

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky**



**Stanovení obsahu tuku ve smaženém pokrmu**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Aneta Venclová**

**Obor studia: Výživa a potraviny**

**Vedoucí práce: doc. Ing. Lenka Kouřimská, Ph.D.**

© 2019 ČZU v Praze

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Stanovení obsahu tuku ve smaženém pokrmu" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucí 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 12.4.2019

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Ing. Lence Kouřimské, Ph.D. za odborné vedení, čas, cenné rady a připomínky. Další poděkování patří mé rodině za podporu a trpělivost během celého studia.

# Stanovení obsahu tuku ve smaženém pokrmu

## Souhrn

Teoretická část této diplomové práce se zabývala smažením ve vysoké vrstvě oleje a jeho procesem, smaženými potravinami, jejich chutí a vlivem na lidské zdraví, absorpcí oleje do potravin, druhy olejů a jejich degradací a chemickými změnami během smažení.

Cílem této diplomové práce bylo zjistit obsah tuku v různých typech pokrmů před a po fritování a také zaměřit se na absorpci při použití různých druhů olejů. Hypotézou bylo, že rozdíl v obsahu tuku před a po fritování bude statisticky významný a na absorpci tuku bude mít vliv druh použitého oleje a druh pokrmu.

Analyzovaly se vzorky rybích prstů a bramborových krocket značky Nowaco, a to jak fritovaných, tak i nefritovaných původních tak, jak byly zakoupeny v tržní síti. Byl stanoven obsah sušiny, popele a extrakcí dle Soxhleta byl stanoven obsah tuku. Získané hodnoty poté byly přepočteny buď na 100 g sušiny nebo na 100 g vzorku.

Obsah tuku u původních nefritovaných rybích prstů byl okolo 33 % (ve 100 g vzorku), u vzorků fritovaných byly naměřené hodnoty rozdílné – při fritování v řepkovém oleji 33,45 %, ve slunečnicovém oleji 33,73 % tuku a v rýžovém oleji 32 %. U bramborových krocket nefritované vzorky vykazovaly průměrně 45,66 % tuku (ve 100 g vzorku). Fritované krockety v řepkovém oleji obsahovaly průměrně 46,33 % tuku, ve slunečnicovém oleji 45,54 % a v rýžovém oleji 46,51 %.

Rozdíl v obsahu tuku před fritováním a po fritování se neprokázal jako statisticky významný – první část hypotézy nebyla potvrzena. Hypotéza byla potvrzena ohledně absorpce tuku v závislosti na druhu použitého oleje a druhu pokrmu. Statisticky významný rozdíl u rybích prstů byl prokázán u rýžového oleje, který oproti slunečnicovému a řepkovému oleji absorboval nejméně tuku. U bramborových krocket byl prokázán statisticky významný rozdíl pouze při porovnání oleje slunečnicového a rýžového (krockety smažené ve slunečnicovém oleji absorbovaly nejméně tuku).

Pro komerční i domácí smažení je důležité vybrat vhodný olej ke fritování či případně zvolit alternativní způsob přípravy pokrmu, aby se omezil příjem absorbovaného tuku.

**Klíčová slova:** obsah tuku, rybí prsty, bramborové krockety, smažení, nasákavost

# Determination of fat content in fried food

## Summary

The theoretical part of this diploma thesis deals with frying in a high layer of oil and its process, fried foods, their taste and influence on human health, absorption of oil into food, types of oils and their degradation and chemical changes during frying.

The aim of this thesis was to determine the fat content of various types of food before and after frying and also to focus on absorption using different types of oils. The hypothesis was that the difference in fat content before and after frying would be statistically significant and the type of oil used and the type of food would affect the fat absorption in the food.

Nowaco fish fingers and potato croquettes were analysed, both deep-fried and non-fried, as purchased from the market. The content of dry matter, ash was determined, and the fat content was determined using Soxhlet's extraction. The values thus obtained were then converted to either 100 g of dry matter or 100 g of sample.

