová a další), karbonylové sloučeniny (acetaldehyd, aceton, acetoin, diacetyl a další) a heterogenní skupinu látek tvořených během tepelné degradace proteinů, tuků a laktosy. Diacetyl, mléčná kyselina a acetaldehyd nejvíce ovlivňují konečnou chuť a jejich koncentrace určuje kvalitu a přijatelnost pro konzumenty. Obsah diacetylu v jogurtu byl stanoven s použitím 3 metod: kolorimetrické

(spektrofotometrie a fluorimetrie) a plynové chromatografie s FID (plamenově ionizační detektor) detektorem a kapilární kolonou. Později byly tyto metody s úspěchem použity pro stanovení ostatních těkavých chuťových látek, hlavně acetaldehydu, acetonu a etanolu. [4,23].

Na chuť a vůni kysaných mléčných výrobků má také vliv proteolytická a lipolytická činnost bakterií mléčného kvašení. Proteolytickou činností vzniklé peptidy a aminokyseliny působí jako prekurzory pro enzymové chemické reakce produkující chuťové látky. Podobně vznikají chuťové a aromatické látky lipolytickou činností, kdy je degradován mléčný tuk. Lipasy produkované jogurtovou kulturou jsou např. zejména aktivní vůči triacylglycerolům s krátkým řetězcem. Hlavními chuťovými složkami jogurtu vedle acetaldehydu, kyseliny mléčné a kyseliny octové jsou v přiměřeném množství kyselina propionová, máselná, kapronová, kaprylová a kaprinová. Důležitým fermentačním procesem je přeměna mléčného cukru na CO₂ a ethanol. Osvěžující jogurty obsahují 0,01, nejvýše 0,1 % hm. kyseliny uhličitě [24,25].

Senzorická charakteristika fermentovaných mlék hraje důležitou roli v přijatelnosti produktu pro zákazníka. Několik aromatických látek bylo izolováno z výrobků jogurtového typu, ačkoliv jen acetaldehyd, ethanol, aceton, diacetyl a 2-butanon se nacházely ve významných množstvích. Acetaldehyd je považován za hlavní chuťovou složku jogurtového aroma. Chuťová kvalita jogurtu také závisí na vztahu mezi ostatními těkavými látkami. Obecně jsou acidofilní mléka charakterizována nedostatkem chuti způsobeným faktem že *Lactobacillus acidophilus* disponuje alkoholdehydrogenasou, která převádí acetaldehyd na ethanol. Bylo dokázáno, že přidavek syrovátkových proteinů a threoninu může tomuto problému zamezit, protože daný mikroorganismus je schopen převést nadbytek threoninu na acetaldehyd a glycin pomocí enzymu threoninaldolasy [24].

2.5.3 Alkoholy

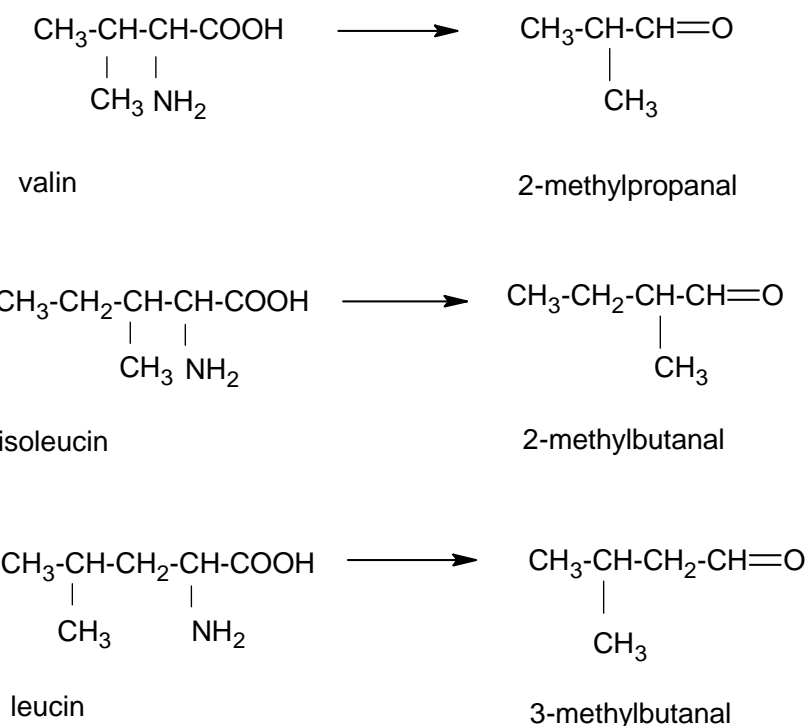
V potravinách rostlinného a živočišného původu mohou být přítomny různé alifatické, terpenové i aromatické alkoholy. Jako přirozené složky vznikají alifatické alkoholy zpravidla ze sacharidů i aminokyselin katalytickým působením příslušných enzymů. Mohou být též složkami lipidů, zejména glycerol a některé glykoly. Sekundárně vznikají alkoholy alifatické i kvasnými pochody. Některé alkoholy, zejména alkoholy heterocyklické, případně i aromatické, mohou vznikat v průběhu rozmanitých chemických reakcí z různých prekurzorů, zejména pak při procesech termických [15,20]. Nejběžnějším vonným alkoholem vyskytujícím se v mléčných výrobcích je okt-1-en-3-ol. Primární a sekundární alkoholy vznikají pravděpodobně redukcí příslušných aldehydů. Ethanol vzniká fermentací laktosy. Primární alkoholy s rozvětveným řetězcem, jako 3-methylbutan-1-ol, vznikají redukcí aldehydů tvořených z leucinu. Prekurzory osmiuhlíkatých aroma sloučenin jsou kyselina linolová a linolenová. Syntézy alkoholů obsažených v mléčných výrobcích se týká mnoho metabolických drah. Laktosový metabolismus vede pentosafosfátovou dráhou k ethanolu. Metabolismus kyselin vede k butan-2,3-diolu. Ten vzniká rychlou transformací diacetylu a acetoinu pomocí butan-2,3-dehydrogenasy. Methanol vzniká redukcí acetaldehydu alkoholdehydrogenasou [18,23].

2.5.4 Aldehydy

Aldehydy mohou vznikat v potravinách různými cestami. Alifatické aldehydy se tvoří enzymově katalyzovaným odbouráváním aminokyselin, Streckerovým odbouráváním aminokyselin nebo jako produkty oxidace nenasycených mastných kyselin, buď enzymově

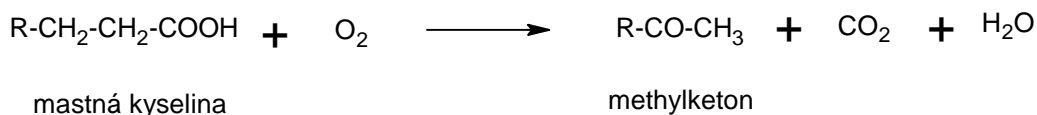
katalyzovanou oxidací, nebo při jejich autooxidaci. Aldehydy alifatické, aromatické i heterocyklické se mohou tvořit i jinými cestami, zejména pak z různých prekurzorů některými reakcemi probíhajícími při termickém zpracování potravin a surovin [17,26].

Aldehydy jsou velmi rychle metabolizovány na odpovídající alkoholy a kyseliny. Acetaldehyd vzniká z threoninu působením aldolasy mléčných bakterií. Některé mléčné bakterie jej mohou vytvářet i z glukosy. Benzaldehyd může pocházet z β -oxidace kyseliny skořicové nebo α -oxidace fenylacetaldehydu [17,27]. Aldehydy o 1 až 7 uhlících mají pach ostrý, někdy až pronikavě žluklý. Naproti tomu aldehydy o 8 až 14 atomech uhlíku se vyznačují příjemnou vůní a aldehydy nad 14 atomů jsou téměř bez zápachu [28]. 3-methylbutanal vykazuje zelené sladové aroma (štiplavé), ale v nízkých koncentracích se vůně stává ovocnou a docela příjemnou. Aldehydy s lineárním řetězcem, jako jsou n-butanal, n-pentanal, n-hexanal a n-nonanal, mají charakteristické aroma po bylinkách a zelené trávě [23,28]. Aldehydy s rozvětveným řetězcem pravděpodobně vznikají degradací aminokyselin enzymatickou cestou, stejně jako Streckerovou degradací. Z této skupiny 2-methylpropanal, 2-methylbutanal, 3-methylbutanal jsou tvořeny z valinu, isoleucinu a leucinu [18].



2.5.5 Ketony

Ketony jsou běžné sloučeniny ve většině mléčných výrobků. Spolu s aldehydy vznikají např. z vyšších nenasycených mastných kyselin za působení některých enzymů (lipoxygenasou). Těmito enzymově katalyzovanými reakcemi (viz. obr. 6) lze vysvětlit přítomnost alifatických ketonů, většinou jde o 2-alkanony (methylketony) [17,29].



Důležitou vonnou složkou mléčných produktů je okt-1-en-3-on, který je běžně spojován s houbovou vůní. Produkce této sloučeniny se pravděpodobně odvozuje od metabolických drah linolové a linoleové kyseliny [28].

Jeden z nejdůležitějších diketonů je butan-2,3-dion (diacetyl), obohacující jogurt svou máslovou a ořechovou příchutí [16,29].

2.5.6 Estery

Estery jsou většinou těkavé nízkovroucí kapaliny s příjemnou květinovou nebo ovocnou vůní. Esterifikační reakce probíhá mezi mastnými kyselinami s krátkým a středně dlouhým řetězcem a primárními a sekundárními alkoholy, odvozenými z fermentace laktosy nebo katabolismu aminokyselin. Při záhřevu a dlouhodobém skladování potravin dochází k různým změnám ve složení esterů, hlavně přeesterifikaci kyselinami nebo alkoholy, případně esterové výměně. Mezi kyselinami, alkoholy a estery v potravinách tedy probíhají neustálé změny a dynamická rovnováha se vzhledem k malé reakční rychlosti nikdy neustaví. V mléčných výrobcích jsou hojně zastoupeny estery kyseliny octové, butanové, hexanové a oktanové [18,30].

Estery mají ovocné a květinové vůně a prahy vnímání 10x nižší než alkoholy, ze kterých jsou odvozeny. K aromatu přispívají snižováním ostroty a hořkosti mastných kyselin a aminů [19,23].

2.5.7 Sirné sloučeniny

Těkavé sirné sloučeniny hrají důležitou roli v aroma různých typů mléčných výrobků. Sirné sloučeniny pocházejí z degradace methioninu jako výsledek štěpení vazby mezi uhlíkem a sírou pomocí methionindemethiolasy. Protože vznikající sirné sloučeniny jsou většinou látky velmi reaktivní, podílejí se na dalších interakcích, které vedou k tvorbě sekundárních produktů. Těmito cestami vznikají senzorycky významné sloučeniny během technologických operací [17,24].

Sirné sloučeniny tvoří strukturně odlišnou skupinu aromatických látek s velmi nízkými prahy postřehu. Mají velmi výraznou vůni po česneku a zelí.

Nejběžnější sirnou sloučeninou v jogurtu je methional (3-methylthiopropanal) s charakteristickou štiplavou vůní po vařených bramborách [17,31].

2.5.8 Volné mastné kyseliny

Také mastné kyseliny jsou důležité složky aroma jogurtu. Pouze volné, protonované formy mastných kyselin jsou vonně aktivní a přispívají k chutnosti jogurtů [17]

Mastné kyseliny s dlouhým řetězcem (více jak 12 uhlíků) hrají v chuti potravin jen malou roli, díky jejich vysokému prahu vnímání. Ty s krátkým a středně dlouhým řetězcem mají mnohem nižší prah vnímání a každá má charakteristickou vůni. Koncentraci těkavých mastných kyselin ovlivňuje hodnota pH. [17,26].

2.5.9 Aminy

V mléčných produktech byly identifikovány také těkavé i netěkavé aminy. Aminy jsou produktem deaminace aminokyselin, kterou vznikají volné aminy, amoniak a oxid uhličitý.

Z leucinu vzniká isobutylamin, z fenylalaninu fenylethylamin, z tyrosinu tyramin a z kyseliny glutamové kyselina aminomáselná. Průběh reakcí podporuje nízký tlak kyslíku.

Vzniklé aminy mohou podléhat oxidativní deaminaci na aldehydy nebo sloužit jako prekurzory dalších sloučenin.[18,32].

2.6. Senzorická analýza

Při stále rostoucí životní úrovni našeho obyvatelstva rostou také nároky na jakost potravin. Důležitou složkou jakosti je sensorická jakost (smysly postřehnutelná jakost), která ovšem nezahrnuje pouze to, co se smysly rozpozná, ale i srovnání s dosavadní zkušeností a citovým postojem konsumenta. Tato jakost je jedinou složkou potravin, kterou je konsument schopen přímo posoudit a je proto neobyčejně důležitá.

Z těchto důvodů má v analýze potravin stanovení sensorické jakosti přední místo. K tomu slouží sensorické posuzování potravin. Podle definice příslušného mezinárodního standardu je to způsob hodnocení potravin, při němž je využito lidských smyslů jako přímých subjektivních orgánů vnímání, a to za takových podmínek, aby se při hodnocení dosáhlo objektivních, to je spolehlivých a přesných (to znamená opakovatelných i srovnatelných) výsledků [24,33].

Při sensorickém posuzování se využívá všech lidských smyslů, nejčastěji chuťového a čichového, ale i zrakového, sluchového, hmatových smyslů, smyslů pro chlad, teplo a bolest. Posuzování vkládáním do úst se nazývá degustace a komplexní vjem s ním spojený se označuje „flavour“. Český termín zatím neexistuje, někteří autoři navrhují termín „chutnost“.

Senzorickou analýzou se nestanoví bezprostředně koncentrace sensoricky aktivní látky. Tyto sensoricky aktivní látky působí sice na smyslové receptory (čidla), ale jejich podráždění se přenáší nervovými drahami do centrální nervové soustavy, kde je zpracováno na počítky, z nichž se skládá s použitím dosavadních zkušeností a pocitů hodnotitele vjem, na jehož základě hodnotící osoba teprve vyslovuje svůj posudek. Sensorická analýza patří tedy do skupiny takzvaných psychometrických metod, protože se jí stanoví přijatelnost nebo intenzita vjemu, nikoli složení potravin [34].

2.6.1 Senzorická laboratoř

Vybavení místnosti je dáno požadavky mezinárodní normy ISO 8589. Minimálním požadavkem je, aby místnost pro vlastní hodnocení (zkušební místnost) byla oddělena od místnosti pro přípravu vzorků a od ostatních prostor pracoviště.

Vlastní zkušební místnost určená pro hodnocení, která je vybavena posuzovatelskými kóji, má být umístěna tak, aby posuzující osoby byly co nejméně rušeny vnějšími vlivy.

Místnost musí být čistá, dostatečně prostorná, dobře větratelná a bez jakýchkoliv pachů (například pachu po chemikáliích, tabákovém kouři, ale i pachů vzniklých kulinární úpravou pokrmů – vzorků), zvláště během sensorického hodnocení. Stěny místnosti mají být světlé a jasné (nejlépe krémové barvy), dobře čistitelné (natřené latexem či pokryté dlaždičkami). Stěny, podlaha i vstupní dveře mají být vyrobeny z materiálů neabsorbujících pachy a prach. Podlaha i pracovní stoly mají být pokryty hladkou, lehce omyvatelnou hmotou bez spár a z materiálu, který neabsorbuje pachy [34,35].

Zkušební místnost obsahuje 4 až 15 hodnotitelských kójí. Kóje jsou upraveny tak, aby byl omezen zrakový styk s ostatními hodnotiteli, proto jsou uzavřeny zepředu a ze stran.

Teplota místnosti má značný vliv na kvalitu hodnocení. Teplota má být stálá, nejlépe 20 až 23 °C, během hodnocení nemá být v místnosti průvan, otevřené okno či zapnuté odtahy.

Optimální je klimatizace místnosti, umožňující kromě stálé teploty i stálou relativní vlhkost 50 až 85 % (optimum je 70 %).

Hluk je obecně velmi rušivým faktorem. Hodnotitel má mít při práci klid, je proto nutné vyloučit všechny vlivy, které by rozptylovaly nebo ovlivňovaly objektivnost výsledků, hovor, hudba, přecházení osob po místnosti nebo zvuky z ulice. Absolutní ticho však působí tísnivě a také rušivě, optimum leží mezi hodnotami 30 až 40 dB.

Osvětlení zkušební místnosti má být rovnoměrné s barevným odstínem odpovídajícím záření tělesa o teplotě 6500 K. Toto standardní osvětlení je velmi drahé a tak se často spokojíme se standardním zářivkovým osvětlením.

Další část senzorického pracoviště tvoří obslužný prostor. Tato místnost má těsně přiléhat ke zkušební místnosti tak, aby se vzorky mohly snadno podávat okénky ve stěně do hodnotitelských kójí.

Významnou částí senzorického pracoviště je přípravná vzorků. Její vybavení záleží na charakteru posuzovaných vzorků, způsobu jejich úpravy a množství [35].

2.6.2 Nástroje smyslového vnímání

Smyslové vnímání se uskutečňuje téměř výhradně prostřednictvím smyslových orgánů, které se skládají z receptoru (čidla) nebo souboru receptorů, nervových drah a příslušného úseku centrální nervové soustavy, kde se vzruchy zpracovávají na vjemy [35].

Smysly mají schopnost reagovat na nepřetržité působení dráždění tak, že se mění rozsah přijímání pocitů a vjemů.

Při nižší intenzitě dráždění se organismus přizpůsobuje tak, že práh dráždivosti se mu snižuje, to znamená, že jeho citlivost se zvětšuje. Při vysoké intenzitě dráždění se práh dráždivosti zvyšuje. Časový průběh adaptace a její rozsah se při jednotlivých smyslech odlišují. Výrazně se adaptuje hlavně zrak, čich, smysl pro teplotu a mechanický kožní smysl. Smysl pro sluch a bolest se adaptují jen velmi málo.

Tento jev je třeba brát do úvahy při smyslovém posuzování potravin, protože prostřednictvím nich můžeme ovlivnit prahy dráždivosti a s tím související výsledky zkoumání. Počet zkoumaných vzorků musíme omezit vzhledem k tomu, že se adaptací mění smyslové reakce a takto získané výsledky už nemůžeme porovnávat [36].

2.6.2.1 Chuťový smysl

Je souborem několika receptorů, které mají podobný charakter. Výsledné vjemy nazýváme chutí. Chuť je vjem vyvolaný reakcí některých chemických sloučenin s proteiny specifických receptorů. Sídlem chuťových receptorů je jazyk, část patra stěn ústní dutiny a zadní část ústní dutiny, včetně *epiglottis* (hrtanová příklopka). Jednotlivé receptory jsou spojeny s centrální nervovou soustavou různými nervy, i když výsledný vjem (například hořké chuti) je obdobný.

