

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra chemie**



**Vliv kvality tuku na senzorické vlastnosti upečeného  
pekařského výrobku**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Hana Keindlová**

**Obor studia: Výživa a potraviny**

**Vedoucí práce: Ing. Matyáš Orsák, Ph.D.**

© 2017 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv kvality tuku na sensorické vlastnosti upečeného pekařského výrobku" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 13. 4. 2017

---

## **Poděkování**

Touto cestou chci poděkovat vedoucímu své diplomové práce Ing. Matyáši Orsákovi, Ph.D., za trpělivost a ochotu při vedení mé práce, stejně jako za veškeré jeho rady a připomínky, které mi byly nedocenitelným přínosem. Dále chci poděkovat řediteli Vyšší odborné školy ekonomických studií, Střední průmyslové školy potravinářských technologií a Střední odborné školy přírodovědné a veterinární, Praha 2, Podskalská 10, za umožnění využít školní laboratorní pekárnu. Spolu s tím chci poděkovat Ing. Evě Vrbenské, Mgr. Pavlu Raškovi, Ing. Vladimíru Pivcovi., CSc., a doc. Ing. Lence Kouřimské, Ph.D., za odborné poradenství. V neposlední řadě chci poděkovat svým rodičům, své sestře a jejímu manželovi, za podporu v průběhu tvorby této práce jakožto v době celého mého studia. Velký dík patří také všem mým přátelům a známým, kteří mne podporovali v těch snadných i těžkých chvílích.

# Vliv kvality tuku na sensorické vlastnosti upečeného pekařského výrobku

## Souhrn

Tato práce je zaměřena na změnu kvality různých druhů potravinářských olejů a tuků vystavených tepelnému zatížení a jejich následný vliv na sensorické vlastnosti upečeného pekařského výrobku, v jejichž receptuře byly tyto tuky použity.

Během peroxidace mastných kyselin vzniká mezi dalšími (sekundárními) produkty také malondialdehyd (MDA), který je využíván jako marker míry peroxidace a oxidačního stresu. Obsah MDA v zatíženém tuku lze tedy považovat za ukazatel kvality tuku, respektive za ukazatel vhodnosti daného tuku k zatížení – tepelnému záhřevu. V této práci byla sledována změna obsahu MDA pomocí spektrofotometrie, a to jak před zatížením, tak i po něm, jak v olejích a tucích, tak ve výsledných výrobcích – pečivu (olejích a tucích z nich vyextrahovaných).

Spolu se stanovením MDA bylo stanoveno peroxidové číslo, neboť je vhodné při prokazování peroxidace tuků rozšířit stanovení o další, nezávislou metodu.

U všech stanovovaných vzorků olejů a tuků došlo k prokazatelnému zatížení při zahřátí na 180 °C po dobu 8 hodin. Některé limity byly u tuků a olejů získaných z upečených výrobků překročeny i dvojnásobně.

Vzorky upečeného pekařského výrobku byly podrobeny sensorické analýze, ve které byly porovnávány chuťové rozdíly mezi výrobkem z nezatíženého tuku a výrobkem ze stejného druhu tuku, ale tepelně zatíženého. Zároveň byla provedena sensorická analýza použitých olejů a tuků, rovněž zaměřená na chuťové rozdíly.

**Klíčová slova:** pečivo, tuky, peroxidace tuků, malondialdehyd, sensorické hodnocení

# **The influence of fat quality on sensory attributes of the baked bakery product**

## **Summary**

This thesis aims at the change of the quality of different kinds of food-oils and fats, subjected to thermal loads and their subsequent effects on the sensory properties of the baked bakery product in the formulation in which these oils and fats were used.

During the peroxidation of fatty acids is between other (secondary) products also formed the malondialdehyde (MDA), which is used as a marker for degree of peroxidation and oxidative stress. MDA content in loaded fat can be considered as an indicator of the quality of fat, or as an indicator of the suitability of the fat load – thermal warming. The change of the content of MDA was intended by using spectrophotometry. MDA was determined both before loading and after, both in oils and fats, and in the final products – bakery products (oils and fats extracted from these).

The peroxide value was determined along with the determination of MDA because it is suitable to expand the mensuration of lipid peroxidation by another independent method.

All analysed samples of oils and fats were demonstrably load when heated to 180 °C for 8 hours. Some limits for fats and oils, extracted from bakery products, exceeded twice.

Samples of baked bakery products were subjected to sensory analysis, in which these were compared in taste differences between the products from the unloaded fat and products from the same type of fat but thermally loaded. There was a sensory analysis of used oils and fats, also. It focused on the taste differences, too.

**Keywords:** bakery products, fats, lipid peroxidation, malondialdehyde, sensory analysis

# Obsah

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 Úvod.....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>2 Cíl práce a hypotézy .....</b>                         | <b>1</b>  |
| <b>3 Přehled literatury .....</b>                           | <b>2</b>  |
| <b>3.1 Pekařské výrobky .....</b>                           | <b>2</b>  |
| 3.1.1 Suroviny .....  | 2         |
| 3.1.1.1 Pšeničná mouka hladká světlá.....                   | 2         |
| 3.1.1.2 Čerstvé lisované droždí .....                       | 2         |
| 3.1.1.3 Cukr krupice .....                                  | 3         |
| 3.1.1.4 Zlepšující přípravek .....                          | 3         |
| 3.1.1.5 Tuky a oleje.....                                   | 3         |
| 3.1.1.6 Sůl jedlá.....                                      | 3         |
| <b>3.2 Tuky a oleje.....</b>                                | <b>4</b>  |
| 3.2.1 Složení.....  | 4         |
| 3.2.2 Význam v pekařských výrobcích .....                   | 4         |
| 3.2.3 Význam ve výživě.....                                 | 5         |
| 3.2.4 Členění tuků .....                                    | 5         |
| 3.2.5 Použité oleje a tuky .....                            | 6         |
| 3.2.5.1 Máslo.....  | 6         |
| 3.2.5.2 Ztužený tuk.....                                    | 6         |
| 3.2.5.3 Řepkový olej .....                                  | 7         |
| 3.2.5.4 Slunečnicový olej .....                             | 7         |
| 3.2.5.5 Olivový olej.....                                   | 7         |
| 3.2.5.6 Panenský olivový olej .....                         | 7         |
| 3.2.6 Oxidace lipidů .....                                  | 8         |
| 3.2.7 Vliv použitého tuku na kalkulovanou cenu výrobku..... | 9         |
| <b>3.3 Malondialdehyd.....</b>                              | <b>11</b> |
| 3.3.1 Vznik.....  | 11        |
| 3.3.2 Další využití stanovení MDA.....                      | 12        |
| <b>3.4 Peroxidové číslo .....</b>                           | <b>12</b> |
| <b>4 Materiál a metody .....</b>                            | <b>13</b> |
| <b>4.1 Úvod.....</b>  | <b>13</b> |
| <b>4.2 Materiál.....</b>                                    | <b>13</b> |
| 4.2.1 Receptura máslového rohlíku.....                      | 13        |
| 4.2.2 Máslo.....  | 14        |
| 4.2.3 Ztužený tuk.....                                      | 14        |
| 4.2.4 Řepkový olej .....                                    | 15        |

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| 4.2.5      | Slunečnicový olej .....   | 15        |
| 4.2.6      | Olivový olej.....   | 16        |
| 4.2.7      | Olivový olej extra panenský.....                                | 16        |
| 4.2.8      | Pekařský výrobek – rohlík máslový .....                         | 17        |
| 4.2.8.1    | Receptura s máslem.....   | 17        |
| 4.2.8.2    | Receptura se ztuženým tukem.....                                | 17        |
| 4.2.8.3    | Receptura s řepkovým olejem .....                               | 17        |
| 4.2.8.4    | Receptura se slunečnicovým olejem .....                         | 18        |
| 4.2.8.5    | Receptura s olivovým olejem .....                               | 18        |
| 4.2.8.6    | Receptura s extra panenským olivovým olejem.....                | 18        |
| <b>4.3</b> | <b>Metodika .....</b>   | <b>18</b> |
| 4.3.1      | Tepelné zatížení a příprava vzorků .....                        | 19        |
| 4.3.2      | Stanovení malondialdehydu .....                                 | 19        |
| 4.3.3      | Stanovení peroxidového čísla.....                               | 20        |
| 4.3.4      | Senzorická analýza.....   | 22        |
| 4.3.4.1    | Senzorická analýza tuků a olejů.....                            | 22        |
| 4.3.4.2    | Senzorická analýza pekařských výrobků .....                     | 23        |
| 4.3.4.3    | Vyhodnocení sensorické analýzy.....                             | 23        |
| 4.3.5      | Kalkulace ceny výrobku.....                                     | 23        |
| <b>5</b>   | <b>Výsledky.....</b>  | <b>24</b> |
| <b>5.1</b> | <b>Malondialdehyd.....</b>                                      | <b>24</b> |
| 5.1.1      | Tuků a olejů.....   | 24        |
| 5.1.2      | Tuků a olejů vyextrahovaných z rohlíků .....                    | 25        |
| <b>5.2</b> | <b>Peroxidové číslo .....</b>                                   | <b>26</b> |
| 5.2.1      | Tuků a olejů.....   | 26        |
| 5.2.2      | Tuků a olejů vyextrahovaných z rohlíků .....                    | 27        |
| <b>5.3</b> | <b>Senzorická analýza – vyhodnocení t-testů .....</b>           | <b>28</b> |
| 5.3.1      | Tuků a olejů.....   | 28        |
| 5.3.1.1    | Olivový olej.....   | 28        |
| 5.3.1.2    | Extra panenský olivový olej.....                                | 29        |
| 5.3.1.3    | Slunečnicový olej .....   | 29        |
| 5.3.1.4    | Řepkový olej .....  | 30        |
| 5.3.1.5    | Máslo.....  | 31        |
| 5.3.1.6    | Ztužený tuk.....  | 32        |
| 5.3.2      | Pekařských výrobků upečených ze stanovovaných olejů a tuků..... | 32        |
| 5.3.2.1    | Olivový olej.....   | 32        |
| 5.3.2.2    | Extra panenský olivový olej.....                                | 33        |
| 5.3.2.3    | Slunečnicový olej .....   | 34        |

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| 5.3.2.4    | Řepkový olej .....  | 35        |
| 5.3.2.5    | Máslo.....  | 36        |
| 5.3.2.6    | Ztužený tuk.....  | 36        |
| <b>5.4</b> | <b>Senzorická analýza – párová preferenční zkouška .....</b>    | <b>37</b> |
| 5.4.1      | Tuků a olejů.....   | 37        |
| 5.4.2      | Pekařských výrobků upečených ze stanovovaných olejů a tuků..... | 38        |
| <b>5.5</b> | <b>Kalkulace ceny výrobku .....</b>                             | <b>38</b> |
| <b>6</b>   | <b>Diskuze .....</b>  | <b>39</b> |
| <b>7</b>   | <b>Závěr.....</b>   | <b>44</b> |
| <b>8</b>   | <b>Seznam literatury .....</b>                                  | <b>45</b> |
| <b>9</b>   | <b>Seznam použitých zkratk a symbolů .....</b>                  | <b>49</b> |
| <b>10</b>  | <b>Přílohy .....</b>  | <b>50</b> |
| 10.1       | Fotografie všech výrobků .....                                  | 50        |
| 10.2       | Dotazník pro sensorické hodnocení olejů a tuků .....            | 51        |
| 10.3       | Dotazník pro sensorické hodnocení pečiva.....                   | 52        |
| 10.4       | Tabulka párové preferenční zkoušky.....                         | 53        |
| 10.5       | Celková tabulka pro výpočet ceny výrobku .....                  | 54        |
| <b>11</b>  | <b>Seznam příloh .....</b>                                      | <b>55</b> |



# 1 Úvod

Existují mnohé pochybné názory na kvalitu tuků používaných během výroby pekařských výrobků. Lze se setkat i s názorem, že je běžnou praxí používat tuky, které dříve prošly nadměrným tepelným záhřevem, tedy že dochází k jakési recyklaci tuků jejich zapracováním do receptury. Tento názor by bylo vhodné vyvrátit nejen odborným tvrzením, ale i praktickou zkouškou.

Radikálová oxidace polyneenasycených mastných kyselin v biologickém systému je známá jako peroxidace lipidů. Různé druhy tuků a olejů jsou vůči této reakci více či méně odolné. Jedná se o jednu z vlastností určujících jejich vhodnost k využití v gastronomii a výživě člověka. Kvalita tuku totiž výrazně ovlivňuje celkovou chuť a přijatelnost výrobku.

Často používaným markerem peroxidace lipidů je malondialdehyd, který lze snadno detekovat.

## 2 Cíl práce a hypotézy

Cílem práce je pomocí malondialdehydu zjistit míru žluknutí tuků a olejů při záměrném zahřívání. Dále je cílem posoudit, jak se toto zatížení projeví na sensorických vlastnostech pekařských produktů vyrobených právě z těchto tuků a olejů.

Tuky a oleje jsou v této práci posuzovány z hlediska jejich vlivu na lidskou výživu.

Hypotézy:

- tepelným namáháním tuku dochází ke zvýšení obsahu malondialdehydu;
- malondialdehyd je marker peroxidace tuků a tedy vhodný ke stanovení tepelného poškození tuků;
- kvalita použitého tuku má vliv na změnu sensorických vlastností výrobku.

## **3 Přehled literatury**

### **3.1 Pekařské výrobky**

Dle vyhlášky č. 333/1997 Sb., ODDÍL 3 § 11 písm. a) se rozumí:

pekařskými výrobky výrobky získané tepelnou úpravou těst nebo hmot, jejichž sušina je v převažujícím podílu tvořena mlýnskými obilnými výrobky, s výjimkou šlehaných hmot a sněhového pečiva.

Vyhláška dále pekařské výrobky dělí do několika skupin. Tato práce se zabývá především jemným pečivem dle kategorizace vycházející z téže vyhlášky č. 333/1997 Sb., ODDÍL 3 § 11.

#### **3.1.1 Suroviny**

##### **3.1.1.1 Pšeničná mouka hladká světlá**

Jak uvádí Šedivý et al. (2013): „Základní surovinou pro veškerý pekařský sortiment je mouka. U těst tvoří více než 60 % hmotnosti těsta a kombinace jejich rozmanitých vlastností, technologie výroby a dalších surovin určuje charakter finálního výrobku.“

Nejběžnějším typem mouky pro výrobu běžného pečiva je pšeničná mouka hladká světlá, dříve označovaná jako T 530 (mouky se označovaly tzv. typovými čísly, která vyjadřují tisícinásobek procentuálního obsahu popela v sušině a tím ji jasně definují z pohledu obsahu otrub, např. „Pšeničná mouka hladká speciál T530“ – takto deklarovaná mouka obsahuje 0,53 % popela v sušině; tento typ mouky je též znám pod dřívějším označením 00 – dvounulka). Tato mouka se vyrábí v mlýnech s pšenice seté, a to mletím vnitřku obilky zvané endosperm po odstranění povrchových částic obilky, čímž se mouka ochuzuje o fyziologicky cenné látky (vitamíny a minerály) a také o vlákninu. (Šedivý et al., 2015)

##### **3.1.1.2 Čerstvé lisované droždí**

V pekařském průmyslu je tato forma biologického kypřidla stále nejpoužívanější hlavně pro užitné vlastnosti a poměr ceny k jeho množství. Na rozdíl od minulosti má lisované droždí dostatečně dlouhou dobu skladovatelnosti za přijatelných podmínek, stabilní kvalitu a bakteriologickou čistotu. Je určeno nejen pro přípravu všech druhů kynutých těst klasickou technologií, pro řízené kynuté, zmrazené polotovary a některá speciálně upravená droždí i pro kypření kyselých chlebových těst. (Šedivý et al., 2013)

### 3.1.1.3 Cukr krupice

Sacharidy dodávají živiny pro množení kvasinek, čímž umožňují nastavit rychlost fermentace těsta. Účinek cukru na mouku je také na stupeň nabobtnání lepku, které zajišťuje plasticitu těsta, a zabraňuje tak pečivu ve smrštění a deformaci. Sacharidy dále ovlivňují zbarvení a vůni výrobku. (Luo and Chen 2014)

### 3.1.1.4 Zlepšující přípravek

V nařízení Evropského parlamentu a rady (ES) č. 1333/2008 ze dne 16. prosince 2008 o potravinářských přídatných látkách je pojem „přídavné látky“ specifikován takto: „potravinářskou přídatnou látkou se rozumí látka, která není obvykle určena ke spotřebě jakožto potravina a ani není obvykle používána jako charakteristická složka potraviny, ať má či nemá výživovou hodnotu, a jejíž záměrné přidání do potraviny z technologického důvodu při výrobě, zpracování, přípravě, úpravě, balení, dopravě nebo skladování má nebo pravděpodobně bude mít za následek, že se tato látka nebo její vedlejší produkty stanou přímo či nepřímo složkou této potraviny.“

### 3.1.1.5 Tuky a oleje

Jelikož se tato práce zabývá právě vlivem různých druhů tuků a olejů na kvalitu výrobku, je této kategorii věnována samostatná kapitola níže.

