

# Využití lipofilních vedlejších produktů ze zvěřiny na přípravu mýdel

Bc. David Sanitrák

---

Diplomová práce  
2022

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2021/2022

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. David Sanitrák**  
Osobní číslo: **T20087**  
Studijní program: **N0721A210004 Technologie potravin**  
Forma studia: **Prezenční**  
Téma práce: **Využití lipofilních vedlejších produktů ze zvěřiny na přípravu mýdel.**

## Zásady pro vypracování

1. V literární studii se zaměřte na současný stav řešené problematiky a kriticky jej zhodnoťte.
2. Navrhněte technologický postup zpracování odpadního tuku ze zvěřiny na toaletní mýdla.
3. Sledujte vliv vybraných procesních podmínek na vlastnosti připravených mýdel. Vlastnosti mýdel vyhodnoťte standardními metodami pro testování mýdel.
4. Navrhněte optimální procesní podmínky zpracování odpadního tuku na mýdla.
5. Výsledky měření zpracujte vhodným softwarem, proveďte diskusi a zhodnoťte přínos práce pro vědu a praxi.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1]EIRI Board. *Modern Technology of Acid Slurry, Surfactants, Soap and Detergents with Formulae*. New Delhi: Engineers India Research Institute, 2020
- [2]Spitz, L. *Soap Manufacturing Technology*. Amsterdam: Academic Press, 2006
- [3]Ockerman H.W.; Hansen C.I. *Animal By-Product. Processing & Utilization*. London: Woodhead Publishing, 2000

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Pavel Mokrejš, Ph.D.**  
Ústav inženýrství polymerů

Datum zadání diplomové práce: **31. prosince 2021**

Termín odevzdání diplomové práce: **13. května 2022**

L.S.

---

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

---

**Ing. Robert Gál, Ph.D.**  
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 18. února 2022

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

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

### **Prohlašuji,**

- že jsem diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá výrobou mýdla ze zvěřinového tuku, konkrétně z tuku daňka obecného. Teoretická část se zabývá tuky a mastnými kyselinami a jejich fyzikálními a chemickými vlastnostmi. V další části teorie je popsána výroba rostlinných olejů z olejnatých semen a plodů a získávání živočišných tuků ze zvířat a jejich mimo potravinářský průmysl. V poslední části teorie je popsána výroba mýdla a různé typy běžně vyráběných mýdel. Praktická část se zabývá výrobou vzorků mýdel se třemi se měnícími faktory, kterými jsou Teplota (°C), množství NaOH použitého při saponifikaci a množství NaCl použitého při vysolování. Vyrobené vzorky jsou následně analyzovány a sensoricky hodnoceny.

Klíčová slova: Tuk, olej, mastné kyseliny, mýdlo, varný proces, testování mýdel, sensorická analýza kosmetika, potravinářství

## **ABSTRACT**

The diploma thesis deals with the production of soap from venison fat, specifically from fallow deer fat. The theoretical part deals with fats and fatty acids and their physical and chemical properties. The next part of the theory describes the production of vegetable oils from oilseeds and fruits and the recovery of animal fats from animals and their non-food industry. The last part of the theory describes the production of soap and various types of commonly produced soaps. The practical part deals with the production of soap samples with three changing factors, which are temperature (oC), the amount of NaOH used in saponification and the amount of NaCl used in salting out. The produced samples are then analyzed and sensory evaluated.

Keywords: Fat, oil, fatty acids, soap, cooking process, soap testing, sensory analysis, cosmetics, food industry

Chtěl bych velmi moc poděkovat vedoucímu mé diplomové práce panu prof. Ing Pavlu Mokrejšovi, Ph.D. za konstruktivní rady a vedení diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat paní Ing. Janě Pavlačkové, Ph.D. za konzultace pro praktickou část diplomové práce a panu Ing. Robertu Gálovi, Ph.D. za pomoc se sehnáním materiálu pro praktickou část diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat paní Petře Elšíkové za pomoc při práci v laboratoři.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 LIPIDY</b> .....	<b>12</b>
1.1 TUKY.....	12
1.2 MASTNÉ KYSELINY .....	12
1.2.1 Fyzikální vlastnosti mastných kyselin – Krystalická struktura a polymorfismus.....	15
1.2.2 Fyzikální vlastnosti mastných kyselin – Bod tání.....	18
1.2.3 Fyzikální vlastnosti mastných kyselin – Bod varu.....	19
1.3 ROZDĚLENÍ ROSTLINNÝCH OLEJŮ PODLE SKUPINY MASTNÉ KYSELINY .....	19
1.4 ROZDĚLENÍ ŽIVOČIŠNÝCH TUKŮ PODLE SKUPINY MASTNÉ KYSELINY .....	20
<b>2 VÝROBA ROSTLINNÝCH OLEJŮ</b> .....	<b>21</b>
2.1 VÝZNAMNÁ OLEJNATÁ SEMENA A PLODY PRO VÝROBU ROSTLINNÝCH OLEJŮ .....	22
2.2 KVALITA OLEJNÝCH SEMEN.....	23
2.2.1 Zralost olejních semen .....	23
2.2.2 Manipulace se semeny .....	23
2.2.3 Napadení semen hmyzem .....	23
2.3 DOPRAVA SEMEN .....	23
2.4 ČIŠTĚNÍ OLEJNATÝCH SEMEN .....	24
2.5 ZPRACOVÁNÍ OLEJNATÝCH SEMEN .....	25
2.5.1 Sušení semen.....	25
2.5.2 Odslupkování .....	25
2.5.3 Drcení a mletí.....	25
2.5.4 Klimatizace .....	26
2.6 IZOLACE OLEJŮ.....	26
2.6.1 Lisování.....	26
2.6.2 Extrakce olejů.....	27
2.6.3 Zpracování miscely .....	27
2.7 RAFINACE .....	28
2.7.1 Odslizování .....	28
2.7.2 Odkyselování.....	29
2.7.3 Bělení .....	29
2.7.4 Deodorace .....	30
<b>3 VÝROBA ŽIVOČIŠNÝCH TUKŮ A OLEJŮ</b> .....	<b>31</b>
3.1 BOURÁNÍ SUROVÉHO TUKU .....	31
3.2 SLOŽENÍ MASTNÝCH KYSELIN V TUKU HOSPODÁŘSKÝCH ZVÍŘAT A ZVĚŘINY.....	31
3.3 METODY ZÍSKÁVÁNÍ ŽIVOČIŠNÝCH TUKŮ.....	32

3.3.1	Suchý způsob vyškvařování .....	32
3.3.2	Mokrý způsob vyškvařování .....	32
3.3.3	Nízkoteplotní mokrý způsob vyškvařování .....	33
3.4	VEDLEJŠÍ JATEČNÉ PRODUKTY A ODPADY OBSAHUJÍCÍ TUK.....	33
3.5	ZPRACOVÁNÍ ŽIVOČIŠNÉHO TUKU PRO TECHNICKÉ VYUŽITÍ .....	34
<b>4</b>	<b>MÝDLO.....</b>	<b>36</b>
4.1	VÝROBA MÝDLA.....	36
4.1.1	Studený proces .....	36
4.1.2	Polovarný proces .....	37
4.1.3	Varný proces .....	37
4.2	PŘÍDATNÉ SLOŽKY MÝDEL .....	38
4.3	TYPY MÝDEL A DETERGENTŮ .....	40
<b>5</b>	<b>ZHODNOCENÍ LITERÁRNÍ STUDIE, CÍLE A HYPOTÉZY PRÁCE.....</b>	<b>42</b>
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>	<b>43</b>
<b>6</b>	<b>MATERIÁLY, METODY .....</b>	<b>44</b>
6.1	SUROVINA .....	44
6.2	PŘÍSTROJE, POMŮCKY A CHEMIKÁLIE .....	44
6.3	METODA EXPERIMENTU .....	44
6.4	POSTUP VÝROBY .....	44
6.5	TESTY MÝDEL .....	51
6.5.1	Stanovení celkové alkality .....	51
6.5.2	Stanovení pH.....	51
6.5.3	Stanovení pěnotvornosti.....	51
6.5.4	Stanovení stability pěny .....	52
6.5.5	Penetrační test .....	52
6.6	POPIS METOD STANOVENÍ SENZORICKÉ ANALÝZY .....	52
6.6.1	Kruskal-Wallisův test – Srovnání tří a více vzorků .....	52
6.6.2	Pořadová zkouška.....	53
<b>7</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUSE .....</b>	<b>56</b>
7.1	SOUHRNNÉ VÝSLEDKY .....	56
7.2	PILOTNÍ EXPERIMENTY .....	57
7.3	TECHNOLOGICKÉ PODMÍNKY VÝROBY A HMOTNOST VYSUŠENÉHO MÝDLA.....	58
7.4	STANOVENÍ PH.....	59
7.5	CELKOVÁ ALKALITA .....	60
7.6	TVORBA PĚNY .....	62
7.7	STABILITA PĚNY .....	64
7.8	PENETRAČNÍ TEST .....	67
7.9	SENZORICKÉ HODNOCENÍ MÝDEL .....	68



7.9.1	Vzhled povrchu .....	68
7.9.2	Vzhled barvy .....	70
7.9.3	Lesk .....	71
7.9.4	Vzhled a barva řezu .....	73
7.9.5	Vůně .....	75
7.9.6	Homogenita řezu .....	77
7.9.7	Tuhost.....	78
7.9.8	Celková preference.....	79
7.10	ZHODNOCENÍ VLASTNOSTÍ MÝDEL .....	80
7.11	NÁVRH OPTIMÁLNÍCH PODMÍNEK PŘÍPRAVY MÝDEL .....	81
7.12	VÝZNAM PRO VĚDU A PRAXI .....	83
7.13	DOPORUČENÍ DALŠÍHO VÝZKUMU .....	83
<b>ZÁVĚR .....</b>		<b>85</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>		<b>87</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>		<b>92</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>		<b>93</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>		<b>94</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>		<b>95</b>

## ÚVOD

Mýdla můžeme definovat jako sůl mastné kyseliny, která vznikla reakcí volné mastné kyseliny nebo přirozeně se vyskytujícího živočišného nebo rostlinného tuku s alkálií (např. hydroxid sodný). Struktura molekuly mýdla je tvořena dlouhým uhlovodíkovým řetězcem a skupinou karboxylové kyseliny. Na konci karboxylové kyseliny je po reakci s alkálií iontově navázán sodík nebo draslík. Uhlovodíkový řetězec má nepolární charakter, tudíž je rozpustný pouze v nepolárních látkách jako je například tuk či olej, zato iontový konec, tedy sůl karboxylové kyseliny má polární charakter a je rozpustná ve vodě. Mýdla patří mezi nejstarší známé anionické povrchově aktivní látky.

Tuky patří do širší rodiny lipidů. Lipidy jsou poměrně nesourodá skupina látek. Společnou vlastností lipidů je, že se vzájemně odpuzují s vodou. Základem každého tuku je trojsytný alkohol glycerol a na něm tři esterově vázané kyseliny, nazývané mastné kyseliny. Mastné kyseliny se liší délkou řetězce, stupněm nenasycenosti, polohou a orientací dvojně vazby v uhlovodíkovém řetězci. V přírodě se vyskytují hlavně mastné kyseliny, které mají sudý počet uhlíků v molekule. Malá množství mastných kyselin s lichým počtem atomů uhlíku.

V diplomové práci se zabývám výrobou mýdla z vedlejších lipofilních produktů ze zpracování zvěřiny.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 LIPIDY

Lipidy patří k významným složkám potravin a ve výživě člověka tvoří jednu z hlavních živin nezbytnou pro zdraví a vývoj organismu. Pro termín lipid není k dispozici žádná přesná definice, obvykle však zahrnuje širokou kategorii sloučenin, které mají některé společné vlastnosti a podobnosti ve složení. Klasifikace lipidových struktur je možná na základě fyzikálních vlastností při pokojové teplotě, kdy je můžeme rozdělit na kapalné oleje a pevné tuky. Další rozdělení je podle jejich polaritě na polární a neutrální nebo podle struktury na jednoduché a komplexní. Neutrální lipidy zahrnují mastné kyseliny, alkoholy, glyceridy a steroly, zatímco polární lipidy zahrnují glycerofosfolipidy a glyceroglykolipidy. Rozdělení do tříd podle polaritě je spíše libovolné, protože některé mastné kyseliny s krátkým řetězcem jsou velmi polární. Proto je vhodnější klasifikace na základě struktury. Jednoduché lipidy, složené z mastných kyselin a alkoholových složek zahrnují acylglyceroly, etheracylglyceroly, steroly a jejich estery a voskové estery. Obecně řečeno, jednoduché lipidy mohou být hydrolyzovány na dvě různé složky, obvykle alkohol a kyselinu. Komplexní lipidy glycerofosfolipidy (fosfolipidy), glyceroglykolipidy (glykolipidy) a sfingolipidy. Tyto struktury poskytují při hydrolyze tři nebo více různých sloučenin. Lipidy patří mezi hlavní složky potravy rostlinného i živočišného původu. [1][2]

### 1.1 Tuký

Tuky patří do širší rodiny lipidů. Chemické a fyzikální vlastnosti tuků a olejů jsou z velké části určeny podle jejich mastných kyselin, které obsahují a jejich postavení v rámci triacylglycerolové molekuly. Chemicky jsou všechny tuky a oleje estery glycerinu a mastné kyseliny. Tuký a oleje jsou běžně nazývány jako triglyceridy, protože glyceridová molekula má tři hydroxylové skupiny na kterých, mohou být mastné kyseliny přichyceny. Všechny triglyceridy mají stejnou glycerinovou jednotku, to znamená, že mastné kyseliny přispívají k různým vlastnostem. [2][4]

### 1.2 Mastné kyseliny

Tuky nebo lipidy se skládají z mnoha chemických sloučenin, včetně monoglyceridů, diglyceridů, triglyceridů, fosfatidů, cerebrosidů, sterolů, terpenů, mastných alkoholů a mastných kyselin. Mastné kyseliny tvoří hlavní složku fosfolipidů, triglyceridů, diglyceridů, monoglyceridů a esterů sterolů. Mastné kyseliny se skládají z prvků, jako je uhlík, vodík a kyslík, které jsou uspořádány jako lineární uhlíkový řetězec různé délky s karboxylovou

skupinou na jednom konci. Mastné kyseliny mohou být nasycené (bez dvojná vazby), jednonenasycené (jedna dvojná vazba) nebo polynenasycené (dvě nebo více dvojných vazeb) a jsou nezbytné pro energetické, metabolické a strukturální aktivity. [5][6]

- **Nasycené mastné kyseliny**

Nasycené mastné kyseliny jsou běžnou složkou přírodních lipidů. Nechemici jim někdy podle angličtiny říkají saturované. Běžně obsahují 4 až 38 atomů uhlíku (ale existují i vyšší mastné kyseliny s asi 60 atomy uhlíku). Mají zpravidla rovný, nerozvětvený řetězec, nejčastěji o sudém počtu atomů uhlíku. Ve většině přírodních lipidů tvoří 10-40 % z celkových mastných kyselin. Podle počtu atomů uhlíku (délky řetězce) se rozeznávají nasycené mastné nižší mastné kyseliny (C4 a C6), mastné kyseliny se středně dlouhým řetězcem (C8-C12), mastné kyseliny s dlouhým řetězcem (C14-C18), velmi dlouhým řetězcem (C20-C26) a ultra dlouhým řetězcem (C28-C38). Nejvýznamnější jsou uvedeny v Tab. 1. [2][7]

Nasycené mastné kyseliny se typicky vyskytují ve vysokém obsahu (hlavně kyselina palmitová a stearová) v tuku užitkových zvířat, a to hlavně u vepřů a přežvýkavců. V depotním tuku užitkových ptáků je obsah nasycených mastných kyselin nižší. Pro mléčné tuky jsou typické mastné kyseliny s kratším řetězcem, např. máselná kyselina a skupina kyselin s 6-10 uhlíky v molekule. Tuky palmových semen mají vysoký obsah laurové kyseliny, kterou doprovází myristová kyselina a kyseliny s 6-10 uhlíky. U kokosového tuku obsahují volné mastné kyseliny méně nasycených mastných kyselin než vázané mastné kyseliny. [7]

Upravit tabulky podle fotky v mobilu

Tabulka 1: Hlavní nasycené mastné kyseliny vyskytující se v lipidech

Mastná kyselina	Počet atomů uhlíku	Triviální název	Mastná kyselina	Počet atomů uhlíku	Triviální název
butanová	4	máselná	eikosanová	20	arachová
hexanová	6	kapronová	dokosanová	22	behenová
oktanová	8	kaprylová	tetrakosanová	24	lignocerová
dekanová	10	kaprinová	hexakosanová	26	cerotová
dodekanová	12	laurová	oktakosanová	28	montanová
tetradekanová	14	myristová	triakontanová	30	melissová
hexadekanová	16	palmitová	dotriakontanová	32	lakcerová
oktadekanová	18	stearová			

- **Nenasycené mastné kyseliny s jednou dvojnou vazbou**

Nenasycené mastné kyseliny s jednou dvojnou vazbou se nazývají stručně monoenové. Navzájem se liší počtem atomů uhlíku, polohou dvojně vazby a její prostorovou konfigurací. Mnohé monoenové mastné kyseliny mají své triviální názvy, které jsou běžně používány. Řada málo obvyklých monoenových mastných kyselin se ve větším množství nachází jen v nejvýznamnějších zdrojích lipidů, v potravinách jsou zpravidla přítomny pouze ve stopách. Nejvýznamnější monoenové mastné kyseliny jsou uvedeny v Tab. [2][7]

Tabulka 2: Hlavní monoenové mastné kyseliny vyskytující se v lipidech

Mastná kyselina	Počet atomů uhlíku	Poloha dvojně vazby	Izomer	Triviální název
decenová	10	4	<i>cis</i>	obtusilová
decenová	10	9	<i>cis</i>	kaprolejová
dodecenová	12	3	<i>cis</i>	linderová
dodecenová	12	9	<i>cis</i>	laurolejová
tetradecenová	14	4	<i>cis</i>	tsuzuová
tetradecenová	14	9	<i>cis</i>	myristolejová
hexadecenová	16	9	<i>cis</i>	palmitolejová
hexadecenová	16	9	<i>trans</i>	palmitelaidová
oktadecenová	18	6	<i>cis</i>	petroselová
oktadecenová	18	6	<i>trans</i>	petroselaidová
oktadecenová	18	9	<i>cis</i>	olejová
oktadecenová	18	9	<i>trans</i>	elaidová
oktadecenová	18	11	<i>trans</i>	vakcenová
eikosenová	20	9	<i>cis</i>	gadolejová
eikosenová	20	11	<i>cis</i>	gondová
dokosenová	22	11	<i>cis</i>	cetolejová
dokosenová	22	13	<i>cis</i>	eruková
dokosenová	22	13	<i>trans</i>	brassidová
tetrakosenová	24	15	<i>cis</i>	nervonová
hexakosenová	26	17	<i>cis</i>	ximenová
triakontenová	30	21	<i>cis</i>	limekvová

- **Nenasycené mastné kyseliny s dvěma a více dvojnými vazbami**

Mastné kyseliny se dvěma dvojnými vazbami (dienové) jsou velmi důležité ve výživě. Ačkoli teoreticky by jich mohlo být daleko více než monoenových mastných kyselin, v přírodních lipidech se jich vyskytuje v podstatném množství jen několik. Také počet přirozeně se vyskytujících se mastných kyselin s třemi dvojnými vazbami je značně menší,

než by odpovídalo možnostem izomerie. Poměrně vzácně se vyskytují také mastné kyseliny se čtyřmi až šesti dvojnými vazbami v molekule.[2][7]

Obsah nenasycených mastných kyselin v přírodních lipidových materiálech, např. v tucích a olejích, se pohybuje ve velmi širokém rozmezí, od více než 90 % všech mastných kyselin (např. v řepkovém oleji) po méně než 10 % (např. v kokosovém tuku). Obsah nenasycených mastných kyselin v tucích živočichů se pohybuje v daleko menším rozmezí, obvykle mezi 50-70 %. Jedinou výjimkou jsou rybí oleje, protože obsahují mastné kyseliny s 20-22 atomy uhlíku a se 4-6 dvojnými vazbami. Tuk sladkovodních ryb se liší složením mastných kyselin od tuku mořských ryb. Ryby tyto tuky samy nesyntetizují, ale přijímají je s potravou (např. plankton, koryši a řasy). Proto i vodní savci jako např. velryby, které se živí planktonem a koryši, mají tuk o podobném složení mastných kyselin jako ryby. [7]

Tabulka 3:Hlavní důležité mastné polyenové kyseliny vyskytující se v tucích

Mastná kyselina	Počet atomů uhlíku	Poloha dvojných vazby	Konfigurace dvojných vazby	Triviální název
<b>dienové</b>				
oktadekadienová	18	9,12	<i>cis,cis</i>	linolová
oktadekadienová	18	9,12	<i>trans, trans</i>	linolelaidová
<b>trienové</b>				
oktadekatrienová	18	9,12,15	<i>all-cis</i>	$\alpha$ -linolenová
oktadekatrienová	18	6,9,12	<i>all-cis</i>	$\gamma$ -linolenová
<b>tetraenové</b>				
eikosatetraenová	20	5,8,11,14	<i>all-cis</i>	arachidonová
dokosatetraenová	22	7,10,13,16	<i>all-cis</i>	adrenová
<b>pentaenové</b>				
eikosapentaenová	20	5,8,11,14,17	<i>all-cis</i>	EPA
dokosapentaenová	22	7,10,13,16,19	<i>all-cis</i>	klupanodonová
<b>hexaenové</b>				
dokosahexaenová	22	4,7,10,13,16,19	<i>all-cis</i>	DHA

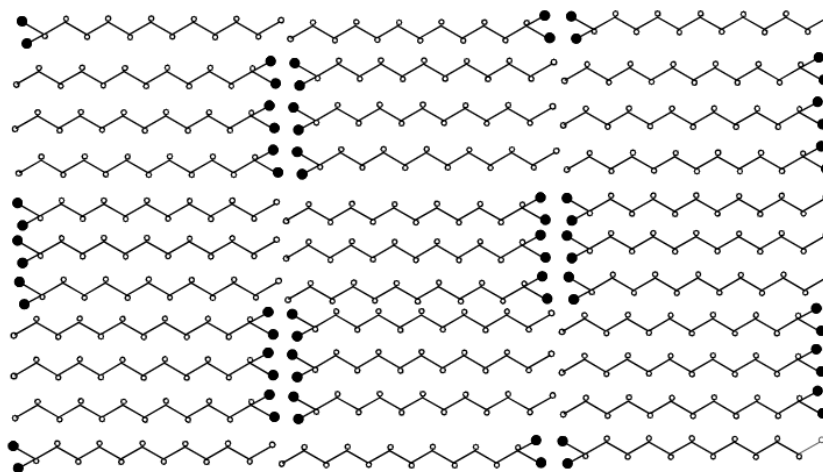
### 1.2.1 Fyzikální vlastnosti mastných kyselin – Krystalická struktura a polymorfismus

V pevném stavu mohou mastné kyseliny s dlouhým řetězcem existovat ve více než jedné krystalické formě a mají tedy v dané krystalické formě určitou teplotu tání. Tato vlastnost se nazývá polymorfismus, a je předmětem jak technického, tak vědeckého zájmu. Pochopení principu krystalizace a polymorfismu je nezbytné například při použití směsí tuků v potravinářství a kosmetice, kdy výrobky musí mít zcela specifické uživatelské vlastnosti,

kteřé si musí tyto výrobky zachovávat i v průběhu skladování. Pro sledování tání a krystalizace tuků je možno využít celé řady analytických metod, například dilatometrie,  $^1\text{H}$  NMR spektroskopie, diferenční skenovací kalorimetrie, infračervené spektroskopie nebo rentgenové difrakce.

Jelikož mastné kyseliny obsahují dlouhé uhlovodíkové řetězce, které jsou vázány na relativně malou polární karboxylovou skupinu, má krystalická struktura mastných kyselin shodné rysy s uhlovodíky. Ty mají v pevném stavu řetězce ve formě *zig-zag* uspořádání, ve kterém jsou  $\text{CH}_2$  skupiny navzájem v *trans* pozicích. Mastné kyseliny, podobně jako uhlovodíky (i ostatní lipidy), tvoří molekulární krystaly, které jsou vrstevnaté, měkké, s nízkým bodem tání. Jelikož jsou polymorfní a krystalizují ve více různých modifikacích, které se liší především různým sklonem řetězců ke krystalové rovině.

Nasyčené mastné kyseliny, ať už mají sudý nebo lichý počet uhlíků v molekule krystalizují ve třech hlavních krystalických modifikačních strukturách, které se u kyselin se sudým počtem uhlíkových atomů označují jako A, B, C a u mastných kyselin s lichým počtem uhlíkových atomů ', např.: C'. Modifikace A je trojklonná. V základní krystalické jednotce je obsaženo 12 molekul mastných kyselin, které jsou uspořádány ve skupinách po třech a jejich koncové metylové a karboxylové skupiny jsou orientovány v opačných rovinách (Obr. 1). [9]

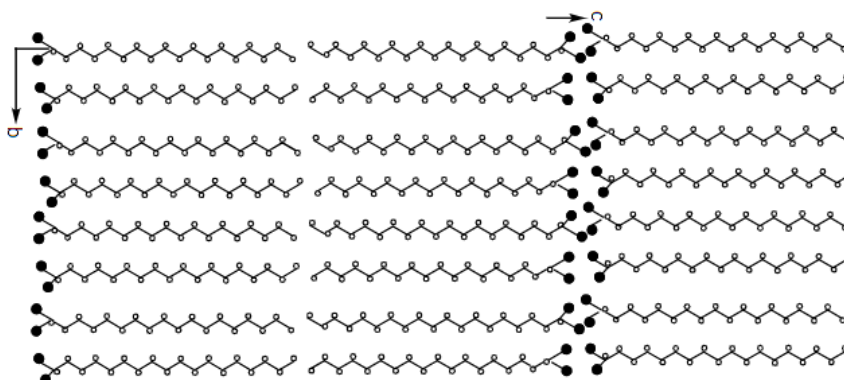


Obrázek 1: Krystalická struktura A formy kyseliny laurové

Základem modifikace B jsou jednoklonné krystalické jednotky, které obsahují 4 molekuly mastných kyselin, jejichž polární karboxylové skupiny jsou orientovány k sobě (možnost



interakce) a nepolární skupiny jsou orientovány do prostoru. Uhlovodíkové řetězce jsou kolmé k základní rovině (Obr.2). [9]

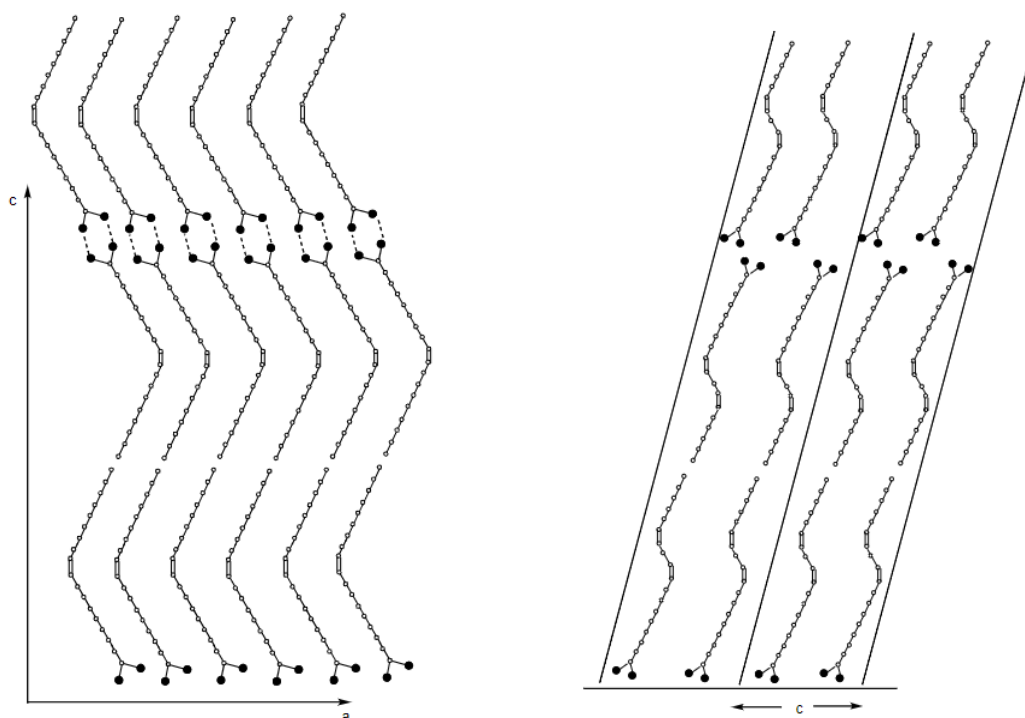


Obrázek 2: Krystalická struktura B formy kyseliny laurové

Modifikace C představuje nejstabilnější krystalografickou modifikaci mastných kyselin s nejvyšším bodem tání. Struktura je obdobná modifikaci B s tím rozdílem, že uhlovodíkové řetězce svírají se základní rovinou úhel  $55^\circ$ . Z uvedených modifikací jsou nejdůležitější modifikace B a B', které se získávají krystalizací z nepolárních rozpouštědel, a především modifikace C, která se vytváří krystalizací z taveniny.