Vlastní receptorové buňky jsou podlouhlé útvary, do nichž ústí nervové zakončení. Vlastní styk s chuťově aktivními látkami zajišťují vláskové útvary na druhém konci buňky. Jimi se zvyšuje styčná plocha a zvyšuje se tak pravděpodobnost styku molekuly aktivní látky s proteiny na povrchu receptorové buňky. Buňky jsou ve skupinách sdruženy v chuťových pohárcích. Podpurné buňky ohraničují dutinku, do které proniknou molekuly rozpuštěných látek a v ní dochází postupně ke styku s receptory. Chuťové pohárky jsou umístěny po skupinách v chuťových savičkách (papilách), rozeznáme savičky rýhovitě, které jsou největší a jsou dokonce viditelné pouhým okem. Menší jsou savičky houbovité a lístečkovité. Všechny savičky jsou opatřeny dutinkami, ve kterých jsou umístěny vlastní receptory. To má za

následek, že uplyne určitá doba, než pronikne senzoričky aktivní látka až na povrch receptoru, aby mohlo dojít k reakci, a než se zase dostane ven.

Člověk je schopen vnímat několik základních chutí a mnoho jejich kombinací, pro něž má speciální názvy. Nejznámější je chuť sladká, kyselá, slaná a hořká. Sladkou chuť cukrů vnímáme na špičce jazyka, ale sladkou chuť některých látek (hlavně anorganických) u kořene jazyka. Mluvíme proto o sladké chuti 1 a 2. Obdobně hořká je vnímána na dvou místech, a to hořká chuť alkaloidů u kořene jazyka (hořká chuť 1), zatímco hořká chuť jiných sloučenin spíše na přední části jazyka (hořká chuť 2). Kyselost se vnímá na okraji jazyka a je způsobena vodíkovými ionty H^+ v roztoku. Slanost se vnímá hlavně po stranách jazyka a je způsobena sodíkovými ionty Na^+ , přičemž chloridové ionty Cl^- upravují receptor k aktivnímu vnímání.

Kromě uvedených běžných chuti známe chuť umami, což je japonský název této chuti, které si Evropané až donedávna nevšimli jako specifické chuti. Je vnímán také na dvou místech ústní dutiny, takže mluvíme o umami 1 a 2. První oblast vnímá ionty glutamanu, v menší míře i jantanu a některých dalších látek. Druhá oblast je citlivá na nukleotidy, hlavně kyselinu inosinovou.

Další dvě základní chutě jsou vyvolány reakcemi senzoričky aktivních látek s proteiny chuťových receptorů, které se jimi denaturují, podobně jako se denaturují těmito látkami při činění kůže na useň. Předně je to chuť trpká a svíravá (ve většině jazyků se od sebe nerozlišují). Trpká chuť je vyvolávána tříslovinami, což jsou hlavně deriváty pyrokatecholu a pyrogalolu. Svíravá chuť je způsobena reakcemi s hlinitými ionty Al^{3+} . Dále známe kovovou chuť, způsobenou působením kovů (například železnatými solemi) – kovová chuť 1, ale také některými oxidačními produkty tuků – kovová chuť 2.

2.6.2.2 Čichový smysl

Čichovým smyslem rozpoznáváme pach látek; pokud je vjem příjemný, označuje se jako vůně, nepříjemný jako zápach. Citově neutrální odborný termín pach není v hovorovém jazyce užíván a nehodí se proto pro používání v senzoričce analýze k popisu vjemu. Na rozdíl od chutí není u vůní znám mechanismus reakce aktivní látky s receptorem. Vůně (pach) se proto definuje jako vlastnost látek vnímaná nadechnutím do nosní dutiny nebo do ústní dutiny (obě dutiny jsou totiž spojeny), kdy nejde o vjem chuťový, hmatový, teploty nebo bolesti. Čichové buňky jsou podobné chuťovým, podlouhlé, udržované v přímé poloze podpůrnými buňkami. Na konci jsou opatřeny vlásky, které zvyšují povrch a tím i pravděpodobnost styku senzoričky aktivní látky s povrchem receptoru. Na druhém konci je čichová buňka protažena v axon, který prochází síťovou kostí do útvaru zvaného *bulbus olfactorius* (mozkový kyj). Mezi axony je umístěna vrstva bazálních buněk, které vrstvu čichových buněk podporují ve vzpřímené poloze.

Čichové receptory jsou umístěny na horní části nosní dutiny na povrchu horních skořep. Tvoří tam dvě žlutohnědé skvrny, u člověka o ploše asi $2 \times 1,5 \text{ cm}^2$. Tyto skvrny jsou tvořeny 10 až 20 miliony buněk, z nichž vždy několik je svými axony spojeno s jedinou mitrální buňkou. Buňky jsou tvořeny několika různými receptory.

Při normálním dýchání prochází vzduch nosem v menším množství, takže většina projde spodními průduchy a jen velmi málo nejhornějším průduchem, kde jsou umístěny čichové receptory. Jestliže se člověk prudce nadechne je objem vzduchu větší a větší podíl proto přichází do styku s čichovými receptory, a proto je vnímání citlivější. Při žvýkání potravy se uvolňují těkavé látky ze sousta nebo z doušku, žvýkacími pohyby přicházejí do nosní dutiny a tam jsou vnímány. Čichové vjemy spojené s degustací se obvykle označují jako aroma.

2.6.2.3 Smysl zrakový

Má sídlo receptorů v oku. Oko je chráněno umístěním v prohlubni ohraničené pevnými kostmi, kromě toho je chráněno obočím, řasami a očními víčky, které také regulují vstup a mohou tento smysl vyřadit, například během spánku.

Receptory jsou citlivé na elektromagnetické záření o rozsahu vlnových délek v rozpětí 380 až 780 nm, které se nazývá světlo. Někteří jiní živočichové mají jiný rozsah citlivosti receptorů, například včely vnímají také určitou oblast ultrafialového záření.

Světlo prochází průhlednou blánou a otvorem zvaným zornička, dále prochází čočkou, která má za úkol zaostřit obrázek na vrstvu světločivných receptorů sítnice. Obrázek vytvořený na sítnici je zmenšený a obrácený, ale při zpracování v mozku se obraz napřímí. Obrázky téhož předmětu vytvořeného v levém a pravém oku se poněkud liší, protože každé oko pozoruje tento předmět z poněkud jiného úhlu; v mozku se však oba obrázky složí v jeden, což umožňuje prostorové vidění.

Na sítnici jsou celkem dva typy receptorů. Tyčinky umožňují vidění za šera, protože mají velkou citlivost. Je to vidění černobílé, proto v noci nevnímáme barvy. Vidění pomocí tyčinek je neostré, proto se za šera špatně čte.

Ve dne (při dostatečně silném osvětlení i v noci) se uplatňují takzvané čípky, kterých jsou tři druhy. Každý druh obsahuje jiné citlivé barvivo, proto existují tři základní barvy, to je červená, zelená a modrá. Z nich se skládá mnoho barevných tónů, kterých je oko schopno rozlišovat několik set. Nepřítomnost světla vyvolá dojem černé barvy, kdežto bílá a šedá barva jsou směsmi všech barevných tónů v přiměřeném poměru. Vzruchy z jednotlivých čípků se v mozku skládají, takže vidíme barevně. Čípky jsou méně citlivé, proto barvy rozeznáváme jen při dostatečně velkém osvětlení. Vidění je ostré.

Zrakové vjemy jsou pro sensorickou jakost potravin velmi důležité, protože vzhled dává předběžné sensorické vyhodnocení, které často rozhoduje o koupi nebo konzumu výrobku. Zrakem se hodnotí velikost a tvar výrobku, geometrická makrostruktura (například uzeniny nebo sýry na nákroji), barevný tón celkově, jeho rozvržení na povrchu (například barva jablka) a tmavost (například se sleduje hnědnutí kůrky při pečení nebo smažení) [35].

2.6.2.4 Sluchový smysl

Má sídlem receptorů uši. Člověk má dvě uši, ale vjemy zachycené oběma ušima se v mozku zpracují v jeden, který umožňuje orientaci o směru, z něhož zvuk přichází. Vnější ucho se skládá z boltce a zvukovodu a tato část slouží k zesílení a usměrnění zvukových vln. Ve středním uchu se zvukové vlny zesílí a rozechvějí membránu mezi středním a vnitřním uchem. V takzvaném hlemýždi se zvukovými vlnami rozechvějí vlákna, a to chvěním o určité frekvenci vždy určité vlákno, které přísluší určité vláskové buňce. Ve vnitřním uchu je také labyrint, který však je sídlem smyslu pro rovnováhu a se sluchovými vjemy nesouvisí.

Sluchem vnímáme vlnění vzduchu nebo vody o frekvencích v intervalu 16 až 20 000 Hz. Maximální citlivost má naše ucho v intervalu 1000 až 3000 Hz.

Při sensorické analýze mají sluchové vjemy menší význam, protože na rozdíl od pravěku nebo dosavadních zvyklostí na Dálném Východě se Evropané a Američané již v mládí naučí konzumovat pokrmy bez vydávání zvuků, jako je mlaskání a srkání. Některé zvuky při jídle však mají přece jen svůj význam, například křupavé zvuky při konzumu zeleniny nebo ovoce (jablek) dokazují jejich čerstvost. Také pražené pokrmy, například ořechy, vydávají při kousání a žvýkání praskavé, hřmotivé zvuky. V posledních desetiletích se vyrábějí speciální výrobky, například křupky, kde si křupavé zvuky spojujeme s křehkostí výrobku [34,35].

2.6.2.5 Taktilní smysl

Patří ke smyslům, které se dříve nazývaly hmatové. Taktilním smyslem se zjišťuje tvar a velikost těles, jakost jejich povrchu a zjišťuje se také působení tlaku na povrch těla nebo na sliznice.

Receptory taktilního (také somestetického nebo kožního) smyslu jsou umístěny pod povrchem pokožky a sliznic. Jde o několik těles různé velikosti a tvaru. Taktilní receptory nejsou rozloženy na povrchu těla a sliznic rovnoměrně. Nejvíce jich je v dutině ústní, na rukou, obličejích i na nosní sliznici. Čím je receptorové tělísko menší tím je umístěno blíže povrchu, kdežto větší Paciniho tělíska jsou hlouběji. Tak je možno vnímat jak malé tlaky, tak také velké. Místo, na kterém tlak působí, poznáme tak, že vzruch je zpracován na jiném místě mozku.

Taktilním smyslem poznáváme deformaci tkáně, ať již dočasnou nebo trvalou. Dovedeme rozlišit místo dotyku (tlaku), intenzitu tlaku, charakter povrchu (jako hladkost, drsnost), tvar a velikost předmětů. Taktilní smysl je možno vycvičit a zvýšit jeho citlivost (například pro čtení slepeckého písma).

Pro hodnocení potravin používáme hlavně receptory ústní dutiny, rtů a rukou. Na rozdíl od čichových a chuťových počítků se taktilní počítky neskládají do jednoho vjemu, ale vnímáme každou stránku zvláště (například tvar, velikost a drsnost a jiné). Při degustaci (ochutnávání) vnímáme v ústech změny velikosti, tvaru a charakteru povrchu. Při dostatečné hladkosti povrchu se dostaví polykací reflex [35,36].

2.6.2.6 Kinestetický smysl

Patří k významným hmatovým smyslům, kterými se vnímá odpor materiálů proti mechanickým silám. K významným receptorům patří svalová vřeténka, šlachová tělíska a kloubové receptory.

Také v tomto případě podává centrální nervová soustava informace odděleně, nikoli jako komplexní vjem (například zvlášť tvrdost a zvlášť křehkost). Je proto snadnější stanovit senzorycké profily, než je tomu u chuti a vůně. Kinestetické vlastnosti potravin se hodnotí jednak v rukou a mezi prsty, dále při ukousnutí, žvýkání a polykání.

Při analýze potravin se stanoví například tvrdost a měkkost, křehkost a houževnatost, soudržnost a rozpadavost, pružnost a lámavost, elasticita, žvýkatelnost, u tekutin viskozita, hustota a konečně snadnost polykání.

2.6.2.7 Smysl pro teplo

Podává informaci, zda teplota okolí nebo nějakého předmětu je stejná nebo teplejší než teplota pokožky nebo sliznice. Receptory tepla jsou patrně Ruffiniho tělíska, umístěná v hlubších vrstvách pokožky a v podkožním vazivu. Začínají reagovat nad 25 °C, maximum citlivosti je mezi 30 až 40 °C, tedy mírně nad teplotou pokožky, přestávají reagovat nad 45 °C, kdy nastupuje smysl pro bolest.

Při senzorycké analýze podává smysl pro teplo informaci, zda je teplota pokrmu optimální a zda je možno vůbec vzorek bez poškození zdraví konzumovat [35,36].

2.6.2.8 Smysl pro chlad

Podává informaci, zda prostředí nebo nějaký materiál je stejně teplý nebo chladnější než teplota pokožky nebo sliznice. Receptory chladu jsou pravděpodobně Krauseho tělíska, umístěná pod pokožkou pod Meissnerovými tělísky. Tyto receptory začínají reagovat asi při

30 °C a maximální citlivosti dosahují při 25 °C. Při teplotách pod 10 °C již přestávají reagovat a začíná se uplatňovat smysl pro bolest.

Smysl pro chlad podává například informaci, zda pokrm není příliš chladný zda tedy již je možné jej konsumovat. Při polykání chladného sousta (například zmrzliny) cítíme chlad ještě i v jícnu, což znamená, že i tam jsou umístěny receptory chladu.

2.6.2.9 Smysl pro bolest

Má význam v potřebě vyhnout se vlivům poškozujícím zdraví, ale smysl pro bolest se uplatňuje i při konzumu potravin. Receptory smyslu pro bolest jsou volná nervová zakončení. Jsou umístěna v kůži, sliznicích, okostici, stěnách tepen, v kloubních plochách a jinde. Na pokožce připadá asi 50 až 100 receptorů na 1 cm².

Receptory bolesti se podráždí mechanicky (poškozením tkáně, tlakem a jiné), elektrickým proudem, tepelně (vysokou podobně jako nízkou teplotou) a chemicky (například ostrým kořením).

Při senzoričtém hodnocení potravin přichází v úvahu vjem bolesti způsobený ostrými částicemi pokrmu (eventuálně nečistotami, jako je písek nebo kamínky), extrémními teplotami (horkými nápoji o teplotách nad 50 °C nebo naopak materiály zchlazenými hluboko pod 0 °C). Z chemických podnětů přicházejí v úvahu silice koření a některé alkaloidy. I když je bolest pocit celkově nepříznivý, přece člověk v malém množství tyto pocity vyhledává, protože obohacují a zpestřují celkové pocity při konzumu pokrmů [35].

2.6.3 Hodnotitelé

Podle stupně zaškolení se dělí hodnotitelé (též posuzovatelé nebo mezinárodním termínem assessoři) na neškolené, krátce zaškolené, školené a experty.(dlouhodobě školené s několikaletými zkušenostmi a technologickými a zbožíznaleckými znalostmi). Osoby vybrané za hodnotitele musejí projít řadou zkoušek, kterými se prokáže jejich fyzická i psychická způsobilost k posuzování. Tyto zkoušky je třeba v pravidelných intervalech (například jednou ročně nebo za dva roky) opakovat.

I dostatečně vyškolený a zkušený hodnotitel může senzoričticky analyzovat pouze, jestliže se cítí duševně a fyzicky disponován, například nemá být nachlazen, pracovním přetížen nebo unaven, nesmí být pod vlivem léků. Hodnotitel nemá alespoň hodinu před degustací kouřit. Nemá také hodinu před posuzováním jíst silně kořeněné pokrmy a pít větší množství alkoholických nápojů. Citlivost a schopnost posuzovat závisí rovněž na denní době, a proto se musí vždy udávat přesně hodina analýzy [33].

Při hodnocení se využívá skupiny hodnotitelů. Tuto skupinu vede předseda (organizátor) celé akce. Není vhodné, aby předseda byl zároveň hodnotitelem (tedy aby hodnotil), neboť tento člověk je zasvěcen do problému obvykle více než tvoří instruktáž běžného hodnotitele. Má tedy více informací, které může užít při hodnocení. Takové hodnocení je proto vzhledem k ostatním neporovnatelné [37,38].

2.6.4 Podávání a zkoušení vzorků

Vzorky pro hodnocení je třeba podat vždy v dostatečném množství, aby hodnotitel mohl vzorek ochutnat víckrát podle potřeby. Množství podaného vzorku se řídí podle použité metody a také podle počtu podávaných vzorků. Obvyklá množství jsou pro kapalné vzorky 15 až 20 ml, u tuhých vzorků množství 20 až 30 g.

Všechny podávané vzorky dané úlohy musí být předloženy ve stejném množství. Důležitou stránkou při podávání vzorků je stejná teplota. Změna teploty vede k výrazným změnám intenzity vůně, vnímání některých dílčích chutí je rovněž teplotou ovlivněno. Vzorky předkládáme k hodnocení obecně při takové teplotě, která odpovídá obvyklé konzumaci daného vzorku.

Nádoby v nichž je vzorek respektive vzorky podávány musí být vždy stejné. Materiál musí být sensoricky neutrální, nejlépe sklo, bílý porcelán, nerezavějící ocel.

Při degustacích je nezbytné, aby došlo k úplnému odeznění všech chutí z předešlého hodnocení. K urychlení obnovy chuťových receptorů využíváme takzvané neutralizátory chuti, které zařazujeme mezi hodnocené vzorky. Nejčastějším neutralizátorem je kvalitní čistá voda. Můžeme použít i jiné tekutiny jako slabý hořký čaj, mléko, minerálku a u tučných vzorků vodku. Mezi tuhé neutralizátory chuti řadíme bílé pečivo, chléb, jablko, tvrdý sýr. Dodržujeme pečlivě také dobu čekání mezi jednotlivými degustacemi, ta je nejméně 60 sekund i při použití neutralizátoru chuti. Tyto doby je důležité dodržet také při rozdílových a pořadových zkouškách (u modelových roztoků nemá být kratší než 30 sekund) [38].

2.6.5 Metody sensorické analýzy

Stav našich poznatků v rozhodující míře závisí na metodách, které se používají při zkoumání posuzovaného předmětu. Podmínky určující zvyšování vědomostí ze všech úseků vědy charakterizuje rozvoj uplatňovaných metod zkoumání. Vzhledem k tomu, že sensorická analýza je při získávání informací o jakosti potravin v převážné míře odkázána na lidské smyslové vjemy, je třeba respektovat osobitost lidských smyslových orgánů, které se používají jako měřicí zařízení. Z tohoto hlediska se neodlišují, podle teorie měření, sensorické metody posuzování vnější jakosti potravin od běžných metod technického měření. Výsledky získané sensorickými zkušebními metodami vznikají právě tak měřením ve vlastním slova smyslu, stejně tak jako údaje získané měřicími přístroji.