### 3.1.1.6 Sůl jedlá

V pekárenství používáme kuchyňskou sůl, což je čistý chlorid sodný (o obsahu NaCl min. 97 %), někdy jodidovanou (přídavkem jodičnanu sodného nebo draselného). Sůl se přidává zpravidla v roztoku ve formě solanky. Její role není pouze v úpravě chuti, ale také při vytváření struktury lepku, kde má významný vliv při hydrataci bílkovin. Sůl se tak podílí i na reologických vlastnostech těsta a ve výsledku na textuře střídy pečiva. (Šedivý et al., 2015)

Šedivý et al. (2013) také uvádí, že: „Ve vodě je sůl dobře rozpustná, tvoří pravé roztoky. Běžně se přidává do téměř každého pekařského výrobku (1-2 %, počítáno na hmotnost mouky).“ (Šedivý et al., 2013)

## 3.2 Tuky a oleje

### 3.2.1 Složení

Diderot (1999) uvádí o tucích následující: „Triacylglyceroly, estery glycerolu a mastných kyselin, obsažené v živočišných tkáních a v rostlinných pletivech ... Mastné kyseliny jsou nasycené nebo nenasycené s jednou, dvěma, popř. třemi dvojnými vazbami, hydroxykyselinami a ketokyselinami. Nasycené mastné kyseliny dodávají tuku tuhou konzistenci; s rostoucím podílem nenasycených kyselin se konzistence stává mazlavou až tekutou (oleje).“

### 3.2.2 Význam v pekařských výrobcích

Volba vhodného typu tuku určuje vlastnosti výrobků v průběhu výroby (viskozita, provzdušnění), a také ovlivňuje vlastnosti hotových výrobků (křehkost, lepivost) a jejich stabilitu během skladování. (O'Brien et al., 2003)

Šedivý et al. (2013) uvádí tyto pozitivní významy tuků v pekařské technologii:

- „Výrazné prodloužení trvanlivosti a životnosti výrobků.
- Zlepšující reologické vlastnosti těst – pružnost a pevnost.
- Nad 4,3 % značně zvyšují objem výrobků, a to až o čtvrtinu.
- Rovnoměrnější pórovitost střídy.
- Lepší zpracovatelnost těst.
- Zlepšení chuti a vůně.“

(Šedivý et al., 2013)

Velký význam má tuk především u těsta listového, kdy strukturu těsta tvoří právě kombinace vrstev vodového a tukového. Renzetti et al. se v roce 2015 zabýval vlivem interakcí mezi těstem a tukem během překládání – strukturování – těsta. Ve své práci uvádí, že: „Strukturace vedla ke zvýšení elastického chování a konzistence těsta. Elastické chování těsta a jeho konzistence se zvyšuje s rostoucí konzistencí tuku, dokud se nedosáhne maxima ... Další zvýšení konzistence tuku mělo negativní vliv na strukturu těsta a pečení.“ (Renzetti, de Harder, and Jurgens 2016)

### **3.2.3 Význam ve výživě**

Tuky obsahující nasycené mastné kyseliny při konzumaci v nadbytku nejsou prospěšné pro naše zdraví, protože zvyšují hladinu „špatného“ LDL cholesterolu, jakož i zvyšují riziko vzniku různých onemocnění oběhového systému. Spotřeba velkých množství nasycených mastných kyselin může také zvýšit riziko výskytu diabetu 2. typu. (Miskiewicz et al. 2013)

Jak již bylo prokázáno, vysoký příjem tuků je přímo spojen s různými zdravotními poruchami, jako je obezita, rakovina, vysoký krevní cholesterol a ischemické choroby srdeční. Z tohoto důvodu bylo věnováno velké úsilí snížení tuku z receptur potravin bez vlivu na jejich chuť a texturu. (Serin and Sayar 2017)

S poněkud výrazně odlišným názorem na obsah tuků ve stravě a na jeho vliv na lidské zdraví přišla ve své knize Tuk – velké překvapení (originálně vydána 2014, v českém překladu v roce 2016) Nina Teicholz. Uvádí, že: „Celá řada prvotřídních vědeckých studií provedených v posledních deseti letech svědčí o důležitosti tuku ve stravě a nashromáždily takové množství důkazů, že se to zdá být téměř nepopiratelný fakt. Bylo prokázáno, že vysokotučný a nízkosacharidový režim pomáhá bojovat proti onemocnění srdce, obezitě a diabetu. Vede k lepšímu zdraví než takzvaná středomořská strava a má daleko příznivější účinky než standartní nízkotučný přístup, jenž je oficiálně doporučován už půl století snad ve všech západních zemích.“ (Teicholz, 2016)

### **3.2.4 Členění tuků**

Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 397/2016 ze dne 2. prosince 2016 o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje stanoví následující členění jedlých tuků a olejů na druhy, skupiny a podskupiny:

| Druh                      | Skupina             | Podskupina  |
|---------------------------|---------------------|---|
| Jedlý tuk nebo jedlý olej | rostlinný           | jednodruhový<br>vícedruhový   |
|                           | živočišný           | vepřové sádlo, vepřový tuk,<br>výběrový hovězí lůj, hovězí lůj tuk<br>nebo olej podle druhu živočicha |
|                           | ztužený             | plně<br>částečně  |
|                           | pokrmový            |   |
|                           | roztíratelný        |   |
|                           | směsný roztíratelný |   |
|                           | tekutý emulgovaný   |   |

Tab. 1 Základní členění jedlých tuků a olejů na druhy, skupiny a podskupiny

### 3.2.5 Použité oleje a tuky

#### 3.2.5.1 Máslo

Z fyzikálně chemického hlediska je máslo mléčný tuk, ve kterém je rozptýleno určité množství vody (cca 20 %) s nízkým obsahem mléčného cukru, kyseliny mléčné, bílkovin a rozpustných minerálních látek. Díky své biologické hodnotě má máslo velký význam v lidské výživě, zejména ve výživě dětí, nemocných a kojících matek, protože obsahuje vitamíny A, D a nenasycené mastné kyseliny. (Mašek, 2005)

#### 3.2.5.2 Ztužený tuk

Řada potravinářských výrob vyžaduje použití tuků pevného skupenství a někdy i speciálních vlastností. Je poměrně málo zdrojů tuků, které by splňovaly veškeré požadavky výrobových pracovníků a technologů. Proto se vyvíjely technologie úpravy tuků s cílem připravit tuk požadovaných vlastností. Asi nejznámější a zároveň kontroverzní úpravou je ztužování tuků. Nenasycené mastné kyseliny reagují s vodíkem za vzniku nasycených mastných kyselin. Proces může být veden dvěma způsoby. Reakce se nechá proběhnout u všech dvojných

vazeb v uhlovodíkovém řetězci mastných kyselin. Tímto způsobem vznikne „plně ztužený tuk“, který neobsahuje v podstatě žádné nenasycené mastné kyseliny. Druhým způsobem je ztužování do určitého okamžiku, kdy se nechá reagovat jen část dvojných vazeb nenasycených mastných kyselin. Vznikají takzvané „částečně ztužené tuky“. (Brát, 2014)

V rámci této práce byl použit 100% ztužený tuk (viz Materiál).

### 3.2.5.3 Řepkový olej

Je velmi rozšířený, univerzální v použití. Obsahuje velké množství nenasycených mastných kyselin. Jisté pochybnosti vznikly v souvislosti s objevením zdraví škodlivé kyseliny erukové v řepce. Dnes se však běžně pěstují druhy, ve kterých byla kyselina eruková eliminována a proto není důvod k omezování konzumace řepkového oleje. (Mašek, 2005)

### 3.2.5.4 Slunečnicový olej

Má vysoký podíl kyseliny linolové (okolo 60 %) z řady omega 6 mastných kyselin. Je vhodný zejména do studené kuchyně, při vyšších teplotách má nižší stabilitu než jiné druhy olejů. Díky jednostrannému složení s převažujícím obsahem omega 6 mastných kyselin se doporučuje jej střídát s jinými druhy olejů. (Brát, 2014)

### 3.2.5.5 Olivový olej

Barva a chuť olivového oleje se liší podle klimatických podmínek, podle zralosti plodů (lisováním plně zralých oliv se získá olej jemné chuti a zlaté barvy, lisováním nezralých oliv má olej výraznější chuť a zelenou barvu) a podle způsobu zpracování. Olej lisovaný za studena a z prvního lisování je označován jako „extra virgin“, který obsahuje maximálně 1 % kyselin. Méně hodnotné oleje jsou označovány „superfine“ nebo „extrafine“, nejnižší je kvalita označována „regular“ nebo „sansa“. (Mašek, 2005)

### 3.2.5.6 Panenský olivový olej

Nařízení evropského parlamentu a rady (EU) č. 1308/2013 definuje panenský olivový olej takto:

„Panenským olivovým olejem“ se rozumí olej získaný z plodů olivovníku výhradně mechanickými nebo jinými fyzikálními postupy za podmínek, při nichž nedochází ke změně

oleje, a který nebyl podroben žádnému jinému zpracování než praní, dekantaci, odstředování nebo filtraci, s výjimkou oleje získaného pomocí rozpouštědel nebo použitím přísad s chemickým nebo biochemickým účinkem nebo reesterifikací a jakékoli směsi s oleji jiných druhů.

Panenský olivový olej se třídí a označuje výhradně takto:

a) Extra panenský olivový olej

„Extra panenským olivovým olejem“ se rozumí panenský olivový olej o obsahu volných mastných kyselin, vyjádřených jako kyselina olejová, nejvýše 0,8 g na 100 g a s ostatními charakteristikami, které odpovídají charakteristikám stanoveným Komisí v souladu s čl. 75 odst. 2 pro tuto kategorii.

b) Panenský olivový olej

„Panenským olivovým olejem“ se rozumí panenský olivový olej o obsahu volných mastných kyselin, vyjádřených jako kyselina olejová, nejvýše 2 g na 100 g a s ostatními charakteristikami, které odpovídají charakteristikám stanoveným Komisí v souladu s čl. 75 odst. 2 pro tuto kategorii.

c) Lampantový olivový olej

„Lampantovým olivovým olejem“ se rozumí panenský olivový olej o obsahu volných mastných kyselin, vyjádřených jako kyselina olejová, vyšším než 2 g na 100 g nebo s ostatními charakteristikami, které odpovídají charakteristikám stanoveným Komisí v souladu s čl. 75 odst. 2 pro tuto kategorii.“

V rámci této práce byl použit 100% ztužený tuk (viz Materiál).

### **3.2.6 Oxidace lipidů**

Oxidace lipidů je bezesporu jedním z nejběžnějších procesů v potravinovém systému. Struktura potravin se mění v průběhu zpracování, v důsledku čehož mohou být lipidy vystaveny molekulám kyslíku. Hlavním důsledkem oxidace lipidů je vznik pachutí a pachů, které zkracují trvanlivost potravin a mění je tak na nepřijatelné pro lidskou spotřebu. Stejně tak se snižuje



i nutriční hodnota a bezpečnost potravin, vzhledem k tvorbě škodlivých primárních a sekundárních sloučenin, které jsou spojeny s řadou degenerativních procesů a poruch, jako je rakovina, zánět a kardiovaskulární onemocnění. (Bialek et al. 2016)

Tímto problémem se věda zabývá již desítky let. V roce 1995 ve své práci Gutteridge (1995) uvádí: „Tuky a oleje oxidují s charakteristickými změnami ve struktuře, barvě, chuti a zápachu. Tento proces, známý jako žluknutí, byl chemicky definován v roce 1940 jako autooxidační radikálovou řetězovou reakci. Radikálová oxidace polynenasycených mastných kyselin v biologických systémech je známá jako peroxidace lipidů.“

Peroxidace lipidů vytváří komplexní řadu produktů, z nichž některé mohou reagovat s proteiny a DNA, a v důsledku čehož jsou toxické a mutagenní. (Marnett, 1999)

Marnett (1999) ve své práci dále uvádí: „Jako vhodný biomarker peroxidace lipidů se již mnoho let používá malondialdehyd, protože jeho snadnou reakcí s kyselinou thiobarbiturovou vzniká intenzivně zbarvený chromogen.“

### **3.2.7 Vliv použitého tuku na kalkulovanou cenu výrobku**

Druhem použitých tuků nebo olejů je kromě kvalitativních (chemických, senzorických ...) vlastností ovlivněna rovněž výše kalkulovaných nákladů na výrobu upečeného pekařského výrobku. Přitom informace o nákladech vynaložených na jednotlivé produkty či služby je zásadní především pro rozhodování o výrobním sortimentu a stanovení ceny (Soukupová et Strachotová, 2005).

Pro kalkulaci jednotku podnikového výkonu označíme jako kalkulační jednici (Soukupová et Strachotová, 2005).

Kalkulační jednicí pro účely této práce bude označen jeden rohlík.

Fibírová et al. (2007) uvádí: „Z hlediska způsobu přiřazení nákladů lze rozlišit dvě základní skupiny nákladů:

- náklady přímé, které se jednoznačně přiřazují konkrétnímu druhu výkonu, protože s konkrétním druhem výkonu souvisejí;

- náklady nepřímé, které zajišťují vytvoření podmínek pro skupinu výkonů (více druhů), činnost útvarů a hierarchicky vyšších článků řízení.

Členění nákladů na přímé a nepřímé je kalkulačním členěním nákladů, které je nezbytné pro sestavení kalkulace a je ovlivněno požadavky na vypovídací schopnost kalkulace.“

Jak uvádí Soukupová and Strachotová (2005): „Základní princip, který se při alokaci nepřímých nákladů na kalkulační jednici uplatňuje, je princip příčinnosti. Ten vychází z myšlenky, že každý výrobek má být zatížen pouze takovými náklady, které skutečně vyvolal. Děje se tak umělým způsobem, kdy se snažíme najít určitý zprostředkovaný vztah mezi rozpočítávaným nepřímým nákladem a příslušnou kalkulační jednicí.“

Jak uvádí Fibírová et al. (2007): „Struktura nákladových položek, v níž se zjišťují náklady výkonů, je vyjádřena v každém podniku individuálně v tzv. kalkulačním vzorci. [...] Základní struktura kalkulačního vzorce kalkulace plných nákladů je následující:

- přímé jednicové náklady,
- přímé režijní náklady,
- nepřímé režijní náklady.“

Fibírová et al. (2007) dále uvádí: „Přímé náklady je možno přiřadit kalkulační jednici již v okamžiku jejich vynaložení, na základě informací z účetnictví, a to pomocí dělení celkové výše přímých nákladů konkrétním množstvím vytvořených výkonů, kalkulovaným množstvím.

Přímými náklady jsou vždy (u nesdružených výkonů) náklady jednicové, které jsou příčinně vyvolány každou konkrétní kalkulační jednicí. Skutečné jednicové náklady jsou zjišťovány v účetnictví na samostatných účtech, na jednici výkonu se zjistí dělením skutečným počtem vytvořených výkonů.

Přímými náklady jsou vedle jednicových nákladů i režijní náklady výkonu, které byly (budou) vynaloženy na zajištění druhu výkonu. Konkrétním příkladem přímého režijního nákladu výkonu je průměrná výše odpisů jednoúčelových zařízení nebo odpisů nehmotných aktiv (design, projekt).