Je třeba poznamenat, že uvedený popis krystalické struktury mastných kyselin platí pouze pro čisté látky a byl vytvořen pro zcela konkrétní kyselinu. Krystalické chování směsí mastných kyselin, které je v reálné situaci mnohem běžnější, je velmi komplikované a nebylo systematicky studováno. Existující studie obvykle uvádí, že směsi mastných kyselin krystalizují v jednoklonné soustavě.

S komplikovanějším chováním je možno se setkat v případě krystalizace nenasycených mastných kyselin s cis uspořádáním. Dvojná vazba monoenoových mastných kyselin představuje rigidní místo v uhlovodíkovém řetězci, který je proto rozdělen na dva segmenty. Kyseliny krystalizují v jednoklonné soustavě. Jejich řetězce jsou uspořádány ve dvoumolekulárních vrstvách a jednotlivé segmenty řetězců v jedné vrstvě směřují opačným směrem z pohledu uspořádání dvojných vazeb (Obr.3). Přítomnost dvou cis dvojných vazeb (kyselina linolová) způsobuje změnu uspořádání segmentů řetězce, které, na rozdíl od monoenoových kyselin, směřují stejným směrem (Obr.4). [9]



Obrázek 3: Krystalická forma kys. olejové (napravo) a Krystalická forma kys. linolenové (nalevo)

### 1.2.2 Fyzikální vlastnosti mastných kyselin – Bod tání

Nasyčené mastné kyseliny s uhlovodíkovým řetězcem delším než 10 atomů uhlíku jsou při pokojové teplotě tuhé, s kratším řetězcem pak kapalné. Se stoupajícím počtem atomů uhlíků, až do dvaceti atomů uhlíku, se jejich bod tání zvyšuje. Další zvýšení počtu atomů uhlíku již bod tání významně neovlivní. Mastné kyseliny s lichým počtem atomů uhlíku tají při nižší teplotě než mastné kyseliny se sudým počtem atomů C, které jsou o jeden atom uhlíku chudší. [9]

Tabulka 4: Vybrané vlastnosti nasycených kyselin

Řetězec	Mastná kyselina	Triviální název	Molekulová hmotnost [g.mol <sup>-1</sup> ]	Bod tání [°C]
4:0	butanová	máselná	88,1	-5,3
6:0	hexanová	kapronová	116,2	-3,2
8:0	oktanová	kaprylová	144,2	16,5
10:0	dekanová	kaprinová	172,3	31,6
12:0	dodekanová	laurová	200,3	44,8
14:0	tetradekanová	myristová	228,4	54,4
16:0	hexadekanová	palmitová	256,4	62,9
18:0	oktadekanová	stearová	284,5	70,1
20:0	eikosanová	arachová	312,5	76,1
22:0	dokosanová	behenová	340,5	80,0

### 1.2.3 Fyzikální vlastnosti mastných kyselin – Bod varu

Body varu mastných kyselin jsou vysoké, takže je nelze destilovat za atmosférického tlaku, aniž by došlo k jejich degradaci. U nenasycených mastných kyselin roste s rostoucím počtem atomů uhlíku a přítomnost dvojných vazeb jí ovlivňuje jen nepatrně. [9]

Tabulka 5: Srovnání bodů varů vybraných mastných kyselin

Řetězec	Mastná kyselina	Triviální název	Molekulová hmotnost [g.mol <sup>-1</sup> ]	Bod varu [°C]
4:0	butanová	máselná	88,1	163,5
6:0	hexanová	kapronová	116,2	205
8:0	oktanová	kaprylová	144,2	237
10:0	dekanová	kaprinová	172,3	271
12:0	dodekanová	laurová	200,3	298,9
14:0	tetradekanová	myristová	228,4	250,5
16:0	hexadekanová	palmitová	156,4	333
18:0	oktadekanová	stearová	184,5	355
18:1 $\Delta^9$ <i>cis</i>	oktadekenová	olejová	282,3	335

## 1.3 Rozdělení rostlinných olejů podle skupiny mastné kyseliny

**Skupina kyseliny olejové** – Do této skupiny patří rostlinné oleje získané ze semen, jader a plodů, které obsahují více jak 50 %, některé i 80 % a více kyseliny olejové, maximálně 30 % kyseliny linolové a žádnou nebo jen nepatrné množství kyseliny linolenové, popřípadě ještě vyšší nenasycenou mastnou kyselinu. Obsah nenasycených kyselin nepřesahuje 20 %. Jedná se o nevysychavé nebo velmi slabě vysychavé trvanlivé oleje. Používají se proto převážně na výživu jako stolní salátové oleje anebo jako část násady margarínu a pokrmových tuků. Do této skupiny patří olivový olej, olej z podzemnice olejné, mandlový olej a další. [8]

**Skupina kyseliny linolové** – Oleje této nejpočetnější skupiny mají kromě vysokého obsahu kyseliny olejové také velký podíl kyseliny linolové (30 až 70 %). S klesajícím stupněm kyseliny olejové roste obsah kyseliny linolové. Kyselinu linolenovou vůbec neobsahují nebo jen ve velmi malém množství. Jedná se o oleje polovysychavé. Nejdůležitější oleje této skupiny jsou slunečnicový, sójový, bavlníkový a sezamový olej. Tyto oleje se používají v kapalně nebo ztužené formě ve velkém množství na výrobu jedlého oleje a tuku. [8]

**Skupina kyseliny linolenové** – Oleje této skupiny patří mezi vysychavé oleje. Aby určitý rostlinný olej měl dobré vysychavé vlastnosti a mohl být použitý na výrobu nátěrových látek,

musí obsahovat velké množství kyseliny linolenové anebo jiné mastné kyseliny se třemi dvojnými vazbami vedle menšího množství kyseliny linolové, anebo menší množství kyseliny linolenové a aspoň 60 % kyseliny linolové. Oleje této skupiny se používají převážně na výrobu nátěrových hmot, ale jsou i vhodné pro výživu člověka. Do této skupiny patří například lněný a konopný olej. [8]

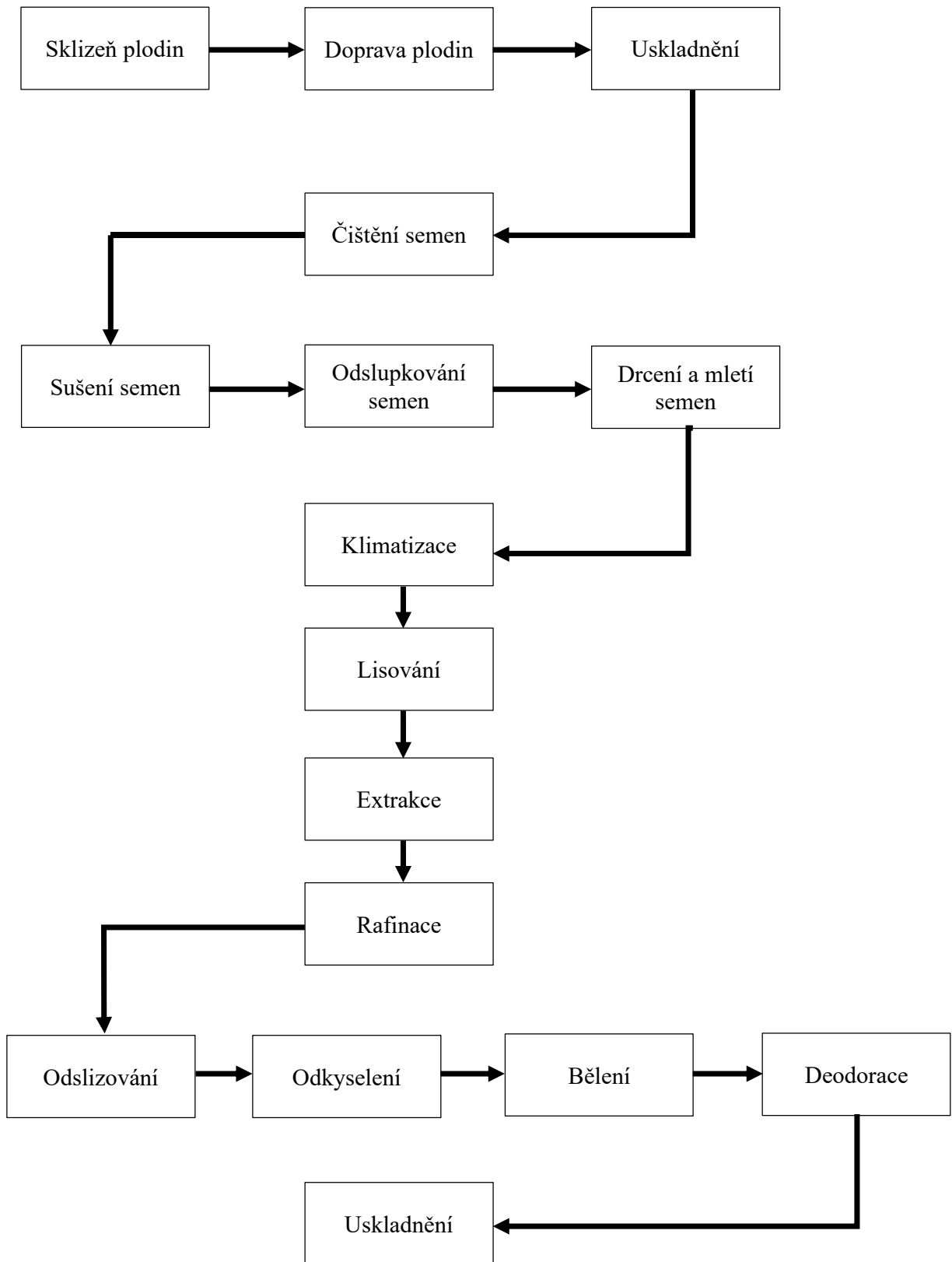
**Skupina kyseliny palmitové a stearové, popřípadě myristové** – Tuky a oleje této skupiny jsou při normální pokojové teplotě polotuhé anebo tuhé. Obsahují 45 až 50 % ale i více nasycených mastných kyselin, a to kyseliny palmitovou a stearovou, zbytek je kyselina olejová a linolová. Do této skupiny patří palmový tuk, kakaové máslo a shea máslo a další. [8]

#### 1.4 Rozdělení živočišných tuků podle skupiny mastné kyseliny

**Skupina kyseliny máselné** – Do této skupiny patří tuky z mléka suchozemských domácích zvířat. Pro mléčné tuky je charakteristické, že obsahují jako jediné tuky větší množství kyseliny máselné a všechny její homology se sudým počtem uhlíkových atomů až po kyselinu behenovou, dále kyselinu decenovou a všechny její homology až po kyselinu oktadekanovou. Nižší mastné kyseliny jsou v mastných kyselinách mléčných tuků v poměrně velkém zastoupení. [8]

**Skupina kyseliny palmitové a stearové** – Tuky této skupiny, podobně jako tuky skupiny palmitové a stearové rostlinného původu, obsahují hodně kyseliny palmitové a stearové, které tvoří převážnou část nasycených mastných kyselin. Kromě těchto dvou kyselin obsahují živočišné tuky 35 až 50 % kyseliny olejové. S výjimkou tuku drůbeže, obsah kyseliny linolové je malý, obsah vyšších nenasycených mastných kyselin je nepatrný. Do této skupiny patří zásobní tuky zvířat jako je vepřové sádlo a lůj, kafilerní tuk, drůbeží sádlo a další. [8]

## 2 VÝROBA ROSTLINNÝCH OLEJŮ



Obrázek 4: Zjednodušené schéma výroby rostlinného oleje

## 2.1 Významná olejnatá semena a plody pro výrobu rostlinných olejů

**Olivovník evropský (*Olea europaea*)** - Jedná se o stálezelené keře nebo stromy, rostoucí do výšky 5-15m, Plodem je dužnatá peckovice, oliva, která může být kulovitého, či vejčitého tvaru, velikosti 1-3cm a hmotnosti 1,5-14g. V nezralém stavu jsou šedozeleně zbarveny, ve zralosti se probarvují do červenofialové až černé. Jejich dužin obsahuje 40 až 60 % tuku a semeno pecky obsahuje 12 až 15 % tuku. Olivový olej obsahuje velké množství kyseliny olejové. [11] [13]

**Podzemnice olejná (*Arachis hypogaea*)** - Jedná se o jednoletou bylinu s rozvětvenou lodyhou, které vyrůstají květy, které se po oplodnění zavrtávají do země, kde se vyvíjejí v lusk. Luk většinou obsahuje 1 až 4 válcovitá semena obalená hnědou slupkou. Vyloupané semeno obsahuje 45 až 50 % oleje. V podzemnici olejné je obsažena převážně kyselina olejová až 60 % a menší množství kyseliny linolové až 25 %. [12]

**Sója luštinatá (*Glycine max*)** - Jedná se o jednoletou bylinu, jejíž plody jsou lusky nejčastěji s 1 až 4 žlutými semeny. Sója svým významem patří mezi nejhodnotnější luštěniny a olejniny. Postupným šlechtěním se podařilo zkrátit její vegetační dobu, což výrazně rozšířilo oblast pěstování. Semeno, které obsahuje 19,2 % oleje. Nejvíce zastoupená je kyselina linolová. [14][15]

**Kakaovník pravý (*Theobroma cacao*)** - Jedná se o 5-8 metrů vysoký, stálezelený strom, rostoucí v mezitropickém pásmu téměř po celé zeměkouli. Plody kakaovníku kakaové boby obsahují asi 50 až 55 % tuku, kakaového másla, ve kterém je asi 45 až 50 % nasycených mastných kyselin, mezi nimiž převažuje kyselina palmitová, stearová a olejová. Kakaové máslo je jedním z nejstabilnějších tuků, protože obsahuje vhodné antioxidanty zabraňující žluknutí a je možno jej uchovávat dva až pět let bez výrazné změny struktury. Navíc díky své jemné struktuře, příjemné vůni a změkčující povaze je vhodnou ingrediencí k výrobě kosmetiky. [16][17]

**Kokosovník ořechoplodý (*Cocos nucifera*)** - Neboli Palma kokosová je víceletá rostlina vysoká 5-30 metrů. Plodem kokosovníku jsou kokosové ořechy. Nejdůležitější složkou kokosu je jeho dužina, která tvoří 25 až 30 % váhy kokosu. Po vysušení se tato dužina nazývá kopro a obsahuje 60 až 65 % tuku. V kokosovém tuku je značné množství nižších mastných kyselin, z nichž převažuje kyselina laurová. [18][19]

**Palma olejná (*Elaeis guineensis*)** - Jedná se o strom rostoucí v tropickém podnebném pásu. Plody palmy olejné mají žlutočervenou dužinu, která obsahuje 45 až 60 % tuku, který se získává lisováním. Obsahuje velké množství kyseliny palmitové a olejové. [19][20]

## 2.2 Kvalita olejných semen

Dobrá kvalita rafinovaného oleje začíná u vysoce kvalitních olejnatých semen nebo olejnatého ovoce a ořechů. Kvalita oleje závisí na různých faktorech, jako např.:

### 2.2.1 Zralost olejných semen

Nezralá semena mohou vykazovat různé nedostatky. Surový olej vyrobený z nezralých semen může vykazovat určitý odlišný profil mastných kyselin a také některé varianty v jiných složkách semen. To může v určitých aplikacích mírně ovlivnit podmínky zpracování a výkon rafinovaného oleje. Nezralá semena mají tendenci mít nižší aktivitu lipoxygenázy, inhibitoru trypsinu a ureázy ve srovnání se zralými semeny, a naopak mívají vyšší obsah volných mastných kyselin a chlorofylu ve srovnání se zralými semeny. Obsah oleje a celkový obsah bílkovin se mezi nezralými a zralými semeny příliš neliší. Mezi nezralými a zralými semeny existují malé rozdíly v některých jednotlivých množstvích bílkovin. [10]

### 2.2.2 Manipulace se semeny

Semena, pokud jsou poškozena během sklizně a přepravy a skladování, může surový olej vyvinout vyšší volné mastné kyseliny a vykazovat vyšší oxidaci. Tento olej bude vyžadovat další kroky v procesu rafinace a bude typicky vykazovat nižší stabilitu než normální olej. [10]

### 2.2.3 Napadení semen hmyzem

Suché vegetační období a sucho obvykle podporují poškození semen hmyzem. To má za následek vyšší než normální množství volných mastných kyselin a počáteční oxidaci v surovém oleji. [10]

## 2.3 Doprava semen

Na dopravu semen, která jsou dovezena do skladu závodu pomocí lodí, vlaků, nákladních automobilů se používají různé typy dopravníků. Tyto dopravníky se rozlišují podle směru, a to na svislé a vodorovné. Tady toto rozdělení není úplně přesné, jelikož i vodorovný dopravník může přepravovat suroviny do výšky. Ve větších moderních závodech se

dopravníky používají od příjmu surovin až po vyskladnění finálních výrobků, kromě toho se používají i na pomocné úkoly jako přihrnování, rozhrnování, podávání apod. podle typu suroviny a typu úkonu se nejčastěji používají dopravníky pneumatické, vakuové, tlakové, gravitační, závitové, pásové a další. [8][10][24]

**Uskladnění** – Každý závod na výrobu oleje musí mít dostatečný skladovací prostor o odpovídající skladovací kapacitě. Olejnaté semena i po sklizni zůstávají živými organismy, jejich životní procesy se však natolik zpomalí, dostatečně suché, zdravé a nepoškozené zralé semeno za příznivých podmínek může uskladňovat i několik měsíců bez toho, aniž by se poškodilo. Životní děje semen se urychlují vlhkostí, teplem a kyslíkem. Pokud je obsah vody větší jak 10 % začínají semena dýchat, to znamená přijímají ze vzduchu kyslík a vypouštějí do okolí oxid uhličitý. Současně se zvyšuje teplota, spustí se činnost enzymů a rezervní látky semen se začnou přetvářet a odbourávat. Když se semeno nasytí vodou, začne klíčit. Oleje získané z uskladněných vlhkých semen jsou méněcenné. Takový olej má vysoký obsah volných mastných kyselin, částečně denaturovaných bílkovin. Takový to olej se špatně vyběluje a jeho výtěžnost je tudíž menší. [8][10][24]

## 2.4 Čištění olejnatých semen

Olejnatá semena dodávaná do závodů na výrobu oleje obsahují zpravidla více či méně nečistot Ty mohou způsobit, že semen se předčasně kazí, předčasně se opotřebovávají dopravníky a zhoršuje kvalita výsledných výrobků. Nejideálnější by bylo, kdyby byly semena dováženy do závodů už kompletně očištěné, ale tady toto není téměř prakticky možné. Účelem této operace je odstranění ze semen nečistoty anorganického původu jako je hlína či písek a nečistoty organického původu jako slupky, zbytky stonků, prach atd. Způsob čištění závisí na druhu semen a jejich hustotě. V zásadě se používají různá síta či aspirátory. Kombinováním vzduchových aspirátorů a sítových čističek můžeme semena velmi důkladně vyčistit.[8][24]

**Sítové čističky** – Fungují na principu čištění a třídění semen podle velikosti. Semena a přimíchané nečistoty menší, jak otvory síta přepadávají (přepad), větší postupují na konec síta (odpad), kde padají do sběrného žlabu. Síta mohou být rovinné, mírně nakloněné, uváděna do kmitavého pohybu nebo bubnové a rotační. Na čištění olejnatých semen se nejvíce využívají rovinná síta, vibrační síta nebo bubnová síta. [8][24]

**Aspirátory** – Vzduchové čisticí stroje neboli aspirátory se používají k čištění semen tehdy, pokud semena obsahují nečistoty stejné či podobné velikosti jako samostatná semena, takže



se na běžných sítích nedají oddělit. Protože nečistoty mají jinou specifickou hmotnost, jak semeno samotné mohou být oddělena proudem vzduchu. Čím je rozdíl specifických hmotností větší a čím je rovnoměrnější je velikost čistých semen, tím úspěšnější je oddělování proudem vzduchu. Proud vzduchu odnáší lehčí tělesa (nečistoty) dále a těžší blíže. Oddělování těžších těles je možné urychlit náhlou změnou směru vzduchu anebo rozšířením kanálu ve kterém vzduch proudí. Pro účinné čištění je potřebné, aby se semeno střetlo s proudem vzduchu, když vypadává anebo přepadává v tenké vrstvě a vždy ve stejném množství. [8][24]

## **2.5 Zpracování olejnatých semen**

### **2.5.1 Sušení semen**

Cílem sušení je odstranění přebytečné vody, respektive snížení vlhkosti pod tzv. kritickou vlhkost. Vysoký obsah vody je nebezpečný pro dlouhodobé skladování semen, kdy může dojít k jejich zapaření, a tedy k jejich znehodnocení. Vlhkost olejnatých semen před zpracováním je třeba snížit přirozeným nebo umělým sušením. Přirozené sušení (přehazování nebo provzdušňování) je příliš pracné a trvá to příliš dlouhou dobu. Tento způsob přichází v úvahu je při velmi malých množstvích. Umělé sušení je proces, při kterém se pomocí tepla vypařuje z nějaké zpravidla tuhého materiálu vlhkost a odvádí se páry vody, které vzniknou. Teplota sušení je závislá na druhu semene, avšak teplota vzduchu, kterým se semena suší nepřekračuje teplotu 90 °C. Pro sušení se nejčastěji používají věžové sušárny. [8][24]

### **2.5.2 Odslupkování**

Slupky tvoří různě velké části semene a pro lepší a snazší zpracování je vhodné tyto části ze semene odstranit. Odslupkování vede zejména k vyšší výtěžnosti při lisování oleje a zvyšuje se hodnota tzv. šrotů. Tyto šroty se používají jako krmivo pro zvířata a většina slupek je nestravitelných, jelikož obsahují celulózu nebo lignin. Dále slupky mohou obsahovat barviva nebo vosky, které snižují kvalitu oleje. [24]

### **2.5.3 Drcení a mletí**

Drcení nebo mletí olejnatých semen a plodů patří mezi jeden z nejdůležitějších a nepostradatelných kroků před samotným lisováním oleje. Podle toho, jak je drcení nebo mletí provedeno závisí následný průběh samotného lisování. Základní účelem této operace

je poškození rostlinného pletiva, a tedy snazší získání oleje. Tato operace také způsobí, že dojde ke zvětšení povrchu zpracovávaného materiálu, a tedy snazší extrakci oleje. Při správném procesu drcení by neměl olej obsažený v surovině samovolně vytékat, ale měl by být absorbován samotnou surovinou. Na drcení se používají válcovací stroje nebo mlýny. [8][24]

#### 2.5.4 Klimatizace

Olejnatá semena se dříve lisovala za studena. Olej takto lisovaný byl kvalitní ale jeho výtěžky byly malé, jelikož značné množství oleje zůstávalo ve zbytcích. V současné době se v moderních závodech na zpracování oleje nadrcená semena před samotným procesem lisování klimatizují. Klimatizace má několik účelů, a to rozrušení zbývajících tukových buněk, které nebyly narušeny drcením a mletím. Inaktivaci škodlivých enzymů a koagulaci bílkovin. Úprava textury materiálu a vody na optimální obsah. Klimatizace jako taková probíhá ve dvou fázích. V první fázi dochází k přidavku vody do surovinového materiálu, a tedy k hydrataci buněčných stěn, které začnou bobtnat a dojde k ztrátě jejich mechanických vlastností. Tuk obsažený v buňkách se díky zvýšené teplotě rozpíná a dochází k praskání buněk. Ve druhé fázi klimatizace se snižuje vlhkost tak, aby klimatizovaný materiál bylo možno lisovat s co nejvyšším výtěžkem oleje. Pro každý druh olejniny existují optimální parametry vlhkosti, doby zahřívání a teploty. [8][10][24]

## 2.6 Izolace olejů

### 2.6.1 Lisování

Oleje se získávaly z olejnatých semen a plodů lisováním už v dávné minulosti. Lisování je působení tlakových sil na předem rozdrcený a klimatizovaný materiál. Podle velikosti tlaku, který působí na materiál hovoříme o vysokotlakém lisování a nízkotlakém lisování neboli předlisování. V minulosti byly používány různé typy diskontinuálních hydraulických lisů např.: vřetenové, pákové a klihové lisy. V současné době se používají kontinuální šnekové lisy. Olej po vylisování může obsahovat až do 10 % nečistot. Tyto nečistoty lze odstranit pomocí diskontinuální filtrace za pomoci různých typů kalolisů nebo kontinuálních dvoustupňových odstředivek, které mohou umožnit i případnou eliminaci fosfolipidů díky přidavku vody k oleji před odstřediváním. První stupeň kontinuální odstředivky, tzv. dekantér je vlastně šneková odstředivka, která je schopná snížit množství nečistot pod 0,5

%. Druhý stupeň, tedy vertikální talířová odstředivka je schopná snížit množství nečistot až na 0,1 % díky dvojnásobným otáčkám. [8][10][24]

### 2.6.2 Extrakce olejů

Extrakce je v současné době nejrozšířenějším způsobem získávání rostlinných tuků a olejů. Jedná se o částečné nebo úplné rozdělení směsi látek, které jsou v nějakém rozpouštědle různě rozpustné. Výhodou této metody získávání olejů je hlavně její vysoká účinnost a získávání olejů ze surovin, které mají nízký obsah oleje. Jedinou zásadní nevýhodou při extrakci rostlinných olejů je používání vysoce hořlavých látek. U extrakce, stejně jako u lisování je důležitá předúprava materiálu, a navíc je důležité i použití správného typu rozpouštědla.