Úlohu měřicího přístroje tu přebírá člověk, a proto je třeba klást speciální požadavky na metody a podmínky hodnocení i na osoby hodnotitelů. Spolehlivé výsledky měření jsou zabezpečeny jen s použitím vědecky odůvodněných sensorických analytických metod a jejich správným uplatněním [38].

K hlavním laboratorním metodám sensorické analýzy patří:

- Metody rozdílové a rozlišovací
- Metody pořadové
- Hodnocení srovnáním se standardem
- Hodnocení s použitím stupnic
- Poměrové (magnitudové) metody
- Metody slovního popisu, stanovení sensorického profilu
- Speciální metody (zjišťování podnětových prahů, stanovení vývoje a doznívání vjemu, stanovení závislosti intenzity vjemu na intenzitě podnětu)
- Optimalizační metody

Konkrétní metodu volíme podle řešeného úkolu, počtu a kvality hodnotitelů, podle množství vzorků a jiných faktorů [37].

2.6.5.1 Metody rozlišovací

Úkolem metod rozlišovacích (rozdílových, diskriminačních) je zjištění, zda mezi vzorky existuje nebo neexistuje rozdíl v organoleptických vlastnostech nebo sensorické jakosti. Nejčastěji se srovnávají dva vzorky. Pro rozdílové zkoušky potřebujeme 10, lépe 20 až 30 hodnotitelů.

Párová zkouška je nejstarší a stále hojně používanou metodou. Při této zkoušce obdrží hodnotitel najednou dva vzorky (A a B) v nahodilém pořadí. Vzorky musejí být předloženy ve stejných nádobách (lišících se jen kódem), ve stejném množství a musejí mít stejnou teplotu. Hodnotitel vzorky v předloženém pořadí ochutná (degustaci obou vzorků smí libovolně opakovat) a rozhodne, zda nepoznal nějaký rozdíl.

Výsledky se statisticky vyhodnotí nejčastěji podle tabulek, kde je uveden minimální počet dopovědí nutný pro zamítnutí nulové hypotézy, která zní, že neexistuje rozdíl mezi vzorky [37].

Zkouška duo – trio pracuje se třemi vzorky, kdy první vzorek je referenční podávaný neanonymně jako standard. Další dva vzorky jsou zakódované a mají být s referenčním vzorkem srovnávány. Z těchto dvou neznámých vzorků je jeden opět stejný jako vzorek referenční, ale tentokrát podávaný anonymně. Druhý neznámý vzorek je vzorek zkoumaný. Jejich pořadí v řadě je nahodilé. Hodnotitel nejprve ohodnotí referenční vzorek (standard) a pak oba neznámé vzorky; posouzení standardu i libovolného neznámého vzorku může podle potřeby opakovat. Potom rozhodne, který ze srovnávaných vzorků je shodný s referenčním a který je odlišný [26].

Trojúhelníková zkouška jejíž podstata je v tom, že hodnotitel obdrží řadu tří vzorků. V řadě tří vzorků jsou vždy dva stejné a jeden vzorek odlišný, takže je možných šest kombinací: ABB BAB BBA BAA ABA AAB. Tyto kombinace se podávají tak, aby byly v celém souboru zastoupeny stejně často nebo zcela nahodile.

Hodnotitel postupně ochutná vzorky v předloženém pořadí a pokud si přeje, může ochutnání libovolně opakovat. Potom rozhodne, které dva vzorky jsou stejné a který je odlišný a výsledek zaznamená do protokolového formuláře. Trojúhelníková zkouška je náročnější na paměť a zkušenosti hodnotitele než obě předešlé zkoušky, a to zvláště při hodnocení vzorků s dlouho doznívajícími vlastnostmi (jedlý olej, čokoláda, pivo a jiné) [26].

Rozdílové zkoušky s více než čtyřmi vzorky v předkládané řadě se v praxi využívají nejčastěji ve formě zkoušky 2 z 5 a 4 z 10, které jsou rozšířením trojúhelníkové zkoušky a kladou již velké nároky na hodnotitele [39].

Rozdílové zkoušky s více než dvěma různými vzorky se v praxi vyskytují také, a to v případě, že posuzujeme zda-li jsou rozdíly mezi více než dvěma vzorky, nejčastěji třemi.

Jednostimulová zkouška je speciálním případem rozdílových zkoušek. Podstata zkoušky spočívá v tom, že hodnotitel je nejdříve seznámen se vzorkem A (standardem), který ochutná a dobře si zapamatuje jeho vlastnosti. Další vzorky hodnotitel vždy ochutná (nebo jinak vyzkouší) a posoudí, zda jde o vzorek A nebo vzorek odlišný (B neboli neA) [26].

Dvoustimulová zkouška při níž dostává hodnotitel nejprve neanonymně dva vzorky A a B, jejichž vlastnosti si má dobře zapamatovat a pak určuje ze sady předkládaných vzorků, jestli se jedná o A či B, je již složitější [39].

2.6.5.2 Pořadové metody

Tyto metody jsou velmi běžné a dávno známé a byly standardizovány mezinárodně i v národním měřítku. Slouží k orientačnímu rozřídění skupiny vzorků, k výběru vzorků znatelně se lišících od ostatních vzorků skupiny nebo ke sledování vlivu nějakého faktoru na organoleptické vlastnosti a senzoricou jakost výrobku. Mají své oprávnění právě tehdy, jestliže rozdíly mezi vzorky jsou malé.

Počet vzorků bývá podle složitosti zkoušky různý, například při hodnocení chuti se nemá podávat více než 5 až 6 vzorků, při hodnocení vůně a textury asi 8 až 10 vzorků, kdežto při hodnocení barvy a vzhledu se může podávat až 20 či 30 vzorků najednou.

2.6.5.3 Hodnocení srovnáním se standardem

Do této skupiny laboratorních metod patří větší počet modifikací, které mají to společné, že hodnotitel srovnává vzorek nebo několik s neanonymním referenčním vzorkem, standardem. Některé rozdílové metody, jednostimulová a dvoustimulová metoda i magnitudové hodnocení jsou v principu také metody založené na srovnání se standardem [26].

Ochutnávat vzorky může hodnotitel i několikrát. Podle stupně zaškolení je potřebí 5 až 50 odpovědí k uzavření průkazného závěru [36].

Na rozdíl od metod rozlišovacích (rozdílových) nezjišťujeme však pouze existenci rozdílu, ale i jeho velikost. Nejjednodušším příkladem je, že hodnotitel obdrží standard A a srovnávaný vzorek B. Oba postupně ochutná a velikost rozdílu vyjádří vhodným způsobem, například vybere jednu z těchto předložených odpovědí:

- a = vzorek je totožný se standardem
- b = vzorek se jen zcela nepatrně liší od standardu
- c = vzorek se velmi málo liší od standardu
- d = vzorek se dosti málo liší od standardu
- e = vzorek je zřetelně (dosti) odlišný
- f = vzorek je velmi odlišný
- g = vzorek je naprosto odlišný, standardu zcela nepodobný [39].

2.6.5.4 Hodnocení s použitím stupnic

V praxi senzorickeho hodnocení, zvláště při hodnocení jakosti se nejčastěji setkáváme s použitím stupnic k vyjádření výsledku hodnocení. Pod pojmem stupnice rozumíme řadu stupňů (kvality, intenzity, příjemnosti) seřazených do určité posloupnosti.

Nominální stupnice je nejjednodušší. Setkali jsme se s ní u rozdílových zkoušek. Tážeme se například: Je rozdíl nebo není rozdíl mezi vzorky? Odpověď zní ano nebo ne a pro zpracování výsledků se sečtou počty odpovědí. Jiným případem je rozřídění vzorků kategorově podle odrůdy (například vína na silvány, tramíny a ryzlinky) [39].

Stupnice ordinální (pořadová) je v senzoricke praxi nejběžnější. Je to taková stupnice, u níž se intenzita, kvalita nebo příjemnost určité vlastnosti (nebo souboru vlastností, eventuálně senzoricke jakosti jako celku) mění určitým daným směrem, ale velikosti intervalů (vzdálenosti mezi sousedními stupni) nejsou přesně kvantifikovány a nejsou nutně stejné. Můžeme tedy říci pouze to, že například vzorek A je lepší než vzorek B a ten je lepší než C, ale rozdíl nemůžeme přesně vyčíslit.

Kategorové ordinální stupnice se v senzoricke analýze nejčastěji užívají. Pod pojmem kategorový rozumíme, že se celé kontinuum možných počitků rozdělí do několika oddělených

skupin, například bychom kontinuum možných intenzit sladkosti rozdělili do tří skupin: 1 – nesladké, 2 – málo sladké, 3 – velmi sladké.

Velkou péčí je třeba věnovat sestavení stupnice, protože nevhodně volená stupnice může znehodnotit senzoricou analýzu. Nejjednodušší bývají ty stupnice, kde je každý stupeň definován slovním popisem, protože slovy formulujeme své závěry. Popis jednotlivých stupňů nemusí být dán jen jedním výrazem, ale může být dost podrobný. S výsledky se pracuje jednodušeji, jestliže popis jednotlivých stupňů označíme ještě kódem, například písmenným nebo číselným:

- 9 – vynikající
- 8 – velmi dobrý
- 7 – dosti dobrý
- 6 – mírně nadprůměrný
- 5 – střední
- 4 – mírně podprůměrný
- 3 – na hranici přijatelnosti
- 2 – špatný
- 1 – velmi špatný

S příklady těchto takzvaných kombinovaných a stupnic se často setkáme a jsou známy i ze školní klasifikace. Nevýhodou číselného označení stupňů je, že svádí k tomu, abychom s dosaženými výsledky manipulovali stejně jako se skutečnými čísly číselné osy (například při výpočtu průměrné hodnoty) [39].

Hodnocení s použitím grafických stupnic se v poslední době značně rozšířilo. Grafické stupnice jsou dvojího druhu:

- Strukturované stupnice, které jsou rozděleny na řadu úseků
- Nestrukturované stupnice, které nejsou dělené [39]

Stupnice intervalové mají velikosti intervalů mezi jednotlivými stupni voleny tak, že rozdíly mezi dvěma sousedními stupni odpovídají vždy stejnému rozdílu intenzit senzorickeho počítka. K intervalovým stupnicím patří například stupnice užívané k měření teploty. V senzoricke analýze se prakticky nevyskytují [18].

Stupnice poměrové mají jednotlivé stupně volené tak, že stejné poměry dvou stupňů odpovídají stejným poměrům intenzity počítka. Například kyselost vzorku A byla hodnocena stupněm 9 a kyselost vzorku B stupněm 3; jestliže je stupnice poměrová, pak $9 : 3 = 3$, což musí odpovídat tomu, že vzorek A je třikrát kyselejší než vzorek B [39].

2.6.5.5 Poměrové (magnitudové) metody

Magnitudové hodnocení (magnitudo = velikost) zavedl Stevens k hodnocení intenzity počítka. Metoda spočívá v tom, že se jeden referenční vzorek (standard A) podá k hodnocení a hodnotitel intenzitu příslušného počítka označí libovolným číslem. Potom se hodnotiteli podá neznámý vzorek B a hodnotitel intenzitu počítka vyjádří vhodným číslem vzhledem ke standardu.

Hodnotitel nejčastěji položí intenzitu zkoumané vlastnosti standardu rovnou 10 nebo 100 (standard = 100 %); v tomto druhém případě má hodnotitel určit, jakou intenzitu v % má zkoumaný vzorek. Intenzitu standardu může stanovit samozřejmě jakoukoliv, například rovnou 1, ale pak by hodnotitel musel manipulovat s nečísly, což je nepohodlné a svádí k zaokrouhlení na celé číslo [39].

2.6.5.6 Metody slovního popisu, stanovení senzorického profilu

Metody slovního popisu charakteru různých stránek vjemu patří k nejstarším metodám senzorické analýzy poživatin. Nejjednodušší způsob je ten, že hodnotitel popíše vjem jen kvalitativně; pokud se jednotlivé složky vyjádří i kvantitativně, mluvíme o senzorických profilech.

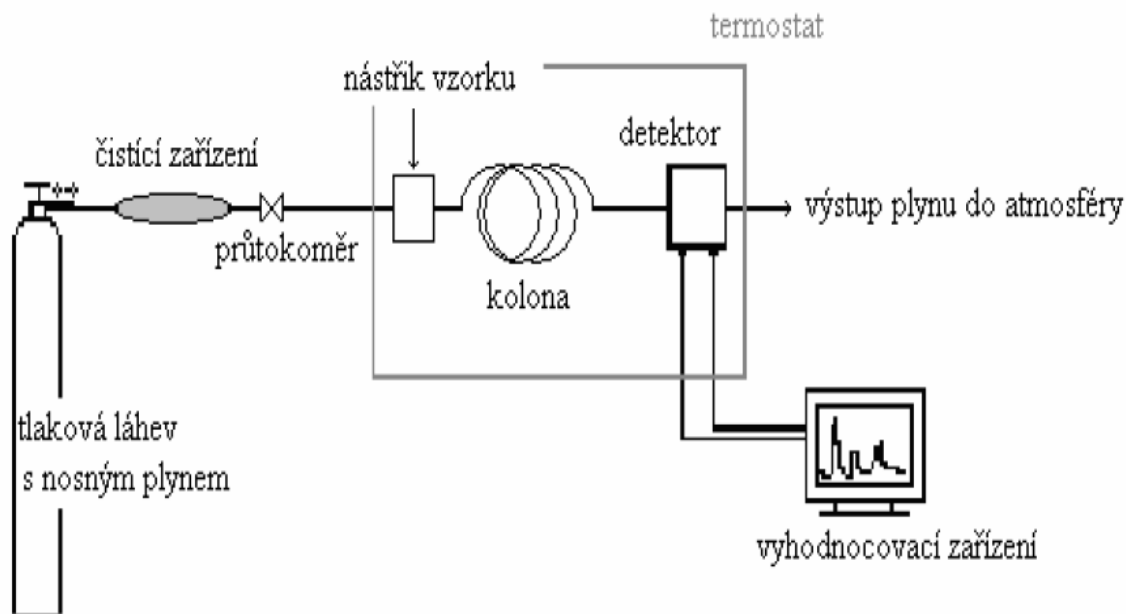
Školením se výkon zlepšuje, takže z popisu školeného hodnotitele se lépe pozná charakteristika produktu. Lawless nechal ochutnat 6 vzorků vína skupině expertů a skupině nezkušených hodnotitelů, kteří měli za úkol chuť popsat. Po určité době jim nechal vína opět ochutnat a přiřadit jednotlivým vzorkům své popisy a popisy svých kolegů. K popisu expertů se vzorky vína přiřadily přesněji nežli k popisu nezkušených hodnotitelů. Ukázalo se proto, že je vhodné hodnotitelům v tomto směru pomoci. Nejlépe k tomu posloužil seznam vhodných výrazů, který byl předložen hodnotitelům, popřípadě jim byly ještě rozdíly mezi jednotlivými termíny vysvětleny. Metoda je pro hodnotitele velmi jednoduchá. Hodnotitel ochutnává postupně vzorek a v seznamu zaškrťává ty výrazy, jejichž chuť postřehl. Sestavení seznamu je dosti náročné.

Metody stanovení senzorického profilu jsou velmi užitečné především pro výzkumnou a vývojovou činnost, například pro stanovení příbuznosti mezi chutěmi a vůněmi, dále v provozní praxi pro objasnění charakteru závad nebo předností vzorků. Vyžadují ovšem speciálně školené hodnotitele nebo lépe experty v příslušné oblasti, kteří musejí být ještě speciálně zaškoleni pro stanovení profilů. U nás jsou zatím tyto metody rozšířeny méně, než by si zasluhovaly. Před vlastním stanovením senzorického profilu je třeba vybrat seznam dílčích vlastností, které se mají sledovat (takzvané deskriptory). Tento seznam se musí vypracovat pro každý konkrétní úkol a při jeho sestavení je třeba dodržet určitá pravidla [39].

2.7. Metody stanovení aromatických látek v mléčných výrobcích

2.7.1 Plynová chromatografie

Pro stanovení obsahu těkavých organických sloučenin, tvořících aroma potravin, se s výhodou používá plynová chromatografie (GC). Plynová chromatografie je separační metoda, která k separaci plynů a par využívá dvě heterogenní fáze. Mobilní fází je zpravidla inertní plyn. Stacionární fází je nejčastěji kapalina zakotvená na inertním nosiči, méně často povrchově aktivní sorbent. Výjimečná rozlišovací schopnost plynové chromatografie se využívá při analýze mnohasložkových vzorků v kombinaci s jinými fyzikálně chemickými metodami, zejména s infračervenou a hmotnostní spektroskopií [40].



Obr. 6: Schéma plynového chromatografu [41]

2.7.1.1 Chromatografická kolona

Je rozhodující součástí plynového chromatografu, ve které se vzorek rozděluje na složky. Kolony můžeme rozdělit na náplňové a kapilární. V současné době se dává přednost kolonám kapilárním, protože jsou účinnější, inertnější a stabilnější než kolony náplňové. Kapilární kolony využívají jako nosiče stacionární fáze své vnitřní stěny. Nejčastěji se zhotovují z taveného křemene, skla a nerezové oceli. Pro většinu aplikací postačuje délka kapiláry 30 m. Vnitřní průměr bývá od 50 μm do 1 mm. K urychlení analýzy se v současnosti snižuje délka a průměr kapilár.

Adsorbenty mohou být různé druhy aktivního uhlí, silikagel, molekulová síta a syntetické makromolekulární adsorbenty. Stacionární kapaliny musí dobře rozpouštět separované látky, být teplotně stálé, mít nízkou těkavost a nízkou viskozitu při pracovní teplotě. Měly by pevně smáčet nosič, aby nedocházelo k jejich vymývání. Dále nesmí reagovat s analyzovanými látkami a rozpustnost složek vzorku v těchto kapalinách má být různá. Volba stacionární fáze je obvykle rozhodující pro výběr vhodné kolony pro stanovovaný vzorek. Důležitá je selektivita a polarita stacionárních kapalin [40].

2.7.1.2 Detektor

Je zařízení, jehož úkolem je detekovat v nosném plynu složky, které opouštějí chromatografickou kolonu. Od detektoru se vyžaduje rychlá odezva, velká citlivost a stabilita základního (nulového) signálu.

Podle dějů, které probíhají při detekci, je možno detektory rozdělit na nedestrukční a destruktivní. V nedestrukčních detektorech látka prochází detektorem bez toho, aby se chemicky změnila. V destruktivních detektorech se látka při detekci ireverzibilně mění.