Nepřímé náklady se vynakládají v souvislosti s vytvořením širšího sortimentu výkonů, jsou to společné náklady, které souvisejí se zajištěním konkrétní skupiny výkonů. Typickými nepřímými náklady jsou nejen odpisy společného technologického vybavení, ale i spotřeba režijního materiálu nebo mzdy řídicích a administrativních pracovníků.“

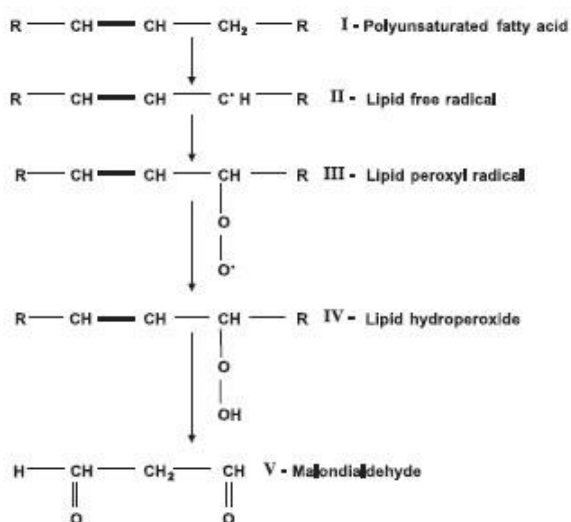
### 3.3 Malondialdehyd

Malondialdehyd (MDA) je vysoce reaktivní dialdehyd, produkovaný jako vedlejší produkt peroxidace polynenasycené mastné kyseliny (PUFA), která je katalyzována volnými radikály. (Ye et al., 2016)

Malondialdehyd (MDA) je důležitým produktem peroxidace lipidů, kde reaktivní formy kyslíku degradují polynenasycené lipidy buněčné membrány. Přispívá k oxidačně generovanému poškození DNA. (Aziz et al., 2015)

Reakce kyseliny thiobarbiturové s MDA a dalšími karbonylovými sloučeninami, je základem pro stanovení TBARS, jednoho z nejčastěji používaných testů oxidačního stresu. (Tsikas et al. 2016)

#### 3.3.1 Vznik



Obr. 1 schéma vzniku MDA (Grotto et al., 2009)

Výchozím produktem oxidace PUFA je peroxylový radikál. Osud tohoto radikálu závisí na jeho pozici v uhlíkatém řetězci mastné kyseliny. Pokud se nachází na jednom ze dvou konců systému dvojných vazeb, vzniká z něho hydroperoxid mastné kyseliny. Jestliže se peroxylový radikál

nachází uvnitř systému dvojných vazeb, konkuruje tvorbě hydroperoxidu cyklizace na sousední dvojnou vazbu, při které vzniká endoperoxid PUFA – meziprodukt vedoucí k tvorbě MDA. (Marnett, 1999)

### 3.3.2 Další využití stanovení MDA

Obsah MDA je spojován s mnoha onemocněními a chorobami. Například Ye et al. se ve své studii z roku 2016 zaměřil na zjištěnou zvýšenou hladinou MDA v očích pacientů trpících věkem podmíněnou makulární degenerací (VPMD), hlavní příčinou slepoty v rozvinutých zemích. Studie odhalila významnou úlohu MDA, který působí nejen jako marker, ale také jako příčinný faktor VPMD. (Ye et al., 2016)

Další spojení se stanovením obsahu MDA a průkazem onemocnění přinesla studie z roku 2015. Aziz et al. (2015) zkoumal zvýšenou hladinu MDA jako markeru peroxidace lipidů při Schistosomiáze, zeslabujícím parazitickým onemocnění způsobeném *Schistosoma mansoni*, které v současné době postihuje 250-300 milionů lidí v tropických oblastech. Ve studii navrhuje, aby biomarkery peroxidace lipidů, jakým je plazmové MDA, mohly působit jako užitečný prognostický ukazatel pro jaterní onemocnění související s *Schistosoma mansoni*.

Na vztah mezi úrovní MDA a kvalitou semene u neplodných mužů upozornila studie z roku 2014, kde Collodel et al. ukazuje na vyhodnocení semenného MDA jako na dobrý marker pro pochopení patologických stavů odpovědných za snížení pohyblivosti spermií; zejména u pacientů postižených urogenitální infekcí nebo zánětlivými stavy. Kromě toho, zvýšená hodnota MDA by měla být jakýmsi alarmem pro diagnostiku a léčbu onemocnění v akutní fázi. Případně by tak jeho včasné stanovení mohlo zabránit úplné neplodnosti. (Collodel et al., 2015)

## 3.4 Peroxidové číslo

Peroxidové číslo (anglicky peroxid value) je index pro kvantifikaci množství hydroperoxidu v tucích a olejích. Některé studie uvádějí, že sekundární produkty oxidace lipidů jsou obecně toxické. Poměrně slabě oxidované tuky a oleje, v hodnotě pouze 100 mekv/kg peroxidového čísla, jsou neurotoxické. Proto tvorba hydroperoxidu, primárního produktu oxidace tuků a olejů, musí být potlačena na ochranu proti oxidaci tuků a olejů a vzniku sekundárních oxidovaných produktů z hlediska jakosti potravin a bezpečnosti potravin. (Gotoh et Wada, 2006)

## 4 Materiál a metody

### 4.1 Úvod

Tuky a oleje byly vystaveny vysoké teplotě po několik hodin.

Pro posouzení vlivu kvality tuku na sensorické vlastnosti výrobku bylo zvoleno hedonické zhodnocení jak samotných olejů a tuků, tak i následně z nich vyrobených rohlíků.

Dále byl u všech vzorků olejů a tuků, a následně i u olejů a tuků vyextrahovaných z rohlíků, změřen obsah malondialdehydu jako markeru zatížení olejů a tuků. U tohoto měření byla především pozorována změna v obsahu MDA.

Nakonec bylo u všech výše zmíněných vzorků stanoveno peroxidové číslo.

### 4.2 Materiál

#### 4.2.1 Receptura máslového rohlíku

Pro tuto práci byla použita receptura na rohlík máslový. Ten obsahuje vyšší obsah tuku, ale neobsahuje větší množství cukru nebo náplň.

Následující tabulka zobrazuje použitou recepturu:

|                              | kg   |
|------------------------------|------|
| <b>pšeničná mouka hladká</b> | 1,00 |
| <b>cukr krupice</b>          | 0,02 |
| <b>droždí</b>                | 0,04 |
| <b>máslo stolní</b>          | 0,09 |
| <b>sůl jodlá</b>             | 0,02 |

Tab. 2 receptura máslového rohlíku

V rámci této práce byla zachována většina surovin a jejich poměry, jedinou pohyblivou složkou zůstal tuk, respektive olej.

Následující seznam obsahuje tabulky složení a fotografie obalů výrobků a upečených rohlíků.

#### 4.2.2 Máslo



Obr. 2 máslo

|                                 |                           |
|---------------------------------|---------------------------|
| <b>Výživové údaje na</b>        | 100 g                     |
| <b>Energetická hodnota</b>      | <b>3 058 kJ/ 728 kcal</b> |
| <b>Tuky</b>                     | <b>82 g</b>               |
| z toho nasycené mastné kyseliny | 54 g                      |
| <b>Sacharidy</b>                | <b>0,8 g</b>              |
| z toho cukry                    | 0,8 g                     |
| <b>Bílkoviny</b>                | <b>0,8 g</b>              |
| <b>Sůl</b>                      | <b>0,10 g</b>             |

Tab. 3 výživové údaje másla

V této práci bylo použito přepuštěné (klarifikované) máslo, vyrobené dle postupu v knize Klenoty klasické evropské kuchyně (Vaněk, 2013). Dále uváděné pouze jako „máslo“.

#### 4.2.3 Ztužený tuk



Obr. 3 ztužený tuk

|                                 |                           |
|---------------------------------|---------------------------|
| <b>Výživové údaje na</b>        | 100 g                     |
| <b>Energetická hodnota</b>      | <b>3 700 kJ/ 900 kcal</b> |
| <b>Tuky</b>                     | <b>100 g</b>              |
| z toho nasycené mastné kyseliny | 50 g                      |
| <b>Sacharidy</b>                | <b>0 g</b>                |
| z toho cukry                    | 0 g                       |
| <b>Bílkoviny</b>                | <b>0 g</b>                |
| <b>Sůl</b>                      | <b>0,0 g</b>              |

Tab. 4 výživové údaje ztuženého tuku

#### 4.2.4 Řepkový olej



Obr. 4 řepkový olej

|                                    |                           |
|------------------------------------|---------------------------|
| <b>Výživové údaje na</b>           | <b>100 ml</b>             |
| <b>Energetická hodnota</b>         | <b>3 404 kJ/ 813 kcal</b> |
| <b>Tuky</b>                        | <b>92 g</b>               |
| z toho nasycené<br>mastné kyseliny | 7,4 g                     |
| <b>Sacharidy</b>                   | <b>0 g</b>                |
| z toho cukry                       | 0 g                       |
| <b>Bílkoviny</b>                   | <b>0 g</b>                |
| <b>Sůl</b>                         | <b>0,0 g</b>              |

Tab. 5 výživové údaje řepkového oleje

#### 4.2.5 Slunečnicový olej



Obr. 5 slunečnicový olej

|                                    |                           |
|------------------------------------|---------------------------|
| <b>Výživové údaje na</b>           | <b>100 ml</b>             |
| <b>Energetická hodnota</b>         | <b>3 404 kJ/ 828 kcal</b> |
| <b>Tuky</b>                        | <b>92 g</b>               |
| z toho nasycené<br>mastné kyseliny | 10,3 g                    |
| <b>Sacharidy</b>                   | <b>0 g</b>                |
| z toho cukry                       | 0 g                       |
| <b>Bílkoviny</b>                   | <b>0 g</b>                |
| <b>Sůl</b>                         | <b>0,0 g</b>              |
| Omega 6                            | 50 g                      |
| Vitamin/Vitamin E                  | 40 mg                     |

Tab. 6 výživové údaje slunečnicového oleje

#### 4.2.6 Olivový olej



Obr. 6 olivový olej

|                                  |                           |
|----------------------------------|---------------------------|
| <b>Výživové údaje na</b>         | <b>100 ml</b>             |
| <b>Energetická hodnota</b>       | <b>3 389 kJ/ 824 kcal</b> |
| <b>Tuky</b>                      | <b>91,6 g</b>             |
| z toho                           |                           |
| - nasycené mastné kyseliny       | 13 g                      |
| - mononenasycené mastné kyseliny | 69,6 g                    |
| - polynenasycené mastné kyseliny | 9 g                       |
| <b>Sacharidy</b>                 | <b>0 g</b>                |
| z toho cukry                     | 0 g                       |
| <b>Bílkoviny</b>                 | <b>0 g</b>                |
| <b>Sůl</b>                       | <b>0,0 g</b>              |

Tab. 7 výživové údaje olivového oleje

#### 4.2.7 Olivový olej extra panenský



Obr. 7 olivový olej extra panenský

|                                  |                           |
|----------------------------------|---------------------------|
| <b>Výživové údaje na</b>         | <b>100 ml</b>             |
| <b>Energetická hodnota</b>       | <b>3 730 kJ/ 900 kcal</b> |
| <b>Tuky</b>                      | <b>100 g</b>              |
| z toho                           |                           |
| - nasycené mastné kyseliny       | 14 g                      |
| - mononenasycené mastné kyseliny | 76 g                      |
| - polynenasycené mastné kyseliny | 10 g                      |
| <b>Sacharidy</b>                 | <b>0 g</b>                |
| z toho cukry                     | 0 g                       |
| <b>Bílkoviny</b>                 | <b>0 g</b>                |
| <b>Sůl</b>                       | <b>0,0 g</b>              |

Tab. 8 výživové údaje olivového oleje extra panenského



#### 4.2.8 Pekařský výrobek – rohlík máslový

Ze všech vzorků olejů a tuků byly upečeny rohlíky dle výše zmíněné receptury.

Fotografie všech výrobků je v příloze této práce.

##### 4.2.8.1 Receptura s máslem



Obr. 8a rohlík s nezatíženým máslem



Obr. 8b rohlík se zatíženým máslem

##### 4.2.8.2 Receptura se ztuženým tukem



Obr. 9a rohlík s nezatíženým ztuženým tukem



Obr. 9b rohlík se zatíženým tukem

##### 4.2.8.3 Receptura s řepkovým olejem



Obr. 10a rohlík s nezatíženým řepkovým olejem



Obr. 10b rohlík se zatíženým řepkovým olejem

#### 4.2.8.4 Receptura se slunečnicovým olejem



Obr. 11a rohlík s nezatíženým slunečnicovým olejem



Obr. 11b rohlík se zatíženým slunečnicovým olejem

#### 4.2.8.5 Receptura s olivovým olejem



Obr. 12a rohlík s nezatíženým olivovým olejem



Obr. 12b rohlík se zatíženým olivovým olejem

#### 4.2.8.6 Receptura s extra panenským olivovým olejem



Obr. 13a rohlík s nezatíženým extra panenským olivovým olejem



Obr. 13b rohlík se zatíženým extra panenským olivovým olejem

### 4.3 Metodika

Vzorky tuků a olejů byly tepelně namáhány. Z takto zatížených olejů a tuků, stejně jako z olejů a tuků nezatížených, byly upečené rohlíky dle receptury. Z rohlíků byly vyextrahovány oleje a tuky, které byly následně použité pro rozbor.

U všech vzorků tuků a olejů a u tuků a olejů vyextrahovaných z rohlíků byl stanoven obsah malondialdehydu a peroxidové číslo.

Všechny vzorky olejů a tuků, stejně tak jako z nich upečené rohlíky, byly podrobeny senzorickému hodnocení.

#### 4.3.1 Tepelné zatížení a příprava vzorků

Přístroje:

Sušárna Venticell; horkovzdušná periodická boxová pec, s ventilátory a rozprachem vody TENART; kuchyňský tyčový mixér; vakuová odparka Rotavapor R-200.

Vzorky olejů a tuků byly zahřívány na  $180\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$  po dobu 8 hodin v sušárně Venticell.

Z tepelně zatížených olejů a tuků a z nezatížených olejů a tuků byly následně v laboratorní pekárně upečeny rohlíky dle receptury na rohlík máslový, ve které bylo původní máslo postupně nahrazeno všemi 12 druhy tuků a olejů. Rohlíky byly upečeny dle standartního postupu při  $250\text{ °C}$  po dobu max. 15 minut.

Z upečených rohlíků byly vyextrahovány tuky a oleje. K rozmixované hmotě rohlíků bylo přidáno odpovídající množství rozpouštědla (hexan), směs byla řádně promíchána a nechána stát 15 minut. Směs byla poté přefiltrována a rozpouštědlo bylo z filtrátu odpařeno na rotační vakuové odparce Rotavapor R-200.



Obr. 14 Rotavapor R-200

#### 4.3.2 Stanovení malondialdehydu

Princip:

Ke stanovení malondialdehydu (MDA) v tucích byla použita modifikovaná metoda dle Fernández et al (1997) a Marcinčák et al. (2006).

Přístroje:

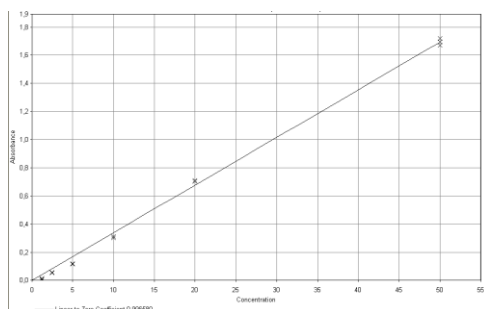
Vortex; spektrofotometr Helios  $\gamma$  (Spektrum Unicam, Velká Británie); pH metr SCHOTT.

Chemikálie:

Heptan; dodecylsulfát sodný – koncentrace 10 % w/w (SDS); pufr o pH 3,5 (připravený z 20% kyseliny octové a 20% hydroxidu sodného); kyselina thiobarbiturová – 0,6 % w/w roztok v 0,05 M NaOH (TBA).

Z každého vzorku oleje byl odpipetován 1 ml. K tomu byl přidán 1 ml heptanu a směs byla řádně promíchána. 10  $\mu$ l této směsi bylo pipetováno do plastových zkumavek (o objemu 10 ml) Vzorky byly pipetovány v 10 opakováních. Poté bylo přidáno 10  $\mu$ l roztoku SDS. Dále bylo do zkumavky přidáno 750  $\mu$ l pufru. Do zkumavky bylo přidáno 750  $\mu$ l roztoku TBA. Po řádném promíchání na vortexu byly vzorky uloženy do tmy a ponechány inkubovat 24 hodin ve tmě při pokojové teplotě (22 °C).

Po inkubaci byly vzorky proměřeny v plastových kyvetách pomocí spektrofotometru při vlnové délce 535 nm oproti slepému pokusu. Výsledný obsah MDA byl odečten z kalibračního grafu, který byl připraven z roztoků standardu MDA.



Obr. 15 graf kalibrační křivky pro MDA

### 4.3.3 Stanovení peroxidového čísla

Definice:

Peroxidové číslo: množství těchto látek ve vzorku, vyjádřené v milimolech aktivního kyslíku na kg, které oxidují jodid draselný za předepsaných podmínek.

### Princip:

Peroxidové číslo bylo stanoveno dle ČSN ISO 3960 specifikující metodu stanovení peroxidového čísla v živočišných a rostlinných tucích a olejích.

Podstatou zkoušky je reakce vzorku s roztokem jodidu draselného v roztoku kyseliny octové a chloroformu. Titrace uvolněného jodu standardním odměrným roztokem thiosíranu sodného.

### Přístroje:

Analytické váhy.

### Chemikálie:

Chloroform; kyselina octová (koncentrovaná); jodid draselný (čerstvě připravený nasycený roztok – 144 g ve 100 cm<sup>3</sup>); thiosíran sodný o koncentraci 0,001 mol/dm<sup>3</sup>; roztok škrobu.