Rozpouštědlo pro proces extrakce by mělo mít dobrou rozpustnost tuků a olejů a nerozpouštět látky netukové povahy jako slizy a barviva. Nesmí reagovat s žádnou součástí olejiny s bodem varu, který je v úzkém intervalu, a hlavně by mělo mít co nejmenší škodlivost pro lidi a zvířata. Žádné rozpouštědlo nespĺňuje úplně všechny požadavky, ale ve světě se nejvíce používá benzín a n-hexan. [8][24]

Proces extrakce se provádí v extraktorech, které podle povahy můžeme rozdělit na diskontinuální a kontinuální. Diskontinuální extraktory pracují na principu tzv. vytlačovacího principu. Do upraveného materiálu je čerpáno čisté rozpouštědlo a vzniká miscela, která je následně odčerpávána do destilačního zařízení pro další úpravu. Mezi typy diskontinuálních extraktorů patří vertikální a rotační extraktory. [24]

Kontinuální extraktory fungují na principu protiproudé extrakce, kdy materiál, který je nejvíce vyextrahovatelný přichází jako první do styku s čistým rozpouštědlem a vzniklá miscela slouží jako extrakční činidlo pro méně vyextrahovatelný materiál. Podle typu styku extrahovaného materiálu s rozpouštědlem, tedy respektive s miscelou lze rozdělit na ponorné a průtokové. [24]

### 2.6.3 Zpracování miscely

Při zpracování miscely na surový olej je nejdříve nutné miscelu přefiltrovat a zbavit mechanických nečistot mezi kterými mohou být rostlinné zbytky a až následně oddělit rozpouštědlo od oleje. Zpracování miscely v klasických odparkách dojde k zkoncentrování miscely na 95 – 98 % oleje z původních 20-35 %. Výsledný produkt, surový olej, by neměl obsahovat více než 0,1 % nečistot netukového charakteru a do 0,3 % vody. [8][24]

Odstraňování rozpouštědla z miscely se provádí pomocí kontinuálních odparek, které jsou uspořádány do sestav. Rozpouštědlo je vypuzováno z miscely ve formě brýdových par. Tyto páry jsou odváděny do kondenzátorů, ve kterých jsou tyto páry ochlazovány za pomoci chladicího média, nejčastěji vody, která kontinuálně proudí uvnitř chladících trubek. Takto vzniklý kondenzát je veden do odlučovače vody a rozpouštědla. Zde je rozpouštědlo oddělováno od vody na základě specifických hmotností. Kdy rozpouštědlo je nahoře a voda se dole odpustí. Zbytková voda je vypuzena zahřátím směsi na 90 °C. [8][24]

## 2.7 Rafinace

Rafinace olejů je množství na sebe navazujících operací, jejichž hlavním účelem je odstranění látek organické či anorganické povahy, jenž zhoršují trvanlivost, chuť, vůni a další vlastnosti olejů používaných v potravinářském průmyslu. Rafinovaný olej by měl mít přítažlivý vzhled, neutrální chuť, neměl by obsahovat toxické a nežádoucí látky a odolný vůči oxidaci a nežádoucím reakcím. Během rafinace oleje se odstraní látky jako volné mastné kyseliny, voda, fosfolipidy, vosky, barviva aj. [24]

### 2.7.1 Odslizování

Odslizování je jedním z prvních kroků rafinace olejů, které mají za úkol snížení ztrát a snížení kvality a trvanlivosti olejů. Kromě mechanických nečistot patří mezi látky odstraněné odslizováním především fosfolipidy, které jsou zastoupeny v oleji v obsahu 0,5-4 %, rostlinné slizy a bílkovin. Kromě odstranění látek dochází i ke snížení obsahu přebytečné vody, kdy hydratované části oleje by se mohly stát živnou půdou pro mikroorganismy, které by způsobily rozklad tuku a tím znehodnotily výsledný produkt. Nejběžnějším odslizovacím způsobem je odslizování hydratací. Tato metoda je založena na přidání optimálního množství vody nebo vodného roztoku elektrolytu o nízké koncentraci do oleje, následně vhodné úpravě teploty a odstranění nerozpustných hydratovaných příměsí odstředěním. Hydrofilní nečistoty se hydratují samovolně v oleji do vody. Pro zrychlení hydratace se přidá další množství vody a zvýší se teplota na 60-80 °C. Přídavek elektrolytů jako NaCl nebo NaOH zlepšuje odstraňování nečistot a zlepšuje jejich stabilitu pro separaci ale při vysoké koncentraci, a tedy vysoké iontové síle může docházet ke ztížení oddělení od oleje. [8][24]

### 2.7.2 Odkyselování

Extrahované oleje obsahují různé množství volných mastných kyselin, které vznikly autooxidačním štěpením triacylglycerolů nebo za pomoci enzymů. Tyto volné mastné kyseliny výrazně ovlivňují sensorické vlastnosti olejů, a to především chuť a vůni. Jejich odstranění je žádoucí. Po procesu odkyselení zůstane v oleji méně než 0,1 % volných mastných kyselin. Odkyselení jako takové lze provést několika různými způsoby jako neutralizací, destilací, esterifikací aj.

Mezi nejjednodušší metody patří neutralizace, tedy reakce volných mastných kyselin s vhodnou zásadou, nejčastěji se jedná o NaOH. Následnou reakcí vznikne soapstock (mýdlo, které je nerozpustné v oleji). Tento způsob sebou neutralizace sebou nese několik problémů. Hlavním problémem je vzniklé mýdlo (soapstock). Mýdlo je samo o sobě emulgátorem a při špatné manipulaci může způsobit emulzi. Další problémem je dávkování NaOH, kdy při přidání většího množství dojde k neutralizaci nejen volných mastných kyselin ale i surového oleje a dojde tedy ke ztrátám výsledného produktu. Pokud neutralizace alkalií proběhne v pořádku vzniklý soapstock, jako sekundární produkt, je vhodný k prodeji pro technické účely a výrobu na mýdlo. [8][24]

Další metodou neutralizace je neutralizace v miscele. Tato metoda funguje na podobném principu jako klasická neutralizace, ale oproti ní má řadu výhod, jako je snížení tvorby emulzí, snazší oddělení fází na separátoru a použití méně koncentrovaných roztoků NaOH. Nevýhodou je především odstranění zbytkového rozpouštědla ze soapstocku. Při této metodě neutralizace je do miscely přidán roztok NaOH s isopropanolem a dojde k rozdělení miscely na 3 vrstvy. Horní hexanová, která obsahuje olej, střední s nečistotami a spodní s vodnoalkoholickým roztokem mýdel. Kdy prostřední vrstva je neustále odčerpávána a zbytek je propírán čistým rozpouštědlem. Po vyčištění je hexanová vrstva odvedena do destilační kolony, kde dojde k oddělení hexanu od oleje. Mýdlová vrstva jde taktéž do destilační kolony, kde dojde k oddělení alkoholu od mýdla. [8][24]

### 2.7.3 Bělení

Oleje se začínají bělit už při procesu odslizování a tento proces pokračuje i při neutralizaci. Při těchto procesech to však není primární cíl. Přírozenou barvu oleji dávají karoteny, chlorofyl, nebo také způsob zpracování oleje nebo kvalita olejniny. Bělení olejů je proces, kdy dojde k jeho odbarvení za pomoci chemických nebo fyzikálních metod.

Fyzikální metoda je založena adsorpcí, kdy do oleje jsou přidány adsorbenty jako jsou bělicí hlinky. Bělicí schopnost hlinek je dána jejich složením, pH, ale také teplotě, při které dochází k bělení. Po bělení je olej přefiltrován a oddělen od hlinek ale až 40 % oleje zůstane po filtraci v hlince. Olej zachycený v hlince se extrahuje za pomoci n-hexanu nejdříve za studena, aby do oleje nepřešly nevhodné látky a pak za tepla ale kvalita oleje je horší. Ze získané směsice se následně oddělí rozpouštědlo a zůstane vybělený olej. [8][10][24]

#### **2.7.4 Deodorace**

Deodorace je poslední fází rafinace olejů, kdy jsou odstraněny látky, které mají nevhodné sensorické vlastnosti, ať už chuťové nebo aromatické. Tuky obsažené v oleji mají přirozeně se vyskytující látky (nasycené uhlovodíky, nenasycené uhlovodíky, temperické uhlovodíky aj.), které jsou dány typem oleje a olejiny nebo látky, které vznikly v průběhu zpracování a izolace. Většina těchto látek je těkavých a k jejich odstranění se používá destilace vodní parou o teplotě 200-240 °C za velmi nízkého tlaku 0,2-0,4 MPa. [8][10][24]

### 3 VÝROBA ŽIVOČIŠNÝCH TUKŮ A OLEJŮ

#### 3.1 Bourání surového tuku

Zvířata přivezená na jatka jsou před porážkou veterinárně zkontrolována a omráčena mechanickým nebo chemickým způsobem. V bezvědomí jsou humánně vykřvena, stažena z kůže, vykolována a půlena, popřípadě čtvrcena. Získávání tukových částí je u každého druhu zvířete specifické. [28]

**Vepřové sádlo** – je získáváno při stahování vepřových půlek tzv českým řezem. Tento typ řezu se vymezuje stahovanou částí hřbetního sádla tak, že začíná na vnitřní straně kýty nad horním okrajem spony pánevní, pokračuje obloukovitě šikmo směrem nahoru přes kýtu, zde přechází na vnější plochu kýty a pokračuje k řase předkolení, dále pak rovnoběžně s břišním dělicím řezem směrem k hlavě u plece přes kloub ramenní. Vzdálenost řezu tukovou vrstvou od břišního dělicího řezu se řídí výškou tukové tkáně v místě řezu.

**Hovězí lůj** – u tohoto zvířecího druhu není sádlo primární surovinou při bourání masa. Hovězí maso je čtvrceno a přední a zadní čtvrtiny mají rozdílný způsob odstranění tuku. U předních hovězích čtvrtí se lůj odstraní z vnější strany hrudi, popřípadě se seřízne povrchový lůj na pleci, převyšující vrstvu 10 mm. U zadních hovězích čtvrtí se vykrojí vrostlý lůj ze slabin a povrchová vrstva tuku se sníží na velikost 10 mm a veškerý vnitřní tuk se kompletně odstraní. [28]

#### 3.2 Složení mastných kyselin v tuku hospodářských zvířat a zvěřiny

Tabulka 6: Tabulka srovnání vybraných mastných kyselin u daňka, prasete a krávy

Způsob chovu Mastné kyseliny	Daněk		Prase	Kráva
	Farmový chov	Divoký	Farmový chov	Farmový chov
C12:0	0,36	0,73	ND	0,3
C14:0	8,21	4,33	1,1	3,1
C16:0	28,79	29,42	23,3	25,7
C18:0	17,91	17,26	13	17,4
C18:1 n-9	19,91	23,36	38,7	36,6
C18:2 n-6	3,84	10,18	14,8	1
C18:3 n-3	0,13	2,1	1,5	0,5
C20:4 n-6	0,08	2,58	0,2	ND
C20:5 n-3	1,14	ND	ND	ND
C22:5 n-3	0,67	ND	0,2	ND

ND – Nedetekováno

### 3.3 Metody získávání živočišných tuků

Tuky se vyrábějí různými procesy, obecně označovanými jako vyškvaření nebo také tavení. Tukové tkáně z hovězího i vepřového masa se skládají v podstatě ze tří složek, tj. voda, bílkoviny a tuky. Účelem jakéhokoli tavícího (vyškvařovacího) systému je dosáhnout co nejdokonalejšího oddělení těchto materiálů. Ve většině případů se tukové tkáně uvaří a tuk se uvolní teplotou a prasknutím buněk. V alternativním procesu je teplota udržována na nízké úrovni a tuk se uvolňuje především mechanickým prasknutím buněk. Termín „škvaření tuku“ je tedy operace tepelného zpracování, která rozkládá buněčné struktury za účelem uvolnění triacylglycerolů z vedlejších produktů živočišného původu. Tuk lze získat třemi možnými metodami. [26][27]

#### 3.3.1 Suchý způsob vyškvařování

Získávání tuku suchým způsobem probíhá ve vodorovné nádobě s dvojitým pláštěm, do kterého je vložena přiměřená dávka upraveného (nařezaného) surového materiálu. Za pomoci dvou někdy i tří míchadel, která udržují surovinu v nepřetržitém pohybu pro rovnoměrné rozložení tepla a zároveň zabránění zuhelnatění suroviny. Pára, která zahřívá nádobu, se pohybuje a zůstává ve vnějším plášti nádoby a nepřichází vůbec do kontaktu se surovinou. Proces vaření probíhá při tlaku 75 psi a po dobu asi 3-4 hodin ve vlastní vlhkosti. Při tomto procesu nedochází ke ztrátě živin. Po vyvaření se vyjme materiál zvaný „škvarky“. Tyto „škvarky“ by měly mít krupičkovitou, vláknitou strukturu a neměly by být klouzavé. „Škvarky“ obsahují stále velké množství tuku, který je odstraněn na maximální množství 5 %, aby se prodloužila jejich trvanlivost. Jedná se o sekundární produkt, který se mele na masovou moučku. Primárním produktem je právě chtěné sádlo a lůj. [26][27]

#### 3.3.2 Mokrý způsob vyškvařování

Získávání tuku mokrým způsobem probíhá ve vertikálních nádobách, ve kterých vodní pára přichází do přímého styku s upravenou (nařezanou) surovinou. Materiál se vaří při tlaku 40 psi po dobu 2 hodin. Nařezaná nebo někdy nadrcená surovina má narušené tukové buňky, díky tomu dochází k lepšímu uvolňování tuku z buněk. Působením změny tlaku a přítomnosti vody taktéž napomáhá lepšímu uvolňování tuku z buněk. Mokrý způsob na rozdíl od suchého poskytuje vyšší výtěžnost. Nevýhodou mokrého způsobu jsou zvýšené nároky na čistotu suroviny zejména na přítomnost kolagenních bílkovin, které při procesu vaření želatinují. Vzniklá želatina společně s tukem vytváří stabilní emulze, což ztěžuje



separaci tuku. Po ukončení vaření dochází k oddělení nepotřebné tkáně od tuku a vody za pomoci lisování a následná separace tuku za pomoci odstředivek. [26][27]

### 3.3.3 Nízkoteplotní mokřý způsob vyškvařování

Tento systém využívá vytápění, separaci a chlazení na kontinuální bázi a je považován za ideální způsob získávání tuků. Proces získávání tuků zahrnuje mletí materiálu, tavení aktivní párou o teplotě 90 °C, kontinuální separaci pevných látek od kapalných tuků v dekantační odstředivce, následný další ohřev a odstranění jemných částic a ochlazení v deskovém výměníku tepla pod bod tuhnutí. [26][27]

## 3.4 Vedlejší jatečné produkty a odpady obsahující tuk

**Kůže** – U poražených zvířat má primární účel v koželužnictví na výrobu usně, avšak kůže jako taková obsahuje u různých zvířat různé množství zbytkového podkožního tuku, který by mohl být separován a využit na výrobu mýdel. [28]

Tabulka 7: Tabulka obsahu tuku v kůži zvířat

Druh kůže	Hověziny	Teletiny	Vepřovice	Koniny	Koziny	Skopovice
Obsah tuku v %	0,5 - 2	0,5 - 2	do 50	do 50	3 - 10	2

**Kosti** – Tvoří 29 -35 % hmotnosti těla zvířete, obsahují 50-86 % sušiny, ve které je 30 až 40 % organických z toho 13 až 27 % tuku. Velké množství kostí, asi 65 %, získané při zpracování zvířete tvoří výsekové kosti, tedy kosti vhodné pro lidskou konzumaci. Zbylých 35 % kostí není možné nebo nebyly uznány pro lidskou konzumaci a byly uznány pro průmyslové zpracování. Při úpravě technických kostí se dá z nich získat 9 až 11 % tuku. [28]

**Tukové odpady** – Tyto odpady vznikající při zpracování zvířat na maso se převážně předávají asanačním ústavům k zpracování. Mezi tyto odpady patří lojový odpad, sádelný odpad a odpady sádelné vůbec, lapačový tuk a škvarky ze škvařiren, které se zpracovávají mokrou cestou. Lojový odpad tvoří olupky z dršťek, ořezy z hovězích, telecích, ovčích a kozích kůží, řídký lůj a lůj nevhodný ke zpracování v tukovém průmyslu, lojové řízky, tj. odřezky střevního loje, vyprázdňené hovězí žlučníky apod. Sádelný odpad představuje sádelné žízky, tj. odřezky z vepřových a koňských střev, škrabky z kůží, sádlo z kanců, hlavně kyrysů, vyprázdňená tlustá vepřová střeva, konečnice a vepřové žlučníky, výřez

z vepřových uší a další sádelný odpad, který není vhodný na jiné zpracování a využití. Množství tukových odpadů činí asi 0,5 % z živé hmotnosti jatečných zvířat. [28]

Tabulka 8: Tabulka odpadů při zpracování jatečných zvířat s vyšším obsahem tuku

Surovina	Tuk v %	Surovina	Tuk v %
Vemeno	15	Ušní výkroj	17
Šlachy	12	Mandle	5
Penis	20	Žlučový měchýř	14
Varle	3	Tlusté střevo	16
Oční výkroj	3	Olupky z dršťek	15

### 3.5 Zpracování živočišného tuku pro technické využití

**Bionafta** – Je kapalné biopalivo získané chemickými procesy z rostlinných olejů nebo živočišných tuků a alkoholu, které lze použít v dieselových motorech, samotné nebo ve směsi s naftou. Samotná bionafta může být zařazena do obnovitelných paliv a poskytuje řadu výhod oproti standardním fosilním palivům. Má nízkou toxicitu oproti standardní naftě. Rozkládá se mnohem rychleji než standardní nafta, což výhoda při snadnějším odstranění úniku, a tedy snížení možných ekologických následků. Nízké emise oxidu uhelnatého, polycyklických aromatických uhlovodíků, aldehydů a oxidu siřičitého. Její použití je vhodné i do současných dieselových motorů, tedy není nutná úprava současných motorů. Na její výrobu lze použít použitý kuchyňský olej a odpadní tuky z jatek. Výroba bionafty probíhá ze směsi alkoholů, nejčastěji metanolu a etanolu pro jejich dostupnost a nízkou pořizovací cenu a tuků a olejů pomocí transesterifikační reakce. Tato chemická reakce přeměňuje ester (rostlinný olej nebo živočišný tuk) na směs esterů mastných kyselin, které tvoří olej (nebo tuk). Bionafta se získává čištěním směsi mastných kyselin methylestery kyselin. K urychlení reakce se používá katalyzátor. Podle použitého katalyzátoru může být transesterifikace bazická, kyselá nebo enzymatická, přičemž první z nich je nejčastěji používaná. [25][33]

**Letecké biopalivo** – Letectvo Spojených států amerických úspěšně experimentovalo s použitím hovězího loje v leteckých biopalivech. Během letových zkoušek v roce 2010 na Edwardově letecké základně v Kalifornii létal americký letoun C-17 Globemaster III s použitím konvenčního tryskového paliva JP-8 ve třech svých motorech a směsi 50/50 biopaliva JP-8 a HRJ vyrobeného z hovězího loje v jednom motoru, po kterém následoval let se stejnou směsí 50/50 ve všech čtyřech motorech, letěl s použitím směsi 50 % JP -8, 25 % HRJ a 25 % uhelného paliva vyrobeného procesem Fischer-Tropsch, čímž se staly prvním

letadlem ministerstva obrany Spojených států, které létalo na takovou směs, a prvním letadlem, které operovalo z Edwardsova letiště s palivem odvozeným od hovězího loje. [29]

**Paznehtí olej** – Jedná se olej z mezipaznehtích tukových váčků skotu. Jeho využití je hlavně v hodinářském průmyslu díky jeho skvělým mazacím schopnostem a ve spojení s minerálními oleji je vhodný k mazání třecích ploch, které vyžadují tenkou vrstvu olejového filmu s nepatrně proměnlivou viskozitou. [28]

**Mazivo** – Na počátku vývoje pístových motorů poháněných párou horké páry a kapaliny velmi rychle smývaly většinu maziv. Brzy se zjistilo, že lůj je vůči tomuto praní docela odolný. Lůj a směsi včetně loje byly široce používány k mazání lokomotivních a parních motorů přinejmenším do 50. let 20. století. (Během 2. světové války vyčerpaly rozsáhlé flotily parou poháněných lodí zásoby, což vedlo k výsadbě řepky ve velkém, protože řepkový olej také odolával mycímu efektu.) Lůj se stále používá v průmyslu válcování oceli k zajištění požadované mazání, když je ocelový plech stlačován ocelovými válečky. Existuje trend nahrazovat mazání na bázi loje syntetickými oleji ve válcovacích aplikacích z důvodů čistoty povrchu. Jiné průmyslové použití je jako mazivo pro určité typy lehkých inženýrských prací, jako je řezání závitů na elektrických vedeních. K dispozici jsou speciální rezné směsi, ale lůj je tradiční mazivo, které je snadno dostupné pro levné a občasné použití. [32]

**Svíčky** – Lůj byl kdysi široce používán k výrobě lisovaných svíček, než byly k dispozici pohodlnější druhy jako svíčky z vosku – a ještě nějakou dobu poté, protože lojové svíčky byly stále levnější alternativou. Pro ty, kdo byli příliš chudí, dokonce ani na to, aby si užívali domácí, lisované lojové svíčky, byl „lůjový dip“ – tedy rákos, který byl namočený v rozpuštěném loji nebo někdy pruh hořící látky v talířku s lojovým mazem – dostupnou náhradou. Taková svíčka se často jednoduše nazývala „dip“ nebo, kvůli její nízké ceně, „farthing (halířový) dip“ nebo „penny dip“. [30][31]

## 4 MÝDLO

Původ slova „mýdlo neboli soap“ bylo vysledováno k posvátné hoře Mount Sapo ze starobylé římské legendy. Směs tuků a dřevěného popela, která zreagovala do formy mýdla, která byla smyta dešti do řeky Tibery a následně sedimentovala do jílu, který byl později používán pro své skvělé prací vlastnosti.

Historicky je vaření tuků s popelem datováno přibližně do roku 2500 př.n.l. Komerční výroba mýdla byla rozšířená umění ve středověku v Evropě. Vynalezení sodného procesu Leblancem v roce 1791, a objevem Chevreula v roce 1811, že mýdlo je složeno z mastných kyselin vydláždilo cestu k moderní výrobě mýdla. [34]

### 4.1 Výroba mýdla

Mýdla jsou sodné a draselné soli mastných kyselin s dlouhými řetězci. Tyto mastné kyseliny se nachází v rostlinných a živočišných tucích. Reakce tuků se zásadou se nazývá saponifikace. Mýdla běžně neobsahují volné mastné kyseliny vyjma toaletních mýdel, kde má být částečná změkčující vlastnost. Volná alkalita také není žádaná, jelikož způsobuje vyrážku na kůži. Správné pH mýdlového roztoku by mělo být 12 až 12,5. Mýdla jsou vyráběna třemi různými procesy. [34]

#### 4.1.1 Studený proces

Proces v podstatě spočívá v přidání do roztavených tuků právě dostatečné množství alkálie, která zajistí zmýdelnění a vytvoří neutrální mýdlo. Tuky a oleje, které mají být použity jako soap stock se pouze zahřejí, aby se tuky roztavily a oleje vydávaly praskavý zvuk, když je polijeme několika kapkami vody. Následně se pak přivedou do styku s louhem a nechají se několik dní stát. Probíhá zmýdelňovací reakce a teplo, které vznikne během reakce urychluje následný proces zmýdelňování.

Hlavním problémem procesu je poměr alkálie k přidané k dokončení procesu zmýdelnění. Pokud by oleje a tuky byly primárními látkami sestávajícími se pouze z oleinu nebo stearinu nebo palmitinu nebo laurinu, celá záležitost by byla mnohem zjednodušena. V případě, že by nám chemické rovnice poskytly přesné proporce mezi glyceridem a louhem sodným na jedné straně a vyrobeným mýdlem a glycerinem na straně druhé. Ale ve skutečnosti jsou použité oleje velmi heterogenní směsí velkého počtu glyceridů a poměry mezi nimi i ve stejném oleji se značně liší podle zdroje, kvality a stáří látky.

Při výrobě mýdla se vloží tuk nebo olej do pánve vybavené míchadlem. Tuk nebo olej pak stačí zahřát na 25-30 °C. Po rozpuštění se vlijte do pánve louh o teplotě okolí a směs se stále míchá, dokud hmota nezhoustne. Tuk a olej by měly mít správnou teplotu, pokud jsou příliš studené, ztuhnou přidáním louhu. Jsou-li příliš horké, saponifikace rychle proběhne a výsledkem jsou tvarohovitá nebo zrnitá mýdla. Rozhodujícím faktorem je síla alkálie. Alkálie by měla být vhodné čistoty, aby se nečistoty během zmýdelnění nedostaly do mýdla, aby nezpůsobily výkvět. [34][35]

#### 4.1.2 Polovarný proces

Podle polovarného procesu výroby mýdla se mastné kyseliny přímo spojují s alkáliemi, které se přidávají v takových poměrech, aby byla zajištěna úplná reakce mastných kyselin.

Nejprve je nutné zjistit procento alkálie potřebné ke zmýdelnění oleje. Například kokosový olej vyžaduje 17,48 až 19,05 % své vlastní hmotnosti pro NaOH, aby byla docílena úplná neutralizaci. Výše uvedená skutečnost poskytne dobrou představu o množství alkálií, které je třeba vzít ke zmýdelnění daného množství oleje. Z vhodné alkálie se vytvoří louhy o vhodné síle. Tuky a oleje se přivádějí k varu a zásada se pomalu po troškách vmíchává. Ve varu se pokračuje s alkáliemi stále větší síly, dokud nejsou všechny alkálie absorbovány. Čas od času se přidává voda, aby hmota zůstala řídká a homogenní.

Při saponifikaci olej značně nabobtná. Mohou být přijata preventivní opatření, aby se zabránilo strhávání. Pro tento účel se doporučuje použití míchadla; užitečné je přidávání olejů po malých dávkách. [34][35]

#### 4.1.3 Varný proces

Oleje a tuky se umístí do velké pánve nebo reaktoru a rozpustí se zahříváním. Do hmoty udržované ve stavu kypění mícháním a varem se postupně přidává NaOH. Síla louhu a množství přidávaného čas od času závisí na povaze oleje a tuku. Zpočátku se musí pomalu přidávat slabé louhy, dokud není zmýdelnění dobře zahájeno. To je indikováno složením emulze. Jakmile začne proces zmýdelnění, pokračujte ve varu a pokračujte v přidávání louhu ve větší koncentraci po malých množstvích, dokud se vstřebává, takže na konci není potřeba velké odpařování k dosažení správné konzistence. Ale louh by neměl být příliš silný, protože pak se mýdlová pasta rozřeže na sraženinu, ve které alkálie nemůže uspokojivě působit. K tomu se čas od času přidává voda. Emulze by měla postupně houstnout, jak postupuje proces zmýdelnění.

Obvykle se roztok po dokončení saponifikace vyčeří a získá nahnědlou barvu. Dokončení zmýdelnění se zjišťuje také následujícím testem, který se nazývá "kroužkový test". Množství mýdla se nabere hladítkem a kapka z něj se zachytí na skleněné tabuli, břidlici nebo čisté podlaze. Tuto kapku je třeba sledovat, jak se ochlazuje. Pokud při ochlazování nejprve okraj kapky ztuhne a vytvoří bílý prstenec a střední část zůstane průhledná, dokud postupně neztuhne, přičemž tuhnutí postupuje od okraje ke středu, je zmýdelnění dokončeno. Pokud se nevytvoří nejdříve kruhový okraj je potřeba dalšího přídavku alkálie.

Pánev nyní obsahuje zmýdelněný tuk nebo mýdlo, přebytek alkálie a glycerol smíchané dohromady. Má-li být mýdlo dobré kvality, musí se z mýdla odstranit buď přebytek alkálie, nebo se má z mýdla oddělit louh zbylý po operaci, který může být upraven pro získání glycerolu, je-li to možné. Když je dosaženo zmýdelnění, mýdlo je stále ve varu a má hustou konzistenci, přidává se po troškách nasycený roztok kuchyňské soli, aby se mýdlo vysráželo. Pokud se solení zahájí, když je mýdlo zředěné, bude zapotřebí velké množství soli. Místo použití solného roztoku může být sůl rovnoměrně rozprostřena po povrchu. Var se pomalu snižuje. Mýdlo ztrácí svůj hladký průhledný vzhled a stává se zrnité a neprůhledné. Toto je technicky známé jako "otevření" mýdla.

Zrnité mýdlo se pak vaří s dostatečným množstvím vody. Granule začnou bobtnat a spojovat spolu nebo se "uzavírat", jak se tomu říká. Mýdlo má hladký vzhled. V případě potřeby lze zrnka mýdla rozbít berličkou. Následně, když se ochladí a zarámuje, dává běžná mýdla z obchodu. [34][35][36]

## 4.2 Přídavné složky mýdel

**Buildery** – Obvykle se přidávají do složení detergentu, aby rozšířily nebo zlepšily účinnost čištění v širokém rozsahu podmínek použití. Kombinace builderů a povrchově aktivních látek vykazuje synergický účinek pro zvýšení celkové detergentní a čisticí účinnosti ve srovnání se stejným množstvím každé sloučeniny samotné. Mezi hlavní vlastnosti a charakteristiky, které jsou žádoucí pro to, aby byla sloučenina považována za detergentní builder, musí např.: Schopnost kontrolovat tvrdost vody a další kovové ionty, kapacita pufry ve správném rozsahu pH, schopnost deflokulace, bezpečnost spotřebitelů, ekologická přijatelnost, adekvátní cena/výkon, aj. [34]

Mezi typické buildery patří fosfáty. Prvním používaným zástupcem pyrofosforečnan tetrasodný ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  – TSPP) nebo pyrofosforečnan tetradraselný ( $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$  – TKPP). Jedná se o fosfáty určené převážně pro prací prostředky. Byly dostupné od třicátých let minulého

století. Jejich hlavní úkolem bylo změkčování vody, tedy sekvence  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$  iontů. Vedlejším negativním účinkem fosfátů je efekt tzv. „kvetení vody“. Kdy přílišné množství fosfátů vypuštěných do řek způsobilo eutrofizaci a namnožení řas a sinic a zničení ekosystému řek. [34]

Zeolity jsou důležitou alternativní náhradou fosfátů. Nejsou ve vodě rozpustné, ale redukuje tvrdost vápenaté vody pomocí iontové výměny. Ion vápníku prochází otvory pórů zeolitu a vyměňuje se s iontem sodíku. Hořčíkové ionty nejsou zeolity významně odstraňovány kvůli velkému poloměru hořčíkových iontů. [34]

**Síran sodný ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )** - Ačkoli je ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) některými výrobci používán jako plnidlo, přispívá jen málo k účinnosti detergentu. Je komerčně dostupný z přírodních zdrojů a jako vedlejší produkt při zpracování umělého hedvábí. V suchých směsích a produktech aglomerovaného typu se  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  používá ke zlepšení tokových charakteristik hotového produktu. V produktech sušených rozprašováním působí  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  jako inertní „plnivo“ a pomáhá při řízení hustoty a charakteristik toku. [34]

**Chlorid sodný ( $\text{NaCl}$ )** – Stále se používá u některých formulátorů při výrobě detergentů, jeho hlavní funkcí je jako inertní "plnivo" nebo ředidlo. Přestože se sůl do určité míry používá v přípravcích pro automatické mytí nádobí, její použití se nedoporučuje z důvodu možné koroze strojů a myček. [34]

**Optické rozjasňovače** – Přestože systém povrchově aktivních látek v pracích prostředcích čistí oděvy účinně, bílá látka má tendenci „šednout“ nebo ztrácet svůj bílý vzhled po mnoha praních. Optické rozjasňovače se přidávají do pracích prostředků, aby vizuálně zlepšily "bělost" nebo jas látky. Tyto materiály, které jsou podstatné pro většinu tkanin, absorbují ultrafialové záření a převádějí je na viditelnou modro-bílou odrazivost. [34]

**Enzymy** – Proteolytické a amylotické enzymy byly navrženy pro použití jako pomocné látky v detergentních systémech k odstranění skvrn. Tyto kompletní proteinové molekuly působí jako katalyzátor a mají tendenci rozkládat konkrétní nečistoty a skvrny do formy, která se z tkanin snadněji odstraňuje. [34]

**Protispékavé látky** – Kvůli sníženým hladinám fosfátů a použití nefosfátových builderů v některých práškových pracích prostředcích se změnila toková vlastnost a tendence ke spékání. Produkty formulované se zvýšenými hladinami aniontových aktivních látek a vyšším obsahem uhličitanu sodného mají tendenci vykazovat lepivost v kartonu detergentu.