Mezi nedestrukční detektory patří:

- Tepelně vodivostní detektor (TCD)
- Detektor elektronového záhytu (ECD)
- Argonový a heliový detektor (ArD, HeD)
- Infračervený spektrometr

Mezi destrukční detektory patří:

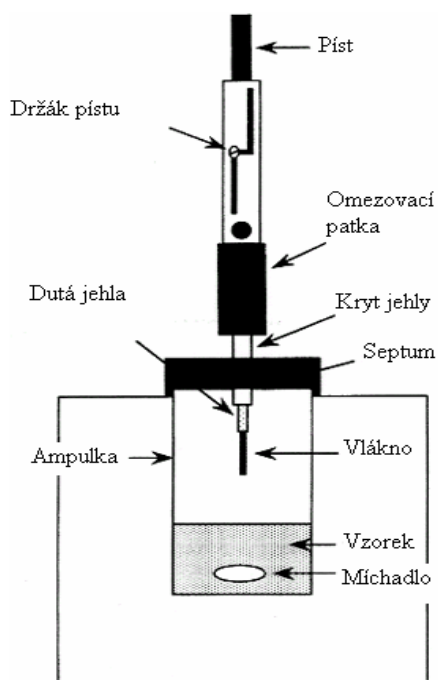
- Plamenový ionizační detektor (FID)
- Termoionizační detektor (TID)
- Hmotnostní spektrometr (MSD)

Nejpoužívanějším detektorem v plynové chromatografii je plamenově ionizační detektor **FID** (Flame Ionization Detektor). Je nejpoužívanějším detektorem v plynové chromatografii. Principem detekce je měření elektrické vodivosti v plynech. Plyny jsou za normálních podmínek elektricky nevodivé, vodivost se značně zvýší, jsou-li v plynech přítomny volné elektrony nebo elektricky nabitě částice. K ionizaci molekul vymývaných z kolony dochází v plazmě vodíkového plamene, který hoří mezi dvěma elektrodami. V čistém kyslíkovodíkovém plameni je jen velmi málo iontů. Obsah iontů však velmi vzrůstá již za přítomnosti stopových množství uhlovodíků.[40,41]

2.7.2 Plynová chromatografie s izolací analytů metodou SPME

Cílem většiny používaných metod přípravy vzorků před analýzou je získání analytu v dostatečném, detekovatelném množství, bez nežádoucích příměsí. Z tohoto důvodu byla vyvinuta technika, která by měla usnadnit přípravu a analýzu vzorku. Technika se nazývá SPME. Mikroextrakce tuhou fází, je sorpčně/desorpční technika extrakce a zakoncentrování analytu. Základním principem techniky je expozice malého množství sorbentu, tj. extrakční stacionární fáze, do vzorku. V případě SPME jsou analyty sorbovány na vlákno, dokud není dosaženo rovnováhy mezi koncentrací analytu na vlákne a koncentrací analytu v roztoku, nebo dokud nejsou zaplněna všechna absorpční místa sorbetu [25].

Mezi hlavní výhody techniky SPME by měla patřit rychlost této metody ve srovnání s klasickými laboratorními technikami extrakce a přípravy vzorku pro analýzu. Snížením počtu operací nutných k přípravě vzorku by také mělo dojít ke zvýšení citlivosti, především tím, že celý proces trvá mnohem kratší dobu a nedochází ke ztrátám, například těkavých analytů, vypařením do ovzduší. Další z výhod techniky SPME by měla být její cena ve srovnání s klasickými technikami. Cena jednotlivých analýz je především dána jejich náročností na laboratorní vybavení. Náročnost na laboratorní vybavení je v případě SPME malá. Nezanedbatelným důvodem pro využití SPME techniky je používání velmi malého množství rozpouštědel. Nadměrné používání rozpouštědel může představovat riziko pro životní i pracovní prostředí [41]



Obr. 7: Schéma práce s SPME vláknem [33]

Při využívání **SPME** se vyskytují tři základní typy extrakce:

- **přímá extrakce** (direct extraction) – vlákno s extrakčním materiálem je vloženo přímo do vzorku a analyt je přímo distribuován ze vzorku do extrakční fáze
- **extrakce nad vzorkem** (headspace mode) – analyt musí překonat vzduchovou bariéru než dosáhne extrakční fáze na vlákne, které je tak tímto způsobem chráněno před vysokomolekulárními a netěkavými rušivými látkami, které se ve vzorku vyskytují, jako jsou humusové materiály a proteiny
- **membránově chráněná extrakce** (membrane protected mode) – kde je extrakční fáze od vzorku oddělena membránou [41].

Pro analýzu aromatických látek potravin je vhodnější metoda **Headspace – SPME**, kdy je vlákno exponováno plynné fázi nad vzorkem v uzavřeném prostoru. Je citlivější, vykazuje vyšší selektivitu a vyšší životnost vlákna. U **Headspace – SPME** je dosažení rovnováhy rychlejší, protože analyty mohou rychleji difundovat do vlákna. Limitujícím krokem je zde přechod analytů ze vzorku do headspace, který může být u větších molekul velmi pomalý. Při desorpci je jehla zavedena do injektoru plynového chromatografu, kde jsou analyty tepelně desorbovány a naneseny na kolonu. Účinnost desorpce závisí na:

- Bodu varu analytu
- Tloušťce polymeru
- Hloubce ponoření vlákna
- Teplotě injektoru
- Době desorpce

U extrémně těkavých látek může dojít k jejich uvolnění z vlákna ještě dřív, než jsou dávkovány do injektoru. Proto je vhodné minimalizovat dobu mezi extrakcí a desorpcí [27,41].

3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 Vybavení senzorické laboratoře

3.1.1 Přístroje a pomůcky

- Lednice
- Nerezové lžíce, plastové kelímky (malé), plastové kelímky (nápojové), nápojová míchátko, podtácky, voda (neutralizační prostředek), tužky

3.1.2 Senzorická laboratoř

Senzorická laboratoř je zařízená podle požadavků normy ČSN ISO 8589 a bude brzy akreditovaná k provádění senzorických zkoušek.

3.2 Senzorická analýza

3.2.1 Vzorky

- Jako vzorky sloužily: bílý jogurt smetanový (obsah tuku 10 %), bílý jogurt střednětučný (obsah tuku 3 %), bílý jogurt Bio (obsah tuku 3 %) a nízkotučný (obsah tuku 0,1 %)
- Všechny jogurty jsou produkty Mlékárny Valašské Meziříčí spol. s r. o.

3.2.2 Podmínky při převozu a podávání vzorků při hodnocení

- K převozu byla používána termotaška zajišťující potřebnou teplotu 4 – 8 °C
- Dále byly jogurty před senzorickou analýzou uchovány v lednici max. po dobu 2 dnů
- Množství vzorku podávaného k analýze bylo dostatečné i pro opakované hodnocení a to asi 15g
- Vzorek byl po přípravě do plastových kelímků vrácen zpět do lednice, aby měl teplotu jako při běžné konzumaci

3.2.3 Označení vzorků

- A - Smetanový
- B – Bio
- C - Nízkotučný
- D - Střednětučný



Obr. 8: Jogurt Bio, střednětučný jogurt a smetanový jogurt z Mlékárny Valašské Meziříčí [42]

3.2.4 Dotazník pro senzoričké hodnocení a hodnotitelé

- Dotazník je uveden v příloze č. 1
- Dotazník obsahuje otázky týkající se vztahu hodnotitelů k bílým jogurtům a preferencí jednotlivých druhů
- Hodnocení se pak skládalo ze stupnicových testů a z pořadových zkoušek
- Hodnotitelé byli vybráni jak z řad zaměstnanců fakulty, tak z řad studentů, kteří byli proškoleni ze základů senzoričké analýzy

3.2.5 Statistické vyhodnocení výsledků

3.2.5.1 Friedmanův test

Tento test se používá při vyhodnocování pořadových zkoušek. Spočívá v tom, že každý z hodnotitelů posuzuje rozdílnost R vzorků prostřednictvím stanoveného pořadí od 1 do R . To znamená, že podle rozpoznané intenzity nebo preference je seřadí a každému vzorku podle pořadí přisoudí jedno z čísel od 1 do R . Data se uspořádají do přehledné tabulky a pro další výpočty budou důležité součty pořadí jednotlivých vzorků.

Testovaná hypotéza H předpokládá, že všechny vzorky pochází ze stejného základního souboru a že mezi vzorky nejsou významné rozdíly ve sledovaném senzoričném znaku. Alternativní hypotéza A toto tvrzení popírá a říká, že mezi vzorky je alespoň jeden, který se odlišuje od jiného nebo jiných. Friedmanův test posoudí, zda případné rozdíly součtů pořadí jsou významné.

Testovým kritériem je veličina

$$FR = \frac{12}{n \cdot R \cdot (R + 1)} \cdot \sum_{i=1}^R T_i^2 - 3 \cdot n \cdot (R + 1) \quad (3.1)$$

- T_i = součet pořadí výrobku, n = počet hodnotitelů

- Pakliže bude FR větší (rovno) než kritické hodnoty $Q_{1-\alpha}(R,n)$ jež jsou tabelovány pro hladinu významnosti $\alpha = 0,05$ pak je testovaná hypotéza zamítnuta

Při zamítnutí testované hypotézy H Friedmanova testu prohlásíme vzorky na dané hladině významnosti α za rozdílné v intenzitě sledovaného sensorického znaku respektive preferencích. K porovnání dvojic vzorků, které se od sebe liší pak slouží **Neményiho** metoda vícenásobného párového porovnávání závislých výběrů. Použitý test je oboustranný, proto nemůžeme stanovit směr rozdílnosti. I tento postup vychází ze součtů pořadí. Rozdíl mezi dvěma vzorky je na hladině $\alpha = 0,05$ významný, pakliže platí:

$$|T_i - T_j| \geq q_{1-\alpha} \cdot (R, n) \quad (3.2)$$

- T_i resp. T_j jsou součty pořadí i-tého resp. j-tého vzorku a $q_{1-\alpha}(R,n)$ je speciální kritická hodnota pro párová porovnávání závislých výběrů, která je tabelována [17]

3.2.5.2 Kruskal-Wallisův test

Tento test je vhodný pro srovnání sensorického znaku u dvou a více výrobků. Používá se u stupnicových metod. Testovaná hypotéza předpokládá, že mezi R výrobky není rozdíl v úrovni sledovaného sensorického znaku. Alternativa potom bude předpokládat, že existuje alespoň jeden výrobek, který se od jiného nebo jiných výrobků liší. Testové kritérium Kruskal-Wallisova testu je

$$Q_{KW} = \frac{12}{n \cdot (n+1)} \cdot \sum_{r=1}^R \frac{T_r^2}{n_r} - 3 \cdot (n+1) \quad (3.3)$$

Pokud je shodných pozorování ve všech výběrech více než 25 %, potom se doporučuje použít korigované testové kritérium:

$$Q_{KW}^* = \frac{Q_{KW}}{1 - \frac{\sum_{k=1}^K (n_k^3 - n_k)}{n^3 - n}} \quad (3.4)$$

- K = počet kategorií (stupňů), R = počet výrobků, T_r = součet pořadí jednotek r-tého výběru, n_r = počet hodnotitelů v r-tém výběru, n_k = je počet pozorování v k-té kategorii, $n = \sum_{r=1}^R n_r$ je celkový počet hodnocení v testu

- Hypotézu zamítneme, pakliže na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ platí

$$Q_{KW}^* \geq \chi_{1-\alpha}^2(R-1) \quad (3.5)$$

- $\chi_{1-\alpha}^2(R-1)$ je $100(1-\alpha)\%$ kvantil Pearsonova rozdělení s $(R-1)$ stupni volnosti

Pro porovnání dvojic, které se od sebe liší slouží opět Neményiho metoda vícenásobného párového porovnávání nezávislých výběrů. Použitý test je oboustranný, proto nemůžeme stanovit směr rozdílnosti. Jestliže je počet hodnotitelů u všech výrobků stejný a platí $n_r \leq 25$, rozdíl mezi i-tým a j-tým výrobkem je na hladině $\alpha = 0,05$ významný, platí li:

$$|T_i - T_j| \geq Q_{1-\alpha}(R, n_r) \quad (3.6)$$

- kde T_i resp. T_j jsou součty pořadí jednotek příslušející i-tému resp. j-tému výrobku a R je počet výrobků zahrnutý v původním Kruskal-Wallisově testu a $Q_{1-\alpha}(R, n_R)$ je tabelovaná kritická hodnota [17]

Vyhodnocení dotazníků bylo provedeno pomocí softwaru STAT K25.

3.3 Vybavení analytické laboratoře

3.3.1 Standardy pro určení AAL technikou SPME – GC

Tabulka 3: Standardy pro SPME

butan-2,3-dion	acetondimetylacetal	heptan-2-ol pro syntézu
heptan-2-on	hexanal	okt-1-en-3-ol
acetoin	heptalaldehyd	n-oktanol
nonan-2-on	benzaldehyd	fenyttanol
undekan-2-on	3-(metylthio)-propionaldehyd	terciální butanol
metylpropylketon	fenylacetaldehyd	n-nonanol
metylisobutylketon	pentan-2-ol pro syntézu	butan-2,3-diol
5-dekanolid	isoamylalkohol pro syntézu	2-oktanol
metylacetát	hexan-1-ol pro syntézu	kapronová kyselina
propylacetát	dekan-1-ol pro syntézu	propionová kyselina
butylacetát	benzylalkohol pro syntézu	isomáselná kyselina
etylkaprinát	metanol	isovalerová
etylacetát	isopropanol	mléčná kyselina
etylbutyrát	propanol	šťavelová kyselina
etylkaprylát	isobutanol	octová kyselina
fenylacetát	butanol	máselná kyselina
acetaldehyd	etanol	kaprylová kyselina
propionaldehyd	sekundární butanol	futural
isovaleraldehyd	nonan-2-ol pro syntézu	n-amylalkohol
kapronaldehyd	aceton	

3.3.2 Plyny

- Dusík
- Syntetický vzduch
- Vodík (v tlakových lahvích od firmy Siad)

3.3.3 Přístroje

- Plynový chromatograf Trace GC 2000 s kapilární kolonou, plamenově ionizačním detektorem s výstupem na PC



Obr. 9: Plynový chromatograf Trace GC 2000

- PC – Intel Pentium (Autocont)
- Vodní lázeň
- Analytické váhy And-GR-202
- Lednice

3.3.4 Pomůcky

- SPME vlákno SPME Supelco Fiber
- Mikropipeta Biohit-Proline (100 – 1000 μ l)
- Vialky objemu 4 ml se šroubovacími uzávěry a septy
- Plastové lžice, špachtle

3.4 Analýza aromaticky aktivních látek v bílých jogurtech technikou SPME – GC

3.4.1 Vzorky

- Jako vzorky sloužily tytéž jogurty, které byly použity pro senzorickou analýzu
- Mikropipetou byly z jogurtu (skladovaného v lednici při 8 °C) odebrány vzorky
- Vzorky o hmotnosti 1 g byly vpraveny do vialek a následně připraveny k analýze jak je uvedeno dále (kap. 3.4.2)

3.4.2 Podmínky izolace těkavých látek technikou SPME

- Temperování vialky se vzorkem po dobu 30 min na vodní lázni při teplotě lázně 35 °C
- Extrakce těkavých látek SPME vláknem na vodní lázni po dobu 20 min při teplotě lázně 35 °C
- Po této době se vlákno z vialky vytáhne a ihned přeneseno do injektoru chromatografu

3.4.3 Podmínky chromatografické analýzy

- Chromatograf Trace GC 2000
- Průtok nosného plynu (dusíku): $0,9 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$
- Detektor FID $200 \text{ }^\circ\text{C}$, průtok vodíku $35 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$, vzduchu $350 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$, make-up N_2 $30 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$
- Dávkování analytu: splitless injection po dobu 5 min
- Teplota injektoru $250 \text{ }^\circ\text{C}$
- Teplotní program: $5 \text{ }^\circ\text{C}$ za 1 min, při počáteční teplotě pece $40 \text{ }^\circ\text{C}$ po dobu 1 min a konečné teplotě $200 \text{ }^\circ\text{C}$ po dobu 7 min, konečné chlazení cca 7 min
- Kapilární kolona DB-WAX s rozměry $30\text{m} \times 0,32 \text{ mm} \times 0,5 \text{ }\mu\text{m}$
- Doba analýzy 40 min

3.4.4 Statistické vyhodnocení výsledků

- Ze tří analýz každého jogurtu byl stanoven aritmetický průměr:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.7)$$

- Dále byla stanovena směrodatná odchylka:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3.8)$$

- Kde n = počet analýz jednotlivých vzorků

4. VÝSLEDKY A DISKUZE

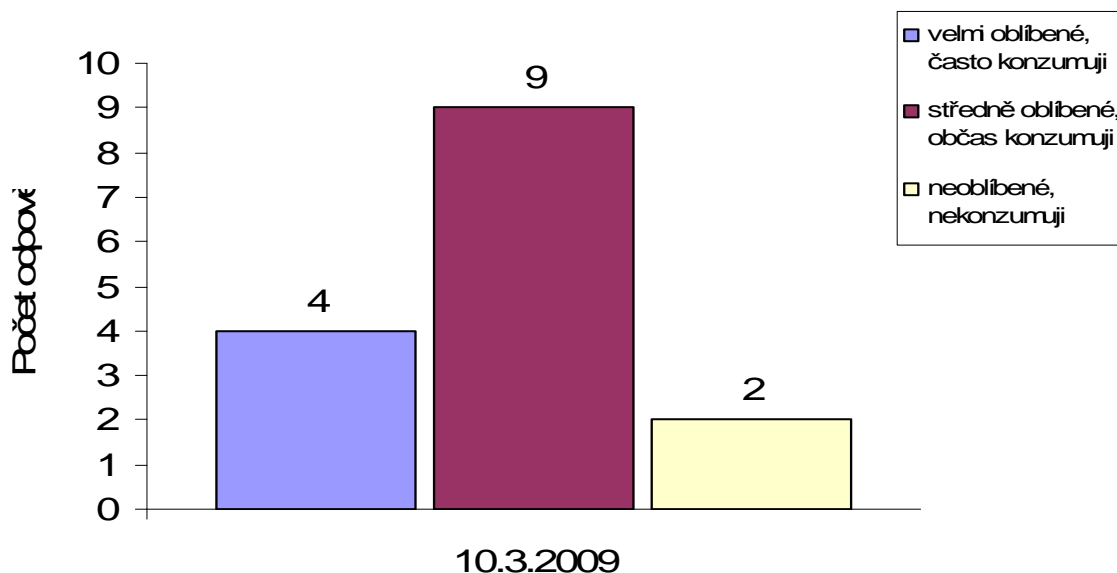
Cílem této diplomové práce je posoudit vliv vybraných aromaticky aktivních látek na chutnost některých typů bílých jogurtů.