The fat content of the original non-fried fish fingers was about 33% (in 100 g of sample), for the fried samples the measured values were different - 33.45% fat when frying in rapeseed oil, 33.73% fat in sunflower oil and 32% fat in rice oil. For potato croquettes, non-fried samples showed an average of 45.66% fat (in 100 g sample). The fried croquettes in rapeseed oil contained an average of 46.33% fat, 45.54% fat in sunflower oil, and 46.51% fat in rice oil.

The difference in fat content before and after frying was not found statistically significant – thus the first part of the hypothesis was not confirmed. The hypothesis was confirmed regarding fat absorption depending on the type of oil used and the type of food. A statistically significant difference in fish fingers was found in rice oil, which absorbed the least fat compared to sunflower and rapeseed oil. Potato croquettes showed a statistically significant difference only when comparing sunflower and rice oils (croquettes fried in sunflower oil absorbed the least fat).

For both commercial and home frying, it is important to select suitable frying oil or, eventually, to choose an alternative method of cooking to reduce the intake of absorbed fat.

**Keywords:** fat content, fish fingers, potato croquettes, frying, absorption

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b> .....	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce</b> .....	<b>9</b>
2.1	Hypotéza.....	9
<b>3</b>	<b>Literární řešerše</b> .....	<b>10</b>
3.1	Smažení ve vysoké vrstvě oleje.....	10
3.2	Proces smažení ve vysoké vrstvě oleje.....	11
3.2.1	Zahájení procesu smažení .....	11
3.2.2	Fáze smažení .....	12
3.2.3	Příčiny zhoršování oleje.....	13
3.3	Smažené potraviny .....	13
3.3.1	Nejčastěji smažené potraviny.....	14
3.3.2	Vývoj struktury smažené potraviny během smažení .....	14
3.3.3	Spotřeba smažených pokrmů a její vliv na lidské zdraví.....	15
3.4	Oleje .....	17
3.4.1	Druhy olejů a jejich degradace.....	17
3.4.2	Absorpce oleje.....	19
3.4.3	Faktory ovlivňující kvalitu oleje během smažení ve vysoké vrstvě oleje.....	22
3.4.4	Chut' oleje a potraviny při smažení.....	26
3.5	Chemické změny během smažení .....	26
3.5.1	Hydrolyza olejů.....	27
3.5.2	Oxidace olejů .....	27
3.5.3	Polymerace olejů.....	28
<b>4</b>	<b>Metodika</b> .....	<b>29</b>
4.1	Materiál a metody.....	29
4.1.1	Materiál .....	29
4.1.2	Stanovení sušiny a popelovin.....	30
4.1.3	Stanovení tuku.....	30
4.1.4	Statistická analýza.....	30
<b>5</b>	<b>Výsledky</b> .....	<b>31</b>
5.1	Stanovení sušiny, popele a obsahu tuku .....	31

5.1.1	Rybí prsty .....	31
5.1.2	Bramborové krokety .....	34
5.2	Statistické vyhodnocení.....	37
5.2.1	Stanovení obsahu sušiny, popele, průměrných hodnot a porovnání hodnot fritovaných vzorků s původními vzorky rybích prstů a bramborových krocket.....	37
5.2.2	Statistické vyhodnocení obsahu tuku v rybích prstech a bramborových krocketách ....	51
<b>6</b>	<b>Diskuze.....</b>	<b>66</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>72</b>
<b>8</b>	<b>Literatura .....</b>	<b>73</b>

# 1 Úvod

Smažení ve vysoké vrstvě oleje, někdy také nazýváno jako fritování, je proces přípravy pokrmů, které patří už dlouhou dobu k velmi populárním. Je to proces, kdy se připravovaná potravina ponoří do oleje zahřátého na teplotu 150–200 °C (Yamsaengsung & Moreira 2002). Takto připravovaný pokrm má svou charakteristickou vůni a zlatohnědou barvu (Albert & Mittal 2002).