Ke snížení této tendence byly přidány protispékavé látky, zejména v teplém vlhkém klimatu. [34]

**Lanolin** – Jedná se mazlavou žlutou látku produkovanou mazovými žlázami ovcí. Chemicky se jedná o látku podobnou vosku. [37]

**Glycerol** – Je hygroskopická bezbarvá viskózní kapalina bez zápachu, sladké chuti. Je důležitou organickou sloučeninou, neboť je ve formě svých esterů součástí tuků. [38]

**Barviva** – Jsou v kosmetice rozpustné ve vodě, v alkoholu, v oleji nebo dalších organických rozpouštědlech. V kosmetice se barviva používají pro vylepšení vzhledu a dekorativnímu účelu. Patří sem chlorofyl, karotenoidy, henna aj. [39]

**Aromatické látky** – Podle původu rozeznáváme vonné látky přírodní z rostlinných anebo živočišných zdrojů a vonné látky připravené chemickými syntézami (přírodně identické nebo neidentické). Stejně barviva mají za úkol spotřebitelské atraktivitu anebo překrytí zápachu. [39]

### 4.3 Typy mýdel a detergentů

**Sodná mýdla (tvrdá)** – vyrábějí se z pevných tuků a z hydroxidu sodného.

**Draselná mýdla (mazlavá)** – vyrábějí se z tekutých olejů a z hydroxidu draselného. Používají se na technické účely, na odstranění velkých nečistot. [39]

**Jádrové mýdlo** – Obsahují jen základní složky určené na praní. Jejich čistící účinky jsou na pokožku příliš silné. [39]

**Toaletní mýdlo** – Upravená mýdly s různými jemnými přísadami. Mohou obsahovat lanolín, rostlinné oleje, glycerol, barviva, parfémové složky, rostlinné a ovocné přísady. Jsou určeny pro každodenní hygienu. [39]

**Dětské mýdlo** – Obsahuje olej z olivových plodů, kukuřičné klíčky a jiné rostlinné oleje lanolín, rostlinné výtažky, a proto mají příznivé účinky na citlivou dětskou pokožku. Chrání ji před nadměrným vysušováním a uspokojují ji. [39]

**Tekuté mýdlo** – Obsahují různé přísady jako betainy, sulfojantary, estery sacharózy, stabilizátory pěny, zahušťující látky aj. Tekutá mýdla jsou nenahraditelná svojí funkcí např. v nemocnici, v restauracích, v hotelech a na jiných veřejných místech. Jelikož se dají dávkovat z dávkovačů, tím zamezují vzájemný kontakt uživatelů. [39]





Obrázek 5: Draselné (mazlavé) mýdlo



Obrázek 6: Jádrové mýdlo Jelen



Obrázek 7: Toaletní mýdlo značky Dettol

## 5 ZHODNOCENÍ LITERÁRNÍ STUDIE, CÍLE A HYPOTÉZY PRÁCE

Množství zdrojů zabývajících se problematikou získávání a výroba ať už rostlinných nebo živočišných tuků není příliš mnoho nebo tyto zdroje se zabírají tematikou, která je blízká ale data a informace, které obsahují se nedají použít pro teoretickou část diplomové práce.

Cílem diplomové práce bylo připravit a zanalyzovat mýdla, jehož základní složkou byly vedlejší lipofilní produkty ze zpracování zvěřiny. Mýdlo jako anionické tenzid je poměrně jednoduše vyrobitelné ale jeho vlastnosti se mění v závislosti na složení použitého tuku a množství alkálie použité na reakci s tukem.

Cílem bylo testovat vliv vybraných procesních parametrů na výtěžek a vlastnosti mýdla připraveného v laboratoři. Vzorke se lišily v množství použitého hydroxidu sodného, v množství použitého chloridu sodného, který byl použit na vysolování a také teploty, při které bylo mýdlo vařeno.

Následně tato připravená mýdla srovnat s mýdly běžně dostupnými v maloobchodní síti.

Předpokládám, že vyrobená mýdla by se mohla v určitém rozmezí přiblížit vlastnostem mýdel koupených v obchodní síti. Nejpravděpodobněji se budou blížit ve velikosti pH, popřípadě celkové alkality. Další zvolené zkoumané a senzorické parametry nemusí být příliš skvostné, jelikož kupovaná mýdla obsahují velké množství přídatných látek, které vylepšují jejich vlastnosti, ať už senzorické, nebo fyzikální.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 6 MATERIÁLY, METODY

### 6.1 Surovina

Surovina použitá na praktickou výrobu byl tuk z Daňka evropského (*Dama dama*), který byl poskytnut firmou Windsor Enterprise s.r.o., Znojmo

### 6.2 Přístroje, pomůcky a chemikálie

Analytické váhy Kern ALS 250-4A, Laboratorní váhy VWR, Elektrická ohřívací deska s magnetickým míchadlem IKA C-MAG HS7, Magnetické míchadlo MM4, pH metr 526, Nůž, Kuchyňské prkénko, Lžice, Laboratorní kádinky o objemu 50, 100, 200, 250, 400, 2000 ml, Laboratorní odměrné válce o objemu 100, 250, 1000 ml, Byreta, Teploměr, Elektrický vařič

Hydroxid sodný (výrobce Lach-Ner, s.r.o.), Chlorid sodný (výrobce Lach-Ner, s.r.o.), Kyselina octová 98% (výrobce Lach-Ner, s.r.o.), Etanol 96%, Destilovaná voda

### 6.3 Metoda experimentu

Pro výrobu mýdla ze zvěřinového tuku je potřeba mít zvolené množství základní suroviny, tedy tuku, a následně na toto množství přepočítat množství vody a zmýdelňovacího roztoku v daném poměru. Při výrobě mýdla byly sledovány tři zvolené faktory. Na základě těchto zvolených faktorů byl sestaven postup výroby, při kterém byly tyto faktory měněny, aby bylo vyrobeno dostatečné množství vzorků pro následnou analýzu.

### 6.4 Postup výroby

Vzorky mýdel byly připraveny podle receptury, která byla vytvořena tak aby byla modifikovatelná pro výrobu vzorků se různě upravitelnými parametry.

#### I. Příprava

Množství základní suroviny, v tomto případě zvěřinového tuku, vody a zmýdelňovacího roztoku byly v poměru 1 : 4 : 3 (Tuk : Voda : Zmýdelňovací roztok). Zmýdelňovací roztok pro saponifikaci obsahoval granulovaný hydroxid sodný v poměru 40–50 % na hmotnost vzorku tuku. Vysolovací činidlo potřebné k závěrečnému vysolení bylo v poměru 55–85 % na hmotnost vzorku tuku. Dalším sledovaným faktorem byla teplota, při které probíhala saponifikace. Tato teplota byla v rozmezí  $90 \pm 4$  °C. Množství zmýdelňovacího roztoku,

vysolovacího činidla a teplota byly upravovány a kombinovány pro vytvoření většího počtu různých vzorků.

## II. Čištění

Prvním krokem výroby bylo navážení zvoleného množství vzorku živočišného tuku a připravení zmýdelňovacího roztoku a vysolovacího činidla. Následně byl vzorek tuku rozpuštěn v málem množství vody, aby byl následně pročištěn od nečistot. Jako nečistoty byly označeny zbytky svaloviny a další nelipofilní části, jež se nacházely ve vzorku tuku. Průměrný obsah těchto nečistot byl 4-8 % na hmotnost vzorku. Po přečištění byl rozpuštěný tuk převeden společně s vodou do kádinky o objemu 2000 ml a doplněn zbývajícím množstvím vody.

## III. Saponifikace

V první fázi saponifikace byla směs tuku a vody zahřívána na teplotu 80 °C po dobu 15 minut. Po zahřání směsi na požadovanou teplotu došlo k přidání 15 % objemu zmýdelňovacího roztoku. Směs byla po dobu 15 minut při teplotě 80 °C neustále míchána až do druhého přídavku 15 % objemu zmýdelňovacího roztoku, kdy teplota byla zvýšena na hodnotu  $90 \pm 4^\circ\text{C}$  podle zvoleného typu mýdlového vzorku. Při této teplotě byl vzorek míchán 25 minut. Po třetím přídavku 40 % objemu zmýdelňovacího roztoku byla směs míchána při zvolené teplotě 75 minut. Po uplynutí této časové doby bylo přidáno zbylých 30 % objemu zmýdelňovacího roztoku a směs byla míchána a udržována při zvolené teplotě 15 min.

## IV. Vysolování

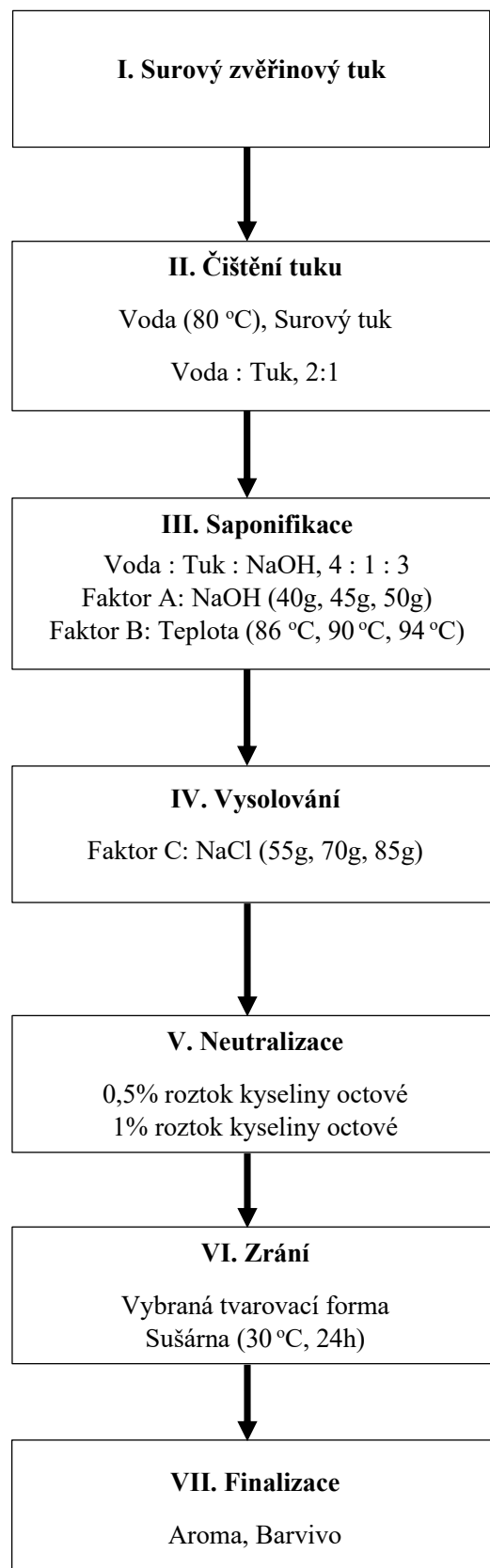
Po dostatečném promíchání směsi následovalo vysolování. Před samotným přidáním vysolovacího činidla, v našem případě chloridu sodného, byla směs zalita vodou, kdy její množství odpovídalo pětinásobku hmotnosti vzorku tuku. Přídavek zvoleného množství vysolovacího činidla byl přidáván do směsi postupně v množství odpovídající hmotnosti 1 kávové lžičky za intenzivního míchání v časovém intervalu 30-60 vteřin. V této fázi mohla směs mýdlového klišu zhoustnout, kdy magnetické míchadlo nebylo schopné tuto směs promíchat, bylo potřeba použít skleněnou tyčinku. Po vmíchání veškerého vysolovacího činidla byla směs míchána po dobu 5 minut. Po uplynutí a důkladném promíchání byla kádinka odstavena z vařiče, kdy po ustálení se vytvořily 2 oddělené fáze, a to surové mýdlo (koláč) nahoře a matečný lough dole. Kádinka s oddělenými fázemi byla ponechána hodinu v klidu, aby došlo k zchlazení a ustálení obou fází.

## V. Neutralizace a zrání

Další fází výroby surového mýdla bylo oddělení mýdlového koláče od matečného louhu. Mýdlový koláč byl rozdělen pomocí laboratorní špachtle na menší díly, aby se usnadnila manipulace a lepší propírání v Büchnerově nálevce, která byla opatřena sítím, ve kterém byla umístěna jemná tkanina pro zachycení a udržení mýdla. Mýdlo bylo následně promýváno a neutralizováno nejdříve 500 ml vychlazené 1% kyseliny octové a následně 500 ml vychlazené 0,5% kyseliny octové. Po neutralizaci bylo mýdlo přeneseno do předem zvažných gumových formiček a zváženo. Po zvážení byly formičky s vlhkým mýdlem umístěny do sušárny s cirkulací vzduchu při teplotě  $27 \pm 3$  °C po dobu 24 hodin, kdy po uplynutí této doby byly mýdla ve formičce otočena a opět nechána při teplotě  $27 \pm 3$  °C po dobu 24 hodin. Po této zrací době byl změřen úbytek hmotnosti způsobený dodatečným vypařováním vody.

## VI. Finalizace

Po 14denní zrací době byl vytvořený vzorek finalizován. Tato poslední fáze výroby zahrnovala homogenizaci a obarvení vzorku. Nejdříve proběhlo rozpuštění vzorku mýdla s malým množstvím vody v kádince na vařiči. Po rozpuštění mýdla a vytvoření jeho horké kapalně fáze byl přidán propylenglykol v 8% množství na hmotnost surového vzorku mýdla. Po důkladném promíchání byla přimíchána titanová běloba v 0,5-1% množství na hmotnost surového vzorku mýdla a horká mýdlová hmota byla důkladně promíchána. Následně došlo k přelití horké mýdlové hmoty do předem připravených gumových formiček a vložení do ledničky k rychlému zchlazení na dobu 30 minut, kdy výsledná mýdlová hmota ztuhla a mohla být vyloupana z formičky a mohla být předložena na sensorické hodnocení.



Obrázek 8: Blokové schéma výroby mýdla z tuku daňka a charakterizace mýdla



Obrázek 9: Surový zvěřinový tuk

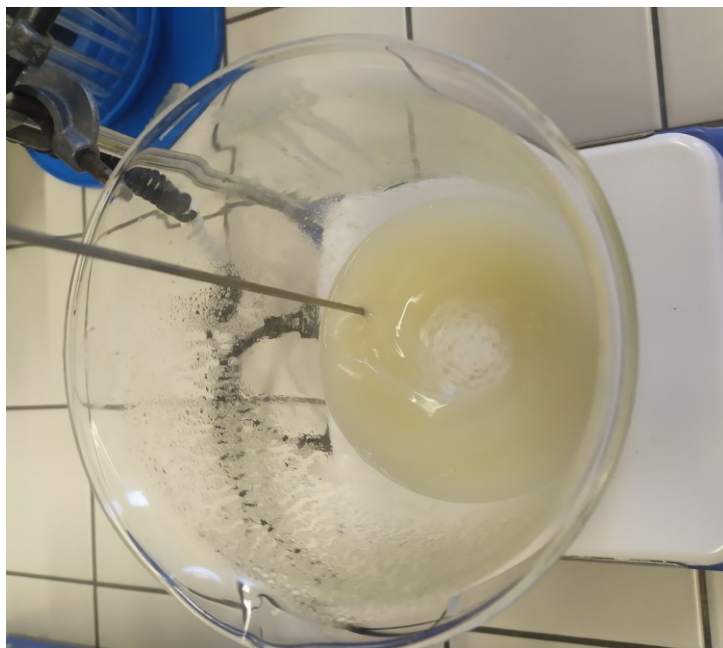


Obrázek 10: Rozpouštění tuku na čištění



Obrázek 11: Čištění tuku přes síto

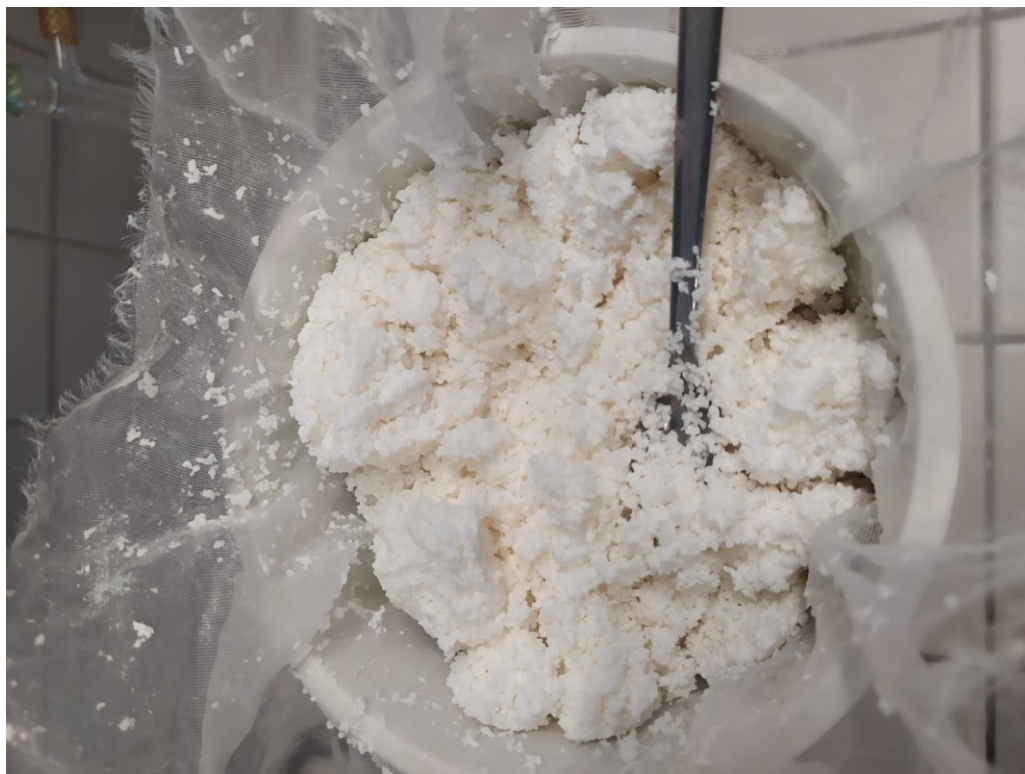




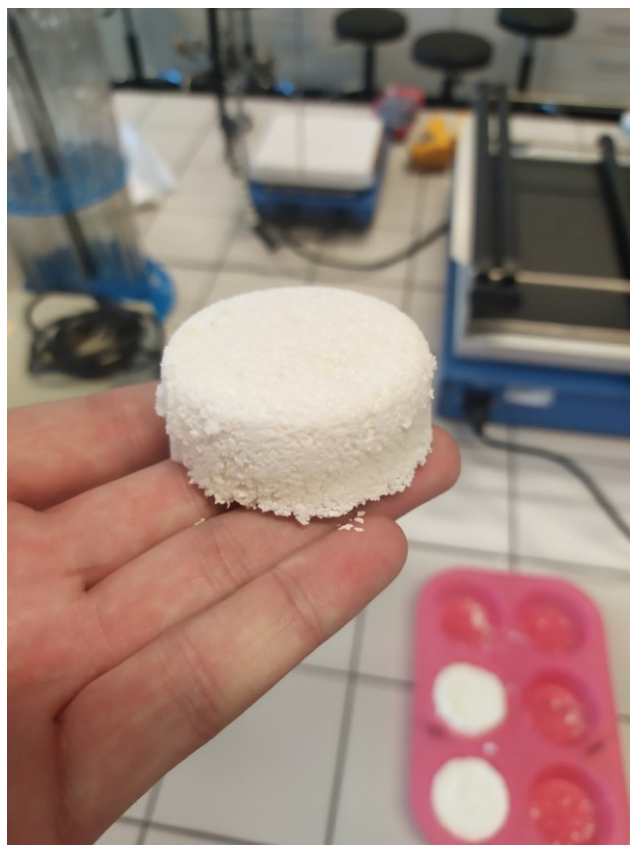
Obrázek 12: Saponifikace tuku



Obrázek 13: Mýdlo po vysolení



Obrázek 14: Neutralizované mýdlo



Obrázek 15: Vysušené mýdlo

## 6.5 Testy mýdel

### 6.5.1 Stanovení celkové alkality

Při výrobě mýdla, zůstává malé množství alkalických látek v mýdle. Pomocí této metody se stanoví procentuální zastoupení alkalických složek jako jsou hydroxidy, oxid sodný, uhličitany a hydrogen uhličitany. Na stanovení celkové alkality se odebere vzorek o hmotnosti 10 g do laboratorní kádinky. Obsah kádinky zalijeme 100 ml 96% etanolem a necháme povařit po dobu 10 minut. Vzorek pevného mýdla se nemusí samovolně úplně rozpustit, pro lepší rozpuštění obsah kádinky mírně mícháme skleněnou tyčinkou. Následně je přidáno 5 ml 1N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a vzorek se opět nechá povařit 5 minut. Do směsi přidáme indikátor fenolftalein a titrujeme za horka 1N NaOH do vymizení růžového zabarvení. [34][43]

Titraci provedeme alespoň třikrát. Po provedení titrací celkovou alkalitu počítáme podle vzorce:

$$\text{Celková alkalita} = 3,1 \cdot \frac{(V_a \cdot V_b)}{w} [\%] \quad (1)$$

V<sub>a</sub> – Objem použité H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> [ml]

V<sub>b</sub> – Objem spotřebovaného NaOH při titraci [ml]

w – Přesná hmotnost vzorku mýdla [g]

### 6.5.2 Stanovení pH

Hodnota pH se u mýdla mění postupem času od vyrobení mýdla, v tomto případě se stanovovala 14 dní od data výroby. Pro stanovení hodnoty pH mýdla byla zvolena metoda, kdy bylo 0,15 g vzorku rozpuštěno v 15 ml destilované vody. Avšak tato metoda byla mírně poupravena, a to že množství vzorku a destilované vody bylo zdvojnásobeno na 0,3 g vzorku a 30 ml destilované vody. Tato modifikace byla zvolena z důvodu lepšího měření pomocí pH-metru, jelikož původní množství vody bylo nedostatečné pro správné měření přístrojem. Měření provádíme alespoň třikrát. [42]

### 6.5.3 Stanovení pěnotvornosti

Pro stanovení pěnotvornosti vzorků mýdla byla použita originální metoda, kdy 10 g vzorku bylo umístěno do litrového odměrného válce a doplněno destilovanou vodou po rysku 100 ml. Výsledný roztok byl pak 20x protřepán a výška pěny se měřila od rysky s hodnotou 100

ml. Pro úsporné používání vzorků mýdla vyrobených v laboratoři a použitím odměrného válce s menším objemem byla metoda mírně upravena. Kdy množství vzorku bylo sníženo na 1 g, který byl vložen do válce a zalit destilovanou vodou po risku 20 ml. Výsledný roztok byl 20x protřepán a výška pěny byla měřena od rysky s hodnotou 20 ml. Naměřené hodnoty výšky pěny byly následně přepočítány na procentuální následek, kdy ryska s hodnotou 20 ml představovala původní objem roztoku, tedy hodnota 100 % a výška pěny představuje napěněný objem roztoku. [34][43]

#### **6.5.4 Stanovení stability pěny**

Metoda stanovení stability pěny probíhá následovně po metodě stanovení pěnivosti mýdla, kdy napěněný roztok ve válci, jehož výška byla změřena se ponechá v klidu po dobu 30 minut. Po uplynutí této časové doby se opět změří výška od počáteční rysky a dojde k vypočítání rozdílu hodnot výšek pěny. [34][43]

#### **6.5.5 Penetrační test**

Metoda stanovení tvrdosti mýdla byla prováděna na přístroji textuometr TA.XT. plus, Texture Analyser vyrobený firmou Stable Micro Systems ve Velké Británii. Penetrační test byl proveden pomocí penetračního válečku o průměru 10 mm. Na začátku testu byl penetrační váleček nastaven do přibližné polohy 5 mm nad testovaný vzorek. Tato vzdálenost byla zvolena, aby test netrval příliš dlouho kvůli rychlosti pohybu sondy. Celková hloubka penetrace vzorku byla nastavena na hloubku 10 mm. Pro pohyb válečku směrem ke vzorku byla zvolena rychlost 1 mm/s, při kontaktu a penetrování vzorku byla zvolena nižší rychlost 0,8 mm/s a rychlost sondy při vrácení do původní pozice byla nastavena na 1 mm/s. Penetrace každého vzorku byla provedena minimálně 3 krát. [44]

### **6.6 Popis metod stanovení senzorické analýzy**

#### **6.6.1 Kruskal-Wallisův test – Srovnání tří a více vzorků**

Vhodnou metodou pro srovnání senzorického znaku u více jak dvou vzorků může být Kruskal-Wallisův test. Tento test slouží k ověření shody úrovně spojitého znaku v  $R$  nezávislých výběrech ( $R \geq 3$ ). Předpokládejme, že hodnotit sledované vlastnosti  $R$  vzorků, a počet posuzovatelů, kteří posuzovali jednotlivé vzorky, je alespoň 5. Ani u této metody se obecně nepředpokládá rovnost počtu posuzovatelů u jednotlivých vzorků, ale z praktického pohledu na celý experiment je možné stejný počet posuzovatelů požadovat. Obecně se

postupuje tak, že každému vzorku přiřadíme náhodný výběr reprezentovaný výsledky posuzovatelů ze všech jednotek vytvoříme sdružený (spojený) výběr o rozsahu  $n = n_1 + n_2 + \dots + n_R$  uspořádaný vzestupně podle velikosti. Jednotlivým hodnotám se přiřadí průměrná pořadová čísla (aritmetický průměr pořadí všech shodných jednotek dané kategorii). Pro každý výběr (výrobek) pak vypočítáme součet pořadí jednotek příslušejících do  $r$ -tého výběru a označíme jej  $T_r$ ,  $r = 1, 2, \dots, R$ .