Ke stanovení obsahu aromaticky aktivních látek byla použita metoda SPME-GC, chutnost jogurtů byla hodnocena senzoričky pomocí stupnicových metod a pořadového testu (viz dotazník v příloze č. 1).

4.1 Senzorická analýza bílých jogurtů

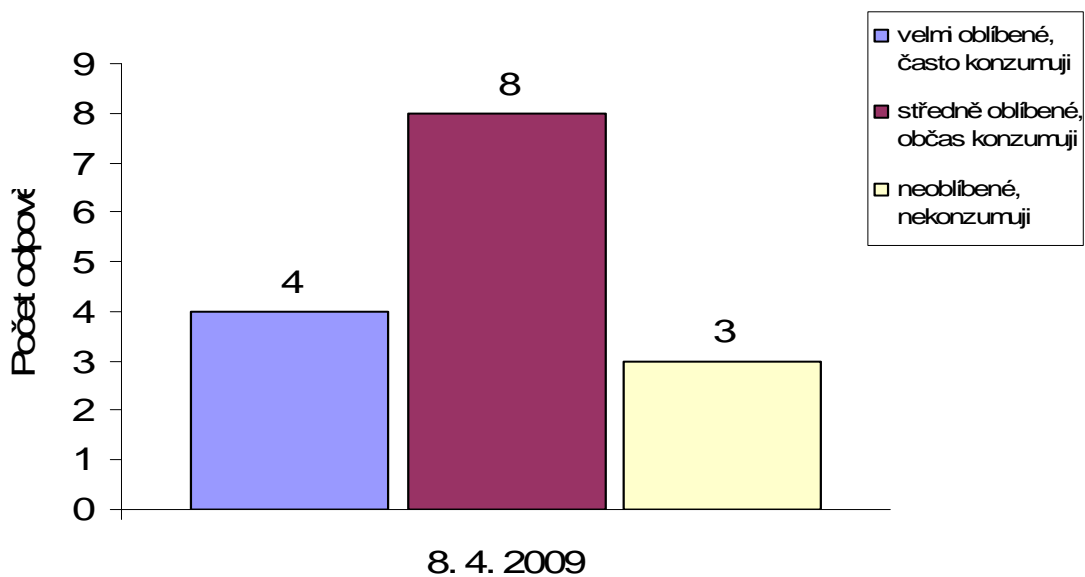
Hodnocení bylo prováděno ve dvou termínech. První hodnocení proběhlo 10. 3. 2009 (č.1) a druhé hodnocení 8.4. 2009 (č.2). Obou hodnocení se zúčastnilo 15 hodnotitelů. Všichni hodnotitelé byli nekuřáci a byli ve výborném zdravotním stavu.

4.1.1 Vyhodnocení častosti konzumace jogurtů a vztah hodnotitelů k nim



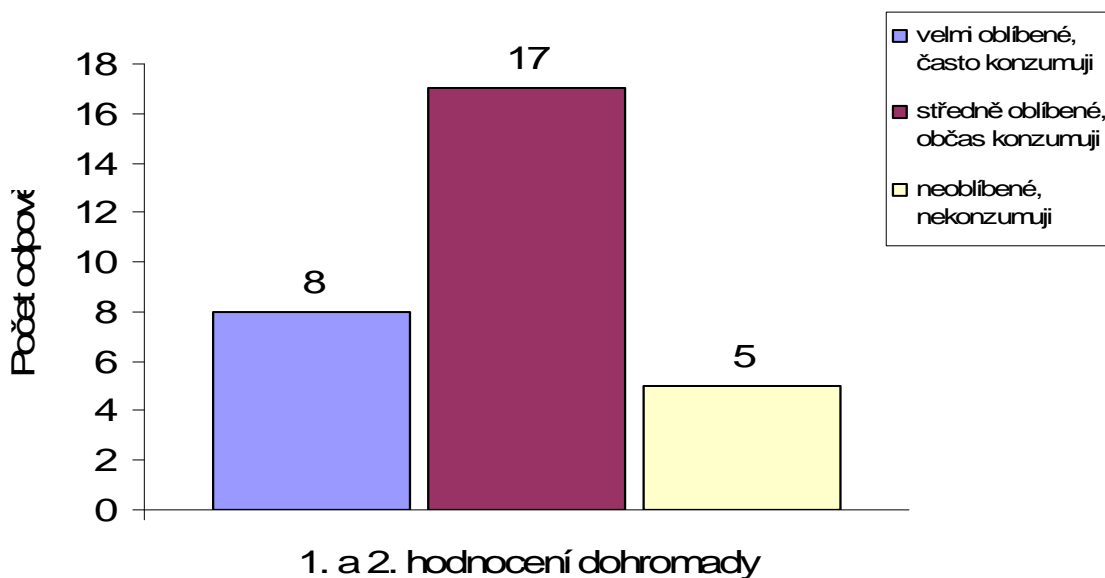
Obr. 10: Obliba bílých jogurtů – hodnocení č.1

Součástí dotazníku byl také dotaz na oblibu a četnost konzumace bílých jogurtů. Odpovědi jsou zpracovány graficky na obr. č. 10 – 12. Z obrázku hodnocení č.1 vyplývá, že 4 hodnotitelé mají bílé jogurty velmi rádi a často je konzumují, 9 z nich je má rádo a občas je konzumuje a 2 hodnotitele bílé jogurty rádi nemají a nekonzumují je vůbec.



Obr. 11: Obliba bílých jogurtů – hodnocení č. 2

Obrázek hodnocení č. 2 ukazuje, že 4 hodnotitelé mají bílé jogurty velmi rádi a často je konzumují, 8 hodnotitelů je má rádo a občas je konzumují a 3 z nich bílé jogurty rádi nemají a nekonzumují je vůbec.



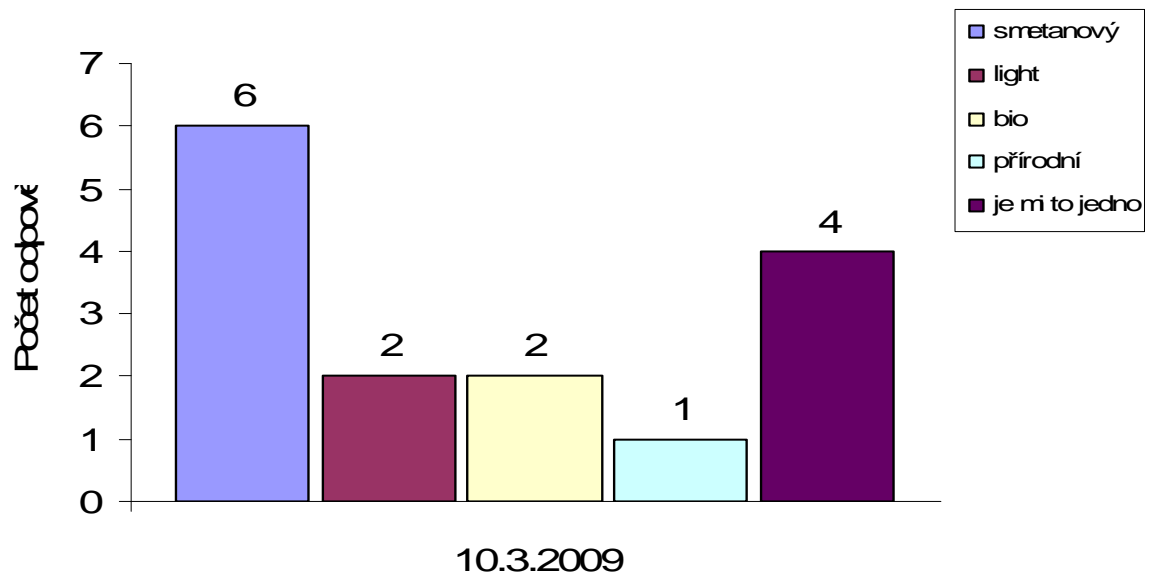
Obr. 12: Obliba bílých jogurtů – souhrnný graf

Během dvou hodnocení v rozmezí jednoho měsíce bylo vyhodnoceno, že z celkového počtu 30 hodnotitelů jich 8 má bílé jogurty velmi rádi a často je konzumují, 17 hodnotitelů je má rádo a občas je konzumuje a 5 hodnotitelů bílé jogurty rádi nemá a nekonzumuje je

vůbec. Z výsledků tohoto hodnocení vyplývá, že jogurty jsou velmi populární a vyhledávanou součástí stravy českých spotřebitelů a je tedy nutné zabývat se jejich senzoryckými vlastnostmi a neustále je zlepšovat.

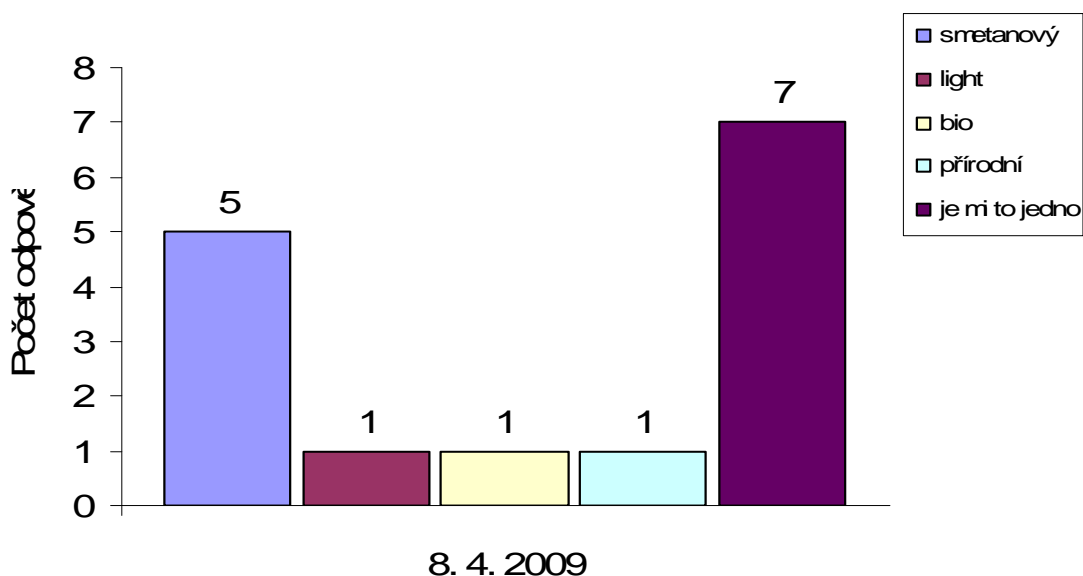
4.1.2 Vyhodnocení preference různých druhů bílých jogurtů u spotřebitelů

Výsledky hodnocení bílých jogurtů z hlediska oblíbenosti jednotlivých druhů jsou zpracovány na obrázcích č. 13 – 15



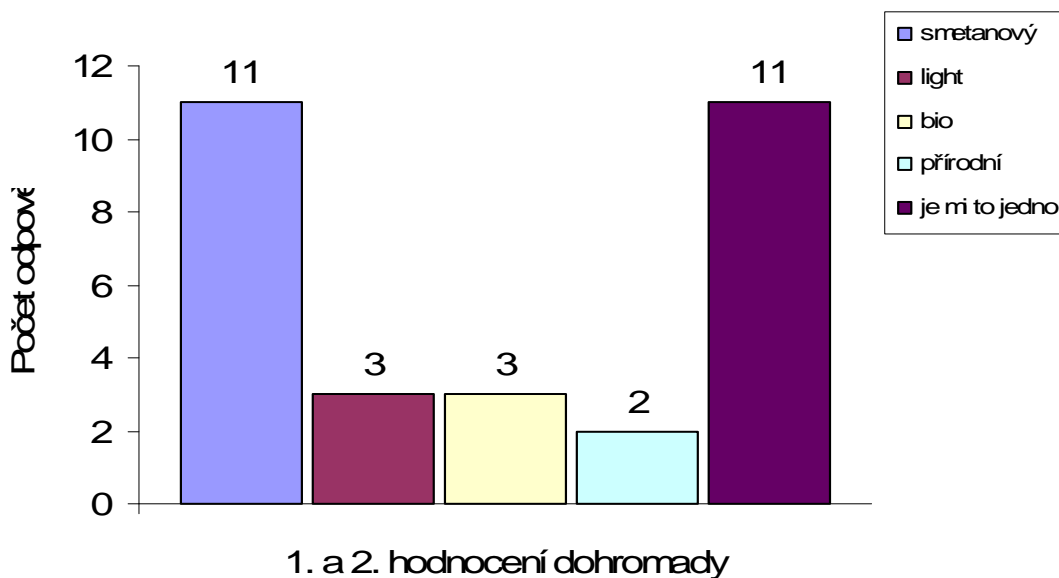
Obr. 13: Preference různých druhů bílých jogurtů – hodnocení č.1

Obrázek hodnocení č. 1 ukazuje, že 6 hodnotitelů dává přednost jogurtům smetanovým, 2 jogurtům light, 2 bio jogurtům, 1 přírodním a 4 hodnotitelům je to jedno.



Obr. 14: Preference různých druhů bílých jogurtů – hodnocení č. 2

Obrázek hodnocení č. 2 ukazuje, že 5 hodnotitelů dává přednost jogurtům smetanovým, 1 jogurtům light, 1 bio jogurtům, 1 přírodním a 7 hodnotitelům je to jedno.



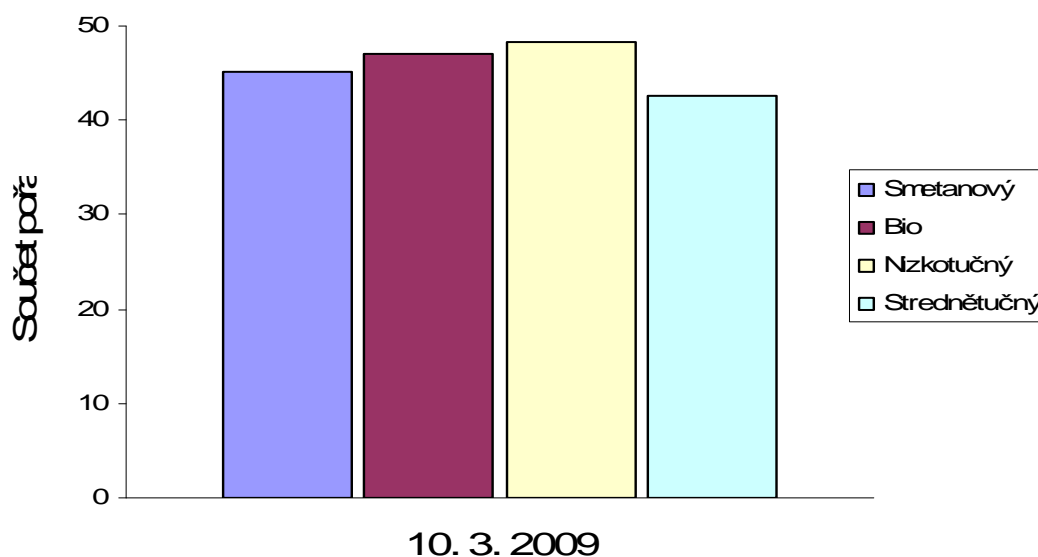
Obr. 15: Preference různých druhů bílých jogurtů – souhrnný graf

Během dvou hodnocení v rozmezí jednoho měsíce bylo vyhodnoceno, že z celkového počtu 30 hodnotitelů jich 11 dává přednost jogurtům smetanovým, 3 jogurtům light, 3 bio jogurtům, 2 jogurtům přírodním a 11 hodnotitelům je to jedno. Ze souhrnného grafu vyplývá, že hodnotitelé, pokud jim to není úplně jedno, dávají přednost nejvíce jogurtům smetanovým.

4.1.3 Vyhodnocení stupnicových metod

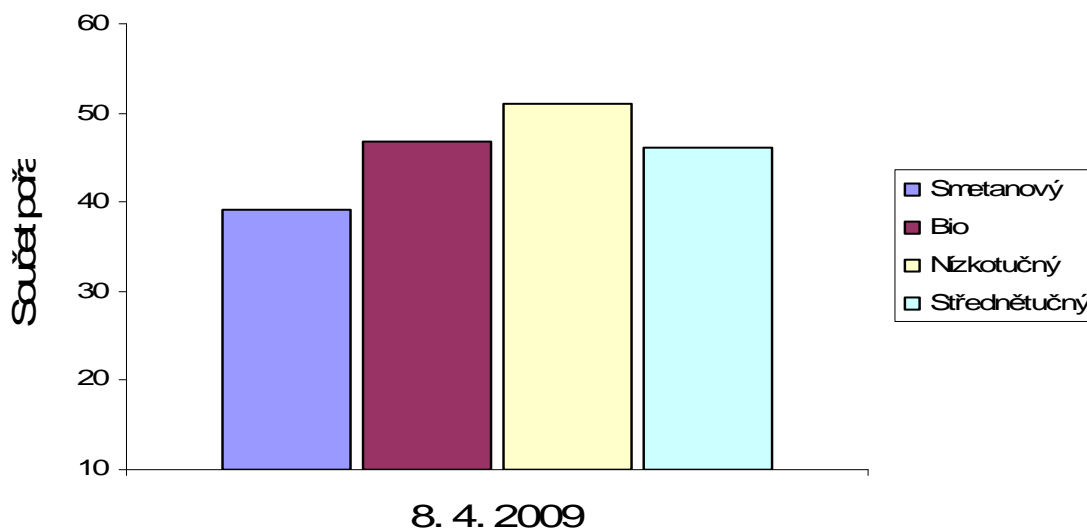
Hodnotitelům byly vždy předloženy 4 vzorky bílých jogurtů (A, B, C a D) a byli vyzváni, aby postupně ohodnotili jejich sensorické vlastnosti (vzhled a barvu, texturu a chuť a vůni) pomocí pětibodové stupnice (1 – vynikající, 2 – velmi dobrý, 3 – dobrý, uspokojivý, 4 – přijatelný, 5 – nepřijatelný).

4.1.3.1 Hodnocení vzhledu a barvy



Obr. 16: Součet pořadí při hodnocení vzhledu a barvy – hodnocení č. 1

Hodnocení č. 1 ukazuje, že z pohledu bodování vzhledu a barvy je relativně nejlepší jogurt střednětučný a nejhorší nízkotučný. Na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ však statistický rozdíl není, neboť testové kritérium Q_{KW} je 0,45 a není větší (rovno) než kvantil Pearsonova rozdělení ($\chi^2_{1-\alpha}(R-1)$) 7,81. V porovnání dvojic nebyl shledán na stejné hladině statistický rozdíl.