### Postup:

V baňce se zábrusem byl vzorek rozpuštěn v 10 cm<sup>3</sup> chloroformu. Následně bylo přidáno 15 cm<sup>3</sup> koncentrované kyseliny octové a poté 1 cm<sup>3</sup> jodidu draselného. Baňka byla ihned uzavřena a 1 minutu byla intenzivně míchána. Poté byla nechána stát 5 minut ve tmě a v klidu. Následně bylo přidáno 75 cm<sup>3</sup> destilované vody. Směs byla prudce protřepána a následně bylo přidáno několik kapek škrobového roztoku jako indikátoru. Uvolněný jod byl titrován odměrným roztokem thiosíranu sodného. Zároveň byl proveden slepý pokus, kdy byl vzorek nahrazen destilovanou vodou.

Navážka vzorku se provádí s ohledem na předpokládané peroxidové číslo dle tabulky:

| Předpokládané peroxidové číslo (v mmolech na kg) | Navážka vzorku v g |
|--|--------------------|
| 0-6  | 5,0-2,0            |
| 6-10   | 2,0-1,2            |
| 10-15  | 1,2-0,8            |
| 15-25  | 0,8-0,5            |
| 25-45  | 0,5-0,3            |

**Tab. 9 navážka vzorku pro stanovení peroxidového čísla**

Navážky vzorků byly mezi 5,0-2,0 gramy.

#### **4.3.4 Senzorická analýza**

Nezatížené a zatížené vzorky tuků a olejů a také z těchto olejů a tuků upečené rohlíky byly podrobeny sensorické analýze na Fakultě agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. Hodnotiteli byli studenti, kteří absolvovali předmět Sensorická analýza a spadali tak do kategorie proškolených hodnotitelů. Hodnotiteli byli muži i ženy v průměrném věku 24 let. Pohlaví ani věk však nebyly pro potřeby této práce vyhodnocovanými faktory.

##### **4.3.4.1 Senzorická analýza tuků a olejů**

Senzorické analýzy tuků a olejů se zúčastnil panel 12 hodnotitelů. Vzor dotazníku je součástí přílohy této práce. Sensorická analýza probíhala ve dvou etapách ve stejném dni s odstupem několika hodin, aby nedošlo k únavě chuťových buněk.

Vzorky byly opatřeny unikátním kódem a pod tímto kódem byly předkládány hodnotitelům. Hodnocení bylo provedeno v párech, vždy zatížený a nezatížený tuk/olej stejného druhu v jednom páru. K hodnocení byla použita grafická lineární stupnice. Dále hodnotitelé provedli párovou preferenční zkoušku u každého páru.

#### 4.3.4.2 Senzorická analýza pekařských výrobků

Senzorické analýzy tuků a olejů se zúčastnil panel 20 hodnotitelů. Vzor dotazníku je součástí přílohy této práce. Senzorická analýza probíhala ve dvou etapách ve stejném dni s odstupem několika hodin, aby nedošlo k únavě chuťových buněk.

Vzorky byly opatřeny unikátním kódem a pod tímto kódem byly předkládány hodnotitelům. Hodnocení bylo provedeno v párech, vždy výrobek ze zatíženého a výrobek z nezatíženého tuku/oleje stejného druhu v jednom páru. K hodnocení byla použita grafická lineární stupnice. Dále hodnotitelé provedli párovou preferenční zkoušku u každého páru.

#### 4.3.4.3 Vyhodnocení senzorické analýzy

Dotazníky byly vyhodnoceny v programu STATISTICA 2012, kde byly vzorky analyzovány pomocí dvouvýběrového párového t-testu pro každý pár vzorků samostatně.

Párová preferenční zkouška byla vyhodnocena dle příslušné tabulky (viz přílohy).

#### **4.3.5 Kalkulace ceny výrobku**

Pro stanovení nepřímých nákladů jsou používány různé metodiky, závislé na konkrétních podmínkách podniku a charakteru výroby. Z toho důvodu není možné stanovit kalkulaci v obecné rovině, neboť nepřímé náklady např. malého podniku s několika zaměstnanci a s ruční výrobou budou dosahovat zcela odlišných hodnot a budou kalkulovány jinou metodikou, než např. nepřímé náklady velkovýrobce s automatizovanými výrobními linkami.

Rovněž u přímých nákladů není možné stanovit jednotnou kalkulaci v celé šíři, protože přímé mzdy i ostatní přímé náklady jsou také závislé na konkrétních podmínkách podniku (ve výše zmíněném srovnání malého podniku a velkovýrobce jsou potřebná jiná množství vynaložené práce jinak kvalifikovaných pracovníků, jiná bude dosahovaná výše energetické spotřeby výroby apod.).

Pro potřebu zjištění vlivu použitého tuku na cenu výrobku v obecné rovině je tedy nutno omezit výpočet a srovnání jen na přímé náklady na přímý materiál, které jsou závislé pouze na použité receptuře a které proto nejsou ovlivněny ostatními (odlišnými) podmínkami výroby.

## 5 Výsledky

### 5.1 Malondialdehyd

#### 5.1.1 Tuků a olejů

Výsledky byly stanoveny pomocí výše uvedené metody (viz kap. 4.3.2.).

Žádný ze stanovovaných olejů a tuků nebyl bez obsahu MDA. U nezahřátých olejů a tuků nepřekročil obsah MDA 1,5 mg/kg oleje (tuku). U zahřátých tuků se nejvyšší naměřená hodnota MDA pohybovala pod 4 mg MDA/kg.

Nejnižší obsah MDA v nezahřátém tuku (oleji) byl ve vzorku slunečnicového oleje, a to 0,65 mg MDA/kg. U tohoto oleje byl zároveň změřen druhý nejvyšší nárůst – 368,60 % na 3,07 mg MDA/kg oleje u zahřáté varianty. Druhý nejnižší obsah MDA byl u nezahřátého oleje řepkového – 0,73 mg MDA/kg oleje, u kterého došlo po zahřátí k nárůstu o 177,96 % na konečný obsah 1,97 mg MDA/kg. Ztužený tuk nezahřátý obsahoval 0,73 mg MDA/kg tuku. U tohoto tuku došlo k nejvyššímu nárůstu obsahu MDA po zahřátí, a to o 432,41 % na celkově nejvyšší hodnotu 3,86 mg MDA/kg. Nezahřátý extra panenský olivový olej obsahoval mírně nad 1 mg MDA/kg oleje a jeho nárůst obsahu MDA po zahřátí byl 30,82 %, tedy celkově nejnižší, na hodnotu 1,44 mg MDA/kg oleje. Druhý nejvyšší obsah MDA byl prokázán u olivového oleje. Z hodnoty 1,17 mg MDA/kg oleje došlo po zahřátí k nárůstu na obsah 1,62 mg MDA/kg oleje, tedy o 38,18 %. Nejvyšší obsah MDA byl mezi nezahřátými tuky a oleji u vzorku másla – 1,30 mg MDA/kg tuku. Po zahřátí došlo u másla k nárůstu o 196,49 % na druhou nejvyšší hodnotu u zahřátého tuku (oleje) 3,89 mg MDA/kg tuku.

Všechny obsahy MDA u tuků a olejů zobrazuje Tab. 10.

| Olej-tuk                      | Před záhřevem<br>[mg MDA/kg] | Po záhřevu<br>[mg MDA/kg] | Nárůst [%] |
|-------------------------------|------------------------------|---------------------------|------------|
| <b>Olivový</b>                | 1,17                         | 1,62                      | 38,18      |
| <b>Extra panenský olivový</b> | 1,10                         | 1,44                      | 30,82      |
| <b>Slunečnicový</b>           | 0,65                         | 3,07                      | 368,60     |
| <b>Řepkový</b>                | 0,71                         | 1,97                      | 177,96     |
| <b>Máslo</b>                  | 1,30                         | 3,86                      | 196,49     |
| <b>Ztužený tuk</b>            | 0,73                         | 3,89                      | 432,41     |

Tab. 10 obsah MDA v tucích a olejích



### 5.1.2 Tuků a olejů vyextrahovaných z rohlíků

Výsledky byly stanoveny pomocí výše uvedené metody (viz kap. 4.3.2.).

U všech vzorků olejů a tuků vyextrahovaných z rohlíků byl obsah MDA vyšší než 1 mg MDA/kg oleje (tuku). Nejvyšší naměřený obsah MDA nepřekročil 10 mg MDA/kg oleje (tuku). Žádný z nárůstů nebyl vyšší než 100 %.

Nejnižší obsah MDA měl vyextrahovaný olej slunečnicový nezahřátý s 1,85 mg MDA/kg oleje. Nárůst MDA ve vyextrahovaném zahřátém slunečnicovém oleji byl o 74,21 % na 3,22 mg MDA/kg oleje. Druhý nejnižší obsah MDA byl změřen u vyextrahovaného nezahřátého extra panenského olivového oleje – 2,02 mg MDA/kg oleje. Nárůst po zahřátí byl o 8,91% na obsah 2,20 mg MDA/kg oleje. Třetí nejnižší obsah MDA u nezahřátého oleje byl změřen u vzorku vyextrahovaného olivového oleje s hodnotou 3,36 mg MDA/kg oleje. Nárůst u tohoto oleje byl o 9,47 % na obsah MDA 3,68 mg/kg vyextrahovaného zahřátého olivového oleje. Vyextrahovaný řepkový olej nezahřátý překročil obsah MDA mírně nad 4 mg/kg oleje, nárůst u zahřáté varianty tohoto oleje byl o 15,42 % na hodnotu 4,77 mg MDA/kg oleje. Druhý nejvyšší obsah MDA u vyextrahovaného nezahřátého tuku (oleje) byl u másla, které se změnou obsahu ze 4,87 mg MDA/kg tuku na 9,07 mg MDA/kg tuku po zahřátí zároveň vykazalo nejvyšší nárůst – o 86,39 %. Nejvyšší obsah MDA u vyextrahovaného nezahřátého tuku byl u ztuženého tuku. Se změnou z 5,21 mg MDA/kg tuku na 5,50 mg MDA/kg tuku u zahřáté varianty tohoto tuku došlo k nejnižšímu nárůstu o pouhých 5,62 %.

Všechny obsahy malondialdehydu u tuků a olejů vyextrahovaných z rohlíků zobrazuje Tab. 11.

| Olej-tuk                      | Před záhřevem<br>[mg MDA/kg] | Po záhřevu<br>[mg MDA/kg] | Nárůst [%] |
|-------------------------------|------------------------------|---------------------------|------------|
| <b>Olivový</b>                | 3,36                         | 3,68                      | 9,47       |
| <b>Extra panenský olivový</b> | 2,02                         | 2,20                      | 8,91       |
| <b>Slunečnicový</b>           | 1,85                         | 3,22                      | 74,21      |
| <b>Řepkový</b>                | 4,13                         | 4,77                      | 15,42      |
| <b>Máslo</b>                  | 4,87                         | 9,07                      | 86,39      |
| <b>Ztužený tuk</b>            | 5,21                         | 5,50                      | 5,62       |

Tab. 11 obsah MDA v tucích a olejích vyextrahovaných z rohlíků

## 5.2 Peroxidové číslo

### 5.2.1 Tuků a olejů

Výsledky byly stanoveny pomocí výše uvedené metody (viz kap. 4.3.3.)

Žádný ze stanovovaných olejů, potažmo tuků, neměl hodnotu peroxidového čísla (PČ) pod 3 mmol O<sub>2</sub>/kg oleje (tuku), zároveň však žádný nepřekročil hodnotu 6 mmol O<sub>2</sub>/kg oleje (tuku). Nejvyšší PČ měl olej řepkový. Nejnižší pak olej olivový.

Po zahřátí vzrostlo PČ nejvýrazněji u slunečnicového oleje, z 3,94 mmol O<sub>2</sub>/kg oleje na 38,29 mmol O<sub>2</sub>/kg oleje, tedy s nárůstem 872,62 %. Velmi výrazný nárůst PČ je dále u ztuženého tuku, kde hodnota PČ dosáhla 36,93 mmol O<sub>2</sub>/kg tuku zahřátého ze 4,02 mmol O<sub>2</sub>/kg tuku nezahřátého, při nárůstu 818,57 %. Třetí nejvyšší nárůst PČ lze pozorovat u extra panenského olivového oleje. Zde hodnota PČ vzrostla o téměř 400 % z 3,91 mmol O<sub>2</sub>/kg u nezahřátého oleje, na 19,55 mmol O<sub>2</sub>/kg zahřátého olivového oleje. U řepkového oleje došlo k nárůstu z 5,88 mmol O<sub>2</sub>/kg oleje nezahřátého, na 22,57 mmol O<sub>2</sub>/kg oleje zahřátého, tedy o necelých 284 %. K trochu nižšímu nárůstu došlo u olivového oleje, o 226 %, z hodnoty 3,90 mmol O<sub>2</sub>/kg oleje nezahřátého na 12,75 mmol O<sub>2</sub>/kg oleje zahřátého. Nejmenší nárůst PČ je patrný u másla, kde byl nárůst pod 60 %, z původního PČ u nezahřátého másla 4,30 mmol O<sub>2</sub>/kg na poměrně nízkých 6,86 mmol O<sub>2</sub>/kg u zahřáté varianty tohoto tuku.

Všechny hodnoty peroxidového čísla u tuků a olejů zobrazuje Tab. 12

| olej-tuk                      | Před zahřevem<br>[mmol O <sub>2</sub> /kg] | Po zahřevu<br>[mmol O <sub>2</sub> /kg] | Nárůst [%] |
|-------------------------------|--|---|------------|
| <b>Olivový</b>                | 3,90                                       | 12,75                                   | 226,67     |
| <b>Extra panenský olivový</b> | 3,91                                       | 19,55                                   | 399,69     |
| <b>Slunečnicový</b>           | 3,94                                       | 38,29                                   | 872,62     |
| <b>Řepkový</b>                | 5,88                                       | 22,57                                   | 283,69     |
| <b>Máslo</b>                  | 4,30                                       | 6,86                                    | 59,48      |
| <b>Ztužený tuk</b>            | 4,02                                       | 36,93                                   | 818,57     |

Tab. 12 hodnoty peroxidového čísla tuků a olejů

### 5.2.2 Tuků a olejů vyextrahovaných z rohlíků

Výsledky byly stanoveny pomocí výše uvedené metody (viz kap. 4.3.3.)

Všechny vzorky tuků a olejů vyextrahovaných z rohlíků měly hodnotu PČ vyšší než 7 mmol O<sub>2</sub>/kg. Na rozdíl od čistých olejů a tuků nedocházelo u těchto vzorků k tak výraznému vzrůstu peroxidového čísla. Celkově nejvyšší PČ měl vyextrahovaný zahřátý olej řepkový.

Nejnižší hodnota PČ byla prokázána u vyextrahovaného ztuženého tuku. Z původních 7,35 mmol O<sub>2</sub>/kg nezahřátého tuku na 14,20 mmol O<sub>2</sub>/kg tuku zahřátého o téměř rovných 100 %. Z hlediska procentuálního nárůstu hodnoty PČ šlo o nejvyšší nárůst. Nižší nárůst – 88 % – byl zjištěn u vyextrahovaného řepkového oleje, kdy došlo k nárůstu z 19,37 mmol O<sub>2</sub>/kg nezahřátého oleje na 36,51 mmol O<sub>2</sub>/kg zahřátého oleje. K třetímu nejvyššímu nárůstu došlo u vzorku vyextrahovaného extra panenského olivového oleje, kdy z hodnoty 12,26 mmol O<sub>2</sub>/kg nezahřátého oleje vzrostlo PČ na 20,93 mmol O<sub>2</sub>/kg oleje zahřátého, tedy o 70,77 %. Nárůst o méně než 50 % byl u vyextrahovaného másla, kdy došlo ke zvýšení PČ z 9,66 mmol O<sub>2</sub>/kg nezahřátého másla na 14,20 mmol O<sub>2</sub>/kg zahřátého másla. Druhý nejnižší nárůst byl poté stanoven u vzorku vyextrahovaného olivového oleje, kdy z téměř 11 mmol O<sub>2</sub>/kg nezahřátého oleje vzrostlo PČ na hodnotu 14,56 mmol O<sub>2</sub>/kg olivového oleje zahřátého. Nejnižší nárůst PČ byl zaznamenán u vyextrahovaného slunečnicového oleje. Nárůst byl z nejvyššího naměřeného PČ u vyextrahovaných nezahřátých olejů (tuků) 31,06 mmol O<sub>2</sub>/kg na druhou nejvyšší hodnotu PČ u vyextrahovaných zahřátých olejů (tuků) 38,49 mmol O<sub>2</sub>/kg o pouhých 23,92 %.