Testovaná hypotéza předpokládá, že mezi  $R$  vzorky není rozdíl v úrovni sledovaného sensorického znaku. Alternativa testu potom bude předkládat, že existuje alespoň jeden výrobek, který se ve sledované  $R$ -tici v úrovni sensorického znaku liší od jiného nebo jiných výrobků. Testové kritérium Kruskal-Wallisova testu [40][41]

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

má při platnosti hypotézy přibližně rozdělení  $\chi^2$  s  $(R-1)$  stupni volnosti. Pokud je shodných pozorování ve všech výběrech více než 25 % (v našich podmínkách se % shodných pozorování bude blížit 100 %), potom se doporučuje užít korigované testové kritérium

$$Q_{KW}^* = \frac{Q_{kw}}{1 - \frac{D}{n^3 - n}} \quad (3)$$

kde  $D = \sum_{k=1}^K (n_k^3 - n_k)$

$K$  je počet kategorií

$R$  je počet výběrů (výrobků)

$n_k$  je počet pozorování v  $k$ -té kategorii ve spojeném souboru

$n_r$  je počet posuzovatelů v  $r$ -tém výběru

$n = \sum_{r=1}^R n_r$  je celkový počet posuzovatelů v testu

$T_r$  je součet pořadí jednotek  $r$ -tého výběru

Hypotézu se  $100(1 - \alpha)\%$  spolehlivostí zamítneme, pokud bude platit

$$Q_{KW}^* \geq \chi_{1-\alpha}^2(R - 1) \quad (4)$$

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

### 6.6.2 Pořadová zkouška

Pořadová zkouška slouží k rozřídění skupiny vzorků, k jejich seřazení podle intenzity sledovaného sensorického znaku, podle preferencí spotřebitelů, nebo ke sledování vlivu

určitého faktoru na organoleptické vlastnosti a senzoricou jakost vzorků. Užívá se především tam, kde rozdíly mezi jednotlivými vzorky jsou malé, tedy tam, kde stupnicové metody selhávají. Je nutné zdůraznit, že takto lze společně posuzovat pouze vzorky stejného druhu. [40][41]

Zkouška spočívá v tom, že posuzovatel obdrží v náhodném pořadí skupinu vzorků a jeho úkolem je seřadit vzorky podle daného ukazatele, např. příjemnosti (preference) či intenzity nějakého senzorickeho znaku. Příprava vzorků by měla být provedena korektně, tj. tak, aby posuzovatelé neměli možnost vyvozovat závěry o vlastnostech vzorků ze způsobu, jakým jsou předloženy. Posuzovatel si vzorky nejprve vyzkouší v předloženém pořadí a provede předběžné seřazení. Pořadová zkouška je poměrně náročná a vede k psychické i fyzické únavě. Největší nároky klade na senzoricou paměť. [40][41]

Pořadovou zkoušku můžeme vyhodnocovat různými statistickými metodami. Mezi nejznámější patří Friedmanův test. Používá se k ověření shody úrovně sledovaného znaku v souborech vytvořených na základě R závislých výběrů se stejnými rozsahy n jednotek. V oblasti senzorickech experimentů spočívá v tom, že každý jeden z n posuzovatelů 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 jeno z čísel od 1 do R. Výběry, které reprezentují výrobky, jsou ta na sobě závislé prostřednictvím posuzovatelů, zatímco výrobky jsou takové jsou nezávislé. Pro potřebu zpracování Friedmanova testu je třeba nejprve uspořádat data do tabulky viz. Příloha I-VIII. [40][41]

Testovaná hypotéza H předpokládá, že všechny vzorky pochází ze stejného základního souboru, tedy že vzorky v souboru nejsou významné rozdíly ve sledovaném senzorickech znaku (preferencích). Alternativní hypotéza A toto tvrzení popírá, říká tedy, že mezi zkoumanými vzorky je alespoň jeden, který se od jiného nebo jiných odlišuje. Pokud platí testovaná hypotéza, měly by být součty pořadí  $T_i$  teoreticky stejné. Friedmanův test posoudí, zda případné rozdíly součtů pořadí jsou významné. Testovým kritériem je veličina

$$FR = \frac{12}{n \cdot R \cdot (R+1)} \cdot \sum_{i=1}^R T_i^2 - 3 \cdot n \cdot (R+1) \quad (5)$$

kteřá má při platnosti hypotézy speciální rozdělení, jehož kritické hodnoty  $Q_{\alpha-1}(R, n)$  jsou pro  $\alpha = 0,01$  a  $0,05$  tabelované. Testovaná hypotéza se zamítne, když bude pro zvolené  $\alpha$  platit

$$FR \geq Q_{1-\alpha}(R, n) \quad (6)$$

Při zamítnutí testované hypotézy  $H$  Friedmanova testu prohlásíme vzorky na dané hladině významnosti  $\alpha$  za rozdílné v intenzitě sledovaného sensorického znaku, resp. preferencích. Potom je ovšem přirozené ptát se, které jednotlivé vzorky v  $R$ -tici posuzovaných vzorků se od sebe liší. K tomu slouží Némenyiho metoda vícenásobného párového porovnávání závislých výběrů. Tato metoda slouží ke zjišťování rozdílnosti mezi dvěma vzorky zařazenými do pořadového testu, z čehož plyne, že ji uživatel musí aplikovat  $R \cdot (R-1)/2$ krát, pokud chce prověřit pořadí. Rozdíl mezi  $i$ -tým a  $j$ -tým vzorkem je se  $100(1-\alpha)\%$  spolehlivostí významný platí-li

$$|T_i - T_j| \geq q_{1-\alpha}(R, n) \quad (7)$$

Předpokládejme, že ve skutečnosti je testovaná hypotéza  $H$  o shodě sledovaného znaku v  $R$  výběrech správná a Friedmanův test ji na hladině významnosti  $\alpha$  zamítne. Potom provedeme Némenyiho test, ve kterém může dojít k tomu, že u žádné testované dvojice výběrů na hladině významnosti  $\alpha$  hypotézu  $H$  o párové shodě úrovní zamítne. Ke stejné situaci může dojít v případě, kdy testování hypotéza  $H$  je ve skutečnosti nesprávná a Friedmanův test ji na hladině významnosti  $\alpha$  zamítne. I v tomto případě se může stát, že Némenyiho test s pravděpodobností  $\beta$  nezamítne u všech testovaných dvojic výběrů hypotézu  $H$ . Prakticky to znamená, že s velmi malou pravděpodobností může dojít k tomu, že Friedman hypotézu zamítne, ale Némenyeci „neodhalí“ žádnou dvojici, která by rozdílnost způsobovala. [40][41]

## 7 VÝSLEDKY A DISKUSE

### 7.1 Souhrnné výsledky

Tabulka 9: Souhrnné technologické podmínky výroby a výtěžnost mýdla

Exp. č.	Technologické podmínky			Hmotnost surového mýdla [g]	Hmotnost vysušeného mýdla [g] (100 °C, 24 h) *
	Faktor A Množství NaOH [g]	Faktor B Teplota zmýdelňování [°C]	Faktor C Množství NaCl [g]		
1	40	86	55	92,6	86,35
2	40	86	85	96,5	90,93
3	40	94	55	96,5	88,40
4	40	94	85	109,2	95,63
5	50	86	55	94,7	87,59
6	50	86	85	113,8	95,52
7	50	94	55	101,9	92,17
8	50	94	85	99,6	94,90
9	45	90	70	87,6	85,33
DE				100,0	93,98
P				100,0	85,35
NI				100,0	93,54

\*poznámka: Hodnoty teploty a času, při kterých bylo mýdlo sušeno

Tabulka 10: Tabulka naměřených hodnot pH, Celkové alkality, Tvorby pěny a Penetrace

	pH roztoku mýdla	Celková alkalita mýdla [%]	Pěnotvornost [%]	Stabilita pěny po 30 min [%]	Penetrace [N]
1	11,01 ± 0,06	1,71 ± 0,04	403,3 ± 6,3	373,3 ± 5,8	116,5 ± 31,2
2	10,65 ± 0,03	2,13 ± 0,07	350,0 ± 21,6	328,3 ± 5,8	117,9 ± 20,5
3	10,71 ± 0,04	2,48 ± 0,00	400,0 ± 43,6	398,3 ± 2,9	154,7 ± 63,8
4	10,66 ± 0,02	2,35 ± 0,06	400,0 ± 0,0	400,0 ± 0,0	46,9 ± 13,3
5	10,74 ± 0,01	2,56 ± 0,03	396,7 ± 38,7	395 ± 5,0	210,9 ± 35,6
6	10,95 ± 0,04	2,62 ± 0,09	375,0 ± 8,2	348,3 ± 2,9	101,4 ± 25,6
7	10,82 ± 0,04	2,42 ± 0,00	400,0 ± 22,3	361,7 ± 10,4	122,2 ± 28,6
8	10,71 ± 0,02	1,94 ± 0,10	450,0 ± 16,4	401,7 ± 2,9	153,0 ± 4,3
9	10,74 ± 0,02	2,33 ± 0,09	403,3 ± 12,0	388,3 ± 10,4	146,3 ± 18,0
DE	10,03 ± 0,15	1,59 ± 0,04	658,3 ± 11,0	591,7 ± 14,4	
P	10,61 ± 0,05	1,42 ± 0,00	683,3 ± 19,1	666,7 ± 14,4	
NI	10,33 ± 0,02	1,67 ± 0,06	716,7 ± 12,2	713,3 ± 23,1	

PROP.M.

139,3 ± 11,6



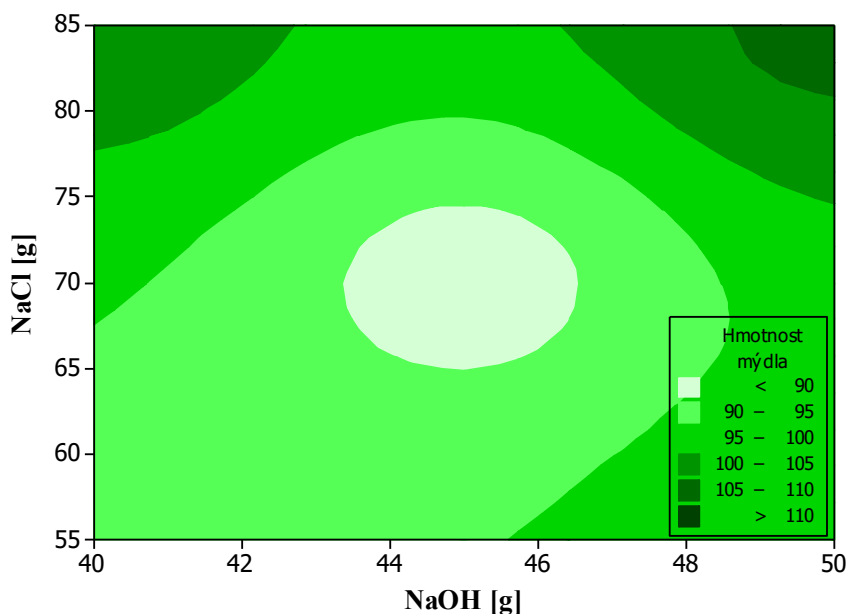
## 7.2 Pilotní experimenty

Před hlavní výrobou mýdel diplomové práce byly prováděny pilotní experimenty, aby bylo zjištěno, jak správně vyrobit mýdlo. Prvním problémem pilotních experimentů bylo, jaké množství NaOH použít pro úplné zmýdelnění tuku, jelikož první experimenty končily tak, že velké množství tuku nebylo zmýdelněno a vzniklá mýdelná směs byla mastná, nezmýdelněná. Další problém, který byl v pilotních experimentech objeven, bylo žloutnutí mýdla. Tento problém byl vyřešen tak, že byl přidán do výrobního procesu mezikrok Čištění, kdy z tukové směsi byla odstraněna masová tkáň, která způsobovala po výrobní žloutnutí.



Obrázek 16: Zažloutlé mýdlo vyrobené bez čistícího kroku

### 7.3 Technologické podmínky výroby a hmotnost vysušeného mýdla



Obrázek 17: Graf závislosti hmotnosti mýdla na množství NaCl a NaOH

Regresní rovnice

$$Hmotnost\ mýdla = 33,4 + 0,382\ NaOH + 0,322\ Teplota + 0,276\ NaCl$$

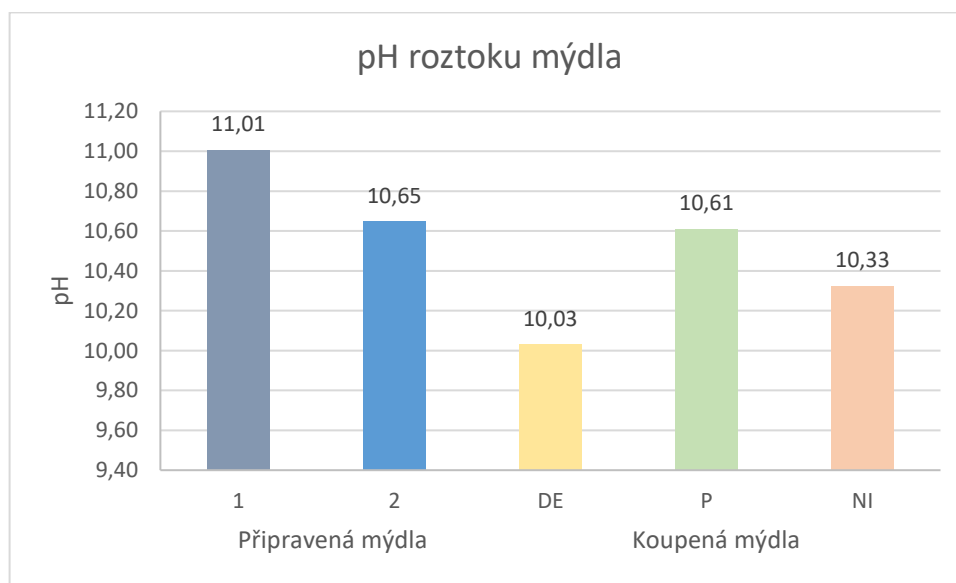
Hodnota P: NaOH = 0,528, Teplota = 0,668, NaCl = 0,203

**Diskuze:** Výsledná hmotnost sušeného mýdla byla velmi nesourodá, avšak byla velmi ovlivněna množství použitého NaOH při saponifikaci a následným množství NaCl použitým při vysolování. Jak je možné vidět z analytického grafu Viz. Obrázek 7 největší množství mýdla bylo získáno při nevyšší zvolené hmotnosti a NaCl a nejvyšší hmotnosti NaOH použitého při saponifikaci. Při střední hodnotě použitého NaOH se hodnoty množství získaného mýdla pohybují ve střední hodnotě mezi 95-100 gramy. V tomto případě bychom mohli říct, že hmotnost nebyla tak vysoká, jelikož původní vzorek surového tuku obsahoval velké množství nečistot, které byly odstraněny v procesu čištění, a tak byl hmotnostní objem použitého tuku při saponifikaci menší, a tedy při použití nejvyšších hodnot NaCl a středních hodnot NaOH nedochází k tak velkému zisku mýdla. Nejnižší množství mýdla získaného v experimentu je použití středních hodnot NaCl a NaOH. Mohlo opět dojít k odstranění většího množství nečistot a při vysolování mohlo dojít k nekompletnímu vysolení mýdla z roztoku. Při srovnání výroby mýdla z rostlinných olejů uvedených v odkaze, jejich

výtěžnost po přepočítání použitého vzorku přibližná. Tudíž nerovnoměrný zisk mýdla by mohl být zapříčiněn výrobní chybou. [45]

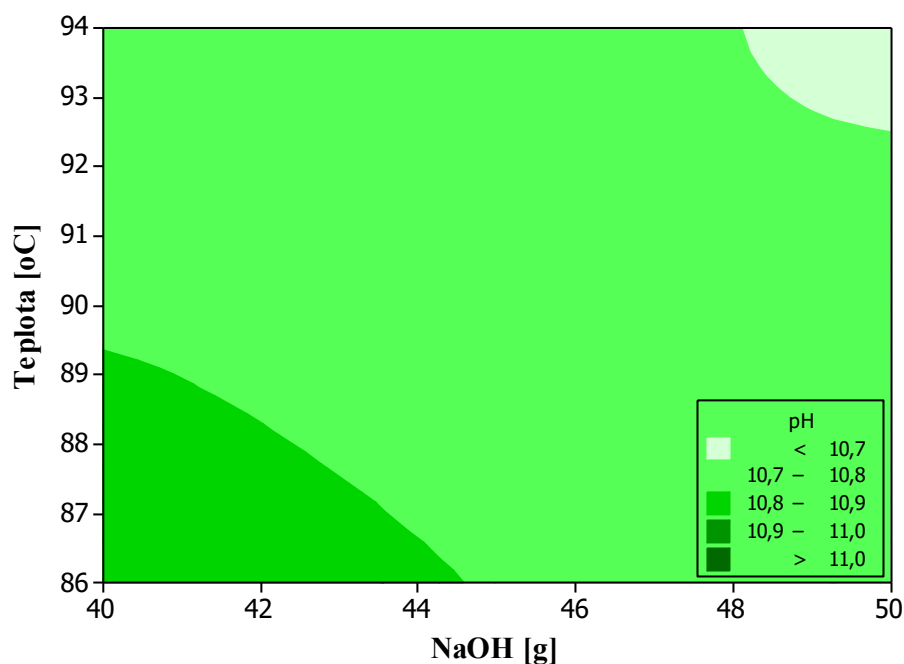
## 7.4 Stanovení pH

Obrázek grafu X znázorňuje a srovnává nejvyšší a nejnižší hodnotu pH roztoku naměřeného u laboratorně vyrobených mýdel a zároveň pH roztoků všech koupených mýdel běžně dostupných v obchodní síti.



Obrázek 18: Sloupcový graf srovnání pH roztoku mýdel

**Diskuze:** U mýdel vyrobených v laboratorních podmínkách se hodnota pH pohybovala v rozmezí 10,65 až 11,01 hodnoty pH, jak je vidět ve sloupcovém grafu Viz. Obrázek 8. Při srovnání s mýdly koupenými v obchodní síti, se mýdlo 2, nejvíce přibližuje mýdlům z obchodu, avšak hodnot, které jsou nižší úplně nedosáhne, jelikož na rozdíl od mýdel z obchodní sítě neobsahuje přídavné látky, které by snížily, nebo jinak upravily vysokou hodnotu pH pro lidskou pokožku. Při srovnání měření pH z odkazu **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** kdy v tomto dokumentu analyzovali mýdla z obchodní sítě pomocí přístroje CONSORT C535 multimeter vyšla hodnota těchto mýdel pod pH hodnotu 8. V porovnání s mým měřením jsou tyto hodnoty velmi nízké alespoň pokud můžu srovnat hodnoty mýdel z obchodu. Je zde tedy možnost, že měření, která byly provedena v laboratoři nebyla přesná nebo zvolený postup měření a vytváření vzorků nemusel být ideální, nebo při měření mohla nastat chyba, nebo špatné použití pH metru. [46][48]



Obrázek 19: Graf závislosti pH na množství NaOH a Teplotě

Regresní rovnice

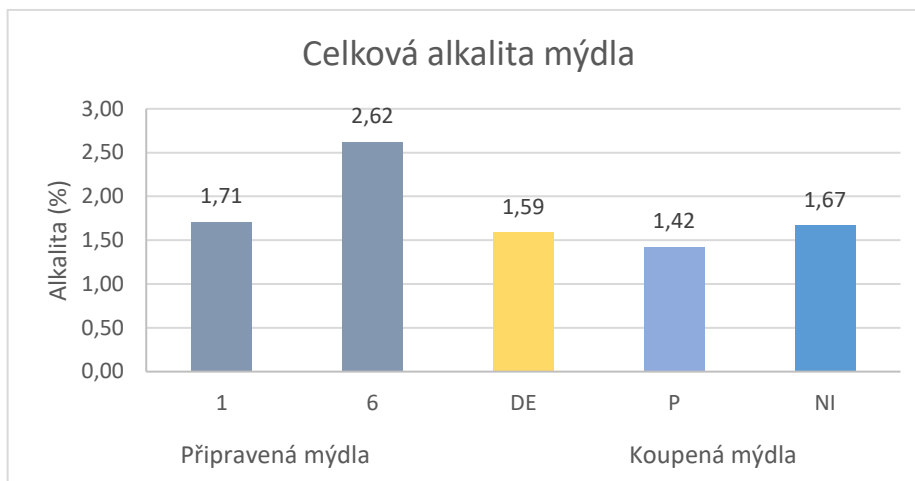
$$pH = 12,3 - 0,00775 NaOH - 0,0141 Teplota + 0,00158 NaCl$$

Hodnota P: NaOH = 0,441, Teplota = 0,279, NaCl = 0,630

**Diskuze:** Velikost hodnoty pH závisela na velikosti teploty a množství použitého NaOH při saponifikaci. Jak můžeme pozorovat na analytickém grafu Viz. Obrázek 9, je nejvyšší hodnota pH při použití nejnižší hodnoty množství NaOH a nízké teploty naopak nejnižší pH je pravý opak tedy nejvyšší teplota a největší množství NaOH. Vysoké hodnoty pH v mýdlech jsou způsobeny neúplnou hydrolýzou vyplývající z procesu saponifikace. [43] [46][48]

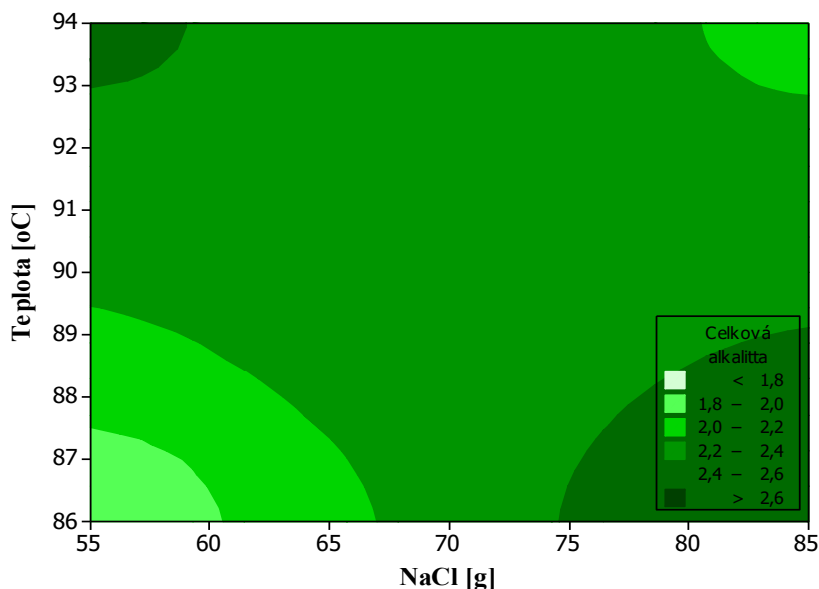
## 7.5 Celková alkalita

Obrázek grafu X znázorňuje a srovnává nejvyšší a nejnižší hodnotu celkové alkality naměřené u laboratorně vyrobených mýdel a zároveň celkové alkality roztoků všech koupených mýdel běžně dostupných v obchodní síti.



Obrázek 20: Sloupcový graf srovnání celkové alkality mýdel

**Diskuze:** Mýdla vyrobená v laboratoři dosahují hodnot celkové alkality v rozmezí 1,71 až 2,62 % jak znázorňuje sloupcový graf Viz. Obrázek 10. Ve srovnání s kupovanými mýdly se mýdlo 1 nejmíce přibližuje kupovaným mýdlům. Při srovnání mýdel s mýdly v odkaze, mýdla vyrobená v laboratoři mají větší celkovou alkalitu. Při srovnání dat naměřených v dokumentu v odkaze [43], kdy jsem použil stejnou měřicí metodu tak mi vyšly přibližně podobné hodnoty. V odkazovaném dokumentu nebylo přesně uvedeno, o jaký typ mýdla jde, jen zde poznamenali, že jde o toaletní mýdlo. Výsledné hodnoty v dokumentu dosahovali hodnot mýdla číslo 1 ale pokud bych měl hodnotit celkovou alkalitu kupovaných mýdel, je vyšší než standart, který je podle dokumentu 1,4 %, tato mýdla by tedy nemohla být uvedena na trh. I když metoda použitá z dokumentu byla provedena správně mohla se zde objevit chyba spojená s měřením, kdy barevné přechody pro stanovení nebyly přesně určeny a bylo spotřebováno více titračního roztoku, což vedlo k vyšší spotřebě, a tedy k vyšší hodnotě celkové alkality. I přes možnou chybu měření jsou si mýdla vyrobená v laboratoři dosti podobná. [43]



Obrázek 21: Graf závislosti celkové alkality na množství NaCl a Teplotě

Regresní rovnice

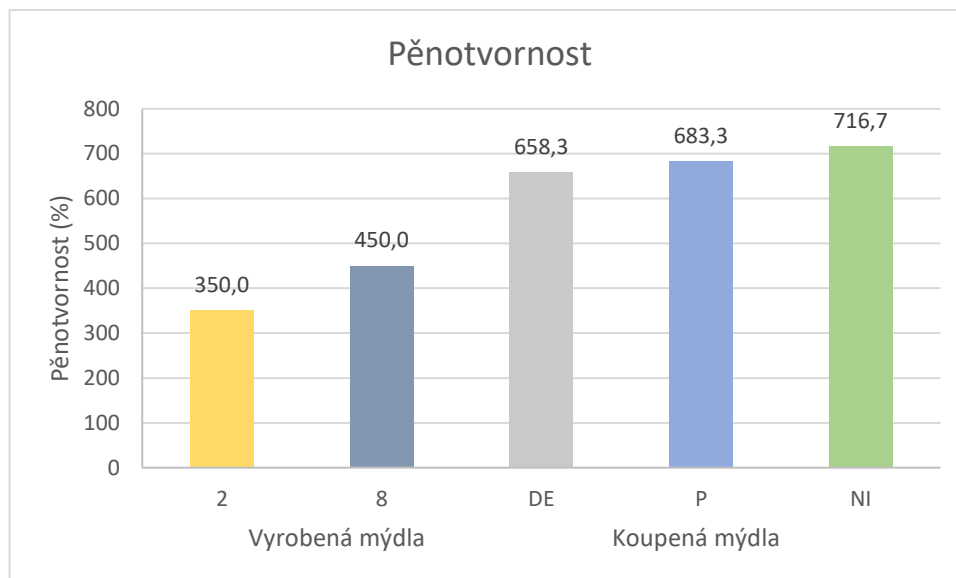
$$\text{Celková alkalita} = 1,44 - 0,0032 \text{ NaOH} + 0,0053 \text{ Teplota} + 0,00725 \text{ NaCl}$$

Hodnota P: NaOH = 0,902, Teplota = 0,872, NaCl = 0,424

**Diskuze:** Velikost celkové alkality závisela podle analytického grafu Viz. Obrázek 11 na množství NaCl použitého při vysolování a teplotě. Podle grafu nejvyšší celková alkalita je při přidavku nejvyššího stanoveného množství NaCl a při nejnižší stanovené teplotě. Avšak je zde i vysoká celková alkalita při nejvyšší teplotě a nejnižším přidavku NaCl. [43]

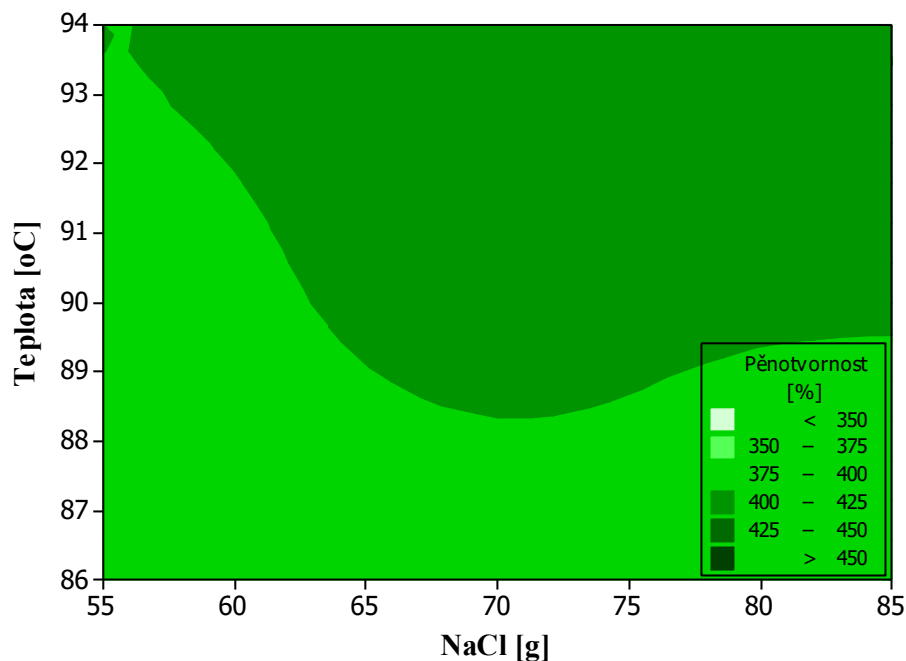
## 7.6 Tvorba pěny

Obrázek grafu X znázorňuje a srovnává nejvyšší a nejnižší pěnotvornou hodnotu naměřenou u laboratorně vyrobených mýdel a zároveň pěnotvornost všech koupěných mýdel běžně dostupných v obchodní síti.