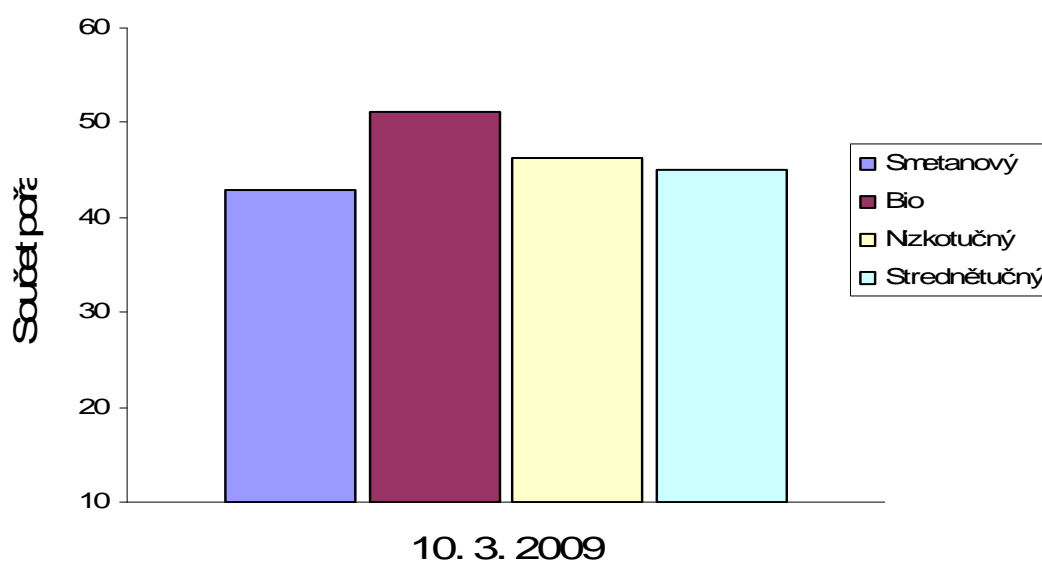


Obr. 17: Součet pořadí při hodnocení vzhledu a barvy – hodnocení č. 2

Hodnocení č. 2 ukazuje, že relativně nejlepší je jogurt smetanový a nejhorší nízkotučný. Na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ však statistický rozdíl není, neboť testové kritérium Q_{KW} je 1,83 a není větší (rovno) než kvantil Pearsonova rozdělení ($\chi^2_{1-\alpha}(R-1)$) 7,81. V porovnání dvojic nebyl shledán na stejné hladině statistický rozdíl.

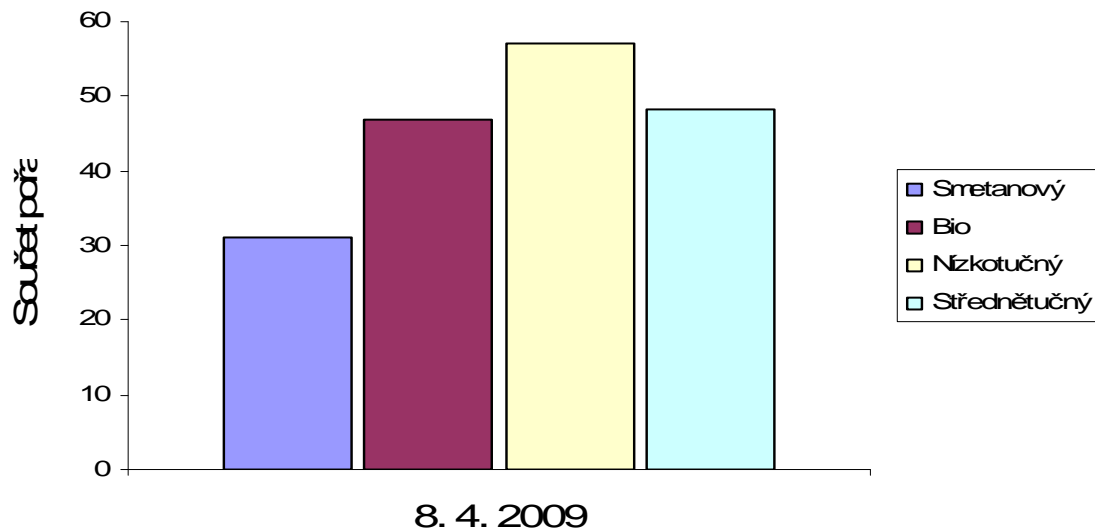
Z výsledku stupnicové metody při hodnocení vzhledu a barvy jogurtů vyplývá, že mezi nimi neexistuje žádný statisticky významný rozdíl. Žádný z jogurtů není významně lepší či horší z hlediska tohoto kritéria.

4.1.3.2 Hodnocení textury



Obr. 18: Součet pořadí při hodnocení textury – hodnocení č. 1

Hodnocení č. 1 ukazuje, že z pohledu bodování textury je relativně nejlepší jogurt smetanový a nejhorší jogurt Bio. Na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ však statistický rozdíl není, neboť testové kritérium Q_{KW} 1,93 není větší (rovno) než kvantil Pearsonova rozdělení ($\chi^2_{1-\alpha}(R-1)$) 7,81. V porovnání dvojic nebyl shledán na stejné hladině statistický rozdíl.

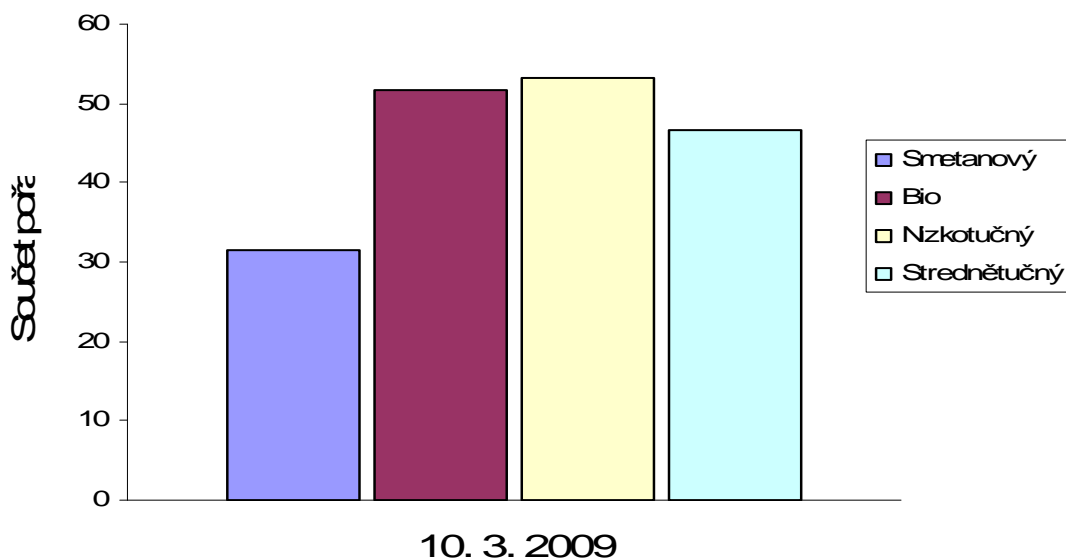


Obr. 19: Součet pořadí při hodnocení textury – hodnocení č. 2

Hodnocení č. 2 ukazuje, že nejlepší jogurt z hlediska textury je smetanový a nejhorší nízkotučný. Na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ je statistický rozdíl, neboť testové kritérium Q_{KW} je 8,85 a je větší než kvantil Pearsonova rozdělení ($\chi^2_{1-\alpha}(R-1)$) 7,81. Mezi dvojicemi je na dané hladině statistický rozdíl mezi smetanovým a nízkotučným jogurtem.

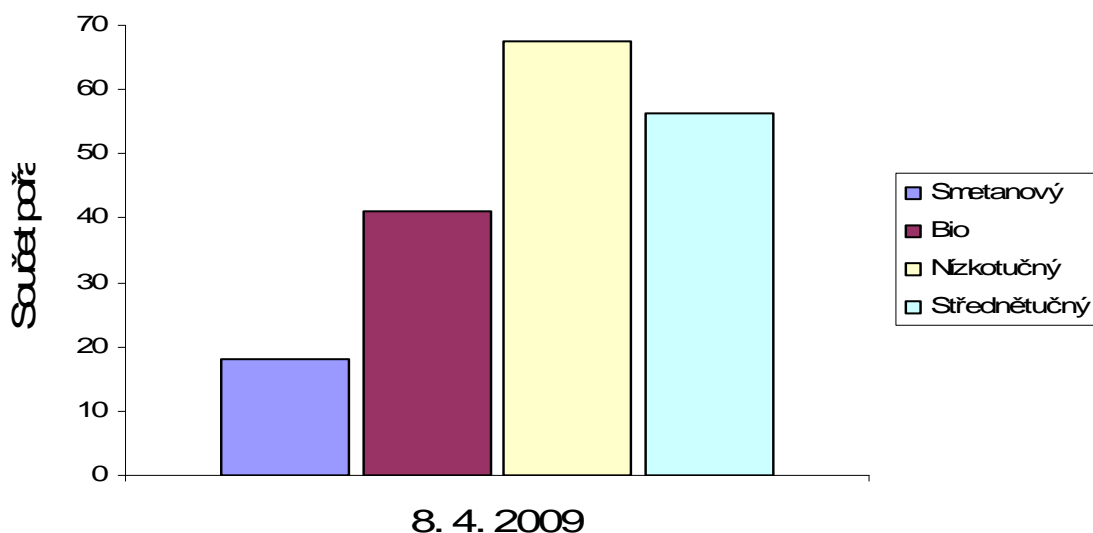
Při vyhodnocení stupnicové metody u hodnocení č. 1 nebyl z hlediska bodování textury na dané hladině shledán rozdíl. Při hodnocení č. 2 byl shledán rozdíl mezi smetanovým a nízkotučným jogurtem. Z tohoto hodnocení lze tvrdit, že smetanový jogurt je z hlediska textury nejlepší. Celkově lze tvrdit, že smetanový jogurt, jenž obsahuje nejvíce tuku, který přispívá ke kvalitní textuře, má nejlepší hodnocení. Naopak jogurt nízkotučný (obsah tuku kolem 0,5 %) vychází z hodnocení jako nejhorší. Střednětučné jogurty jsou hodnoceny podobně.

4.1.3.3 Hodnocení chuti a vůně



Obr. 20: Součet pořadí při hodnocení chuti a vůně – hodnocení č. 1

Hodnocení č. 1 ukazuje, že z pohledu bodování chuti a vůně je relativně nejlepší jogurt smetanový a nejhorší jogurt nízkotučný. Na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ však statistický rozdíl není, neboť testové kritérium Q_{KW} je 7,18 a není větší (rovno) než kvantil Pearsonova rozdělení ($\chi^2_{1-\alpha}(R-1)$) 7,81. V porovnání dvojic nebyl sledován na stejné hladině statistický rozdíl.



Obr. 21: Součet pořadí při hodnocení chuti a vůně – hodnocení č. 2

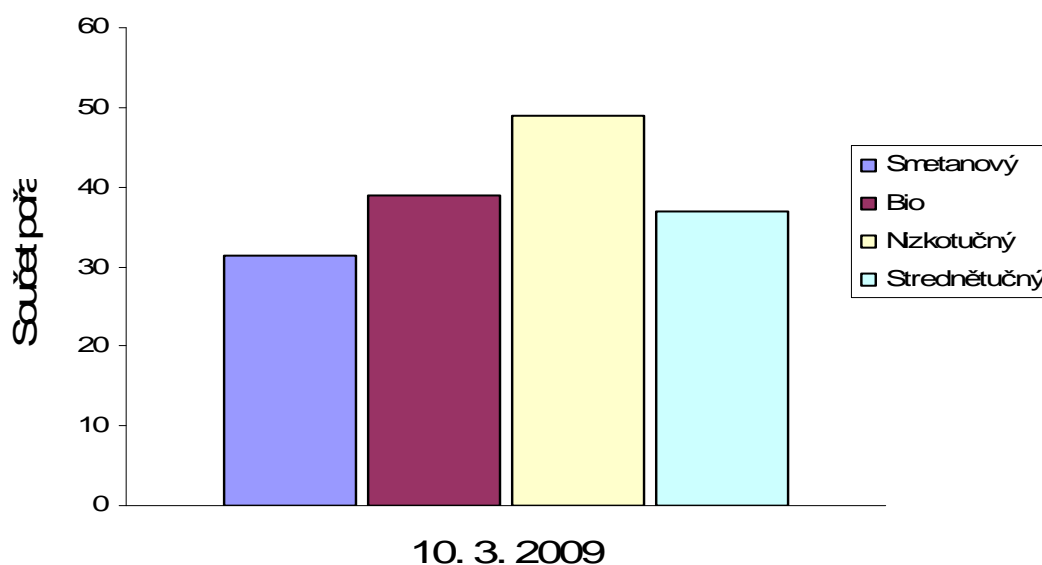
Hodnocení č. 2 ukazuje, že nejlepší jogurt z hlediska chuti a vůně je smetanový a nejhorší nízkotučný. Na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ je statistický rozdíl, neboť testové kritérium Q_{KW} je 33,04 a je větší než kvantil Pearsonova rozdělení ($\chi^2_{1-\alpha}(R-1)$) 7,81. Mezi dvojicemi je

na dané hladině statistický rozdíl mezi Bio a nízkotučným jogurtem, střednětučným a smetanovým jogurtem a mezi smetanovým a nízkotučným jogurtem.

Při vyhodnocení stupnicové metody u hodnocení č. 1 nebyl z hlediska bodování chuti a vůně na dané hladině shledán rozdíl. Při hodnocení č. 2 byl shledán rozdíl mezi smetanovým a nízkotučným jogurtem. Celkově lze říct, že nejlepší chuť a vůni má dle hodnotitelů jogurt smetanový, naopak nejhorší jogurt nízkotučný. Střednětučné jogurty byly hodnoceny opět podobně a dá se říct, že hodnotitelům chutnaly podobně.

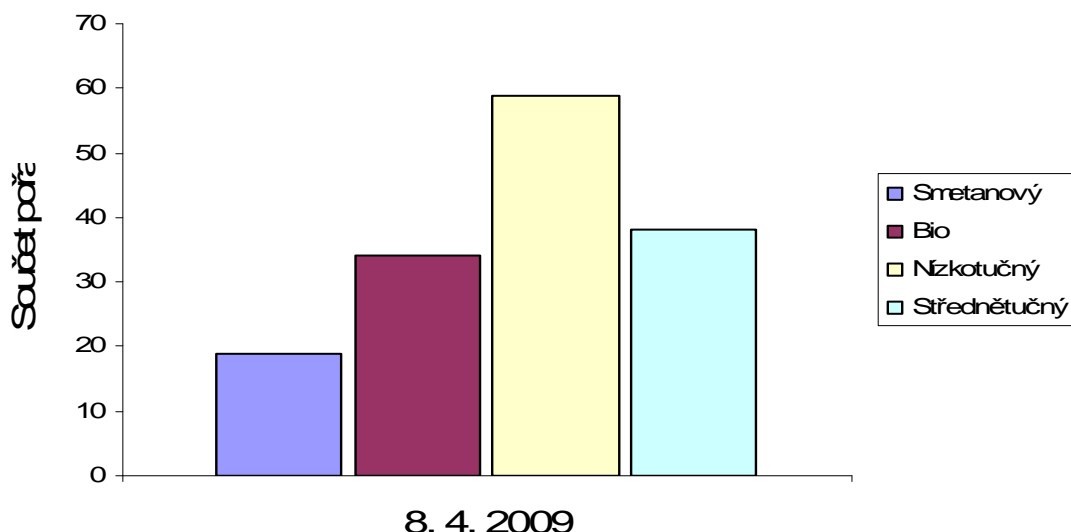
4.1.4 Vyhodnocení pořadové zkoušky

Hodnotitelům byly podány 4 vzorky bílých jogurtů k provedení pořadové zkoušky tzn. k seřazení od nejlepšího po nejhorší (1 – nejlepší, 4 – nejhorší) z hlediska celkového hodnocení.



Obr. 22: Součet pořadí při celkovém hodnocení – hodnocení č. 1

Hodnocení č. 1 ukazuje, že nejlepší jogurt z hlediska celkového dojmu je jogurt smetanový a nejhorší nízkotučný. Mezi vzorky je na hladině $\alpha = 0,05$ statisticky významný rozdíl, neboť $FR = 11,64$ je větší než kritická hodnota $Q_{1-\alpha}(R,n) 7,72$. Při porovnání dvojic na stejné hladině byl nalezen statisticky významný rozdíl mezi smetanovým a nízkotučným jogurtem.



Obr. 23: Součet pořadí při celkovém hodnocení – hodnocení č.2

Hodnocení č. 2 ukazuje, že nejlepší jogurt z hlediska celkového dojmu je jogurt smetanový a nejhorší nízkotučný. Mezi vzorky je na hladině $\alpha = 0,05$ statisticky významný rozdíl, neboť $FR = 32,68$ je větší než kritická hodnota $Q_{1-\alpha}(R,n) 7,72$. Při porovnání dvojic na stejné hladině byl nalezen statisticky významný rozdíl mezi Bio a nízkotučným jogurtem, střednětučným a nízkotučným jogurtem, smetanovým a nízkotučným jogurtem a mezi střednětučným a smetanovým jogurtem.

Z vyhodnocení pořadové zkoušky vyplývá, že jako nejlepší z hlediska celkového dojmu byl mezi hodnotiteli zvolen jogurt smetanový a nejhorší jogurt nízkotučný. Jogurty střednětučné, které mají stejný obsah tuku, byly hodnoceny velmi podobně. Jogurt Bio nijak významně nepředčil jogurt střednětučný se stejným obsahem tuku.

4.2 Stanovení aromatických látek v bílých jogurtech pomocí standardů

Standardní roztoky byly podrobeny analýze technikou GC-SPME a s pomocí retenčních časů těchto standardů a ploch jejich píků byly určeny aromatické látky vyskytující se v analyzovaných ovocných jogurtech, a to jak jejich kvalitativní zastoupení tak jejich množství jež se vypočítá ze vztahu:

$$c = \frac{c_s \cdot P}{P_s} \quad (4.1)$$

- Kde c , P jsou koncentrace a plocha píku aromatické látky a c_s a P_s jsou koncentrace a plocha píku standardu
- $c = \mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1} \approx \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ jogurtu

Byla hodnocena jedna série vzorků jogurtů, hodnocení (únor 2009). Zjištěný obsah aromatických látek v jednotlivých typech jogurtů je uveden v tabulce 4. Chromatogramy aromatických látek identifikovaných v různých typech jogurtů jsou uvedeny v přílohách 2 – 5.

4.2.1 Standardy aromatických látek a jejich retenční časy

Standardy byly analyzovány v předchozí diplomové práci [43], jejich retenční časy a koncentrace jsou uvedeny v tabulce č. 4.