Všechny hodnoty zjištěného peroxidového čísla u tuků a olejů vyextrahovaných z rohlíků zobrazuje Tab. 13.

| olej-tuk                      | Před záhřevem<br>[mmol O <sub>2</sub> /kg] | Po záhřevu<br>[mmol O <sub>2</sub> /kg] | Nárůst [%] |
|-------------------------------|--|---|------------|
| <b>Olivový</b>                | 10,99                                      | 14,56                                   | 32,45      |
| <b>Extra panenský olivový</b> | 12,26                                      | 20,93                                   | 70,77      |
| <b>Slunečnicový</b>           | 31,06                                      | 38,49                                   | 23,92      |
| <b>Řepkový</b>                | 19,37                                      | 36,51                                   | 88,42      |
| <b>Máslo</b>                  | 9,66                                       | 14,20                                   | 47,03      |
| <b>Ztužený tuk</b>            | 7,35                                       | 14,74                                   | 100,51     |

Tab. 13 hodnoty peroxidového čísla tuků a olejů vyextrahovaných z rohlíků

## 5.3 Senzorická analýza – vyhodnocení t-testů

### 5.3.1 Tuků a olejů

Senzorická analýza byla provedena dle uvedené metodiky (viz kap. 4.3.4.1.)

Vzorky olejů byly analyzovány v samostatných párech, a proto byl následně vyhodnocen každý pár zvlášť.

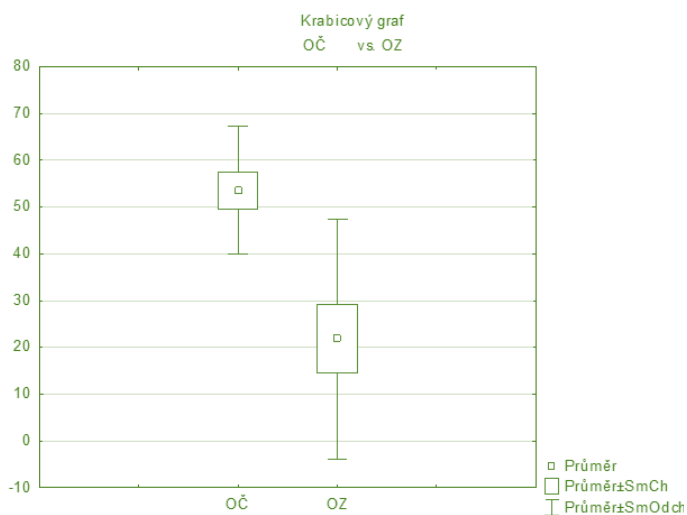
#### 5.3.1.1 Olivový olej

Z 12 hodnotitelů jich celkem 11 vyhodnotilo jako chuťově lepší olivový olej nezahřátý. Hodnota p byla 0,004863, tedy pod hladinou významnosti 0,05. Lze tedy tvrdit, že mezi vzorky byl statisticky významný rozdíl v příjemnosti chuti.

Hodnoty statistické analýzy jsou uvedeny v Tab. 14 a krabicový graf je zobrazen na Obr. 16.

| proměnná | průměr   | směr. odch. | N  | Rozdíl   | sm.odch.r. | t        | sv | p        | int. Spol. | int. Spol. |
|----------|----------|-------------|----|----------|------------|----------|----|----------|------------|------------|
|          |          |             |    |          |            |          |    |          | -95,00000  | 95,00000   |
| OČ       | 53,58333 | 13,69611    |    |          |            |          |    |          |            |            |
| OZ       | 21,87500 | 25,64010    | 12 | 31,70833 | 31,27187   | 3,512450 | 11 | 0,004863 | 11,83913   | 51,57753   |

Tab. 14 t-test pro závislé vzorky (olivový) Označ. rozdíly jsou významné na hlad.  $p < ,05000$



Obr. 16 krabicový graf pro vzorek olivového oleje

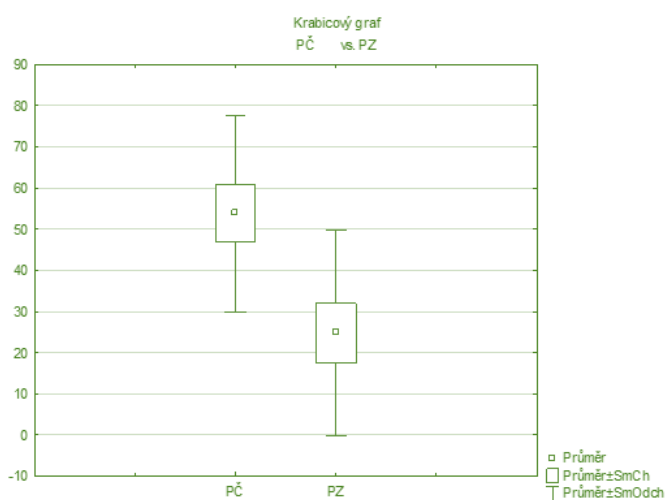
### 5.3.1.2 Extra panenský olivový olej

U vzorku extra panenského olivového oleje označilo 11 z 12 hodnotitelů jako chuťově lepší nezahřátou variantu vzorku. Hodnota p byla 0,031328, tedy nižší než hladina významnosti 0,05. Lze tedy tvrdit, že mezi vzorky byl statisticky významný rozdíl v příjemnosti chuti.

Hodnoty statistické analýzy jsou uvedeny v Tab. 15 a krabicový graf je zobrazen na Obr.17.

| proměnná | průměr   | směr. odch. | N  | Rozdíl   | sm.odch.r. | t        | sv | p        | int. Spol. | int. Spol. |
|----------|----------|-------------|----|----------|------------|----------|----|----------|------------|------------|
|          |          |             |    |          |            |          |    |          | -95,00000  | 95,00000   |
| PČ       | 53,79167 | 23,94545    |    |          |            |          |    |          |            |            |
| PZ       | 24,79167 | 25,10112    | 12 | 29,00000 | 40,73306   | 2,466276 | 11 | 0,031328 | 3,119451   | 54,88055   |

Tab. 15 t-test pro závislé vzorky (extra panenský) Označ. rozdíly jsou významné na hlad.  $p < ,05000$



Obr. 17 krabicový graf pro vzorek extra panenského olivového oleje

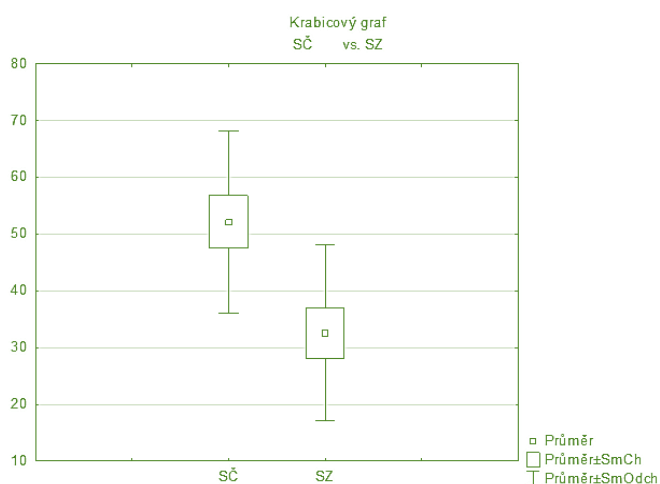
### 5.3.1.3 Slunečnicový olej

11 z 12 hodnotitelů určilo jako chuťově lepší vzorek nezahřátého slunečnicového oleje. Hodnota p byla u tohoto oleje 0,019814, tedy nižší než hladina významnosti 0,05. Lze tvrdit, že mezi vzorky nezahřátého a zahřátého slunečnicového oleje je statisticky významný rozdíl v příjemnosti chuti.

Hodnoty statistické analýzy jsou uvedeny v Tab. 16 a krabicový graf je zobrazen na Obr. 18.

| proměnná | průměr   | směr. odch. | N  | Rozdíl   | sm.odch.r. | t        | sv | p        | int. Spol. | int. Spol. |
|----------|----------|-------------|----|----------|------------|----------|----|----------|------------|------------|
|          |          |             |    |          |            |          |    |          | -95,00000  | 95,00000   |
| SČ       | 52,12500 | 16,09789    |    |          |            |          |    |          |            |            |
| SZ       | 32,58333 | 15,48875    | 12 | 19,54167 | 24,85728   | 2,723319 | 11 | 0,019814 | 3,748103   | 35,33523   |

Tab. 16 t-test pro závislé vzorky (slunečnicový) Označ. rozdíly jsou významné na hlad.  $p < ,05000$



Obr. 18 krabicový graf pro vzorek slunečnicového oleje

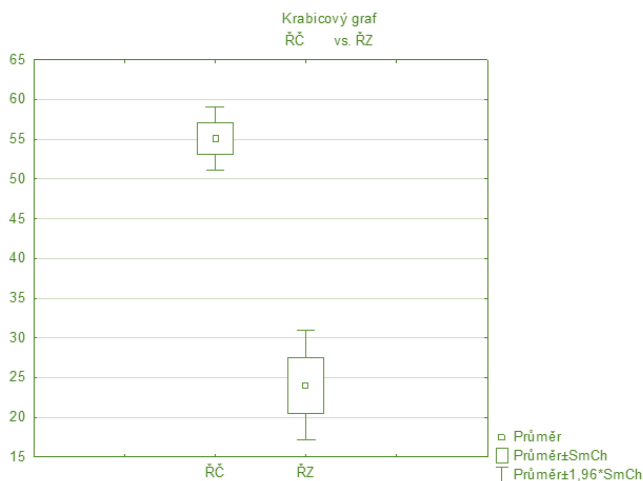
#### 5.3.1.4 Řepkový olej

Všichni hodnotitelé u vzorku řepkového oleje vybrali jako chutnější variantu olej nezahřátý. Hodnota  $p$  byla v tomto případě 0,000001, tedy výrazně nižší než hladina významnosti 0,05. Můžeme tedy konstatovat, že existuje statisticky významný rozdíl mezi preferencemi v chuti nezahřátého a zahřátého řepkového oleje.

Hodnoty statistické analýzy jsou uvedeny v Tab. 17 a krabicový graf je zobrazen na Obr. 19.

| proměnná | průměr   | směr. odch. | N  | Rozdíl   | sm.odch.r. | t        | sv | p        | int. Spol. | int. Spol. |
|----------|----------|-------------|----|----------|------------|----------|----|----------|------------|------------|
|          |          |             |    |          |            |          |    |          | -95,00000  | 95,00000   |
| RČ       | 55,08333 | 7,08017     |    |          |            |          |    |          |            |            |
| ŘZ       | 24,04167 | 12,17198    | 12 | 31,04167 | 10,70781   | 10,04234 | 11 | 0,000001 | 24,23825   | 37,84508   |

Tab. 17 t-test pro závislé vzorky (řepkový) Označ. rozdíly jsou významné na hlad.  $p < ,05000$



Obr. 19 krabicový graf pro vzorek řepkového oleje

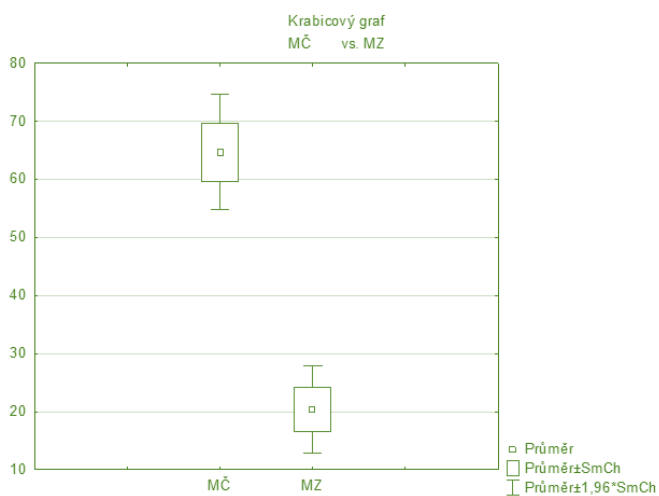
### 5.3.1.5 Máslo

Nezahřáté máslo označilo všech 12 hodnotitelů jako chuťově přijatelnější. Hodnota  $p$  u tohoto druhu tuku činila 0,000055 a byla tak hluboko pod hladinou významnosti 0,05. Lze tedy říci, že mezi vzorky zahřátého a nezahřátého másla existoval statisticky významný rozdíl.

Hodnoty statistické analýzy jsou uvedeny v Tab. 18 a krabicový graf je zobrazen na Obr. 20.

| proměnná | průměr   | směr. odch. | N  | Rozdíl   | sm.odch.r. | t       | sv | p        | int. Spol. | int. Spol. |
|----------|----------|-------------|----|----------|------------|---------|----|----------|------------|------------|
|          |          |             |    |          |            |         |    |          | -95,00000  | 95,00000   |
| MČ       | 64,66667 | 17,56460    |    |          |            |         |    |          | -95,00000  | 95,00000   |
| MZ       | 20,37500 | 13,36910    | 12 | 44,29167 | 24,17687   | 6,34618 | 11 | 0,000055 | 28,93042   | 59,65291   |

Tab. 18 t-test pro závislé vzorky (máslo) Označ. rozdíly jsou významné na hlad.  $p < ,05000$



Obr. 20 krabicový graf pro vzorek másla

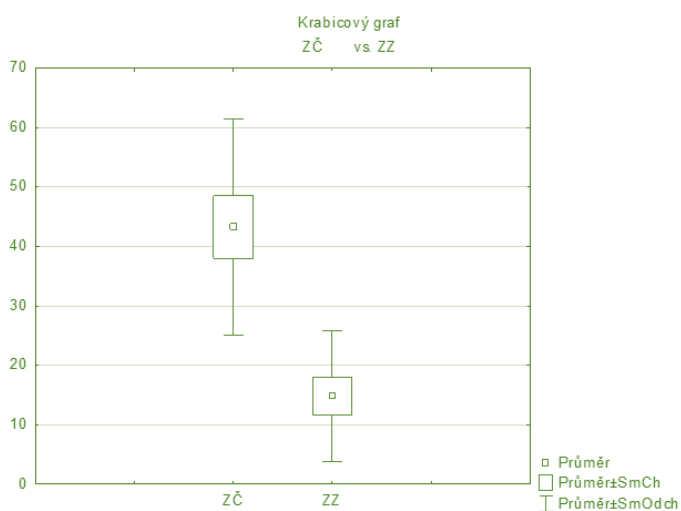
### 5.3.1.6 Ztužený tuk

Všichni hodnotitelé vybrali jako preferovaný vzorek u ztuženého tuku tuk nezahřátý. Hodnota p byla 0,000319 a byla tedy nižší než hladina významnosti. Lze tedy tvrdit, že mezi vzorky existuje statisticky významný rozdíl.

Hodnoty statistické analýzy jsou uvedeny v Tab. 19 a krabicový graf je zobrazen na Obr. 21.

| proměnná | průměr   | směr. odch. | N  | Rozdíl   | sm.odchr. | t       | sv | p        | int. Spol. | int. Spol. |
|----------|----------|-------------|----|----------|-----------|---------|----|----------|------------|------------|
|          |          |             |    |          |           |         |    |          | -95,00000  | 95,00000   |
| ZČ       | 43,25000 | 18,24268    |    |          |           |         |    |          |            |            |
| ZZ       | 14,83333 | 11,01927    | 12 | 28,41667 | 19,12023  | 5,14838 | 11 | 0,000319 | 16,26825   | 40,56508   |

Tab. 19 t-test pro závislé vzorky (ztužený) Označ. rozdíly jsou významné na hlad.  $p < ,05000$



Obr. 21 krabicový graf pro vzorek ztuženého tuku

### 5.3.2 Pekařských výrobků upečených ze stanovovaných olejů a tuků

Senzorická analýza byla provedena dle uvedené metodiky (viz kap. 4.3.4.2.)

Vzorky olejů byly analyzovány v samostatných párech, a proto byl následně vyhodnocen každý pár zvlášť.

#### 5.3.2.1 Olivový olej

Z 20 hodnotitelů si u rohlíků upečených z olivového oleje 5 vybralo jako chutnější vzorek zahřátého olivového oleje. Rohlík upečený za použití nezahřátého olivového oleje preferovalo

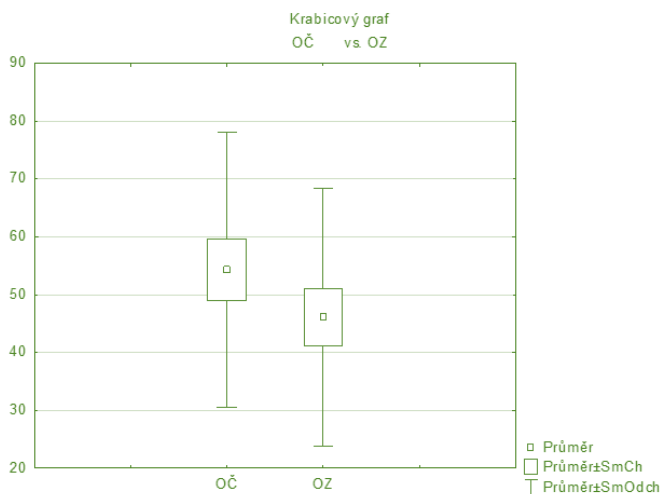


15 dotázaných. Hodnota  $p$  byla v tomto případě 0,05359, tedy mírně nad hladinou významnosti 0,05. Lze tedy říci, že mezi vzorky rohlíků upečených ze zahřátého a nezahřátého olivového oleje, neexistuje statisticky významný rozdíl chuťové přijatelnosti.