Obrázek 22: Sloupcový graf srovnání pěnotvornosti mýdel

**Diskuse:** Mýdla vyrobená v laboratoři nedosahovala pěnotvorných vlastností jako mýdla koupená v obchodě, jak je možné vidět ve sloupcovém grafu Viz. Obrázek 12. Rozdíl v napěněném objemu byl velmi markantní, avšak toto by mohlo být způsobeno látkami, které podporují, zlepšují pěnotvornost a změkčují vodu. Mýdla vyrobená v laboratoři žádné takové látky neobsahují. Při porovnávání tvorby pěny v dokumentu v odkaze [48], kdy měřily tvorbu pěny komerčních mýdel použili odlišnou metodu, než jsem použil v pokusu já, avšak tvorba pěny těchto mýdel byla stejně velká, dokonce větší, jelikož použili jinou metodu. V dokumentu v odkaze [49] byla použita metoda, která se blížila metodě, kterou jsem použil při měření v laboratoři, rozdíl byl v použitém typu mýdla přesněji Sodné mýdlo kyseliny dihydroxystearové a také, že byla použit objemnější roztok, který byl tekutý. Nicméně pro srovnání mýdlo kyseliny dihydroxystearové mělo o něco méně lepší pěnotvorné vlastnosti než mýdla vyrobená v laboratoři. Pokus provedený v laboratoři nemusel být zcela přesný, jelikož třepací proces, i když byl proveden u každého měření 20 krát nebyl vždy stejný, jelikož každé jedno potřepání nebylo stejné, jelikož nebyla přítomna v laboratoři vhodná třepací aparatura. [48][49]



Obrázek 23: Graf závislosti pěnotvornosti na množství NaCl a Teplotě  
Regresní rovnice

$$\text{Pěnotvornost} = 34 - 0,62 \text{ NaOH} + 3,91 \text{ Teplota} + 0,570 \text{ NaCl}$$

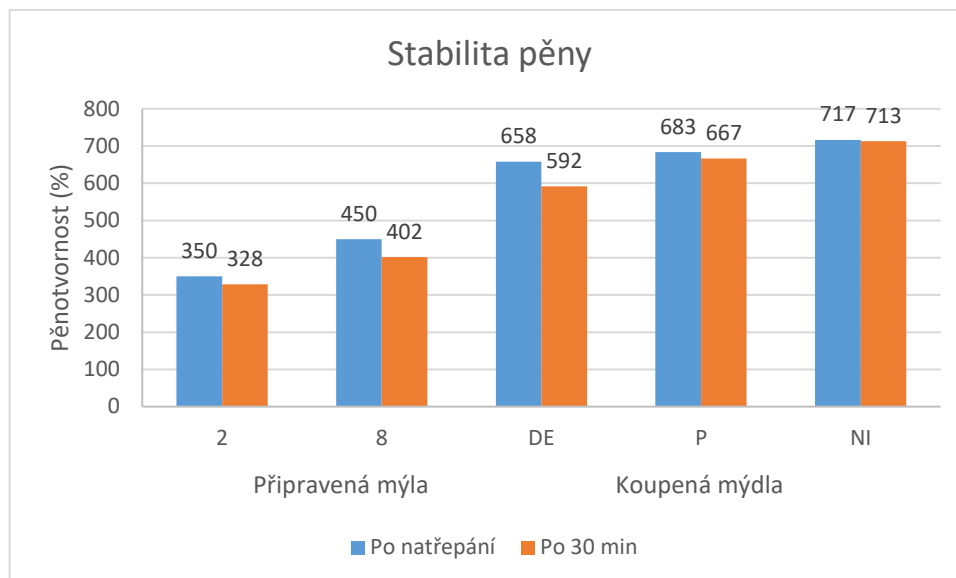
Hodnota P: NaOH = 0,733, Teplota = 0,130, NaCl = 0,368

**Diskuse:** Schopnost mýdla tvořit pěnu podle analytického grafu Viz. Obrázek 13 závisela na množství NaCl a teplotě. Z grafu jde vyčíst, že s navyšujícím se množstvím NaCl a vyšší teplotou se zvyšuje i pěnotvornost mýdla. [43]

## 7.7 Stabilita pěny

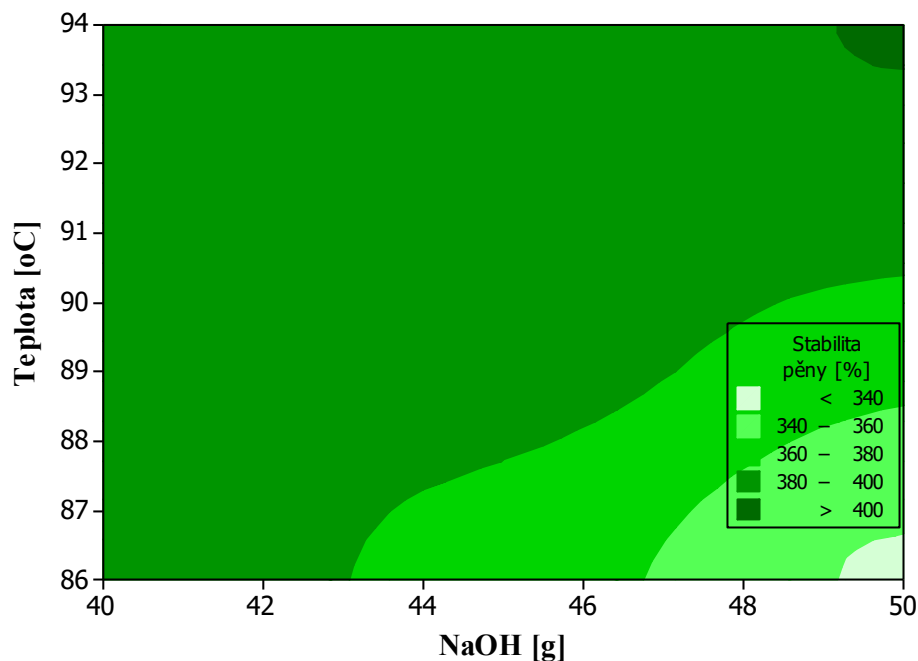
Obrázek grafu X znázorňuje a srovnává nejvyšší a nejnižší hodnotu stability pěny naměřené u laboratorně vyrobených mýdel a zároveň celkové stability pěn všech koupených mýdel běžně dostupných v obchodní síti.





Obrázek 24: Sloupcový graf srovnání stability pěny mýdel

**Diskuse:** Stabilita pěny u mýdel vyrobených v laboratoři je ve srovnání se stabilitou pěn u mýdel z obchodu poměrně stejná. Pokles objemu pěny u laboratorních mýdel je v rozmezí 22 až 48 % a u koupěných 0 až 66 %. Stabilita je tedy faktor, ve kterém se laboratorní mýdla přibližují nebo i oproti některým kupovaným mýdlům lepší. Při srovnání mýdel z dokumentu v odkaze [49] mýdla, kdy u jejich výroby bylo použité větší množství hydroxidu, než bylo tuku, tak byla stabilita mýdla velmi nízká. Mýdla vyrobená v laboratoři, při jejichž výrobě bylo použito menší množství NaOH např. mýdlo 2 měly lepší stabilitu pěny než mýdla s větším množstvím NaOH. Srovnání mýdel s mýdly v odkaze nelze úplně doslovně srovnávat, jelikož zde se jedná o mýdlo vyrobené z jednoho druhu mastné kyseliny, naopak mýdla vyrobená v laboratoři jsou vyrobena ze směsi mastných kyselin, což také mění charakteristiky stability pěny mýdel. [43][49]



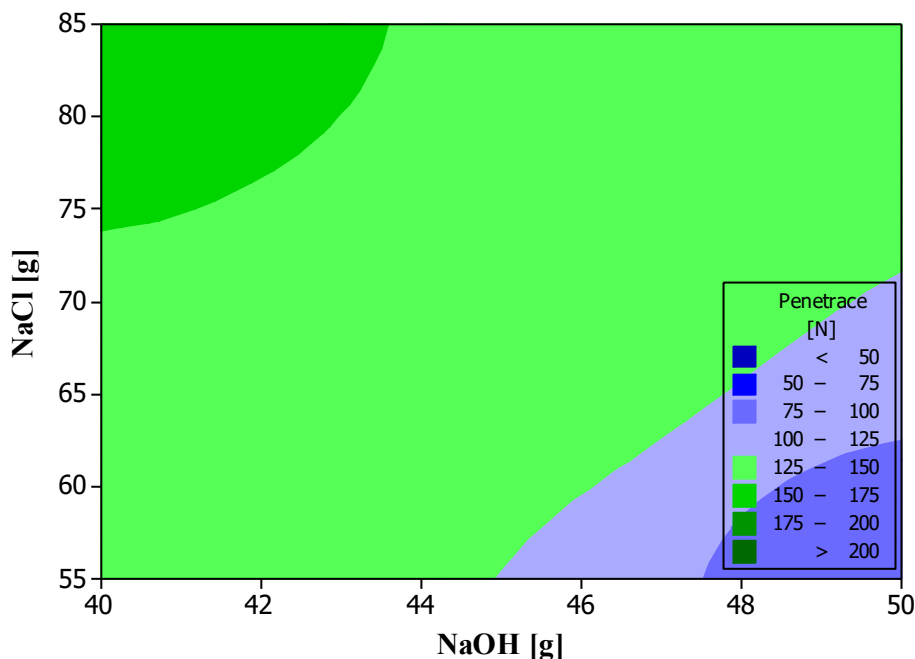
Obrázek 25: Graf závislosti stability pěny na množství NaOH a Teplotě  
Regresní rovnice

$$\text{Stabilita pěny} = 101 - 1,25 \text{ NaOH} + 3,65 \text{ Teplota} + 0,057 \text{ NaCl}$$

Hodnota P: NaOH = 0,532, Teplota = 0,177, NaCl = 0,931

**Diskuse:** Schopnost mýdla vytvořit a udržet stabilní pěnu podle analytického grafu Viz. Obrázek 15 závisela na množství NaOH a teplotě. Z grafu lze vyčíst, že mýdlo má nejhorší stabilitu při nejvyšším stanoveném množství přidaného NaOH. Při pozorném studování, však při nejvyšším možném přídávku NaOH a nejvyšší teplotě má laboratorní mýdlo naopak nejvyšší naměřenou stabilitu pěny. [43]

## 7.8 Penetrační test



Obrázek 26: Graf závislosti penetrace na množství NaOH a NaCl

Regresní rovnice

$$Penetrace = 446 - 4,63 NaOH - 2,18 Teplota + 1,26 NaCl$$

Hodnota P: NaOH = 0,169, Teplota = 0,571 NaCl = 0,246

**Diskuse:** Tvrdost mýdla podle analytického grafu Viz. Obrázek 16 závisela na množství NaOH a NaCl. Kdy při nejnižším stanoveném množství přidaného NaOH a nejvyšším přídavku NaCl bylo mýdlo nejtvrdší a při nejnižším přídavku NaCl a nejvyšším přídavku NaOH bylo nejměkčí. Ve srovnání s mýdly uvedeném v odkaze byly mýdla vyrobená v laboratoři velmi měkká. Ale úspěšnost tohoto měření je zavádějící, z důvodu, že tabulky mýdel vyrobené pro účel měření penetračního testu mýdel byly velmi tvrdé a zároveň křehké, jelikož při působení sondy a vyvinutí vyšší síly došlo u tabulek mýdla k prasknutí a následné další měření už nemohlo být zcela totožné. Při měření mýdel z obchodní sítě metoda nemohla být použita, jelikož přístroj nebyl schopný mýdlo penetrovat a mohlo dojít k jeho poškození. [47]

## 7.9 Senzorické hodnocení mýdel

### 7.9.1 Vzhled povrchu

Vzhled povrchu mýdel byl hodnocen na základě vnějších vzhledových vlastností mýdel, kdy při sensorickém hodnocení se účastníci sensorické analýzy zaměřovaly za pomoci zrakového a hmatového smyslu na povrch mýdla. Mýdlo by mělo mít v nejlepším možném hodnocení „Vynikající“ hladký a lesklý povrch, který by neměl být nijak narušený a musel být zcela homogenní bez prasklin, trhlin, hrbolů a jiných deformací. Při nejhorším možném hodnocení „Nepříjemné“, by mělo mýdlo mít narušený povrch s viditelnými místy po vzduchových bublinkách, praskliny a trhliny. Jeho povrch by byl matný, a ne příliš hladký. Hodnoty, hodnocení účastníku sensorické analýzy se nachází v tabulce viz. Příloha I. Stupnice hodnocení Vzhledu povrchu mýdel se nachází viz. Příloha X.

Testovaná hypotéza: Výrobky jsou si podobné; nejsou mezi nimi rozdíly

$$H: A \equiv B \equiv C \equiv D \equiv E \equiv F$$

Alternativní hypotéza: Mezi výrobky existuje alespoň jeden, který se liší od ostatních

$$A: \text{non } H$$

Tabulka 11: Vzhled povrchu

Vzorek	Kategorie							SUMA
	1	2	3	4	5	6	7	
A	2	5	4	4	4	1	0	20
B	1	7	5	4	1	2	0	20
C	7	8	3	2	0	0	0	20
D	12	3	2	1	0	2	0	20
E	10	7	2	0	1	0	0	20
F	3	9	3	1	2	2	0	20
nk	35	39	19	12	8	7	0	
Nk	35	74	93	105	113	120	120	
Rk	18	55	84	99,5	109,5	117	120,5	
Ta	36	275	336	398	438	117	0	1600
Tb	18	385	420	398	109,5	234	0	1564,5
Tc	126	440	252	199	0	0	0	1017
Td	216	165	168	99,5	0	234	0	882,5
Te	180	385	168	0	109,5	0	0	842,5
Tf	54	495	252	99,5	219	234	0	1353,5

n	120
R	6
$\alpha$	0,05

$$Q_{kw} = \frac{12}{n \cdot (n + 1)} \cdot \left( \frac{T_A^2}{n_A} + \frac{T_B^2}{n_B} + \frac{T_C^2}{n_C} + \frac{T_D^2}{n_D} + \frac{T_E^2}{n_E} + \frac{T_F^2}{n_F} \right) - 3 \cdot (n + 1) \quad (8)$$

$$Q_{kw} = \frac{12}{120 \cdot (120 + 1)} \cdot \left( \frac{1600^2}{20} + \frac{1564,5^2}{20} + \frac{1017^2}{20} + \frac{882,5^2}{20} + \frac{842,5^2}{20} + \frac{1353,5^2}{20} \right) - 3 \cdot (120 + 1) = 23,88 \quad (9)$$

$$Q_{kw}^* = \frac{Q_{kw}}{1 - \frac{\sum(n_k^3 - n_k)}{n^3 - n}} \quad (10)$$

$$Q_{kw}^* = \frac{23,88}{1 - \frac{(35^3 - 35) + (39^3 - 39) + (19^3 - 19) + (12^3 - 12) + (8^3 - 8) + (7^3 - 7)}{120^3 - 120}} \quad (11)$$

$$= 25,52$$

$$Q_{kw}^* \geq \chi_{0,95}(R - 1)$$

$$25,52 \geq 11,07$$

Hodnota testového kritéria padla do kritického oboru. Hypotézu tedy zamítáme a přijímáme alternativu. S 95% spolehlivostí se podařilo prokázat, že mezi mýdly je alespoň jedno nebo více mýdel, které mají rozdílný povrch. Použijeme Némenyiho test vícenásobného párového porovnání závislých výběrů.

Testovaná hypotéza: Výrobky jsou si podobné; nejsou mezi nimi rozdíly

$$H: I \equiv J$$

Alternativní hypotéza: Mezi výrobky existuje alespoň jeden, který se liší od ostatních

$$A: I \text{ non } J$$

$$|T_i - T_j| \geq Q_{0,95}(R, n) \quad (12)$$

$$|T_i - T_j| \geq 626,9$$

Tabulka 12: Némenyiho test pro vzhled povrchu

	A	B	C	D	E
B	35,5				
C	583	547,5			
D	<b>717,5</b>	<b>682</b>	134,5		
E	<b>757,5</b>	<b>722</b>	174,5	40	
F	246,5	211	336,5	471	511

Podle statistického výsledku lze říct, že s 95% spolehlivostí se podařilo prokázat, že rozdíl v povrchu existuje mezi vzorky A-D, A-E, B-D, B-E. Lze konstatovat, že mýdlo D je hladší a lesklejší než mýdlo A a B a zároveň mýdlo E je hladší a lesklejší než mýdlo A a B. Ostatní vzorky se v rozdílu povrchu statisticky významně neliší.

### 7.9.2 Vzhled barvy

Vzhled barvy mýdel byl hodnocen na základě vnějších vzhledových vlastností mýdel, kdy při sensorickém hodnocení se účastníci sensorické analýzy zaměřovali za pomoci zrakového smyslu na barvu na povrchu mýdla. Mýdlo by mělo mít v nejlepším možném hodnocení „Vynikající“ smetanově bílou barvu bez žádných jiných barevných příměsí a změn. Při nejhorším možném hodnocení „Nepřijatelné“, by mělo mýdlo mít světle až tmavě hnědou barvu. Hodnoty, hodnocení účastníku sensorické analýzy se nachází v tabulce viz. Příloha II. Stupnice hodnocení Vzhledu povrchu mýdel se nachází viz. Příloha X.

Testovaná hypotéza: Výrobky jsou si podobné; nejsou mezi nimi rozdíly

$$H: A \equiv B \equiv C \equiv D \equiv E \equiv F$$

Alternativní hypotéza: Mezi výrobky existuje alespoň jeden, který se liší od ostatních

$$A: \text{non } H$$

Tabulka 13: Vzhled barvy

Vzorek	Kategorie							SUMA
	1	2	3	4	5	6	7	
A	7	1	7	5	0	0	0	20
B	6	12	2	0	0	0	0	20
C	7	13	0	0	0	0	0	20
D	13	3	3	1	0	0	0	20
E	7	4	4	4	1	0	0	20
F	1	2	11	1	4	1	0	20
nk	41	35	27	11	5	1	0	
Nk	41	76	103	114	119	120	120	
Rk	21	59	90	109	117	120	120,5	
Ta	126	55	588	497,5	0	0	0	1266,5
Tb	108	660	168	0	0	0	0	936
Tc	126	715	0	0	0	0	0	841
Td	234	165	252	99,5	0	0	0	750,5
Te	126	220	336	398	109,5	0	0	1189,5
Tf	18	110	924	99,5	438	117	0	1706,5

n	120
R	6
$\alpha$	0,05

$$Q_{kw} = \frac{12}{n \cdot (n + 1)} \cdot \left( \frac{T_A^2}{n_A} + \frac{T_B^2}{n_B} + \frac{T_C^2}{n_C} + \frac{T_D^2}{n_D} + \frac{T_E^2}{n_E} + \frac{T_F^2}{n_F} \right) - 3 \cdot (n + 1) \quad (13)$$

$$Q_{kw} = \frac{12}{120 \cdot (120 + 1)} \cdot \left( \frac{1266,5^2}{20} + \frac{936^2}{20} + \frac{841^2}{20} + \frac{750,5^2}{20} + \frac{1189,5^2}{20} + \frac{1706,5^2}{20} \right) - 3 \cdot (120 + 1) = -29,21 \quad (14)$$

$$Q_{kw}^* = \frac{Q_{kw}}{1 - \frac{\sum(n_k^3 - n_k)}{n^3 - n}} \quad (15)$$

$$Q_{kw}^* = \frac{23,88}{1 - \frac{(41^3 - 41) + (35^3 - 35) + (27^3 - 27) + (11^3 - 11) + (5^3 - 5) + (1^3 - 1)}{120^3 - 120}} \quad (16)$$

$$= -31,64$$

$$Q_{kw}^* \geq \chi_{0,95}(R - 1)$$

$$-31,64 \geq 11,07$$

Hodnota testového kritéria nepadla do kritického oboru. Hypotézu tedy přijímáme a zamítáme alternativu. S 95% spolehlivostí se podařilo prokázat, že mezi mýdly není ani jedno, které by mělo rozdílnou barvu.

### 7.9.3 Lesk

Lesk mýdel byl hodnocen na základě vnějších vzhledových vlastností mýdel, kdy při senzoričném hodnocení se účastníci senzoričké analýzy zaměřovali za pomoci zrakového smyslu na lesklost povrchu mýdla. Mýdlo by mělo mít v nejlepším možném hodnocení „Vynikající“ typický vysoký lesk. Při nejhorším možném hodnocení „Nepřijatelné“, by mělo mýdlo mít matný nelesklý povrch. Hodnoty, hodnocení účastníku senzoričké analýzy se nachází v tabulce viz. Příloha III. Stupnice hodnocení Vzhledu povrchu mýdel se nachází viz. Příloha X.

Testovaná hypotéza: Výrobky jsou si podobné; nejsou mezi nimi rozdíly

$$H: A \equiv B \equiv C \equiv D \equiv E \equiv F$$

Alternativní hypotéza: Mezi výrobky existuje alespoň jeden, který se liší od ostatních

$$A: \text{non } H$$

Tabulka 14: Lesk

Vzorek	Kategorie							SUMA
	1	2	3	4	5	6	7	
A	0	5	3	3	6	3	0	20
B	1	5	2	3	6	3	0	20
C	4	2	6	4	1	3	0	20
D	11	4	2	2	1	0	0	20
E	6	7	4	1	2	0	0	20
F	5	4	4	4	2	1	0	20
nk	27	27	21	17	18	10	0	
Nk	27	54	75	92	110	120	120	
Rk	14	41	65	84	101,5	115,5	120,5	
Ta	0	275	252	298,5	657	351	0	1833,5
Tb	18	275	168	298,5	657	351	0	1767,5
Tc	72	110	504	398	109,5	351	0	1544,5
Td	198	220	168	199	109,5	0	0	894,5
Te	108	385	336	99,5	219	0	0	1147,5
Tf	90	220	336	398	219	117	0	1380

n	120
R	6
$\alpha$	0,05

$$Q_{kw} = \frac{12}{n \cdot (n + 1)} \cdot \left( \frac{T_A^2}{n_A} + \frac{T_B^2}{n_B} + \frac{T_C^2}{n_C} + \frac{T_D^2}{n_D} + \frac{T_E^2}{n_E} + \frac{T_F^2}{n_F} \right) - 3 \cdot (n + 1) \quad (17)$$

$$Q_{kw} = \frac{12}{120 \cdot (120 + 1)} \cdot \left( \frac{1833,5^2}{20} + \frac{1767,5^2}{20} + \frac{1544,5^2}{20} + \frac{894,5^2}{20} + \frac{1147,5^2}{20} + \frac{1380^2}{20} \right) - 3 \cdot (120 + 1) = 169,75 \quad (18)$$

$$Q_{kw}^* = \frac{Q_{kw}}{1 - \frac{\sum (n_k^3 - n_k)}{n^3 - n}} \quad (19)$$

$$Q_{kw}^* = \frac{169,75}{1 - \frac{(27^3 - 27) + (27^3 - 27) + (21^3 - 21) + (17^3 - 17) + (18^3 - 18) + (10^3 - 10)}{120^3 - 120}} = 175,88 \quad (20)$$

$$Q_{kw}^* \geq \chi_{0,95}(R - 1)$$

$$175,88 \geq 11,07$$

Hodnota testového kritéria padla do kritického oboru. Hypotézu tedy zamítáme a přijímáme alternativu. S 95% spolehlivostí se podařilo prokázat, že mezi mýdly je alespoň jedno nebo více mýdel, které mají rozdílný lesk. Použijeme Némenyihovo test vícenásobného párového porovnání závislých výběrů.



Testovaná hypotéza: Výrobky jsou si podobné; nejsou mezi nimi rozdíly

$$H: I \equiv J$$

Alternativní hypotéza: Mezi výrobky existuje alespoň jeden, který se liší od ostatních

$$A: I \text{ non } J$$

$$|T_i - T_j| \geq Q_{0,95}(R, n) \quad (21)$$

$$|T_i - T_j| \geq 626,9$$

Tabulka 15: Němenyiho test pro lesk

	A	B	C	D	E
B	66				
C	289	223			
D	<b>939</b>	<b>873</b>	<b>650</b>		
E	<b>686</b>	620	397	253	
F	453,5	387,5	164,5	485,5	232,5

Podle statistického výsledku lze říct, že s 95% spolehlivostí se podařilo prokázat, že rozdíl lesklosti existuje mezi vzorky A-D, A-E, B-D, C-D. Lze konstatovat, že mýdlo D je lesklejší než mýdlo A,B a C a zároveň mýdlo E je lesklejší než mýdlo A. Ostatní vzorky se v rozdílu povrchu statisticky významně neliší.

#### 7.9.4 Vzhled a barva řezu

Vzhled povrchu mýdel byl hodnocen na základě vnějších vzhledových vlastností mýdel, kdy při senzoričném hodnocení se účastníci senzoričké analýzy zaměřovali za pomoci zrakového a hmatového smyslu na vzhled barvy a řezu mýdla. Mýdlo by mělo mít v nejlepší možném hodnocení „Vynikající“ hladký a lesklý povrch řezu, který by neměl mít praskliny, trhliny a bublinové kaverny. Barva by měla být smetanově bílá po celém povrchu řezu bez známek jiného zbarvení. Při nejhorším možném hodnocení „Nepřijatelné“, by mělo mýdlo mít narušený povrch řezu s viditelnými místy po vzduchových bublinkách, praskliny a trhliny. Povrch řezu by měl být matný, a ne příliš hladký. Barva řezu mýdla by měla být hnědá až tmavě hnědá. Hodnoty, hodnocení účastníku senzoričké analýzy se nachází v tabulce viz. Příloha IV. Stupnice hodnocení Vzhledu povrchu mýdel se nachází viz. Příloha X.

Testovaná hypotéza: Výrobky jsou si podobné; nejsou mezi nimi rozdíly

$$H: A \equiv B \equiv C \equiv D \equiv E \equiv F$$

Alternativní hypotéza: Mezi výrobky existuje alespoň jeden, který se liší od ostatních

A: non H

Tabulka 16: Vzhled a barva řezu

Vzorek	Kategorie							SUMA
	1	2	3	4	5	6	7	
A	4	8	3	4	0	1	0	20
B	4	11	1	2	1	1	0	20
C	9	9	1	0	0	1	0	20
D	8	7	2	3	0	0	0	20
E	4	6	4	3	2	1	0	20
F	1	2	8	4	3	2	0	20
nk	30	43	19	16	6	6	0	
Nk	30	73	92	108	114	120	120	
Rk	15,5	52	83	100,5	111,5	117,5	120,5	
Ta	72	440	252	398	0	117	0	1279
Tb	72	605	84	199	109,5	117	0	1186,5
Tc	162	495	84	0	0	117	0	858
Td	144	385	168	298,5	0	0	0	995,5
Te	72	330	336	298,5	219	117	0	1372,5
Tf	18	110	672	398	328,5	234	0	1760,5

n	120
R	6
$\alpha$	0,05

$$Q_{kw} = \frac{12}{n \cdot (n + 1)} \cdot \left( \frac{T_A^2}{n_A} + \frac{T_B^2}{n_B} + \frac{T_C^2}{n_C} + \frac{T_D^2}{n_D} + \frac{T_E^2}{n_E} + \frac{T_F^2}{n_F} \right) - 3 \cdot (n + 1) \quad (22)$$

$$Q_{kw} = \frac{12}{120 \cdot (120 + 1)} \cdot \left( \frac{1279^2}{20} + \frac{1186,5^2}{20} + \frac{858^2}{20} + \frac{995,5^2}{20} + \frac{1372,5^2}{20} + \frac{1760,5^2}{20} \right) - 3 \cdot (120 + 1) = 40,05 \quad (23)$$

$$Q_{kw}^* = \frac{Q_{kw}}{1 - \frac{\sum(n_k^3 - n_k)}{n^3 - n}} \quad (24)$$

$$Q_{kw}^* = \frac{40,05}{1 - \frac{(30^3 - 30) + (43^3 - 43) + (19^3 - 19) + (16^3 - 16) + (6^3 - 6) + (6^3 - 6)}{120^3 - 120}} = 42,98 \quad (25)$$

$$Q_{kw}^* \geq \chi_{0,95}(R - 1)$$

$$42,98 \geq 11,07$$

Hodnota testového kritéria padla do kritického oboru. Hypotézu tedy zamítáme a přijímáme alternativu. S 95% spolehlivostí se podařilo prokázat, že mezi mýdly je alespoň jedno nebo více mýdel, které mají rozdílný lesk. Použijeme Němenyiho test vícenásobného párového porovnání závislých výběrů.