Tabulka 4: Standardy aromatických látek, jejich retenční časy a koncentrace

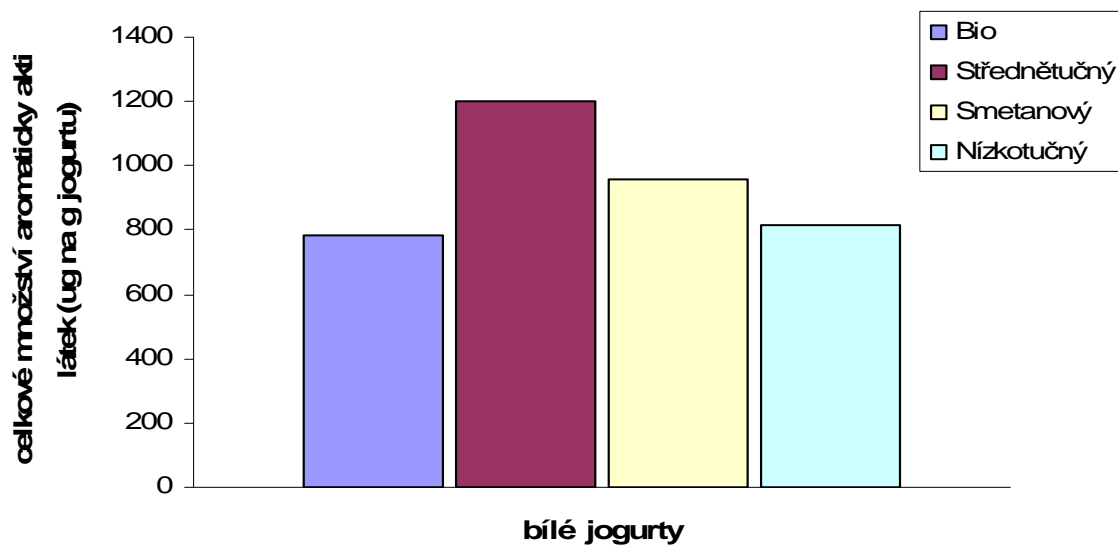
Sloučenina	Retenční čas (min)	Koncentrace ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)
acetaldehyd	3,802	20
aceton	4,755	100
etylacetát	5,610	50
terciální butanol	5,880	500
etanol	6,492	300
butan-2,3-dion	7,205	50
propanol	8,637	300
isobutanol	9,965	500
heptaldehyd	12,122	10
isoamylalkohol	12,948	100
n-amylalkohol	13,992	20
acetoin	15,258	1000
hexan-1-ol	16,635	10
nonan-2-on	17,568	0,5
octová kys.	18,993	1000
propionová kyselina	21,147	100
n-oktanol	21,627	1
isomáselná kyselina	21,813	100
máselná kys.	23,243	100
etylkaprinát	23,432	1
fenylacetaldehyd	23,972	10
isovalerová kyselina	24,178	50
dekan-1-ol	26,282	1
mléčná kys.	27,988	100
kaprylová kys.	32,217	40

4.2.2 Identifikace a kvantifikace aromatických látek v bílých jogurtech

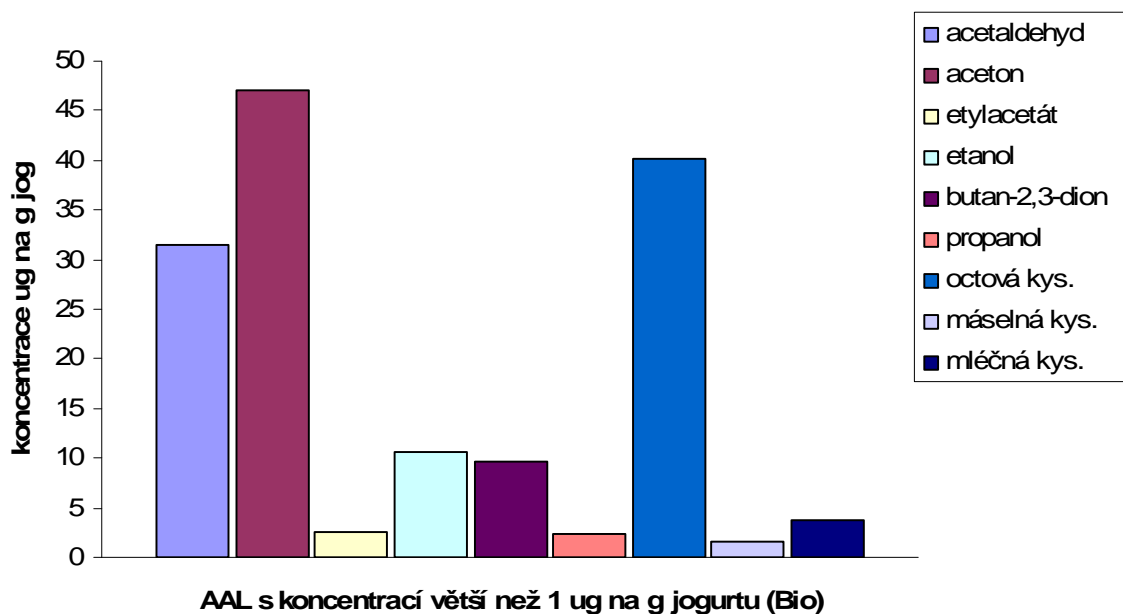
Tabulka 5: Aromatické látky v bílých jogurtech v $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ jogurtu

Sloučenina	Bio	Střednětučný	Smetanový	Nízkotučný
acetaldehyd	31,57 ± 2,81	12,51 ± 2,05	37,27 ± 1,98	5,52 ± 1,56
aceton	47,11 ± 3,56	14,37 ± 1,67	12,64 ± 2,87	6,72 ± 0,81
etylacetát	2,55 ± 0,19	2,42 ± 0,54	1,51 ± 0,11	6,38 ± 1,96
terciální butanol	-	-	-	30,31 ± 1,99
etanol	10,66 ± 1,66	11,92 ± 1,32	9,81 ± 0,96	130,81 ± 7,9
butan-2,3-dion	9,59 ± 0,35	9,05 ± 0,76	17,49 ± 1,52	3,97 ± 0,81
propanol	2,28 ± 0,23	-	4,71 ± 0,75	0,74 ± 0,02
isobutanol	-	-	-	1,57 ± 0,08
heptaldehyd	-	-	0,02 ± 0,00	0,01 ± 0,00
isoamylalkohol	-	-	-	6,56 ± 1,22
n-amylalkohol	0,03 ± 0,01	0,04 ±	0,08 ±	0,08 ± 0,00
acetoin	632,73 ± 16,18	1096,26 ± 15,71	836,33 ± 38,99	574,75 ± 24,48
hexan-1-ol	0,07 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,01 ± 0,00
nonan-2-on	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00
octová kys.	40,23 ± 5,33	38,15 ± 4,06	32,44 ± 6,87	37,89 ± 4,42
propionová kys.	-	1,18 ± 0,03	-	0,88 ± 0,01
n-oktanol	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	-
isomáselná kys.	-	-	-	0,66 ± 0,01
máselná kys.	1,51 ± 0,11	3,57 ± 0,28	1,96 ± 0,02	2,25 ± 0,07
etylkaprinát	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00
fenylacetaldehyd	0,02 ± 0,00	-	-	-
isovalerová kys.	-	-	-	0,32 ± 0,02
dekan-1-ol	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00
mléčná kys.	3,69 ± 0,29	9,04 ± 0,45	4,01 ± 0,19	6,25 ± 0,38
kaprylová kys.	0,34 ± 0,03	0,34 ± 0,04	-	0,23 ± 0,01

4.2.3 Porovnání obsahu aromatických látek v různých typech ovocných jogurtů

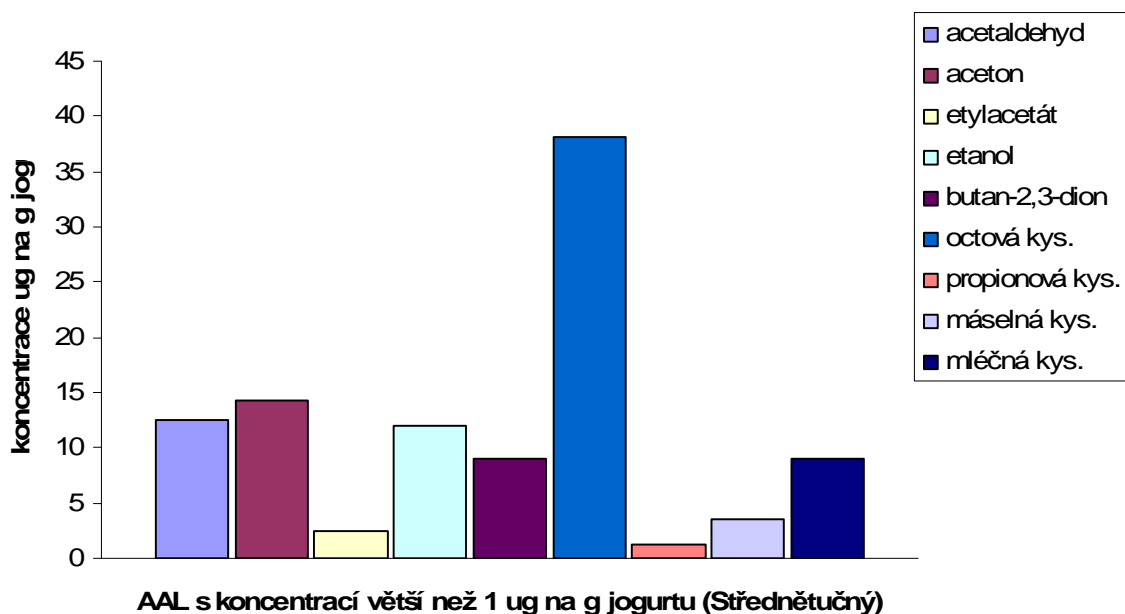


Obr. 24: Celková koncentrace AAL v bílých jogurtech



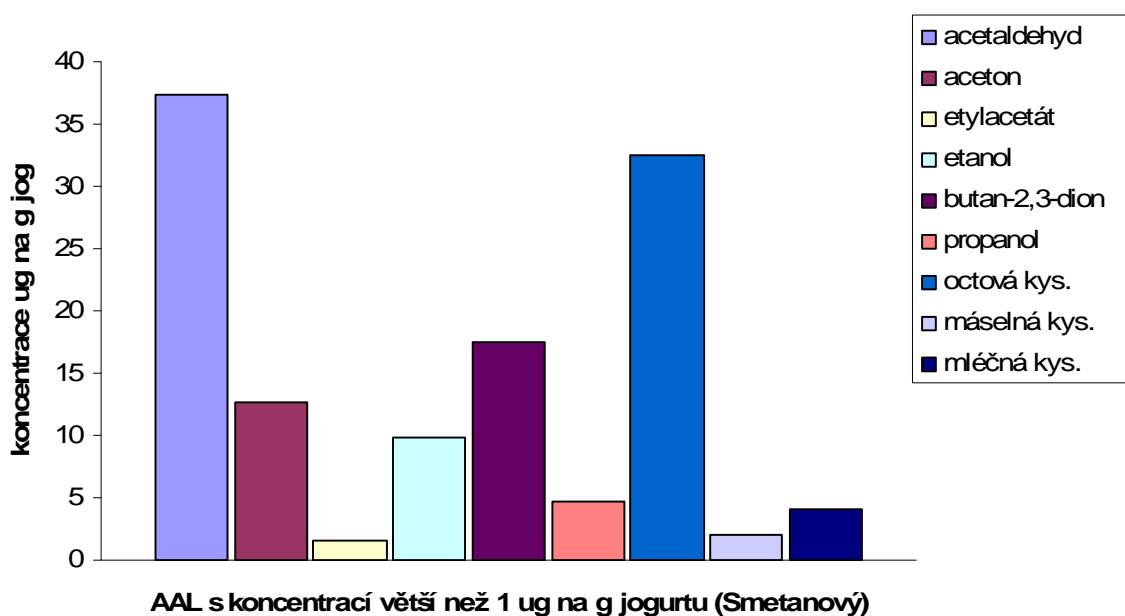
Obr. 25: Koncentrace aromatických látek v jogurtu Bio

Acetoin měl příliš vysokou koncentraci ($632,73 \pm 16,18 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ jogurtu), a tak v grafu není uveden.



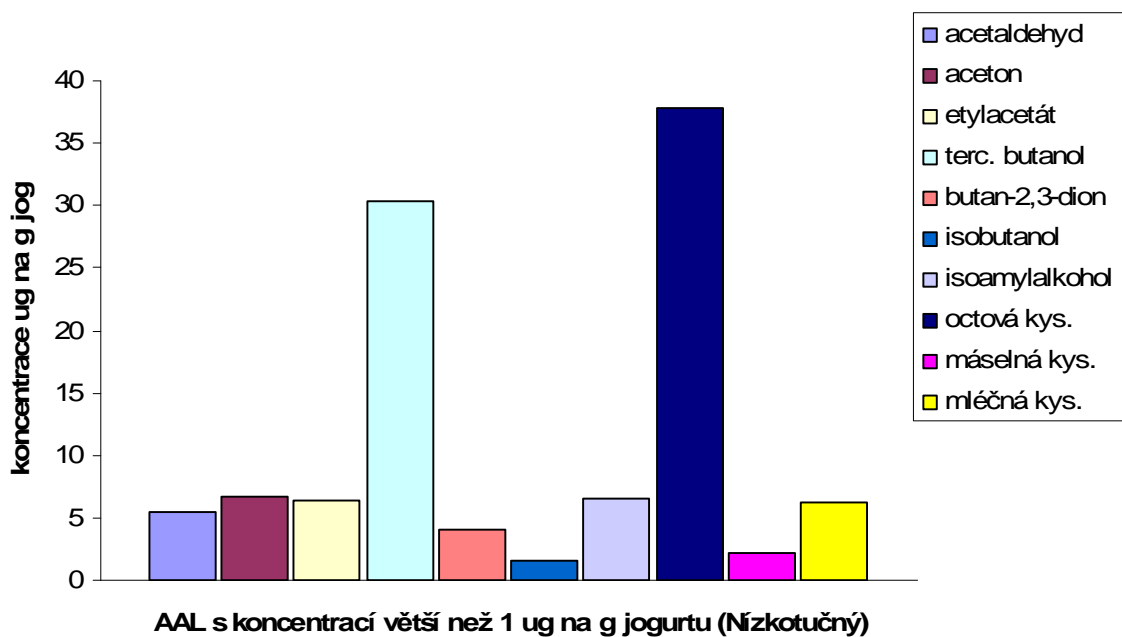
Obr. 26: Koncentrace aromatických látek v střednětučném jogurtu

Acetoin měl opět příliš vysokou koncentraci ($1096,26 \pm 15,71 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ jogurtu), a tak v grafu není uveden.



Obr. 27: Koncentrace aromatických látek ve smetanovém jogurtu

Acetoin měl opět příliš vysokou koncentraci ($836,33 \pm 38,99 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ jogurtu), a tak není v grafu uveden.



Obr. 28: Koncentrace aromatických látek v nízkotučném jogurtu

Koncentrace acetonu ($574,75 \pm 24,48 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ jogurtu) a etanolu ($130,81 \pm 7,9 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ jogurtu) byly příliš vysoké, a tak nejsou v grafu uvedeny.

Z analýzy vyplývá, že tyto čtyři druhy bílých jogurtů se celkově nijak výrazně od sebe neliší v zastoupení aromatických látek, jejich množství se však u jednotlivých jogurtů liší. Každý vzorek byl analyzován třikrát a z aritmetického průměru těchto hodnot byla vypočtena směrodatná odchylka. Ve všech jogurtech byly identifikovány sloučeniny, které jsou typické pro aroma jogurtů, jako acetaldehyd, aceton, etylacetát, etanol, butan-2,3-dion, aceton, octová, máselná a mléčná kyselina o různých koncentracích. V jogurtech Bio a smetanovém byl identifikován navíc propanol, ve střednětučném jogurtu propionová kyselina a v nízkotučném jogurtu terciární butanol, isobutanol a isoamylalkohol. Nejvyšší celkový obsah aromatických látek měl jogurt střednětučný.

5. ZÁVĚR

Tato diplomová práce se zabývá problematikou aromaticky aktivních látek v bílých jogurtech vyráběných Mlékárnou Valašské Meziříčí spol. s r. o. Cílem diplomové práce bylo pomocí metody SPME - GC identifikovat a kvantifikovat aromaticky aktivní látky v bílých jogurtech a zároveň sensorickým hodnocením posoudit vliv těchto látek na celkovou chutnost jogurtů. Při sensorické analýze byl hodnocen také vzhled, barva a textura jogurtů. Analyzovány byly čtyři typy jogurtů, smetanový (10 % tuku), střednětučný a střednětučný Bio (3 % tuku) a nízkotučný (obsah tuku 0,1 %).

V teoretické části práce je stručně popsáno chemické složení a technologie fermentovaných mléčných výrobků. Organoleptické vlastnosti jogurtů závisí především na kvalitě vstupních surovin a správném nastavení technologických procesů ve výrobě. Kritickým procesem, při kterém dochází ke vzniku a vývoji charakteristické chuti a vůně jogurtů, je zrání. Při zrání dochází rovněž k tvorbě typické gelovité textury. Konečná chuť a vůně jogurtů je výsledkem metabolismu bakterií mléčného kvašení (jogurtové kultury), které jsou schopné přeměnit základní složky mléka (laktosa, bílkoviny, tuk) na aromaticky aktivní látky. Množství a druh vzniklých AAL závisí jednak na typu použité jogurtové kultury a také pak na kvalitě a složení mléka použitého k výrobě jogurtů

Při posuzování jogurtů spotřebitelem jsou nejdůležitější jejich organoleptické vlastnosti. Barva by měla být jednotná, mléčně bílá, příjemná, typická, atraktivní. Textura by nejlépe měla být homogenní, hladká, tuhá, o velmi vysoké viskozitě a pevnosti gelu s plným pocitem v ústech. Chuť a vůně by měla být zase harmonická, vyrovnaná, sladká a kyselá se doplňují, čerstvá, smetanová.