Hodnoty statistické analýzy jsou uvedeny v Tab. 20 a krabicový graf je zobrazen na Obr. 22.

| proměnná | průměr   | směr. odch. | N  | Rozdíl  | sm.odch.r. | t       | sv | p        | int. Spol. | int. Spol. |
|----------|----------|-------------|----|---------|------------|---------|----|----------|------------|------------|
|          |          |             |    |         |            |         |    |          | -95,00000  | 95,00000   |
| OČ_P     | 54,30000 | 23,74059    |    |         |            |         |    |          |            |            |
| OZ_P     | 46,07500 | 22,28776    | 20 | 8,22500 | 17,87491   | 2,05782 | 19 | 0,053593 | -0,14072   | 16,59072   |

Tab. 20 t-test pro závislé vzorky (olivový\_pečivo)



Obr. 22 krabicový graf pro vzorek pečiva s olivovým olejem

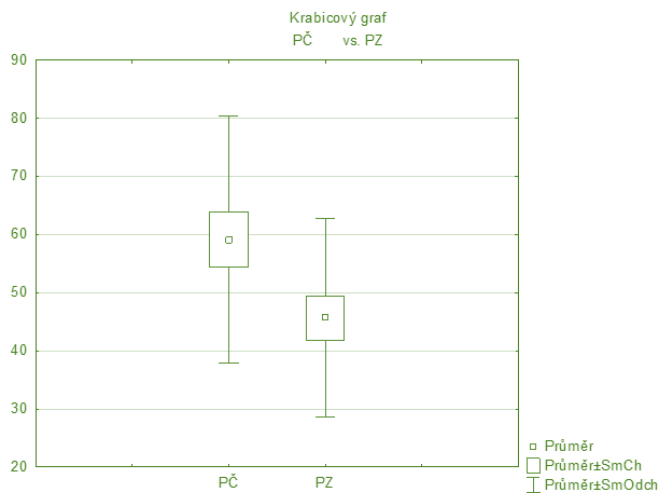
### 5.3.2.2 Extra panenský olivový olej

U rohlíků upečených z extra panenského olivového oleje vybralo 17 hodnotitelů, jako chuťově příjemnější, vzorek vyrobených z nezahřáté varianty tohoto oleje. Pouze tři hodnotitelé preferovali rohlíky ze zahřátého extra panenského olivového oleje. Hodnota  $p$  byla 0,024362, což znamená nižší než hladina významnosti 0,05. Lze tedy konstatovat, že mezi vzorky existuje statisticky významný rozdíl v chuťové přijatelnosti.

Hodnoty statistické analýzy jsou uvedeny v Tab. 21 a krabicový graf je zobrazen na Obr. 23.

| proměnná | průměr   | směr. odch. | N  | Rozdíl   | sm.odchr. | t       | sv | p        | int. Spol. | int. Spol. |
|----------|----------|-------------|----|----------|-----------|---------|----|----------|------------|------------|
|          |          |             |    |          |           |         |    |          | -95,00000  | 95,00000   |
| PČ_P     | 59,10000 | 21,22846    |    |          |           |         |    |          |            |            |
| PZ_P     | 45,67500 | 17,06742    | 20 | 13,42500 | 24,54763  | 2,44579 | 19 | 0,024362 | 1,93636    | 24,91364   |

Tab. 21 t-test pro závislé vzorky (panenský\_pečivo) Označ. rozdíly jsou významné na hlad. p < ,0500



Obr. 23 krabicový graf pro vzorek pečiva s extra panenským olivovým olejem

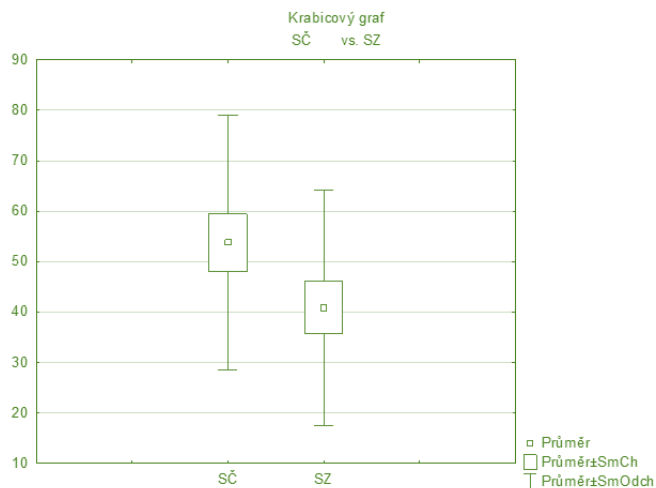
### 5.3.2.3 Slunečnicový olej

14 hodnotitelů vybralo jako chuťově příjemnější rohlík upečený s přidavkem slunečnicového oleje nezahřátého, 6 pak s olejem zahřátým. Hodnota p byla v tomto případě 0,073086, tedy nad hladinou významnosti 0,05 a lze tedy konstatovat, že mezi vzorky neexistuje statisticky významný rozdíl v chuťové přijatelnosti.

Hodnoty statistické analýzy jsou uvedeny v Tab. 22 a krabicový graf je zobrazen na Obr. 24.

| proměnná | průměr   | směr. odch. | N  | Rozdíl   | sm.odchr. | t       | sv | p        | int. Spol. | int. Spol. |
|----------|----------|-------------|----|----------|-----------|---------|----|----------|------------|------------|
|          |          |             |    |          |           |         |    |          | -95,00000  | 95,00000   |
| SČ_P     | 53,77500 | 25,29691    |    |          |           |         |    |          |            |            |
| SZ_P     | 40,87500 | 23,29212    | 20 | 12,90000 | 30,40585  | 1,89735 | 19 | 0,073086 | -1,33038   | 27,13038   |

Tab. 22 t-test pro závislé vzorky (slunečnicový\_pečivo)



**Obr. 24 krabicový graf pro vzorek pečiva se slunečnicovým olejem**

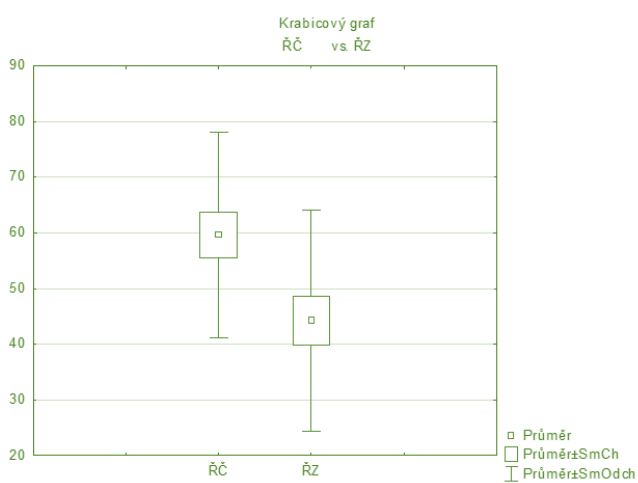
### 5.3.2.4 Řepkový olej

Pouze 5 z 20 hodnotitelů vybralo u pekařského výrobky upečeného ze slunečnicového oleje jako přijatelnější variantu se zahřátým olejem. 15 hodnotitelů preferovalo rohlík z oleje nezahřátého. Hodnota  $p$  byla 0,008936. Tato hodnota je nižší než hladina významnosti 0,05 a proto lze tvrdit, že mezi vzorky existuje statisticky průkazný rozdíl v přijatelnosti chuti.

Hodnoty statistické analýzy jsou uvedeny v Tab. 23 a krabicový graf je zobrazen na Obr. 25.

| proměnná | průměr   | směr. odch. | N  | Rozdíl   | sm.odch.r. | t       | sv | p        | int. Spol. | int. Spol. |
|----------|----------|-------------|----|----------|------------|---------|----|----------|------------|------------|
|          |          |             |    |          |            |         |    |          | -95,00000  | 95,00000   |
| ŘČ_P     | 59,62500 | 18,39184    |    |          |            |         |    |          |            |            |
| ŘZ_P     | 44,25000 | 19,80995    | 20 | 15,37500 | 23,61081   | 2,91219 | 19 | 0,008936 | 4,32480    | 26,42520   |

**Tab. 23 t-test pro závislé vzorky (řepkový\_pečivo) Označ. rozdíly jsou významné na hlad.  $p < ,0500$**



**Obr. 25 krabicový graf pro vzorek pečiva s řepkovým olejem**

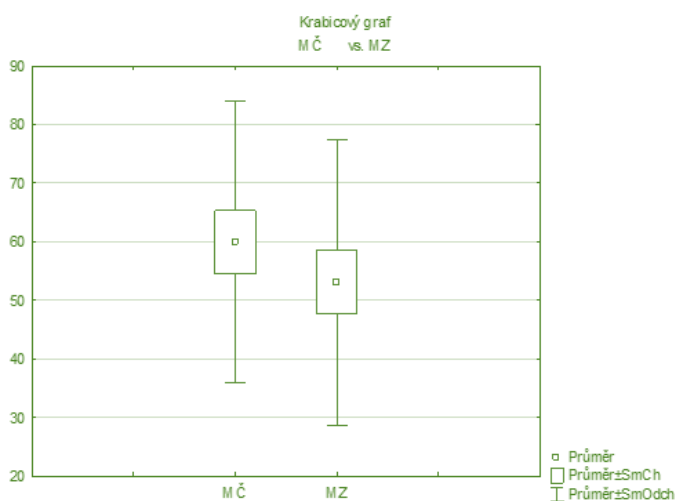
### 5.3.2.5 Máslo

U vzorku másla preferovalo variantu pekařského výrobku s nezahřátým tukem 12 hodnotitelů, zbylých 8 upřednostnilo tuk zahřátý. Hodnota p byla 0,258509, což je výrazně vyšší než hladina významnosti 0,05 a lze tedy tvrdit, že mezi vzorky nezahřátého a zahřátého másla nejsou statisticky významné rozdíly v přijatelnosti chuti.

Hodnoty statistické analýzy jsou uvedeny v Tab. 24 a krabicový graf je zobrazen na Obr. 26.

| proměnná | průměr   | směr. odch. | N  | Rozdíl  | sm.odch.r. | t       | sv | p        | int. Spol. | int. Spol. |
|----------|----------|-------------|----|---------|------------|---------|----|----------|------------|------------|
|          |          |             |    |         |            |         |    |          | -95,00000  | 95,00000   |
| MČ_P     | 59,95000 | 23,99940    |    |         |            |         |    |          |            |            |
| MZ_P     | 53,10000 | 24,40481    | 20 | 6,85000 | 26,29944   | 1,16482 | 19 | 0,258509 | -5,45852   | 19,15852   |

Tab. 24 t-test pro závislé vzorky (máslo\_pečivo)



Obr. 26 krabicový graf pro vzorek pečiva s máslem

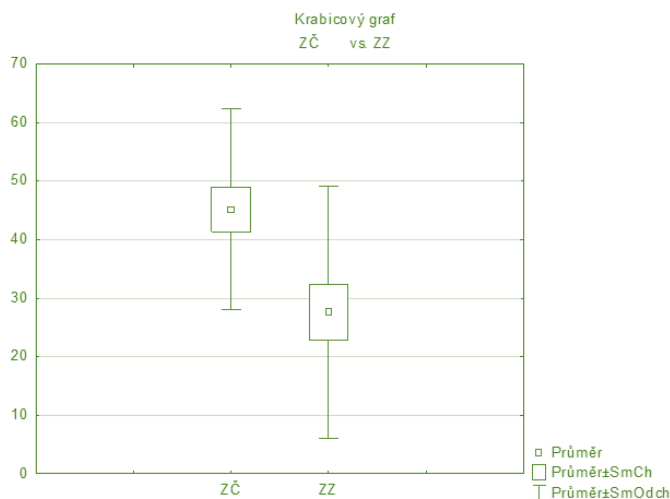
### 5.3.2.6 Ztužený tuk

Jen 3 hodnotitelé z panelu vyhodnotili jako chuťově přijatelnější vzorek pečiva se zahřátým ztuženým tukem. Zbylých 17 hodnotitelů preferovalo pečivo s nezahřátým ztuženým tukem. Hodnota p byla 0,006911, což je méně než hladina významnosti 0,05. Lze tedy říci, že mezi vzorky pečiva se zahřátým a nezahřátým ztuženým tukem existuje statisticky významný rozdíl v přijatelnosti chuti.

Hodnoty statistické analýzy jsou uvedeny v Tab. 25 a krabicový graf je zobrazen na Obr. 27.

| proměnná | průměr   | směr. odch. | N  | Rozdíl   | sm.odch.r. | t       | sv | p        | int. Spol. | int. Spol. |
|----------|----------|-------------|----|----------|------------|---------|----|----------|------------|------------|
|          |          |             |    |          |            |         |    |          | -95,00000  | 95,00000   |
| ZČ_P     | 45,17500 | 17,14357    |    |          |            |         |    |          |            |            |
| ZZ_P     | 27,57500 | 21,56952    | 20 | 17,60000 | 25,98967   | 3,02849 | 19 | 0,006911 | 5,43646    | 29,76354   |

Tab. 25 t-test pro závislé vzorky (ztužený\_pečivo) Označ. rozdíly jsou významné na hlad.  $p < ,0500$



Obr. 27 krabicový graf pro vzorek pečiva se ztuženým tukem

## 5.4 Senzorická analýza – párová preferenční zkouška

### 5.4.1 Tuků a olejů

Senzorické analýzy tuků a olejů se zúčastnilo 12 hodnotitelů. Při celkovém počtu posudků  $N = 12$  je při 99% hladině pravděpodobnosti ( $P < 0,01$ ) minimální počet kladných odpovědí, kdy při celkovém množství odpovědí je možno již rozdíl považovat za průkazný, 11.

| Olej-tuk               | Počet kladných odpovědí | Prokázán rozdíl (při $P=99\%$ ) |
|------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| Olivový                | 11                      | ANO                             |
| Extra panenský olivový | 11                      | ANO                             |
| Slunečnicový           | 11                      | ANO                             |
| Řepkový                | 12                      | ANO                             |
| Máslo                  | 12                      | ANO                             |
| Ztužený tuk            | 12                      | ANO                             |

Tab. 26 výsledky preferenční zkoušky u tuků a olejů

#### 5.4.2 Pekařských výrobků upečených ze stanovovaných olejů a tuků

Senzorické analýzy pekařských výrobků upečených ze stanovovaných olejů a tuků se zúčastnilo 20 hodnotitelů. Při celkovém počtu posudků  $N = 20$  je při 99% hladině pravděpodobnosti ( $P < 0,01$ ) minimální počet kladných odpovědí, kdy při celkovém množství odpovědí je možno již rozdíl považovat za průkazný, 17.

| Olej-tuk               | Počet kladných odpovědí | Prokázán rozdíl (při $P=99\%$ ) |
|------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| Olivový                | 15                      | NE                              |
| Extra panenský olivový | 17                      | ANO                             |
| Slunečnicový           | 14                      | NE                              |
| Řepkový                | 15                      | NE                              |
| Máslo                  | 12                      | NE                              |
| Ztužený tuk            | 17                      | ANO                             |

Tab. 27 výsledky preferenční zkoušky u pekařských výrobků upečených ze stanovovaných olejů a tuků

#### 5.5 Kalkulace ceny výrobku

Celková tabulka pro výpočet ceny výrobku je uvedena v přílohách této práce.