Testovaná hypotéza: Výrobky jsou si podobné; nejsou mezi nimi rozdíly

$$H: I \equiv J$$

Alternativní hypotéza: Mezi výrobky existuje alespoň jeden, který se liší od ostatních

$$A: I \text{ non } J$$

$$|T_i - T_j| \geq Q_{0,95}(R, n) \quad (26)$$

$$|T_i - T_j| \geq 626,9$$

Tabulka 17: Němenyiho test pro vzhled a barvu řezu

	A	B	C	D	E
B	92,5				
C	421	328,5			
D	283,5	191	137,5		
E	93,5	186	514,5	377	
F	481,5	574	<b>902,5</b>	<b>765</b>	388

Podle statistického výsledku lze říct, že s 95% spolehlivostí se podařilo prokázat, že rozdíl ve vzhledu a barvě řezu existuje mezi vzorky C-F a D-F. Lze konstatovat, že mýdlo F má lepší vzhled a barvu řezu než mýdlo C a D. Ostatní vzorky se v rozdílu povrchu statisticky významně neliší.

### 7.9.5 Vůně

Vůně mýdel byla hodnocena na základě pachových vlastností mýdel, kdy při sensorickém hodnocení se účastníci sensorické analýzy zaměřovali za pomoci čichového smyslu na vůni mýdla. Mýdlo by mělo mít v nejlepším možném hodnocení „Vynikající“ čistou harmonickou vůni, která by měla být mýdlo až aromatická. Při nejhorším možném hodnocení „Nepřijatelné“, by mělo mýdlo mít silně zapáchají, žluklý zápach, který je velmi netypický a značí přítomnost nezmýdelněných tuků v mýdle. Hodnoty, hodnocení účastníku sensorické analýzy se nachází v tabulce viz. Příloha V. Stupnice hodnocení Vzhledu povrchu mýdel se nachází viz. Příloha X. (30)

Testovaná hypotéza: Výrobky jsou si podobné; nejsou mezi nimi rozdíly

$$H: A \equiv B \equiv C \equiv D \equiv E \equiv F$$

Alternativní hypotéza: Mezi výrobky existuje alespoň jeden, který se liší od ostatních

$$A: \text{non } H$$

Tabulka 18: Vůně

Vzorek	Kategorie							SUMA
	1	2	3	4	5	6	7	
A	1	6	7	2	4	0	0	20
B	1	6	8	1	3	1	0	20
C	12	5	2	0	0	1	0	20
D	9	7	1	1	1	1	0	20
E	9	6	2	1	2	0	0	20
F	5	11	2	1	1	0	0	20
nk	37	41	22	6	11	3	0	
Nk	37	78	100	106	117	120	120	
Rk	19	58	89,5	103,5	112	119	120,5	
Ta	18	330	588	199	438	0	0	1573
Tb	18	330	672	99,5	328,5	117	0	1565
Tc	216	275	168	0	0	117	0	776
Td	162	385	84	99,5	109,5	117	0	957
Te	162	330	168	99,5	219	0	0	978,5
Tf	90	605	168	99,5	109,5	0	0	1072

n	120
R	6
$\alpha$	0,05

$$Q_{kw} = \frac{12}{n \cdot (n + 1)} \cdot \left( \frac{T_A^2}{n_A} + \frac{T_B^2}{n_B} + \frac{T_C^2}{n_C} + \frac{T_D^2}{n_D} + \frac{T_E^2}{n_E} + \frac{T_F^2}{n_F} \right) - 3 \cdot (n + 1) \quad (27)$$

$$Q_{kw} = \frac{12}{120 \cdot (120 + 1)} \cdot \left( \frac{1573^2}{20} + \frac{1565^2}{20} + \frac{776^2}{20} + \frac{957^2}{20} + \frac{978,5^2}{20} + \frac{1072^2}{20} \right) - 3 \cdot (120 + 1) = -9,77 \quad (28)$$

$$Q_{kw}^* = \frac{Q_{kw}}{1 - \frac{\sum(n_k^3 - n_k)}{n^3 - n}} \quad (29)$$

$$Q_{kw}^* = \frac{-9,77}{1 - \frac{(37^3 - 37) + (41^3 - 41) + (22^3 - 22) + (6^3 - 6) + (11^3 - 11) + (3^3 - 3)}{120^3 - 120}} = -10,57 \quad (30)$$

$$Q_{kw}^* \geq \chi_{0,95}(R - 1)$$

$$-10,57 \geq 11,07$$

Hodnota testového kritéria nepadla do kritického oboru. Hypotézu tedy přijímáme a zamítáme alternativu. S 95% spolehlivostí se podařilo prokázat, že mezi mýdly není ani jedno, které by mělo rozdílnou vůni.

### 7.9.6 Homogenita řezu

Homogenita řezu mýdel byla hodnocena na základě vnitřních vzhledových vlastností mýdel, kdy při sensorickém hodnocení se účastníci sensorické analýzy zaměřovali za pomoci zrakového smyslu na homogenitu mýdla. V hodnocení měli hodnotitelé označit každý vzorek mýdla číslicí 1-6, kdy mohli použít pouze jedno číslo pro jeden vzorek, kdy číslo 1 označovalo, že vzorek mýdla je nejméně homogenní a číslo 6 naopak, že je nejvíce homogenní. Hodnoty, hodnocení účastníku sensorické analýzy se nachází v tabulce viz. Příloha VI. Stupnice hodnocení Vzhledu povrchu mýdel se nachází viz. Příloha IX. (32)

Testovaná hypotéza: Výrobky jsou si podobné; nejsou mezi nimi rozdíly

$$H: A \equiv B \equiv C \equiv D \equiv E \equiv F$$

Alternativní hypotéza: Mezi výrobky existuje alespoň jeden, který se liší od ostatních

$$A: \text{non } H$$

n	20
R	6
$\alpha$	0,05

$$FR = \frac{12}{n \cdot R \cdot (R + 1)} \cdot \sum_{i=1}^R T_i^2 - 3 \cdot n \cdot (R + 1) \quad (31)$$

$$FR = \frac{12}{20 \cdot 6 \cdot (6 + 1)} \cdot (6084 + 4761 + 7744 + 2809 + 4624 + 4096) - 3 \cdot 20 \cdot (6 + 1) = 10,26 \quad (32)$$

$$FR \geq Q_{0,95}(6,20)$$

$$10,26 \geq 10,92$$

Hodnota testového kritéria nepadla do kritického oboru. Hypotézu tedy přijímáme a zamítáme alternativu. S 95% spolehlivostí se podařilo prokázat, že mezi mýdly není ani jedno, které by mělo rozdílnou homogenitu řezu.

### 7.9.7 Tuhost

Tuhost mýdel byla hodnocena na základě tvrdosti mýdla při krájení, kdy účastníci sensorického hodnocení rozkrajovali mýdlo za pomoci kuchyňských nožů a hodnotili odpor při krájení. V hodnocení měli hodnotitelé označit každý vzorek mýdla číslicí 1-6, kdy mohli použít pouze jedno číslo pro jeden vzorek, kdy číslo 1 označovalo, že vzorek mýdla je nejméně tuhý a číslo 6 naopak, že je nejtušší. Hodnoty, hodnocení účastníku sensorické analýzy se nachází v tabulce viz. Příloha VII. Stupnice hodnocení Vzhledu povrchu mýdel se nachází viz. Příloha IX.

Testovaná hypotéza: Výrobky jsou si podobné; nejsou mezi nimi rozdíly

$$H: A \equiv B \equiv C \equiv D \equiv E \equiv F$$

Alternativní hypotéza: Mezi výrobky existuje alespoň jeden, který se liší od ostatních

$$A: \text{non } H$$

n	20
R	6
$\alpha$	0,05

$$FR = \frac{12}{n \cdot R \cdot (R + 1)} \cdot \sum_{i=1}^R T_i^2 - 3 \cdot n \cdot (R + 1) \quad (33)$$

$$FR = \frac{12}{20 \cdot 6 \cdot (6 + 1)} \cdot (5041 + 3364 + 5184 + 3600 + 5476 + 7225) - 3 \cdot 20 \cdot (6 + 1) = 7,00 \quad (34)$$

$$FR \geq Q_{0,95}(6,20)$$

$$7,00 \geq 10,92$$

Hodnota testového kritéria nepadla do kritického oboru. Hypotézu tedy přijímáme a zamítáme alternativu. S 95% spolehlivostí se podařilo prokázat, že mezi mýdly není ani jedno, které by mělo rozdílnou tuhost.

### 7.9.8 Celková preference

Celková preference byla hodnocena na základě sympatie a celkového zhodnocení mýdel, kdy účastníci sensorického hodnocení předložená mýdla seřazovali podle kladných, či záporných preferencí. V hodnocení měli hodnotitelé označit každý vzorek mýdla číslicí 1-6, kdy mohli použít pouze jedno číslo pro jeden vzorek, kdy číslem 1 byl označen nejlepší, nejpreferovanější vzorek, číslem 6 byl naopak označen nejhorší vzorek, tedy nejméně preferovaný. Hodnoty, hodnocení účastníku sensorické analýzy se nachází v tabulce viz. Příloha VIII. Stupnice hodnocení Vzhledu povrchu mýdel se nachází viz. Příloha IX.

Testovaná hypotéza: Výrobky jsou si podobné; nejsou mezi nimi rozdíly

$$H: A \equiv B \equiv C \equiv D \equiv E \equiv F$$

Alternativní hypotéza: Mezi výrobky existuje alespoň jeden, který se liší od ostatních

$$A: \text{non } H$$

n	20
R	6
$\alpha$	0,05

$$FR = \frac{12}{n \cdot R \cdot (R + 1)} \cdot \sum_{i=1}^R T_i^2 - 3 \cdot n \cdot (R + 1) \quad (35)$$

$$FR = \frac{12}{20 \cdot 6 \cdot (6 + 1)} \cdot (7569 + 7056 + 2304 + 4356 + 5041 + 4096) - 3 \cdot 20 \cdot (6 + 1) = 14,60 \quad (36)$$

$$FR \geq Q_{0,95}(6,20)$$

$$14,60 \geq 10,92$$

Hodnota testového kritéria padla do kritického oboru. Hypotézu tedy zamítáme a přijímáme alternativu. S 95% spolehlivostí se podařilo prokázat, že mezi mýdly je alespoň jedno nebo více mýdel, které je preferovanější. Použijeme Némenyiho test vícenásobného párového porovnání závislých výběrů. (37)

$$|T_i - T_j| \geq g_{1-\alpha}(R) \cdot \sqrt{\frac{n \cdot R \cdot (R + 1)}{12}} = 4,03 \cdot \sqrt{\frac{20 \cdot 6 \cdot (6 + 1)}{12}} \quad (37)$$

$$|T_i - T_j| \geq 33,72$$

Tabulka 19: Némenyihó test pro preferenci

	A	B	C	D	E
B	3				
C	<b>39</b>	<b>36</b>			
D	21	18	18		
E	16	13	23	5	
F	23	20	16	2	7

Podle statistického výsledku lze říct, že s 95% spolehlivostí se podařilo prokázat, že rozdíl v preferenci existuje mezi vzorky A-C a B-C. Lze konstatovat, že mýdlo C je preferovanější než mýdlo A a B. Ostatní vzorky se v rozdílu preference statisticky významně neliší.

## 7.10 Zhodnocení vlastností mýdel

### Vyhodnocení kvantitativních parametrů mýdel

Výsledky měření vlastností mýdel zjistily, že pH mýdel vyrobených v laboratoři je téměř srovnatelné nebo lehce vyšší než u mýdel koupených. Laboratorní mýdlo s číslem 2 mělo pH hodnotu 10,65 tato hodnota byla nejbližší kupovanému mýdлу P s hodnotou 10,61. Měření celkové alkality laboratorních mýdel ukázalo, že opět jsou hodnoty téměř srovnatelné nebo vyšší než celková alkalita mýdel z obchodu. Toto dokazuje laboratorní mýdlo s číslem 1, kdy jeho celková alkalita byla 1,71 %, tato hodnota byla nejbližší mýdлу s označením NI. Pěnotvornost laboratorních mýdel nedosahovala vlastností mýdel z obchodu. Pěnotvornost laboratorních mýdel se pohybovala mezi 350 – 450 %. Kdy nejnižší hodnota pěnotvornosti obchodních mýdel byla 658,3 %. Laboratorní mýdla ovšem neobsahovala přídavné látky, které by zlepšovaly vlastnosti tvorby pěny, tudíž mýdla v laboratoři nemohla dosáhnout takových pěnotvorných hodnot. Naopak stabilita pěny u laboratorních ale i u koupených mýdel byla vcelku podobná. Kdy propad pěny všech měřených mýdel od 0 do 66 %. Penetrační test, původně zamýšlený pro zjištění tvrdosti mýdla musel být upraven, jelikož koupená mýdla byla pro měřicí přístroj příliš tvrdá, bylo pro srovnání použito mýdlo s přídavkem propylenglykolu jako náhražka mýdel koupených. Všechna mýdla vyrobená v laboratoři byla přetavena do tvaru tabulky, avšak při penetračním testu všechny tyto tabulky mýdel popraskaly a jediná tabulka mýdla s propylenglykolem nepraskla. Mezi nejtvrdší mýdla se řadilo laboratorní mýdlo s číslem 5 kdy síla potřebná na prasknutí tabulky byla 210,9 N naopak nejměkčí mýdlo bylo číslo 4 na jehož prasknutí byla potřeba síla 46,9 N. Ovšem všechny tyto tabulky praskly. Při penetrování mýdla



s propylenglykolem byla potřeba síla 139,3 N, nejedná se tedy o nejměkčí mýdlo, ale jako jediné neprasklo při penetračním testu.

### **Zhodnocení senzorické metody**

Výsledky metoda stanovení senzorické analýzy mýdel ukázala, že mezi nejpreferovanější vzorky ze zvolených zkoumaných kategorií patřily ty, které pocházely z obchodní sítě, nebo nenašla s 95% pravděpodobností žádné rozdíly mezi nimi. Ve vzhledu povrchu mýdel podle analytické metody preferovaly vzorky D a E, které byly označeny jako preferovanější oproti laboratorním vzorkům A a B. Vzhled barvy mýdel podle analytické metody neprokázal rozdíl barev předložených vzorků mýdel. Při hodnocení lesku analytická metoda prokázala, že vzorky D a E jsou opět preferovány jako lesklejší a lepší oproti laboratorním vzorků A a B. Vzhled barvy řezu, tedy jakou má mýdlo barvu uvnitř, analytická metoda prokázala, že mýdlo F mělo lepší barvu na řezu než vzorky C a D. U Vůně a tuhosti mýdel analytická metoda prokázala, že s 95 % pravděpodobností nejsou mezi vzorky mýdel žádné rozdíly. Celková preference podle analytické metody byla, že mýdlo C bylo preferovanější než ostatní mýdla a laboratorní vzorky A a B.

Metoda stanovení senzorické analýzy dokáže ale i nemusí dokázat zhodnotit vše podle matematických výpočtů a tabulek. Skutečné senzorické hodnocení, tedy tak jak hodnotili uživatelé laboratorní mýdly ve srovnání s mýdly koupenými bylo v některých hodnoceních naprosto odlišné. Přílohy I-VIII obsahují tabulková data hodnocení a součty bodů. Kdy nejnižší součet čísel je nejlepší hodnocení mýdla. Laboratorní mýdla byl často hodnocena jako ne příliš pozitivní, taky předpoklady nebyly, jelikož mýdla neobsahovala přídatné látky kromě laboratorního vzorku B, který obsahoval titanovou bělobu a přídavek propylenglykolu. Kdy hodnotitelé laboratorní vzorek vyhodnotili v preferencích na druhém místě ve Vzhledu barvy a Tuhosti, což analytická metoda ne zrovna potvrdila. Můžeme říci, že se jednalo o velký úspěch v senzorickém hodnocení laboratorních mýdel oproti koupeným mýdlům.

### **7.11 Návrh optimálních podmínek přípravy mýdel**

Výroba mýdel při optimálních podmínkách byla navržena, aby proběhla kompletní saponifikace tuku a výsledné mýdlo nebylo mastné nezežluklo. Zároveň, pokud je k dispozici tuk, který obsahuje nečistoty ve formě zbytkové masové tkáně, aby nedošlo ke samovolnému zežloutnutí mýdla při zrání.

## I. Příprava

Zvěřinový tuk, vodu a zmýdelňovací roztok mít v poměru 1 : 4 : 3. Zmýdelňovací roztok pro správnou provedenou saponifikaci by měl obsahovat 40 – 50 % hydroxidu na hmotnost tuku. Hmotnost soli 55 – 85 % na hmotnost tuku. Pokud zvolený tuk je bez nečistot (kusy masa, krve, kůže atd.) může se rovnou přejít k saponifikaci, pokud je zvolený tuk znečištěn musí být provedeno jeho čištění, kdy budou použity 2 díly objemu vody.

## II. Čištění

Tuk je převeden do kádinky a přidá se voda v poměru k tuku, 2 : 1. Obsah kádinky se zahřeje do kompletního rozpuštění tuku. Následně se celý obsah přeje přes síto a odstraní se tak nečistoty.

## III. Saponifikace

Do kádinky se přidají zbylé 2 díly vody, pokud byl přeskočen krok čištění přidají se 4 díly vody. První fáze saponifikace, zahřátí směsi na 80 °C po dobu 15 minut. Druhá fáze přidavek 15 % objemu zmýdelňovacího roztoku, zahřátí směsi na 80 °C po dobu 15 minut. Třetí fáze saponifikace, přidavek 15 % objemu zmýdelňovacího roztoku, zahřátí směsi na teplotu  $90 \pm 4^{\circ}\text{C}$  dle zvolené hodnoty po dobu 25 min. Čtvrtá fáze saponifikace, přidavek 40 % objemu zmýdelňovacího roztoku, zahřátí směsi na  $90 \pm 4^{\circ}\text{C}$  po dobu 75 minut. Pátá fáze saponifikace, přidavek 30 % objemu zmýdelňovacího roztoku, zahřátí směsi na  $90 \pm 4^{\circ}\text{C}$  po dobu 15 minut.

## IV. Vysolování

Do saponifikovaného roztoku je přidáno 500 ml destilované vody. Za neustálého míchání se přisypá celý objem NaCl. Po vytvoření a oddělení mýdlového koláče od roztoku se směs nechá 60 min zchladnout.

## V. Neutralizace a zrání

Zchladnutý mýdlový koláč je oddělen od roztoku a promyt 600 ml 1% roztoku kyseliny octové a následně 600 ml 0,5 % roztoku kyseliny octové. Neutralizované mýdlo je přeneseno do formičky a vloženo do sušárny na 24 hodin při teplotě 30 °C. Po vysušení je mýdlo vytaženo ze sušárny a vloženo do ochranného sáčku, kde zraje po dobu 14 dní.

## VI. Finalizace

Po uplynuté zrací době může být mýdlo finalizováno tak, že je zahřáto a rozpuštěno. Do rozpuštěného mýdla se přidá aroma, barvivo a další přídatné látky. Takto upravené mýdlo se nechá zchladnout ve zvolené formě a konečný výrobek je hotov.

### 7.12 Význam pro vědu a praxi

Zpracování odpadního tuku, ať už zvěřinového, nebo jakéhokoliv jiného odpadního tuku má ekonomický potenciál pro firmy zabývající se zpracováním zvířat. V současné době se tento odpadní tuk odváží do kafilérií ke spálení. Tento proces zpracování odpadů je ekonomicky nevýhodný pro firmy, které se zabývají právě porážkou zvířat, jelikož za likvidaci tohoto tuku musí kafilérii platit nemalé částky. Přitom zpracování tuku na mýdlo, nebo spíše soap stock je jednoduchý proces, při kterém by mohli v jiné oddělené části závodu smíchat odpadní tuk, přidat hydroxid sodný, vodu a celou směs zahřát a vytvořit soapstock. Ve výsledku firma základní surovinu bude mít vždy, nákup hydroxidu sodného ve velkém množství nebude stát jmění, např. 25kg hydroxidu sodného stojí v průměru 1400 Kč a s použitím vhodného vařiče s nízkou spotřebou energie může firma vyrábět poměrně kvalitní soapstock a firma nemusí platit za kafilérii, jejíž ceny se pohybují v průměru od 8 do 10 Kč za kilogram odpadu. Při zpracování tuku na mýdlo může tedy firma ušetřit za kafilérii a výsledný soapstock prodat se ziskem kosmetické firmě, která jej využije do svých výrobků.

### 7.13 Doporučení dalšího výzkumu

Pro další výzkum a studium výroby mýdla bych se zaměřil na použitou technologii výroby. Existují 3 různé typy výroby mýdel, jejichž sledovaným faktorem je teplota. Bylo by zajímavé zjistit, jakou strukturu bude mít mýdlo, když bude vyráběno při pokojové teplotě nebo při teplotě 50 °C. Pokud by při dalším výzkumu byl zachován způsob výroby mýdel z této diplomové práce, doporučil bych se zaměřit na množství NaOH ve zmýdelňovacím roztoku, který je určen pro saponifikaci. Jednou z dalších možností výzkumu je využití užšího rozptylu hmotnosti NaOH, teploty a NaCl pro vysolování a zjistit jaké vlastnosti mají daná mýdla. Dále by se mohlo při výrobě mýdla vyzkoumat, jaké vlastnosti bude mýdlo mít, když se použije jiný typ hydroxidu a porovnat vlastnosti tohoto mýdla s mýdlem sodným. Při zkoumání vlastností mýdel, bych zaměřil výzkum na penetraci a tvrdost mýdel. U mýdel vyrobených v laboratoři bych doporučil vytvořit více vzorků určených pro penetrační test, aby vzorek, který byl použitý a byl by měřením zdeformovaný, nebo jinak poškozený

nemusel být znovu použitý, jelikož by mohl opakovaným použitím znehodnocovat data. Dále by bylo dobré otestovat tvrdost mýdel v závislosti na době zrání (např. 1 den, 1 týden, 2 týdny, 1 měsíc). Finalizace je důležitý krok pro výrobce mýdel, aby toto mýdlo mohli prodat zákazníkovi. Tento fakt by byl vhodný pro výzkum a to tím, že by bylo dobré vyrobit mýdlo podle předem stanoveného postupu a v procesu finalizace přidat barviva, aromatické látky a další aditiva, aby výsledné mýdlo bylo konkurence schopné mýdlům z obchodní sítě a provést senzorické srovnání.

## ZÁVĚR

Teoretická část diplomové práce je rozdělena do čtyřech částí. První část obsahuje stručné informace o tucích a mastných kyselinách, jejich fyzikální vlastnosti, složení. Dále také rozdělení a složení mastných kyselin v tucích rostlinného a živočišného původu. Druhá část se zabývá výrobou rostlinných tuků a olejů z olejnatých semen. Je zde popsán způsob výroby, následné extrakce a rafinace. Třetí část se zabývá získávání tuků živočišného původu. Zároveň jsou zde popsány další části živočišných tkání a orgánů, které jsou bohaté na tuky a nevyužívají se na jejich získávání, dále také složení mastných kyselin u daňka a domácích zvířat a jejich srovnání a jako poslední je v této části obsaženo další využití živočišných tuků a olejů mimo potravinářský průmysl. Čtvrtá část obsahuje způsoby výroby mýdla, jeho přídatné složky a typy možných vyráběných mýdel a jejich stručný popis.

Praktická část diplomové práce se zabývá výrobou mýdla ze zvěřinového tuku konkrétně z tuku daňka obecného. Hlavním cílem této části je dokázat, že jde z tohoto tuku vyrobit mýdlo, které by se svými vlastnostmi mohlo přiblížit mýdlům běžně dostupným v obchodní síti. Kromě hlavního cíle, byly také hypotézy, jak se mýdlo bude vyrábět, jaké množství NaOH a NaCl bude potřeba na výrobu, jaké vlastnosti bude mít mýdlo sensorické a fyzikální vlastnosti až bude vyrobeno.

Metodika práce je založena na sledování tří vybraných faktorů, které se během výroby různých vzorků mýdel měnily. Mezi tyto faktory patřily Teplota (86 °C, 90 °C, 94 °C), množství NaOH (40g, 45g, 50g), a množství NaCl (55g, 70g, 85g). Na vyrobených vzorcích byly provedeny analýzy stanovení hmotnostní sušiny, pH, celkové alkality, pěnotvornosti, stability pěny a penetrace. Po stanovení nejlepšího vzorku za pomoci výše zmíněných analýz byl tento vzorek znovu vyroben ve větším množství a provedena sensorická analýza, kdy hodnotitelé ve věku 23 až 64 let hodnotili barvu, vůni, řez, tuhost a celkové preference.

U mýdel vyrobených v laboratoři dosahovaly hodnoty pH hodnot 10,65 až 11,01, což je více než u mýdel z obchodu. Celková alkalita vyrobených mýdel dosahovala hodnot 1,71 až 2,62, nejnižší hodnota laboratorního mýdla se přiblížila mýdlům z obchodu. Pěnotvornost laboratorních mýdel dosahovala od 350 do 450 % náslehu. Tyto hodnoty zdaleka nedosahovaly vlastnostem mýdel z obchodu. Stabilita pěny, byla však srovnatelná, kdy pěna klesla v podobném rozsahu. Penetrační test mýdel prokázal, že mýdla z laboratoře jsou měkčí než komerční mýdla.