Senzorické hodnocení probíhalo ve dvou termínech a to 10. 3. 2009 a 8. 4. 2009. Pro hodnocení obou řad bílých jogurtů byli jako hodnotitelé použiti studenti především 5. ročníku chemické fakulty a zaměstnanci školy, kteří byli proškoleni ze základů sensorické analýzy. Jejich hodnocení lze považovat za adekvátní hodnocení běžných spotřebitelů o což v této sensorické analýze šlo. Hodnocení provádělo vždy 15 hodnotitelů a k dispozici byla zatím ještě neakreditovaná sensorická laboratoř s veškerým potřebným vybavením a postačující pro potřeby tohoto sensorického hodnocení. Z vyhodnocení dotazníků vyplývá, že hodnotitelé bílé jogurty obvykle konzumují a když si mají vybrat, dávají přednost jogurtům smetanovým, které jsou známy svými lepšími organoleptickými vlastnostmi. Hodnocení bylo provedeno s použitím metod sensorické analýzy. Nejprve pomocí metody stupnicové měli hodnotitelé seřadit jogurty sestupně od nejhoršího po nejlepší z hlediska vzhledu a barvy, textury a chutě a vůně. Z hlediska vzhledu a barvy nebyl shledán významný rozdíl mezi jednotlivými typy jogurtů. Toto kritérium bylo většinou hodnoceno výborně, což svědčí o vysoké kvalitě hodnocených jogurtů. Z hodnocení textury vyšel nejlépe v obou termínech jogurt smetanový, který obsahuje nejvíce tuku. Naopak nízkotučný jogurt a jogurt Bio byly hodnoceny nejhůře. Při hodnocení chuti a vůně byl opět nejlepší u obou hodnocení jogurt smetanový. Naopak jogurt nízkotučný chutnal hodnotitelům nejméně. K celkovému hodnocení bílých jogurtů byla použita pořadová metoda. Celkově jako nejlepší byl vyhodnocen jogurt s nejvyšším obsahem tuku a to smetanový, který z hlediska sensorického profilu neměl konkurenci. Naopak celkově nejhorší byl dle názoru hodnotitelů jogurt s nejnižším obsahem tuku – jogurt nízkotučný. Oba jogurty střednětučné byly hodnoceny podobně. Bio jogurt ničím nějak zvlášť nepřevyšoval jogurt o stejné tučnosti, který nebyl v bio kvalitě.

Identifikace a kvantifikace aromaticky aktivních látek v různých typech bílých jogurtů byla provedena s využitím separační analytické metody – plynové chromatografie s extrakcí vzorku technikou SPME (solid phase microextraction) – mikroextrakce na tuhé fázi. Identifikace AAL byla provedena srovnáním retenčních časů standardů a vzorků jogurtů. Ve

vzorcích jogurtů bylo metodou SPME – GC stanoveno celkem 25 různých organických sloučenin patřících do pěti skupin: alkoholy, aldehydy, ketony, organické kyseliny a jejich estery. Ve všech typech jogurtů se podařilo identifikovat a kvantifikovat nejdůležitější aromatické látky, které se podílejí na typickém aroma jogurtu, a to acetaldehyd, aceton, etylacetát, butan-2,3-dion, etanol, acetoin, octová, máselná a mléčná kyselina. Z dalších AAL, přítomných v jogurtech ve vyšší koncentraci než 1 µg na g jogurtu, byly identifikovány: v jogurtech Bio a smetanovém propanol, ve střednětučném jogurtu propionová kyselina a v nízkotučném jogurtu terciární butanol, isobutanol a isoamylalkohol. Nejvyšší celkový obsah aromatických látek měl jogurt střednětučný. Další stanovené aromatické látky byly obsaženy ve velmi nízkých koncentracích a tudíž jejich podíl na výsledném aroma je zanedbatelný. Z analýzy vyplývá, že tyto čtyři druhy bílých jogurtů se celkově nijak zvlášť od sebe neliší v zastoupení aromatických látek. Liší se však jejich množstvím v jednotlivých druzích, což je způsobeno jednak jejich rozdílnou tučností (při zrání právě přeměnou tuku vznikají AAL) a také použitím různých jogurtových kultur. Při výrobě nízkotučného jogurtu se používá, z důvodu kompenzace nízkého obsahu tuku, odlišná zákysová kultura než při výrobě zbylých třech typů jogurtů. Při výrobě jogurtu Bio se používá mléko z ekofaremu jehož složení může být odlišné, než složení mléka standardního. To vše přispívá k odlišnému profilu a množství aromatických látek v různých typech jogurtů.

6. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Hylmar, B.: *Zvyšování nutričních a dietetických vlastností mléka bakteriemi mléčného kvašení*. Praha: Středisko technických informací potravinářského průmyslu Výzkumného ústavu potravinářského průmyslu, 1985
2. Forman, L., a kol.: *Mlékárenská technologie II*. Praha: VŠCHT, 1996. ISBN 80-7080-250-2
3. Drbohlav, J., Vodičková, M.: *Tabulky látkového složení mléka a mléčných výrobků*. Praha: ÚZPI, 2001. ISBN 80-7271-005-2
4. Hylmar, B.: *Výroba kysaných mléčných výrobků*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1986
5. Výroční zpráva Mlékárny Valašské Meziříčí spol., s r., o. (CZ): Mlékárna Valašské Meziříčí, 2008
6. Čepička, J., a kol.: *Obecná potravinářská technologie*. Praha: VŠCHT, 1995. ISBN 80-7080-239-1
7. Lukášová, J.: *Hygiena a technologie produkce mléka*. Brno: VFU, 1999. ISBN 80-85114-53-4
8. Březina, P., Komár, A., Hrabě, J.: *Technologie, zbožíznalství a hygiena potravin, část II*. Vyškov: Vysoká škola pozemního vojska, 2001. ISBN 80-7231-079-8
9. Čajkovskij, A. S.: *Chemie a fyzika mléka a mléčných výrobků*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1953
10. Loupancová, B.: *Vývoj těkavých aromatických látek v průběhu zrání sýrů s modrou plísní v těstě*. Diplomová práce. Brno: VUT, Fakulta chemická, 2004
11. Teplý, M., a kol.: *Čisté mlékařské kultury*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1984
12. Kněz, V., Mašek, J., Maxa, V., Teplý, M., Vedlich, M.: *Čisté mlékařské kultury a jejich použití v mlékárenském průmyslu*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1956
13. Hylmar, B., Havlová, J., Erban, V.: *Koncentráty čistých mlékařských kultur*. Praha: Středisko technických informací potravinářského průmyslu Výzkumného ústavu potravinářského průmyslu, 1989
14. Yo-Flex EN Technical Brochure. Hørsholm (DEN): Chr. Hansen, 2006.
15. Roginski, H.: *Encyklopedia of Dairy science*. London: Academic press, 2003. ISBN 0-12-227235-8
16. Vodrážka, Z.: *Biochemie*. 2. vydání. Praha: Academia, 1999. ISBN 80-200-0600-1
17. Velíšek, J.: *Chemie potravin II*. 2. vyd. Tábor: Osis, 2002. ISBN 80-86-65-5901-1
18. Haláková, H., Rumíšková, M., Rieglová, J.: *Analýza potravin*. 2. vyd. Újezd u Brna: RNDr. Ivan Straka, vydavatel odborných publikací, 2001. ISBN 80-86494-02-0
19. Chalupová, A.: *Vliv teploty a doby skladování na obsah aromatických látek ve sterilovaných tavených sýrech*. Diplomová práce. Brno: VUT, Fakulta chemická, 2007
20. Vítová, E.: *Hodnocení tvorby těkavých senzoryicky účinných látek mikrobiálních metabolitů a jejich charakterizace*. Disertační práce. Brno: VUT, Fakulta chemická, 2003
21. Forman, L., Strmiska, J.: *Mlékárenství II*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1984

22. Beshkova, D., Simova, E. Frengova, G., Simov, Z.: Production of flavour compounds by yogurt starter cultures. *Journal of industrial microbiology and biotechnology*, 1998, vol. 20, pp. 180-186
22. Mei, J., B., Reineccius, G., A., Knighton, W., B., Grimsrud, E., P.: Influence of strawberry yogurt composition on aroma release. *Journal of agricultural and chemistry*, 2004, vol. 52, pp. 6267 – 6270
23. Lubbers, S., Decourcelle, N., Vallet, N., Guichard, E.: Flavor release and rheology behavior of strawberry fatfree stirred yogurt during storage. *Journal of agricultural and chemistry*, 2004, vol. 52, pp. 3077 - 3082
24. Gardini, F., Lanciotti, R., Guerzoni, M., Torriani, S.: Evaluation of aroma production and survive of *St. Thermophilus*, *L. bulgaricus* and *L. acidophilus* in fermented milks. *International dairy journal*, 1999, vol. 9, pp. 125-134
25. Ligor, M., Jarmalaviciene, R., Szumski, M., Maruška, A., Nuszewski, B.: Determination of volatile and non-volatile products of milk fermentation processes using CZE and SPME-GC. *Journal of separation science*, 2008, vol. 31, pp. 2707-2713
26. Davídek, J., Janíček, G., Pokorný, J.: *Chemie potravin*. 1.vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1983
27. Condurso, C., Venera, A., Romeo, V., Ziino, M., Conte, F.: SPME and GC-MS analysis of dairy product volatiles for the determination of shelf life. *International dairy journal*, 2008, vol. 18, pp. 819-825
28. Ott, A., Hugi, A., Baumgartner, M., Chaintreau, A.: Sensory investigation of yogurt flavor perception: Mutual influence of volatiles and acidity. *Journal of agricultural and chemistry*, 2000, vol. 48, pp. 441 – 450
29. Imhof, R., Glatli, H., Bosset, J.: Volatile organic compounds produced by thermophilic and mesophilic single strain dairy starter cultures. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 1995, vol. 28, pp. 78-86
30. Vinderola, C., G., Costa G., A., Regenhardt, S., Reinheimer J., A.: Influence of compounds associated with fermented dairy products on the growth of lactic acid starter and probiotic bacteria. *International dairy journal*, 2002, vol. 12, pp. 579-589
31. Xanthopoulos V., Picque D., Bassit N., Boquien CY., Corrieu G.: Methods for the determination of aroma compounds in dairy products – a comparative study. *Journal of Dairy Research*, 1994, vol. 61, no. 2, pp. 289-297
32. Teplý, M., Sokolov, A., A., Mayer, A.: *Technologie mléčných výrobků*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1981
33. Malina, L.: *Vliv aromaticky aktivních látek na chutnost ovocných jogurtů*. Diplomová práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2008
34. Pokorný J., Valentová H., Pudil F.: *Senzorická analýza potravin (Laboratorní cvičení)*. Praha: vydavatelství VŠCHT, 1997. ISBN 80-7080-278-2
35. Ingr I., Pokorný J., Valentová H.: *Senzorická analýza potravin*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 1997.
36. Neumann R., Molnár P., Arnold S.: *Senzorické skúmanie potravin*. Bratislava: Alfa vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, 1990. ISBN 80-05-00612-8
37. Kailasapathy, K.: Survival of free and encapsulated probiotic bacteria and their effect on sensory properties of yoghurt. *LWT-Food science and technology journal*, 2006, vol. 39, pp. 1221-1227

38. Hrabě J., Kříž O., Buňka F.: *Statistické metody v senzorické analýze potravin*. Vysoká vojenská škola pozemního vojska ve Vyškově, 2001. ISBN 80-7231-086-0
39. Pokorný J.: *Metody senzorické analýzy potravin a stanovení senzorické jakosti*. Praha: Ústav zemědělské a potravinářské inspekce, 1997. ISBN 80-85120-60-7
40. Churáček J.: *Analytická separace látek*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1990. ISBN 80-03-00569-8
41. Pawliszyn J.: *Solid phase Microextraction: theory and practice*. New York: Willey-VCH, 1997. ISBN 0-471-19034-9
42. Internetové stránky Mlékárny Valašské Meziříčí spol. s r.o. Dostupné z: <http://www.mlekarna-valmez.cz/produkty.php>
43. Urbanová A.: *Vliv technologie výroby na vznik aromatických látek sýrů eidamského typu*. Diplomová práce. Brno: VUT, Fakulta Chemická, 2009

7. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

SPME	Mikroextrakce tuhou fází
LDL	Nízkohustotní lipoprotein
HDL	Vysokohustotní lipoprotein
TAG	Triacylglyceroly
MK	Mastné kyseliny
AAL	Aromaticky aktivní látky
GC	Gas chromatography; plynová chromatografie
UHT	Ultra high temperature; ultravysoká teplota
TCD	Tepelně vodivostní detektor
ECD	Detektor elektronového záchytu
ArD, HeD	Argonový a heliový detektor
TID	Termoionizační detektor
MSD	Hmotnostní spektrometr
CNS	Centrální nervová soustava

8. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Dotazník pro senzorické hodnocení bílých jogurtů
Příloha 2	Chromatogram aromaticky aktivních látek v Bio jogurtu
Příloha 3	Chromatogram aromaticky aktivních látek ve střednětučném jogurtu
Příloha 4	Chromatogram aromaticky aktivních látek ve smetanovém jogurtu
Příloha 5	Chromatogram aromaticky aktivních látek v nízkotučném jogurtu

Dotazník pro senzorické hodnocení bílých jogurtů

Jméno:

Datum:

Váš zdravotní stav:

kuřák / nekuřák

Jaký je váš vztah k bílým jogurtům a jak často tyto jogurty konzumujete?

- a) mám je velmi rád/a a často je konzumuji
- b) mám je rád/a a občas je konzumuji
- c) nemám je rád/a a nekonzumuji je vůbec

Kterému typu jogurtu dáváte přednost?

- a) bílý přírodní
- b) bílý light
- c) bílý bio
- d) bílý smetanový
- e) je mi to jedno

Úkol: Zhodnoťte předložené vzorky bílých jogurtů

Vzhled a barva

1. **Vynikající** – jednotná, mléčně bílá, příjemná, typická, atraktivní
2. **Velmi dobrá** – jednotná, mléčně bílá, příjemná, typická, ne tak atraktivní
3. **Dobrá, uspokojivá** – jednotná, vybledlá, průměrná
4. **Příjemná** – nejednotná, vybledlá, neatraktivní
5. **Nepříjemná** – netypická, mramorová, vzduchové bubliny v gelu, uvolněná syrovátka

Vzorek	Vzhled a barva
A	
B	
C	
D	

Poznámka:

Textura

1. **Vynikající** - homogenní, hladká, tuhá, velmi vysoká viskozita a pevnost gelu, extra plný pocit v ústech
2. **Velmi dobrá** - homogenní, hladká, jemná, vysoká viskozita a pevnost gelu, velmi plný pocit v ústech
3. **Dobrá, uspokojivá** - homogenní, hladká, střední viskozita a pevnost gelu, středně plný pocit v ústech
4. **Příjemná** - homogenní, hladká, řídká, nízká viskozita a pevnost gelu, málo plný pocit v ústech
5. **Nepříjemná** – nehomogenní, hrudkovitá či krupičkovitá, vodnatá po uvolněné syrovátce

Vzorek	Textura
A	
B	
C	
D	

Poznámka:

Chut' a vůně

1. **Vynikající** - harmonická, vyrovnaná, sladká a kyselá se doplňují, čerstvá, smetanová
2. **Velmi dobrá** - vyrovnaná, sladká a kyselá se doplňují, čerstvá, smetanová, není tak harmonická jako u hodnocení vynikající
3. **Dobrá, uspokojivá** - méně vyrovnaná, sladká či kyselá mírně převyšuje, smetanová, méně čerstvá, bez cizích příchutí
4. **Příjemná** - nevyrovnaná, sladká či kyselá výrazně převyšuje, nepříjemná, málo čerstvá, částečně cizí příchutě
5. **Nepříjemná** – nevyrovnaná, nepříjemná, nečerstvá, zatuchlá, cizí příchutě případně jiné vady chutě a vůně

Vzorek	Chuť a vůně
A	
B	
C	
D	

Poznámka:

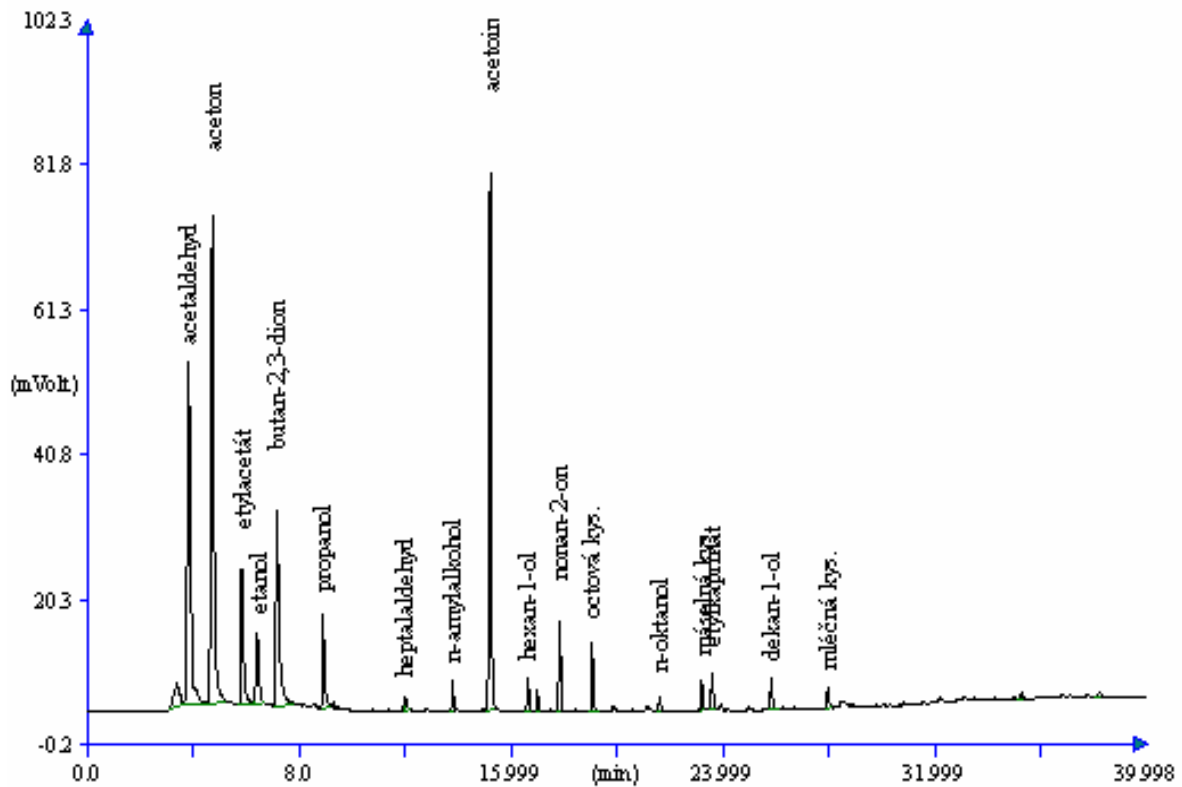
Celkové hodnocení

Předložené vzorky seřaďte od nejlepšího k nejhoršímu

Hodnocení	Vzorek	Poznámka
1.		Nejlepší
2.		
3.		
4.		Nejhorší

Děkuji za spolupráci, doufám že se vám ochutnávka líbila a hlavně chutnala a věřím, že mi někteří z vás jako hodnotitelé poslouží i příště.

Příloha 4 Chromatogram aromaticky aktivních látek ve smetanovém jogurtu



Příloha 5 Chromatogram aromaticky aktivních látek v nízkotučném jogurtu