Tab. 28 zahrnuje významné části kalkulace, tedy zatížení použitými druhy olejů a tuků a rozdíl ceny výrobku při použití jiného oleje, příp. tuku, nežli másla, tedy tuku z původní receptury.

|                                       | olej řepkový | olej slunečnicový | olej olivový Sansa | olej olivový extra panenský | máslo | ztužený tuk | použitý tuk |
|---------------------------------------|--------------|-------------------|--------------------|-----------------------------|-------|-------------|-------------|
| <b>náklady na 1 ks</b>                | 0,70         | 0,72              | 1,09               | 1,30                        | 1,09  | 0,88        | 0,58        |
| <b>% z ceny výrobku</b>               | 16,48        | 18,37             | 46,51              | 55,17                       | 46,27 | 33,85       | 0,00        |
| <b>rozdíl % proti zatíženému tuku</b> | 19,73        | 22,51             | 86,95              | 123,07                      | 86,13 | 51,18       | 0,00        |

Tab. 28 část kalkulace ceny výrobku

## 6 Diskuze

Vzhledem k nespecifičnosti testu TBARS, jeho výsledky odrážejí žluknutí potravin lépe než jiné konvenční způsoby, a to zejména v případě pachutí. (Bialek et al., 2016)

Podle Izzreen et Noriham (2011) lze hodnoty pod 0,576 mg/kg vzorku považovat za čisté, nežluklé, zatímco hodnoty 0,65 až 1,44 mg/kg vzorku jsou považovány za nažluklé, ale ještě přijatelné. Pokud hodnoty převýší 1,5 mg/kg vzorku, lze jej označit jako žluklý a nepřijatelný. (Izzreen et Noriham, 2011)

V porovnání s výše zmíněným lze konstatovat, že všechny nezahřáté oleje a tuky se z hlediska obsahu MDA nacházely v kategorii již nažluklých, ale stále přijatelných olejů. Nejnižší hodnota byla naměřena u slunečnicového oleje, kdy byl obsah MDA 0,65 mg MDA/kg oleje, tedy přesně na stanovené hranici. Mírně nad hranicí byl olej řepkový a ztužený tuk. U extra panenského olivového oleje byla původní hodnota 1,10 mg MDA/kg, tedy stále v kategorii nažluklého oleje, stejně jako olivový olej s hodnotou 1,17 mg MDA/kg. Nejvyšší hodnotu MDA vykazovalo máslo – 1,42 mg MDA/kg tuku. U tohoto vzorku je pravděpodobné, že došlo ke zvýšení MDA při přepouštění másla, kdy byl tento tuk zahříván. Ostatní oleje a tuky byly nejspíše špatně skladované u prodejce, ale stále splňovaly limity pro přípustnost.

Po zahřátí byla nejnižší hodnota naměřena u extra panenského olivového oleje – 1,44 mg MDA/kg, tedy stále v kategorii přijatelného obsahu dle Izzreen et Noriham (2011). U ostatních olejů a tuků došlo k překročení hranice pro přijatelnost olejů a tuků, přičemž olej olivový dosáhl 1,62 mg MDA/kg. Pod hodnotou 2 mg MDA/kg byl dále stanoven již pouze řepkový olej. U slunečnicového oleje, másla a ztuženého tuku byl limit překročen dvojnásobně, od 3,07 mg MDA/kg po 3,89 mg MDA/kg.

Grotto et al. (2009) ve své studii uvádí: „MDA je dobrý biomarker, ale nejčastější metody pro detekci MDA, TBARS reakce pomocí spektrofotometru nebo fluorescenční detekce, nejsou dostatečně citlivé a specifické. TBA může reagovat s několika jinými složkami, než které jsou odvozeny od peroxidace lipidů.“

Z tohoto důvodu byla stanovena ještě hodnota peroxidového čísla.

Dle Vyhlášky Ministerstva zemědělství ze dne 30. března 2000 č. 90/2000 Sb. bylo pro všechny rostlinné tuky a oleje a jejich směsi stanoveno přijatelné peroxidové číslo o hodnotě max. 10,0 mmol O<sub>2</sub>/kg. Tato vyhláška byla zrušena předpisem 77/2003 Sb. z 6. března 2003. Tento předpis obsahoval pouze zmínku o peroxidovém čísle, avšak i ten byl zrušen. Nynější platná Vyhláška č. 397/2016 Sb. ze dne 2. prosince 2016 o požadavcích na mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, platná (s výjimkami) od 1. ledna 2017, peroxidové číslo jako charakteristický znak nezmiňuje.

Izzreen et Noriham (2011) uvádějí, že pokud je hodnota peroxidového čísla v rozmezí 10 až 20 mmol O<sub>2</sub>/kg, je potravinářský produkt považován za zatuchlý/žluklý, ale stále přijatelný. Je-li ale více než 20 mmol O<sub>2</sub>/kg, je výrobek považován za zatuchlý a nepřijatelný ke konzumaci.

Ačkoliv je původní vyhláška, obsahující limit pro obsah peroxidového čísla, již zrušena, lze konstatovat, že všechny vzorky použitých tuků a olejů byly před zahřátím pod limitem 10 mmol O<sub>2</sub>/kg oleje (tuku) a tudíž by splňovaly kritéria dané vyhlášky. Po zahřátí ovšem by tento limit splnilo pouze máslo, s hodnotou 6,86 mmol O<sub>2</sub>/kg. Všechny ostatní oleje a tuky překročili hranici 10 mmol O<sub>2</sub>/kg oleje (tuku).

V porovnání s hodnotami od Izzreen et Noriham (2011) byl zahřátý olej extra panenský olivový s hodnotou 19,55 mmol O<sub>2</sub>/kg velmi těsně pod hranicí, do které je olej stále přijatelný. Na rozdíl od něj byl ale zahřátý olej řepkový již za hranicí 20 mmol O<sub>2</sub>/kg a lze jej označit za nepřijatelný ke konzumaci. Z tohoto úhlu pohledu dopadly nejhůře zahřáté vzorky ztuženého tuku (36,93 mmol O<sub>2</sub>/kg) a slunečnicového oleje (38,29 mmol O<sub>2</sub>/kg), které hranici 20 mmol O<sub>2</sub>/kg překročily velmi výrazně.

U olejů a tuků vyextrahovaných z upečených pekařských výrobků (rohlíků) by limitu 10 mmol O<sub>2</sub>/kg vyhovoval pouze nezatížený ztužený tuk s hodnotou 7,35 mmol O<sub>2</sub>/kg a těsně by tuto hranici nepřekročil ani vzorek nezahřátého másla (9,66 mmol O<sub>2</sub>/kg). Všechny ostatní vzorky vyextrahovaných olejů a tuků překročily limit stanovený normou.

Z vyextrahovaných nezahřátých olejů a tuků byl nejnižší nad limitem olivový olej, který hranici překročil velmi těsně (10,99 mmol O<sub>2</sub>/kg). Další z nezahřátých vyextrahovaných olejů a tuků, které překročily stanovený limit, byly vzorky extra panenského olivového oleje a řepkového



oleje s hodnotami 12,26 mmol O<sub>2</sub>/kg, resp. 19,37 mmol O<sub>2</sub>/kg. Tyto oleje by tedy dle Izzreen et Noriham (2011) spadaly do kategorie stále přijatelných, avšak již zatuchlých. Naopak vyextrahovaný slunečnicový olej byl ještě před zahřátím vysoko nad limitem přijatelnosti, neboť jeho hodnota dosáhla 31,06 mmol O<sub>2</sub>/kg.

Slunečnicový olej byl v tomto ohledu zajímavý také tím, že hodnota jeho peroxidového čísla vzrostla mezi vyextrahovanými vzorky zahřáté a nezahřáté varianty nejméně, na 38,49 mmol O<sub>2</sub>/kg. Ze zahřátých variací vzorků vyextrahovaných olejů a tuků byl druhým nejhorším olej řepkový, u kterého hodnota PČ vzrostla na 36,51 mmol O<sub>2</sub>/kg. Spolu s extra panenským olivovým olejem (20,93 mmol O<sub>2</sub>/kg) byly tyto tři vzorky vyextrahovaných zahřátých olejů nad limitem 20 mmol O<sub>2</sub>/kg a lze je označit za již nepřijatelné.

Zbylé tři vzorky vyextrahovaných zahřátých olejů a tuků se nacházely ve velmi těsném závěsu v rozmezí 10 – 20 mmol O<sub>2</sub>/kg a dle Izzreen et Noriham (2011) by měly být zařazeny do kategorie stále přijatelných ale zatuchlých/žluklých. Jejich hodnoty klesaly od 14,74 mmol O<sub>2</sub>/kg, přes 14,56 mmol O<sub>2</sub>/kg k 14,20 mmol O<sub>2</sub>/kg u vzorků ztuženého tuku, olivového oleje a másla, v tomto pořadí.

Zarážející je vývoj peroxidového čísla u vzorku ztuženého tuku. Byla zde zaznamenána výrazná změna z PČ u nezahřátého tuku vůči PČ u tuku zahřátého. Avšak při použití těchto tuků u pekařského výrobku lze sice stále pozorovat nárůst peroxidového čísla, ale u vzorku vyextrahovaného zahřátého ztuženého tuku došlo ke změně peroxidového čísla na hodnotu nižší, než má původní zahřátý ztužený tuk, ze kterého byl výrobek připraven. Proč k tomuto ději došlo, nebylo možno přesně určit a jelikož se jedná o pouze jediný vzorek, nelze v tomto případě vyloučit chybu či nestandardní chování tohoto druhu tuku. Další výzkum v této oblasti by mohl přinést lepší pochopení a případné vysvětlení problému.

Jak uvádí Yang et al. (2014), peroxidové číslo je důležitý ukazatel kvality oleje. Navíc byl v průběhu posledních několika let vyvinut poměrně velký počet metod pro stanovení PČ olejů.

Ačkoliv již tedy peroxidové číslo není zařazeno ve vyhlášce zabývající se oleji a tuky, jeho navrácení do legislativy by mohlo být přínosné.

Senzorickou analýzou olejů a tuků byl u všech vzorků prokázán statisticky významný rozdíl v příjemnosti chuti. Hodnotitelé preferovali nezahřáté oleje a tuky před zahřátými, a to až s 99% hladinou pravděpodobnosti. Z uvedeného vyplývá, že u těchto vzorků nezáleželo na změně obsahu MDA či nárůstu PČ.

Hodnocení chuťové přijatelnosti upečených pekařských výrobků – rohlíků – bylo již rozdílnější. Při  $P < 0,05$  byl prokázán statisticky významný rozdíl v chuťové přijatelnosti u dvou druhů olejů – extra panenský olivový a řepkový a u ztuženého tuku. U másla a zbylých dvou olejů – olivový a slunečnicový, nebyl prokázán statisticky významný rozdíl v chuťové přijatelnosti. Při vyhodnocení párové preferenční zkoušky byl zjištěn rozdíl u vzorků výrobků s řepkovým olejem. Zvýšením hladiny pravděpodobnosti ( $P < 0,01$ ) lze konstatovat, že mezi vzorky neexistuje statisticky významný rozdíl. Naopak u extra panenského olivového oleje a ztuženého tuku lze i při  $P < 0,01$  stále existuje statisticky významný rozdíl v chuťové přijatelnosti.

Při porovnání změn hodnot MDA a výsledků senzorické analýzy nebyl u dvou vzorků s nejvyšším nárůstem MDA, tedy u slunečnicového oleje a másla (o 74 % a 86,39 %), prokázán statisticky významný rozdíl v chuťové přijatelnosti. Vzorek řepkového oleje, u kterého byl zjištěn rozdíl v senzorické analýze při různé hladině P (při  $P < 0,05$  existuje statisticky průkazný rozdíl v přijatelnosti chuti, při  $P < 0,01$  statisticky průkazný rozdíl neexistuje), měl třetí nejvyšší nárůst – 15,42 %. Pekařský výrobek s olivovým olejem vykázal nárůst o 9,47 % a nebyl u něj prokázán statisticky významný rozdíl v přijatelnosti chuti. Vzorky s extra panenským olivovým olejem a se ztuženým tukem měly shodně nárůst pod 9 % (8,91 %, resp. 5,62) a byl u nich prokázán statisticky významný rozdíl v přijatelnosti chuti. Vzhledem k předchozímu se zdá být nárůst MDA spojen se snížením prokazatelnosti rozdílu v přijatelnosti chuti, avšak tato teorie neodpovídá nálezům u řepkového oleje, kde záleží na hladině závislosti.

V porovnání se změnou PČ lze pozorovat, že při nárůstu hodnoty peroxidového čísla nad 70 % (extra panenský olivový olej), byly rozdíly v chuťové přijatelnosti statisticky průkazné. Tento jev se opakoval u ztuženého tuku (nárůst 100,51 %). Naopak u poměrně vysokého nárůstu u řepkového oleje (88,42 %) je stejný jev pozorovatelný pouze při  $P < 0,05$ , nikoliv při  $P < 0,01$ , jak tomu bylo u dvou výše zmíněných vzorků.

Tyto výsledky naznačují možnou pravděpodobnost závislosti mezi nárůstem peroxidového čísla a MDA s chuťovou přijatelností výrobku. Avšak vzhledem k získaným výsledkům by bylo vhodné tuto hypotézu rozšířit, neboť se obě tyto teorie rozcházejí u řepkového oleje, kde při  $P < 0,05$  lze předpokládat závislost na růstu PCČ, avšak ne u nárůstu MDA. U  $P < 0,01$  dochází k opačnému efektu, kdy výsledky spíše naznačují závislost nárůstu MDA a rozdílu v chutích, ale popírají teorii o spojení nárůstu PCČ s prokazatelností rozdílu v chuťových preferencích.

Během průběhu sensorické analýzy se hodnotitelé vyjádřili ve smyslu očekávané nepříjemné chuti olejů, aniž věděli, o jaký druh oleje se jedná a /zda byly nebo nebyly na vzorku provedené úpravy. Tento jev se u hodnocení rohlíku neprojevil, zde naopak hodnotitelé kvitovali konfrontaci s něčím tak známým a běžným, jako je rohlík. Jak uvádí Köster et al. (2004): „Když jsou konfrontováni s potravinami, a to i novými, mají lidé určité očekávání o jeho chuti, na základě předchozích zkušeností s podobnými potravinami. Při přijímání a zhodnocení potraviny, mají tato očekávání a implicitní, podvědomé vnitřní standardy, na nichž jsou založeny, zásadní význam, i když si tato osoba není často zcela vědoma toho, že je získala.“

Cenové zatížení použitými oleji a tuky na cenu rohlíku bylo pro potřeby této práce bráno orientačně, a proto je toto zatížení vyhodnocováno mezi použitými surovinami, nikoliv s reálnou cenou výrobku, neboť nelze počítat s nepřímými náklady a postavit tak cenu výrobku na reálném základu. V kalkulaci byly použity ceny zkoumaných vzorků, pro případnou reálnou výrobu lze očekávat snahu výrobců zajistit nejlevnější variantu daného oleje, popř. tuku.

Vzhledem k předpokládanému získání zatížených olejů a tuků jako odpadů z výroby, jsou ceny těchto uvažovány nulové. K nejvyššímu cenovému zatížení by došlo v případě použití extra panenského olivového oleje, kdy cena oleje tvoří přes 55 % z nákladu na 1 ks výrobku 1,30 Kč. Zajímavé je zatížení výrobku při použití másla – tuku v původní receptuře – kdy by toto zatížení tvořilo až 46,27 % z nákladu na 1 ks výrobku (1,09 Kč), tedy třetí nejvyšší cenové zatížení, hned za olivovým olejem (46,51 % ze stejného nákladu jako máslo). Náklady na 1 kus by se u ztuženého tuku dostaly pod 1 Kč, s 33,85 % z ceny výrobku. Zbylé dva oleje – olej slunečnicový a olej řepkový s předpokládanými náklady 0,72 Kč, resp. 0,70 Kč na 1 ks výrobku. Tyto oleje pak tvoří 18,37 % a 16,48 % z odhadované ceny výrobku.

## 7 Závěr

Cílem práce bylo zjistit míru žluknutí tuků a olejů při záměrném zahřívání. K tomuto účelu bylo zvoleno stanovení malondialdehydu.

Hypotéza, že tepelným namáháním tuku dochází ke zvýšení obsahu malondialdehydu, byla potvrzena, jelikož byl nárůst MDA prokázán u všech vzorků.

Hypotéza, že malondialdehyd je marker peroxidace tuků a je tedy vhodný ke stanovení tepelného poškození tuků byla částečně prokázána pomocí literární rešerše a zjištěných hodnot. MDA je vhodný marker peroxidace, je však potřeba zvolit správnou metodu detekce. Tato hypotéza by měla být ještě přezkoumána na zjištění nejvhodnější metody stanovení MDA.

Dále bylo cílem posoudit, jak se zatížení projeví na senzoričských vlastnostech pekařských produktů vyrobených právě z těchto tuků a olejů.

Hypotézu, že kvalita použitého tuku má vliv na změnu senzoričských vlastností výrobku, se nepodařilo zcela prokázat, neboť pouze u tří z šesti hodnocených olejů a tuků byly zjištěny statisticky průkazné rozdíly v příjemnosti chuti, naopak u zbylých tří vzorků nikoliv. Tuto hypotézu by bylo vhodné dále rozšířit, například o další druhy olejů.