Bylo dokázáno, že mýdlo z dančího tuku lze skutečně vyrobit a po sensorické stránce nemá téměř žádné výrazné zvěřinové aroma. Analytické metody prokázaly, že mýdlo se svými fyzikálními vlastnostmi blíží mýdlům běžně dostupným v obchodní síti, avšak některé vlastnosti jako pěnotvornost nedosahují takových kvalit. To ovšem nemusí být na škodu, jelikož malá tvorba pěny může být u některých lidí preferovaným faktorem, který by ovlivnil jejich zájem o koupi tohoto typu výrobku. Ze sensorického hlediska mýdla nedopadla nejlépe, ale pokud by se mýdly vyrobená v laboratorních podmínkách upravila přídatnými látkami a látkami zlepšujícími vzhledové a aromatické vlastnosti, tyto mýdla by byly velmi konkurence schopné pro mýdla v běžné obchodní síti.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] AKOH, Casimir C., MIN, David B.. *Food Lipids: Chemistry, Nutrition, and Biotechnology*. New York: Marcel Dekker, Inc, 2002. ISBN 0-8247-0749-4.
- [2] VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin I.*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-17-6.
- [3] BRÁT, Jiří. *Tučná fakta o tucích, aneb, Máme se bát tuků?*. Praha: Potravinářská komora České republiky, 2017. Publikace Platformy pro reformulace. ISBN 978-80-88019-30-5.
- [4] O'BRIEN, Richard D.. *Fats and Oils: Formulating and Processing for Applications.*, Boca Raton, Florida: CRC Press LLC, 2004. ISBN 0-8493-1599-9.
- [5] LERAY, Claude. *Lipids Nutrition and Health*. London: CRC Press, 2015. ISBN 978-1-4822-4232-4
- [6] CHOW, Ching Kuang. *Fatty Acid Classification and Nomenclature*, 3rd Edition., London: CRC Press, 2008. ISBN 978-0-8493-7261-2
- [7] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin I.*, Tábor: OSSIS, 1999. ISBN 80-902391-3-7
- [8] ULLRICH, Ladislav. *Chémia a technológia jedlých tukov a olejov*, Bratislava: Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry, 1963
- [9] KAŠPÁRKOVÁ, Věra. *Chemie technologie tuků II.*, Zlín: Fakulta technologická, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Registrační číslo: CZ. 1.07/2.2.00/28.0132
- [10] GUPTA, Monoj K.. *Practical Guide to Vegetable Oil Processing*, 2nd Edition, London: Academic Press and AOCS Press, 2017. ISBN 978-1-63067-050-4
- [11] Olivovník evropský, Afrikaonline.cz [online] 2022. Dostupný z WWW: <https://www.afrikaonline.cz/olivovnik-evropsky/>
- [12] CHANG, Alexandra S.. *Food Control*, Volume 32. Issue 1, Published 2013. [online] 2022. Dostupný z WWW: [http://www.ssu.ac.ir/cms/fileadmin/user\\_upload/Mtahghighat/tfood/ARTICLES/creals/Peanut\\_and\\_peanut\\_products\\_A\\_food\\_safety\\_perspective.pdf](http://www.ssu.ac.ir/cms/fileadmin/user_upload/Mtahghighat/tfood/ARTICLES/creals/Peanut_and_peanut_products_A_food_safety_perspective.pdf)
- [13] APARICIO, Ramón, HARWOOD, John. *Handbook of Olive Oil*, 2nd Edition, London: Springer, 2013, ISBN 978-1-4614-7776-1

- [14] Sója luštinatá, [online] 2022. Dostupný z WWW: [http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/skripta/2/soja\\_lustinata.html](http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/skripta/2/soja_lustinata.html)
- [15] ETIOSA, Ogbemudia Ruth. *Asian Journal of Physical and Chemical Science*, Published 2017. [online] 2022. Dostupný z WWW: [https://www.researchgate.net/profile/Ruth-Ogbemudia/publication/322722623\\_Mineral\\_and\\_proximate\\_composition\\_of\\_soya\\_a\\_bean/links/5a6b52acaca2725b1c1e4b42/Mineral-and-proximate-composition-of-soya-bean.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ruth-Ogbemudia/publication/322722623_Mineral_and_proximate_composition_of_soya_a_bean/links/5a6b52acaca2725b1c1e4b42/Mineral-and-proximate-composition-of-soya-bean.pdf)
- [16] Kakaovník pravý, Afrikaonline.cz [online] 2022. Dostupný z WWW: <https://www.afrikaonline.cz/kakaovnik-pravy/>
- [17] WOOD, G. A. R.. *Cocoa wood and lass*, 4th Edition, Iowa: Blackwell Science Book, 1985. ISBN 0-470-20618-7
- [18] Kokosovník ořechoplodný, Afrikaonline.cz [online] 2022. Dostupný z WWW: <https://www.afrikaonline.cz/kokosovnik-orechoplody-cocos-nucifera/>
- [19] KARLBERGER, Jan. *Technologie tuků a kosmetiky I pro OU a UŠ*, Praha: Nakladatelství technické literatury, 1979, ISBN 04-814-79
- [20] CORLEY, R. H. V., TINKER, P.B.. *The Oil Palm, 4th Edition*, Iowa: Blackwell Science Book, 2003. ISBN 0-632-05212-0
- [21] KARLBERGER, Jan. *Technologie tuků a kosmetiky II pro OU a UŠ*, Praha: Nakladatelství technické literatury, 1979, ISBN 04-814-79
- [22] ANTONOPOLOUS, Kostas. *Olive oil and pomace oil processing*, Grasas y Aceites, 2006, ISSN 0017-3495
- [23] AKPAN, U. G.. *Extraction, Charakterization and Modification of Castor seed oil*, Leonardo Journal of Sciences, Issue 8, 2006, ISSN 1583-0233
- [24] KREJČÍ, J.. *Tuky a oleje pro potravinářské využití*, Univerzita Tomáše Bati, 2008
- [25] ROMANO, S. D.. *Dielectric Spectroscopy in Biodiesel Production and Charakterization*, London: Springer-Verlag, 2011, ISBN 978-1-84996-519-4\_2
- [26] DIKEMAN, Michael. *Encyklopedia of Meat Sciences*, London: Academic Press, 2014, ISBN 978-0-12-384731-7



- [27] SHARMA, Heena. *Animal fat – Processing and Its Quality Control*, Food Processing and Technology, Issue 8, 2013, ISSN 2157-7110
- [28] STEINHAUSER, Ladislav. *Hygiena a technologie masa*. Brno: Last, 1995, ISBN 80-900260-4-4.
- [29] C-17 Conducts Flight Test With Biofuel, Aero News Network, [online] 2022. Dostupný z WWW: <http://www.aero-news.net/index.cfm?do=main.textpost&id=41e2d9de-4756-4810-9b82-6a5550dfa9a5>
- [30] How to make Candles, Old Fashioned and Purpose, [online] 2022. Dostupný z WWW: <https://www.theprairiehomestead.com/2014/01/tallow-emergency-candles.html>
- [31] Tallow, Wikipedie, [online] 2022. Dostupný z WWW: [https://en.wikipedia.org/wiki/Tallow#cite\\_note-17](https://en.wikipedia.org/wiki/Tallow#cite_note-17)
- [32] Cold rolling mill lubricant, Patent Storm, [online] 2022. Dostupný z WWW: <https://web.archive.org/web/20070929095627/http://www.patentstorm.us/patents/4891161-description.html>
- [33] TOLDRÁ-REIG, Fidel. *Trends in Biodiesel Production from Animal Fat Waste*, Applied Science: MDPI, 2020, ISSN:2076-3417
- [34] EIRI Board of Consultants and Engineers, *Modern Technology of Acid Slurry, Surfactants, soap and Detergents*, EIRI: New Delhi, 2020, ISBN: 978-93-80772-03-5
- [35] BELLA, Oden. *Improved technique for hand-crafted soaps and detergents production*, Cameroon: Engineers Without Borders, 2014, ISBN: 978-92-9081-564-8
- [36] Preparation of Soap Using Different Types of Oils and Exploring its Properties, Department of Chemical Engineering National Institute of Technology, [online] 2022. Dostupný z WWW: <http://ethesis.nitrkl.ac.in/5371/1/109CH0476.pdf>
- [37] Lanolin, Wikipedie, [online] 2022. Dostupný z WWW: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Lanolin>

- [38] Glycerol, Wikipedie, [online] 2022. Dostupný z WWW: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Glycerol>
- [39] ANDREZÁKOVÁ, Zuzana. *Materiály pre 2. a 3. ročník študijného oboru kozmetik*, Bratislava: Slovenské pedagogické nakladateľstvo, 2007, ISBN: 978-80-10-01261-9
- [40] BUŇKA, František, HRÁBĚ, Jan, VOSPĚL, Bohumín. *Senzorická analýza potravín I.*, Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007, ISBN: 978-80-7318-628-9
- [41] KŘÍŽ, Oldřich, BUŇKA, František, HRÁBĚ, Jan. *Senzorická analýza potravín II. Statistické metody*, Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007, ISBN: 978-80-7318-494-0
- [42] Evaluation of pH Bathing Soaps and Shampoos for Skin and Hair Care, National Library of Medicine, [online] 2022. Dostupný z WWW: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4171909/>
- [43] MEHESAR, Sarfaraz Ahmed, *Evaluation of Physico-chemical Properties in Selected Branded Soaps*, Pakistan Journal of Analytical and Environmental Chemistry, Vol. 20, No. 2, 2019, ISSN: 1996-918X
- [44] Texture Analysis Professionals Blog, Stable Micro Systems, [online] 2022. Dostupný z WWW: <https://textureanalysisprofessionals.blogspot.com/2019/04/performance-and-textural-properties-of.html>
- [45] Physicochemical Characterization of Home-Made Soap from Waste-Used Frying Oils, Processes MDPI, [online] 2022. Dostupný z WWW: [https://scholar.google.com/scholar?hl=cs&as\\_sdt=0%2C5&q=Physicochemical+Characterization+of+Home-Made+Soap+from+Waste-Used+Frying+Oils&btnG=](https://scholar.google.com/scholar?hl=cs&as_sdt=0%2C5&q=Physicochemical+Characterization+of+Home-Made+Soap+from+Waste-Used+Frying+Oils&btnG=)
- [46] Evaluation of pH of Bathing Soaps and Shampoos for Skin and Hair Care, National Library of Medicine, [online] 2022. Dostupný z WWW: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4171909/>
- [47] The Use of D-Optimal Mixture Design in Optimizing Okara Soap Formulation for Stratum Corneum Application, ResearGate, [online] 2022. Dostupný z WWW: [https://www.researchgate.net/publication/270343772\\_The\\_Use\\_of\\_D-](https://www.researchgate.net/publication/270343772_The_Use_of_D-)

Optimal\_Mixture\_Design\_in\_Optimising\_Okara\_Soap\_Formulation\_for\_Stratum  
\_Corneum\_Application

- [48] Quality Control and Evaluation of Certain Properties for Soaps made in Romania, Scientific Study and Research, [online] 2022. Dostupný z WWW: [https://www.researchgate.net/profile/Stanciu-Gabriela-2/publication/287049453\\_Quality\\_control\\_and\\_evaluation\\_of\\_certain\\_properties\\_for\\_soaps\\_made\\_in\\_Romania/links/59fc4e0ba6fdcca1f2934a12/Quality-control-and-evaluation-of-certain-properties-for-soaps-made-in-Romania.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Stanciu-Gabriela-2/publication/287049453_Quality_control_and_evaluation_of_certain_properties_for_soaps_made_in_Romania/links/59fc4e0ba6fdcca1f2934a12/Quality-control-and-evaluation-of-certain-properties-for-soaps-made-in-Romania.pdf)
- [49] Properties of Sodium Soap Derived from Palm-based Dihydroxystearic Acid, Journal of Oil Palm Research, [online] 2022. Dostupný z WWW: <http://jopr.mpob.gov.my/wp-content/uploads/2013/09/jopr12dec2001-roila.pdf>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK****Zkratky použité v tabulkách**

nk Celkové zastoupení

Nk Kumulované zastoupení

Rk Průměrné pořadí

Ta, Tb, Tc, Td, Te, Tf, Součet pořadí

n Součet počtu hodnotitelů hodnotících jednotlivé vzorky

R Počet vzorků

$\alpha$  Hladina významnosti

PROP. M. Mýdlo s přídavkem propylenglykolu

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1: Krystalická struktura A formy kyseliny laurové .....	16
Obrázek 2: Krystalická struktura B formy kyseliny laurové .....	17
Obrázek 3: Krystalická forma kys. olejové (napravo) a Krystalická forma kys. linolenové (nalevo) .....	18
Obrázek 4: Zjednodušené schéma výroby rostlinného oleje .....	21
Obrázek 5: Draselné (mazlavé) mýdlo .....	41
Obrázek 6: Jádrové mýdlo Jelen .....	41
Obrázek 7: Toaletní mýdlo značky Dettol .....	41
Obrázek 8: Blokové schéma výroby mýdla z tuku daňka a charakterizace mýdla.....	47
Obrázek 9: Surový zvěřinový tuk .....	48
Obrázek 10: Rozpouštění tuku na čištění .....	48
Obrázek 11: Čištění tuku přes síto .....	48
Obrázek 12: Saponifikace tuku .....	49
Obrázek 13: Mýdlo po vysolení.....	49
Obrázek 14: Neutralizované mýdlo .....	50
Obrázek 15: Vysušené mýdlo .....	50
Obrázek 16: Zažloutlé mýdlo vyrobené bez čistícího kroku .....	57
Obrázek 17: Graf závislosti Hmotnosti mýdla na množství NaCl a NaOH .....	58
Obrázek 18: Sloupcový graf srovnání pH roztoku mýdel .....	59
Obrázek 19: Graf závislosti pH na množství NaOH a Teplotě.....	60
Obrázek 20: Sloupcový graf srovnání celkové alkality mýdel .....	61
Obrázek 21: Graf závislosti Celkové alkality na množství NaCl a Teplotě .....	62
Obrázek 22: Sloupcový graf srovnání pěnotvornosti mýdel .....	63
Obrázek 23: Graf závislosti Pěnotvornosti na množství NaCl a Teplotě .....	64
Obrázek 24: Sloupcový graf srovnání stability pěny mýdel.....	65
Obrázek 25: Graf závislosti Stabilitu pěny na množství NaOH a Teplotě .....	66
Obrázek 26: Graf závislosti Penetrace na množství NaOH a NaCl.....	67

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1: Hlavní nasycené mastné kyseliny vyskytující se v lipidech.....	13
Tabulka 2: Hlavní monoenové mastné kyseliny vyskytující se v lipidech.....	14
Tabulka 3:Hlavní důležité mastné polyenové kyseliny vyskytující se v tucích .....	15
Tabulka 4: Vybrané vlastnosti nasycených kyselin .....	18
Tabulka 5: Srovnání bodů varů vybraných mastných kyselin.....	19
Tabulka 6: Tabulka srovnání vybraných mastných kyselin u daňka, prasete a krávy .....	31
Tabulka 7: Tabulka obsahu tuku v kůži zvířat.....	33
Tabulka 8: Tabulka odpadů při zpracování jatečných zvířat s vyšším obsahem tuku.....	34
Tabulka 9: Souhrnné technologické podmínky výroby a výtěžnost mýdla.....	56
Tabulka 10: Tabulka naměřených hodnot pH, Celkové alkality, Tvorby pěny a Penetrace	56
Tabulka 11: Vzhled povrchu.....	68
Tabulka 12: Némenyiho test pro vzhled povrchu .....	69
Tabulka 13: Vzhled barvy.....	70
Tabulka 14: Lesk .....	72
Tabulka 15: Némenyiho test pro lesk .....	73
Tabulka 16: Vzhled a barva řezu .....	74
Tabulka 17: Némenyiho test pro vzhled a barvu řezu .....	75
Tabulka 18: Vůně.....	76
Tabulka 19: Némenyiho test pro preferenci .....	80

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Sensorická tabulka hodnot vzhledu povrchu mýdla

Příloha P II: Sensorická tabulka hodnot vzhledu barvy mýdla

Příloha P III: Sensorická tabulka hodnot lesku mýdla

Příloha P IV: Sensorická tabulka hodnot vzhledu a barvy řezu mýdla

Příloha P V: Sensorická tabulka hodnot vůně mýdla

Příloha P VI: Sensorická tabulka hodnot homogenity řezu mýdla

Příloha P VII: Sensorická tabulka hodnot tuhosti mýdla

Příloha P VIII: Sensorická tabulka hodnot preference mýdla

Příloha P IX: Protokol pro sensorické hodnocení mýdla

Příloha P X: Stupnice pro hodnocení mýdel

**PŘÍLOHA P I: Senzorická Tabulka hodnot Vzhledu povrchu mýdla**

Vzhled povrchu mýdla						
Hodnotitel	Mýdlo					
	A	B	C	D	E	F
1	2	3	2	1	1	2
2	5	4	1	1	2	2
3	5	4	4	1	3	5
4	6	6	4	1	1	2
5	3	2	1	4	5	6
6	3	5	2	1	2	3
7	2	3	3	2	2	3
8	1	2	2	1	2	2
9	2	2	1	1	1	1
10	2	1	1	2	2	2
11	3	2	2	1	1	2
12	4	3	2	6	1	6
13	2	2	2	3	1	2
14	4	2	1	6	5	4
15	1	2	2	2	2	2
16	4	3	1	1	2	2
17	4	4	3	1	1	1
18	5	3	1	1	3	3
19	3	4	2	1	1	5
20	5	6	3	3	1	1
Ti	66	63	40	40	39	56
Ti <sup>2</sup>	4356	3969	1600	1600	1521	3136



**PŘÍLOHA P II: Senzorická Tabulka hodnot Vzhledu barvy mýdla**

Vzhled barvy mýdla						
Hodnotitel	Mýdlo					
	A	B	C	D	E	F
1	3	2	2	1	1	3
2	1	2	2	1	1	3
3	3	2	2	1	4	5
4	3	2	2	1	1	3
5	4	2	1	3	5	5
6	1	2	1	2	4	5
7	2	2	2	1	2	2
8	1	1	2	1	3	3
9	1	1	2	1	1	1
10	3	1	1	2	3	3
11	3	1	1	1	2	3
12	4	2	2	3	1	6
13	1	1	1	2	2	2
14	4	3	2	4	4	3
15	3	2	1	1	2	4
16	1	2	2	1	3	3
17	4	3	2	1	1	3
18	3	2	2	1	3	3
19	1	2	1	1	1	3
20	4	1	2	3	4	5
Ti	50	36	33	32	48	68
Ti <sup>2</sup>	2500	1296	1089	1024	2304	4624

**PŘÍLOHA P III: Senzorická Tabulka hodnot Lesku mýdla**

Lesk						
Hodnotitel	Mýdlo					
	A	B	C	D	E	F
1	5	4	4	3	1	2
2	6	5	4	2	3	4
3	3	3	5	1	2	3
4	4	6	6	1	2	4
5	6	6	6	1	5	6
6	5	5	3	1	3	2
7	3	4	4	4	3	5
8	4	3	6	1	1	1
9	2	2	3	1	1	1
10	2	2	3	1	2	1
11	2	2	3	2	1	2
12	6	5	2	1	3	4
13	2	2	2	1	1	1
14	5	5	1	4	5	4
15	2	1	1	3	4	5
16	5	5	1	1	2	3
17	5	4	3	2	2	2
18	3	2	1	1	2	3
19	4	6	3	2	1	3
20	5	5	4	5	2	1
Ti	79	77	65	38	46	57
Ti <sup>2</sup>	6241	5929	4225	1444	2116	3249

**PŘÍLOHA P IV: Senzorická Tabulka hodnot Vzhledu a barvy řezu mýdla**

Vzhled a barva řezu mýdla						
Hodnotitel	Mýdlo					
	A	B	C	D	E	F
1	1	3	2	4	4	5
2	1	2	2	1	1	4
3	2	2	3	1	4	5
4	2	2	2	1	1	4
5	2	6	6	2	6	6
6	1	2	2	1	4	4
7	2	2	2	2	2	3
8	3	2	2	1	3	3
9	2	2	1	1	1	1
10	2	1	1	2	2	2
11	2	2	1	2	2	3
12	3	2	1	4	5	6
13	1	1	1	2	2	2
14	4	2	2	4	5	5
15	3	1	1	3	2	4
16	4	4	2	2	3	3
17	4	4	2	1	1	3
18	4	2	1	2	3	3
19	2	1	1	1	2	3
20	6	5	1	3	3	3
Ti	51	48	36	40	56	72
Ti <sup>2</sup>	2601	2304	1296	1600	3136	5184

## PŘÍLOHA P V: Senzorická Tabulka hodnot vůně mýdla

Vůně						
Hodnotitel	Mýdlo					
	A	B	C	D	E	F
1	2	2	1	2	3	2
2	2	3	1	5	1	1
3	3	5	2	1	2	2
4	5	6	1	1	1	3
5	3	2	1	2	5	4
6	3	5	1	2	1	2
7	1	1	1	1	1	1
8	4	4	1	2	2	2
9	2	3	1	1	1	1
10	3	3	2	2	1	2
11	3	2	3	2	2	2
12	4	3	6	6	1	2
13	4	3	2	2	2	2
14	2	3	1	1	5	3
15	2	2	1	3	4	2
16	3	3	2	1	1	2
17	2	2	2	1	1	2
18	5	2	1	1	3	5
19	3	3	1	1	2	1
20	5	5	3	4	2	1
Ti	61	62	34	41	41	42
Ti <sup>2</sup>	3721	3844	1156	1681	1681	1764

**PŘÍLOHA P VI: Senzorická Tabulka hodnot homogenity řezu mýdla**

Homogenita řezu						
Hodnotitel	Mýdlo					
	A	B	C	D	E	F
1	6	4	5	2	3	1
2	6	5	4	1	2	3
3	6	5	4	3	1	2
4	2	1	4	5	6	3
5	1	2	3	4	5	6
6	2	1	4	3	6	5
7	5	3	2	1	4	6
8	5	4	6	1	2	3
9	2	1	6	5	4	3
10	3	5	6	4	1	2
11	5	6	3	2	1	4
12	5	6	3	1	4	2
13	6	5	4	3	1	2
14	4	6	5	1	3	2
15	4	5	6	2	3	1
16	5	6	1	2	4	3
17	2	1	5	3	6	4
18	2	1	6	3	5	4
19	5	1	6	4	3	2
20	2	1	5	3	4	6
Ti	78	69	88	53	68	64
Ti <sup>2</sup>	6084	4761	7744	2809	4624	4096

## PŘÍLOHA P VII: Senzorická Tabulka hodnot tuhosti mýdla

Tuhost						
Hodnotitel	Mýdlo					
	A	B	C	D	E	F
1	3	2	1	5	4	6
2	2	1	3	4	6	5
3	6	5	3	1	2	4
4	2	1	3	5	6	4
5	5	6	1	2	3	4
6	4	3	1	2	5	6
7	5	2	6	4	3	1
8	2	1	4	3	5	6
9	2	1	5	3	4	6
10	5	4	6	1	3	2
11	6	5	2	3	1	4
12	2	1	3	4	6	5
13	4	5	3	6	2	1
14	4	5	6	1	2	3
15	2	1	3	4	5	6
16	4	1	2	3	5	6
17	1	5	6	2	3	4
18	3	4	6	1	2	5
19	5	4	6	3	2	1
20	4	1	2	3	5	6
Ti	71	58	72	60	74	85
Ti <sup>2</sup>	5041	3364	5184	3600	5476	7225

## PŘÍLOHA P VIII: Senzorická Tabulka hodnot preference mýdla

Preference						
Hodnotitel	Mýdlo					
	A	B	C	D	E	F
1	3	4	1	6	5	2
2	4	5	1	6	3	2
3	6	4	2	1	5	3
4	5	6	3	1	2	4
5	5	4	1	2	3	6
6	6	5	3	2	4	1
7	2	3	4	1	5	6
8	5	6	4	1	2	3
9	4	6	1	3	5	2
10	5	3	2	4	6	1
11	3	2	1	6	5	4
12	4	2	5	6	1	3
13	4	3	5	6	2	1
14	4	2	1	6	5	3
15	4	2	1	3	5	6
16	5	6	2	1	4	3
17	6	5	4	2	1	3
18	6	5	1	2	3	4
19	1	5	2	4	3	6
20	5	6	4	3	2	1
Ti	87	84	48	66	71	64
Ti <sup>2</sup>	7569	7056	2304	4356	5041	4096

## PŘÍLOHA P IX: Protokol pro senzorické hodnocení mýdla

### PROTOKOL PRO SENZORICKÉ HODNOCENÍ MÝDEL

Jméno a příjmení (dobrovolné): \_\_\_\_\_

Věk: \_\_\_\_\_

Datum a hodina: \_\_\_\_\_

Podpis: \_\_\_\_\_

#### Úkol 1

**Senzorické hodnocení pomocí stupnice (zapište zvolený stupeň)**

Mýdlo	Znak					
	Vzhled povrchu mýdla	Vzhled barvy mýdla	Lesk	Vzhled a barva řezu mýdla	Vůně	
A						
B						
C						
D						
E						
F						

#### Úkol 2

##### Pořadové testy intenzity znaků

Seřad'te následující vzorky podle intenzity znaku (dva vzorky mýdla by neměly mít stejné pořadí)

Podle homogenity řezu mýdla: 1 – vzorek nejméně homogenní, 6 – vzorek nejvíce homogenní

Podle tuhosti: 1 – vzorek nejméně tuhý, 6 – vzorek nejtušší

Znak	Mýdlo					
	A	B	C	D	E	F
Homogenita řezu						
Tuhost						



### Úkol 3

#### Pořadový preferenční test

Seřad'te vzorky podle Vašich preferencí (1 – nejlepší, 6 – nejhorší, dva a více vzorků nesmí mít stejné pořadí)

Znak	Mýdlo					
	A	B	C	D	E	F
Preference						

#### Poznámky pro dodatečné hodnocení mýdel

Mýdlo	
A	
B	
C	
D	
E	
F	

## **PŘÍLOHA P X: Stupnice pro hodnocení mýdel**

### **Stupnice pro hodnocení mýdel**

#### **Vzhled povrchu mýdla**

1. Vynikající – Povrch mýdla je homogenní, hladký a lesklý.
2. Výborná – Povrch mýdla je bez známek deformace, homogenní, hladký a lesklý,
3. Dobrá – Povrch mýdla jeví známky menší deformace, homogenní, hladký a nepatrně matný
4. Méně dobrá – Drobnější odchylky od hladkosti povrchu, přítomnost vzduchových bublinek, nepatrně matný
5. Uspokojivá – Povrch matný a mírně zrnitý, na povrchu mýdla jsou viditelné místa po vzduchových bublinkách
6. Nevyhovující – Povrch je matný bez lesku, viditelná místa po vzduchových bublinkách, hrudkovitý nepravidelný povrch
7. Nepřijatelná – Povrch je narušený, viditelná místa po vzduchových bublinkách a nehomogenní matný povrch

#### **Vzhled barvy mýdla**

1. Vynikající – Mýdlo má smetanovou barvu
2. Výborná – Mýdlo má bílou barvu
3. Dobrá – Mýdlo má naředlou nebo nažloutlou barvu
4. Méně dobrá – Mýdlo má nažloutlou nebo naředlou mramorovanou barvu
5. Uspokojivá – Mýdlo má šedou nebo žlutou barvu
6. Nevyhovující – Mýdlo má tmavě béžovou až šedou barvu
7. Nepřijatelná – Mýdlo má hnědou barvu

#### **Lesk – hodnotí lesklost povrchu mýdla**

1. Vynikající – Vysoký lesk
2. Výborný lesk
3. Dobrý lesk
4. Méně dobrý lesk
5. Uspokojivý lesk – mýdlo má jemně matnější povrch
6. Nevyhovující lesk – mýdlo má matný povrch
7. Naprosto nepřijatelný lesk – mýdlo má matný povrch

### **Vzhled a barva řezu mýdla**

1. Vynikající – barva smetanově bílá, stejnorodá, bez cizích odstínů, řez mýdla je homogenní, hladký a lesklý
2. Výborná – barva bílá, řez mýdla je bez známek deformace, homogenní, hladký a lesklý
3. Dobrá – naředlá nebo nažloutlá barva, řez mýdla je bez známek deformace, homogenní, hladký a lesklý
4. Méně dobrá – nažloutlá nebo naředlá mramorovaná barva, mírné deformace v řezu, drobnější odchylky od hladkosti řezu, nepatrně matný
5. Uspokojivá – tmavošedá až béžová barva, řez nepravidelný, matný a zrnitý
6. Nevyhovující – hnědá mramorovaná barva, řez nepravidelný, matný bez lesku, hrudkovitý vzhled
7. Nepřijatelná – tmavě hnědá mramorovaná barva, řez velmi nepravidelný, matný bez lesku, hrudkovitý až rozpadavý vzhled

### **Vůně**

1. Vynikající – čistá vysoce harmonická, typicky mýdlová nebo aromatická
2. Výborná – čistá, typicky mýdlová nebo aromatická
3. Dobrá – celkem čistá, méně harmonická
4. Méně dobrá – bez zápachu
5. Uspokojivá – velmi slabě zapáchá, přítomnost tukových pachů nebo pachů žluknutí
6. Nevyhovující – zapáchá silnější přítomnost tukových pachů nebo pachů žluknutí
7. Nepřijatelná – silně zapáchá, žluklé, netypická

## PŘÍLOHA P X: Tabelovaná hodnota kritické hodnoty Pearsonova $\chi^2$ rozdělení

Tabulka 12.4: Kritické hodnoty Pearsonova  $\chi^2$  rozdělení

$$X \sim \chi_k^2, \quad P(X \geq \chi_k^2(\alpha)) = \alpha.$$

$k \backslash \alpha$	0,995	0,975	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,00	0,00	3,84	5,02	6,63	7,88
2	0,01	0,05	5,99	7,38	9,21	10,60
3	0,07	0,22	7,81	9,35	11,34	12,84
4	0,21	0,48	9,49	11,14	13,28	14,86
5	0,41	0,83	11,07	12,83	15,09	16,75
6	0,68	1,24	12,59	14,45	16,81	18,55
7	0,99	1,69	14,07	16,01	18,48	20,28
8	1,34	2,18	15,51	17,53	20,09	21,95
9	1,73	2,70	16,92	19,02	21,67	23,59
10	2,16	3,25	18,31	20,48	23,21	25,19
11	2,60	3,82	19,68	21,92	24,72	26,76
12	3,07	4,40	21,03	23,34	26,22	28,30
13	3,57	5,01	22,36	24,74	27,69	29,82
14	4,07	5,63	23,68	26,12	29,14	31,32
15	4,60	6,26	25,00	27,49	30,58	32,80
16	5,14	6,91	26,30	28,85	32,00	34,27
17	5,70	7,56	27,59	30,19	33,41	35,72
18	6,26	8,23	28,87	31,53	34,81	37,16
19	6,84	8,91	30,14	32,85	36,19	38,58
20	7,43	9,59	31,41	34,17	37,57	40,00
21	8,03	10,28	32,67	35,48	38,93	41,40
22	8,64	10,98	33,92	36,78	40,29	42,80
23	9,26	11,69	35,17	38,08	41,64	44,18
24	9,89	12,40	36,42	39,36	42,98	45,56
25	10,52	13,12	37,65	40,65	44,31	46,93
30	13,79	16,79	43,77	46,98	50,89	53,67
35	17,19	20,57	49,80	53,20	57,37	60,27
40	20,71	24,43	55,76	59,34	63,69	66,77
50	27,99	32,36	67,50	71,42	76,15	79,49
60	35,53	40,48	79,08	83,30	88,38	91,95
80	51,17	57,15	101,88	106,63	112,33	116,32
100	67,33	74,22	124,34	129,56	135,81	140,17