## 8 Seznam literatury

Aziz, I. A., M. Yacoub, L. Rashid, and A. Solieman. 2015. "Malondialdehyde; Lipid peroxidation plasma biomarker correlated with hepatic fibrosis in human *Schistosoma mansoni* infection." *Acta Parasitologica* 60 (4):735-742. doi: 10.1515/ap-2015-0105.

Bialek, M., J. Rutkowska, A. Bialek, and A. Adamska. 2016. "Oxidative Stability of Lipid Fraction of Cookies Enriched with Chokeberry Polyphenols Extract." *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* 66 (2):77-84. doi: 10.1515/pjfn-2015-0027.

Brát, J. 2014. *Tuky a oleje. Sdružení českých spotřebitelů pro Českou technologickou platformu pro potraviny. Jak poznáme kvalitu?*. Praha. 23 stran. ISBN 978-80-87719-17-6.

Collodel, G., E. Moretti, L. Micheli, A. Menchiari, L. Moltoni, and D. Cerretani. 2015. "Semen characteristics and malondialdehyde levels in men with different reproductive problems." *Andrology* 3 (2):280-286. doi: 10.1111/andr.297.

Česko. VYHLÁŠKA Ministerstva zemědělství (Mze) č. 90/2000, ze dne 30. března 2000, kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 328/1997 Sb., kterou se provádí § 18 písm. a), d), h), i), j) a k) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, pro mléko a mléčné výrobky, zmrzlina a mražené krémy a jedlé tuky a oleje. In: 90/2000. 2000

ČSN EN ISO 3960. *Živočišné a rostlinné tuky a oleje - Stanovení peroxidového čísla - Jodometrické (vizuální) stanovení koncového bodu*. Praha: Český normalizační institut, 2015. 16 p.

Evropská unie. NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) č. 1308/2013, ze dne 17. prosince 2013, kterým se stanoví společná organizace trhů se zemědělskými produkty a zrušují nařízení Rady (EHS) č. 922/72, (EHS) č. 234/79, (ES) č. 1037/2001 a (ES) č. 1234/2007. In: 1308/2013. 2013

Fernandez, J., J. A. PerezAlvarez, and J. A. FernandezLopez. 1997. "Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat." *Food Chemistry* 59 (3):345-353. doi: 10.1016/s0308-8146(96)00114-8.

Fibírová, J., Šoljaková, L., Wagner, J. 2007. Nákladové a manažerské účetnictví. ASPI, a. s. Praha. 432 s. ISBN 978-80-7357-299-0

Gotoh, N., and S. Wada. 2006. "The importance of peroxide value in assessing food quality and food safety." *Journal of the American Oil Chemists Society* 83 (5):473-474. doi: 10.1007/s11746-006-1229-4.

Grotto, D., L. S. Maria, J. Valentini, C. Paniz, G. Schmitt, S. C. Garcia, V. J. Pomblum, J. B. T. Rocha, and M. Farina. 2009. "Importance of the lipid peroxidation biomarkers and methodological aspects for malondialdehyde quantification." *Quimica Nova* 32 (1):169-174.

Gutteridge, J. M. C. 1995. "Lipid-peroxidation and antioxidants as biomarkers of tissue-damage." *Clinical Chemistry* 41 (12B):1819-1828.

Izzreen I., Noriham A., Evaluation of the antioxidant potential of some Malaysian herbal aqueous extracts as compared with synthetic antioxidants and ascorbic acid in cakes. *Int. Food Res. J.*, 2011, 18, 583–587.

Luo, W., and S. Chen. 2014. "Optimized Study on Carbohydrate Addition into Water-oiled Dough of Pastry Product." 2014 2nd International Conference on Economic, Business Management and Education Innovation (Ebmei 2014), Vol 37 37:276-280.

Marcinčák S., Sokol J., Turek P., Popelka P., Nagy J., 2006. Determination of malondialdehyde in pork meat using solid phase extraction and HPLC. *Chem. Listy* 100, 528-532

Marnett, L. J. 1999. "Lipid peroxidation - DNA damage by malondialdehyde." *Mutation Research-Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis* 424 (1-2):83-95. doi: 10.1016/s0027-5107(99)00010-x.

Mašek, L. 2005. *Potraviny a nápoje v kostce. Ratio. Gastronomie. Úvaly.* 211 stran. ISBN 978-80-2381-585-6

Miskiewicz, K., E. Nebesny, J. Rosicka-Kaczmarek, G. Budryn, and W. Krysiak. 2013. "Influence of the type of fat and air humidity on chosen properties of the lipid fraction in the

process of baking shortbread pastries." *Grasas Y Aceites* 64 (1):85-94. doi: 10.3989/gya.070412.

O'Brien, C. M., D. Chapman, D. P. Neville, M. K. Keogh, and E. K. Arendt. 2003. "Effect of varying the microencapsulation process on the functionality of hydrogenated vegetable fat in shortdough biscuits." *Food Research International* 36 (3):215-221. doi: 10.1016/s0963-9969(02)00139-4.

Renzetti, S., R. de Harder, and A. Jurgens. 2016. "Puff pastry with low saturated fat contents: The role of fat and dough physical interactions in the development of a layered structure." *Journal of Food Engineering* 170:24-32. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2015.09.009.

Serin, S., and S. Sayar. 2017. "The effect of the replacement of fat with carbohydrate-based fat replacers on the dough properties and quality of the baked pogaca: a traditional high-fat bakery product." *Food Science and Technology* 37 (1):25-32. doi: 10.1590/1678-457x.05516.

Soukupová, V., Strachotová, D. 2005. *Podniková ekonomika. VŠCHT. Praha* 129 s. ISBN 80-7080-575-7

Šedivý, P., Hanus, M., Nováková, E., Skřivan, P. 2013. *Pekařská technologie I. Odborné nakladatelství a vydavatelství Pekař a cukrář s.r.o. Praha.* 238 s. ISBN 978-80-903913-7-6.

Šedivý, P., Hanus, M., Nováková, E., Skřivan, P. 2015. *Pekařská technologie III. Odborné nakladatelství a vydavatelství Pekař a cukrář s.r.o. Praha.* 266 s. ISBN 978-80-905481-2-1.

Teicholz, N. 2016. *Tuk - velké překvapení: proč máslo, maso a sýr patří ke zdravé stravě.* Jota. Brno. 493 stran. ISBN 978-80-7462-996-9

Tsikas, D., S. Rothmann, J. Y. Schneider, M. T. Suchy, A. Trettin, D. Modun, N. Stuke, N. Maassen, and J. C. Frolich. 2016. "Development, validation and biomedical applications of stable-isotope dilution GC-MS and GC-MS/MS techniques for circulating malondialdehyde (MDA) after pentafluorobenzyl bromide derivatization: MDA as a biomarker of oxidative stress and its relation to 15(S)-8-iso-prostaglandin F-2 alpha and nitric oxide ((NO)-N-center dot)." *Journal of Chromatography B-Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences* 1019:95-111. doi: 10.1016/j.jchromb.2015.10.009.

Vaněk, R. 2013. Klenoty klasické evropské kuchyně. Pratul Production. Praha. 264 s. ISBN 978-80-87737-06-4.

Ye, F. X., H. Kaneko, Y. Hayashi, K. Takayama, S. J. Hwang, Y. Nishizawa, R. Kimoto, Y. Nagasaka, T. Tsunekawa, T. Matsuura, T. Yasukawa, T. Kondo, and H. Terasaki. 2016. "Malondialdehyde induces autophagy dysfunction and VEGF secretion in the retinal pigment epithelium in age-related macular degeneration." *Free Radical Biology and Medicine* 94:121-134. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2016.02.027.



## **9 Seznam použitých zkratk a symbolů**

LDL – low density lipoprotein – nízkodenzitní lipoprotein

MDA – malondialdehyd

PČ – peroxidové číslo

PUFA – polyenové (polynenasycené) mastné kyseliny

SDS – dodecylsulfát sodný

TBA – kyselina thiobarbiturová

TBARS – Thiobarbituric acid reactive substances (reaktivní látky kyseliny thiobarbiturové)

VPMD – věkem podmíněná makulární degenerace

## 10 Přílohy

### 10.1 Fotografie všech výrobků



## 10.2 Dotazník pro sensorické hodnocení olejů a tuků

### HODNOCENÍ CHUTI OLEJŮ A TUKŮ

Příjmení: ..... Jméno: ..... Věk: .....

Datum: ..... Hodina: .....

Zdravotní stav: .....

Ochutnejte, prosím, předložené vzorky tuků a olejů. Ohodnoťte nejprve celkovou příjemnost chuti každého jednotlivého vzorku vyznačením na grafické lineární stupnici. Pak proveďte hodnocení dvou vzorků v páru pomocí párové preferenční zkoušky. Z každého páru vyberte preferovaný vzorek a uveďte jeho číslo.

#### HODNOCENÍ CELKOVÉ PŘÍJEMNOSTI CHUTI

##### PÁR A

VZOREK Č .....  
\_\_\_\_\_

|  |                |                   |
|--|----------------|-------------------|
|  | <b>odporná</b> | <b>vynikající</b> |
|--|----------------|-------------------|

VZOREK Č .....  
\_\_\_\_\_

|  |                |                   |
|--|----------------|-------------------|
|  | <b>odporná</b> | <b>vynikající</b> |
|--|----------------|-------------------|

**PREFEROVANÝ VZOREK:** .....

#### HODNOCENÍ CELKOVÉ PŘÍJEMNOSTI CHUTI

##### PÁR B

VZOREK Č .....  
\_\_\_\_\_

|  |                |                   |
|--|----------------|-------------------|
|  | <b>odporná</b> | <b>vynikající</b> |
|--|----------------|-------------------|

VZOREK Č .....  
\_\_\_\_\_

|  |                |                   |
|--|----------------|-------------------|
|  | <b>odporná</b> | <b>vynikající</b> |
|--|----------------|-------------------|

**PREFEROVANÝ VZOREK:** .....

#### HODNOCENÍ CELKOVÉ PŘÍJEMNOSTI CHUTI

##### PÁR C

VZOREK Č .....  
\_\_\_\_\_

|  |                |                   |
|--|----------------|-------------------|
|  | <b>odporná</b> | <b>vynikající</b> |
|--|----------------|-------------------|

VZOREK Č .....  
\_\_\_\_\_

|  |                |                   |
|--|----------------|-------------------|
|  | <b>odporná</b> | <b>vynikající</b> |
|--|----------------|-------------------|

**PREFEROVANÝ VZOREK:** .....

### 10.3 Dotazník pro sensorické hodnocení pečiva

#### HODNOCENÍ CHUTI BEŽNÉHO PEČIVA - ROHLÍKU

Příjmení: ..... Jméno: ..... Věk: .....

Datum: ..... Hodina: .....

Zdravotní stav: .....

Ochutnejte, prosím, předložené vzorky rohlíků. Ohodnoťte nejprve celkovou příjemnost chuti každého jednotlivého vzorku vyznačením na grafické lineární stupnici. Pak proveďte hodnocení dvou vzorků v páru pomocí párové preferenční zkoušky. Z každého páru vyberte preferovaný vzorek a uveďte jeho číslo.

#### HODNOCENÍ CELKOVÉ PŘÍJEMNOSTI CHUTI

##### PÁR A

VZOREK Č .....  
\_\_\_\_\_

|                |                   |
|----------------|-------------------|
| <b>odporná</b> | <b>vynikající</b> |
|----------------|-------------------|

VZOREK Č .....  
\_\_\_\_\_

|                |                   |
|----------------|-------------------|
| <b>odporná</b> | <b>vynikající</b> |
|----------------|-------------------|

**PREFEROVANÝ VZOREK:** .....

#### HODNOCENÍ CELKOVÉ PŘÍJEMNOSTI CHUTI

##### PÁR B

VZOREK Č .....  
\_\_\_\_\_

|                |                   |
|----------------|-------------------|
| <b>odporná</b> | <b>vynikající</b> |
|----------------|-------------------|

VZOREK Č .....  
\_\_\_\_\_

|                |                   |
|----------------|-------------------|
| <b>odporná</b> | <b>vynikající</b> |
|----------------|-------------------|

**PREFEROVANÝ VZOREK:** .....

#### HODNOCENÍ CELKOVÉ PŘÍJEMNOSTI CHUTI

##### PÁR C

VZOREK Č .....  
\_\_\_\_\_

|                |                   |
|----------------|-------------------|
| <b>odporná</b> | <b>vynikající</b> |
|----------------|-------------------|

VZOREK Č .....  
\_\_\_\_\_

|                |                   |
|----------------|-------------------|
| <b>odporná</b> | <b>vynikající</b> |
|----------------|-------------------|

**PREFEROVANÝ VZOREK:** .....

## 10.4 Tabulka párové preferenční zkoušky

| Celkový počet posudků (N) | Minimální počet kladných odpovědí | Celkový počet posudků (N) | Minimální počet kladných odpovědí | Celkový počet posudků (N) | Minimální počet kladných odpovědí | Celkový počet posudků (N) | Minimální počet kladných odpovědí |
|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| 8                         | 8                                 | 17                        | 15                                | 26                        | 20                                | 35                        | 26                                |
| 9                         | 9                                 | 18                        | 15                                | 27                        | 21                                | 36                        | 27                                |
| 10                        | 10                                | 19                        | 16                                | 28                        | 22                                | 37                        | 27                                |
| 11                        | 11                                | 20                        | 17                                | 29                        | 22                                | 38                        | 28                                |
| 12                        | 11                                | 21                        | 17                                | 30                        | 23                                | 39                        | 28                                |
| 13                        | 12                                | 22                        | 18                                | 31                        | 24                                | 40                        | 29                                |
| 14                        | 13                                | 23                        | 19                                | 32                        | 24                                | 41                        | 30                                |
| 15                        | 13                                | 24                        | 19                                | 33                        | 25                                | 42                        | 30                                |
| 16                        | 14                                | 25                        | 20                                | 34                        | 25                                | 43                        | 31                                |

## 10.5 Celková tabulka pro výpočet ceny výrobku

|                                | hmotnost [kg] | cena*kg <sup>-1</sup> | ztužený tuk 100% | máslo  | olej olivový extra panenský | olej olivový Sansa | olej slunečnicový | olej řepkový | použitý tuk |
|--------------------------------|---------------|-----------------------|------------------|--------|-----------------------------|--------------------|-------------------|--------------|-------------|
| pšeničná mouka hladká          | 3             | 13,90                 | 41,70            | 41,70  | 41,70                       | 41,70              | 41,70             | 41,70        | 41,70       |
| cukr krupice                   | 0,1           | 19,90                 | 1,99             | 1,99   | 1,99                        | 1,99               | 1,99              | 1,99         | 1,99        |
| droždí                         | 0,1           | 131,00                | 13,10            | 13,10  | 13,10                       | 13,10              | 13,10             | 13,10        | 13,10       |
| olej řepkový                   | 0,3           | 38,40                 |                  |        |                             |                    |                   | 11,52        |             |
| olej slunečnicový              | 0,3           | 43,80                 |                  |        |                             |                    | 13,14             |              |             |
| olej olivový Sansa             | 0,3           | 169,20                |                  |        |                             | 50,76              |                   |              |             |
| olej olivový extra panenský    | 0,3           | 239,50                |                  |        | 71,85                       |                    |                   |              |             |
| máslo                          | 0,3           | 167,60                |                  | 50,28  |                             |                    |                   |              |             |
| ztužený tuk 100%               | 0,3           | 99,60                 | 29,88            |        |                             |                    |                   |              |             |
| použitý tuk                    | 0,3           | 0,00                  |                  |        |                             |                    |                   |              | 0,00        |
| sůl jedlá                      | 0,1           | 15,90                 | 1,59             | 1,59   | 1,59                        | 1,59               | 1,59              | 1,59         | 1,59        |
| voda pitná                     | 1,5           | 0,00                  | 0,00             | 0,00   | 0,00                        | 0,00               | 0,00              | 0,00         | 0,00        |
| celkem                         | 5,1           |                       | 88,26            | 108,66 | 130,23                      | 109,14             | 71,52             | 69,90        | 58,38       |
| náklady na 1 ks                | 0,05          |                       | 0,88             | 1,09   | 1,30                        | 1,09               | 0,72              | 0,70         | 0,58        |
| % z ceny výrobku               |               |                       | 33,85            | 46,27  | 55,17                       | 46,51              | 18,37             | 16,48        | 0,00        |
| rozdíl % proti zatíženému tuku |               |                       | 51,18            | 86,13  | 123,07                      | 86,95              | 22,51             | 19,73        | 0,00        |

## **11 Seznam příloh**

- 10.1 Fotografie všech výrobků
- 10.2 Dotazník pro sensorické hodnocení olejů a tuků
- 10.3 Dotazník pro sensorické hodnocení pečiva
- 10.4 Tabulka párové preferenční zkoušky
- 10.5 Celková tabulka pro výpočet ceny výrobku