K hlubokému smažení je používáno mnoho druhů olejů, na jejichž kvalitu je důležité brát ohled především proto, že použitý olej se stává součástí smaženého pokrmu (Rossi et al. 2007) a ovlivňuje organoleptické vlastnosti a nutriční hodnoty (Rimac-Brnčić et al. 2004). Kvalita smažicího oleje bývá nejčastěji ovlivňována jeho čerstvostí, složením smažené potraviny, teplotou či technologií smažení (Choe & Min 2007). Všeobecnou snahou je redukovat množství nasáknutého oleje a s tímto cílem probíhá celá řada výzkumů (Sahin & Summu 2009).

U smažených pokrmů je očekávána křupavá křusta, charakteristická vůně a především chuť. Přípravou těchto pokrmů dochází k nasáknutí oleje do připravované potraviny (Rimac-Brnčić et al. 2004). Právě obsah oleje v potravine má negativní účinky na lidský organismus, např. sklony k obezitě, onemocnění srdce nebo hypertenze. I přes tyto faktory jsou smažené pokrmy u konzumentů stále oblíbené (Saguy & Dana 2003).

Kromě negativních vlivů smažení, kdy vznikají *trans* mastné kyseliny, je třeba upozornit, že smažení má i pozitivní vliv. Vnořením potraviny do oleje dochází k absorpci oleje, ale také k absorpci vitamínu E, který olej obsahuje. Vitamin E je pro lidský organismus významným antioxidantem (Saguy & Dana 2003).

Technologie smažení se prolíná do několika průmyslových odvětví. Počínaje výrobci fritovacích zařízení, přes dodavatele veškerých surovin – oleje a produkty na smažení, až po stánky s rychlým občerstvením (Blumenthal & Stier 1991).

Všeobecným doporučením je maximálně omezit příjem smažených pokrmů na minimum, nicméně pokud je vybrán vhodný olej pro smažení ve vysoké vrstvě, nemusí mít příjem tohoto pokrmu pouze negativní dopady a občasná konzumace pokrmů smažených ve vhodném oleji není riziková.



## **2 Cíl práce**

Cílem diplomové práce bylo v teoretické části zpracování literární rešerše zaměřené na procesy smažení, vlivy ovlivňující absorpci oleje a faktory, které ovlivňují obsah tuku v kulinárně zpracovaných potravinách a dále také vlivy smažených pokrmů na lidské zdraví. V praktické části pak byl stanoven obsah tuku extrakční metodou před tepelnou úpravou a po fritování rybích prstů a bramborových kroket s použitím třech různých druhů olejů s odlišným zastoupením mastných kyselin.

### **2.1 Hypotéza**

Rozdíl v obsahu tuku před fritováním a po fritování bude statisticky významný. Na absorpci oleje bude mít vliv druh použitého oleje a druh pokrmu.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Smažení ve vysoké vrstvě oleje

Smažení ve vysoké vrstvě oleje je efektivní metoda, která je využívána při přípravě polotovarů, v restauracích, ale i v domácnostech (Baik & Mittal 2005). Často se také nazývá jako fritování a je jednou z nejstarších a nejpoužívanějších metod pro přípravu pokrmů. Tento způsob byl poprvé použit ve Středomoří, a to i díky častému používání olivového oleje, který je pro tuto oblast typický (Bouchon 2009). Typy nejpoužívanějších olejů ke smažení se liší v závislosti na konkrétní oblasti. Také dostupnost a chuť oleje se přizpůsobily místním surovinám, např. v USA se nejvíce používá olej ze semen bavlníku, v Indii arašídový olej a v severní Evropě živočišné tuky. Jak již bylo zmíněno, ve Středozemí je nejvíce využíván olivový olej (Gupta 2005).

Charakteristickým znakem fritovaných pokrmů je velké množství oleje, které se vstřebává během procesu smažení do pokrmů a v některých případech může tvořit až 40 % celkové hmotnosti pokrmu. Řada studií poukazuje na skutečnost, že nadměrná spotřeba tuků může být jedním z důvodů vzniku koronárních onemocnění srdce a také rakoviny prsu, tlustého střeva a prostaty (Browner et al. 1991). I přes tato zjištěná fakta je konzumace tuků a olejů v potravinách stále vysoká (Bouchon 2009).

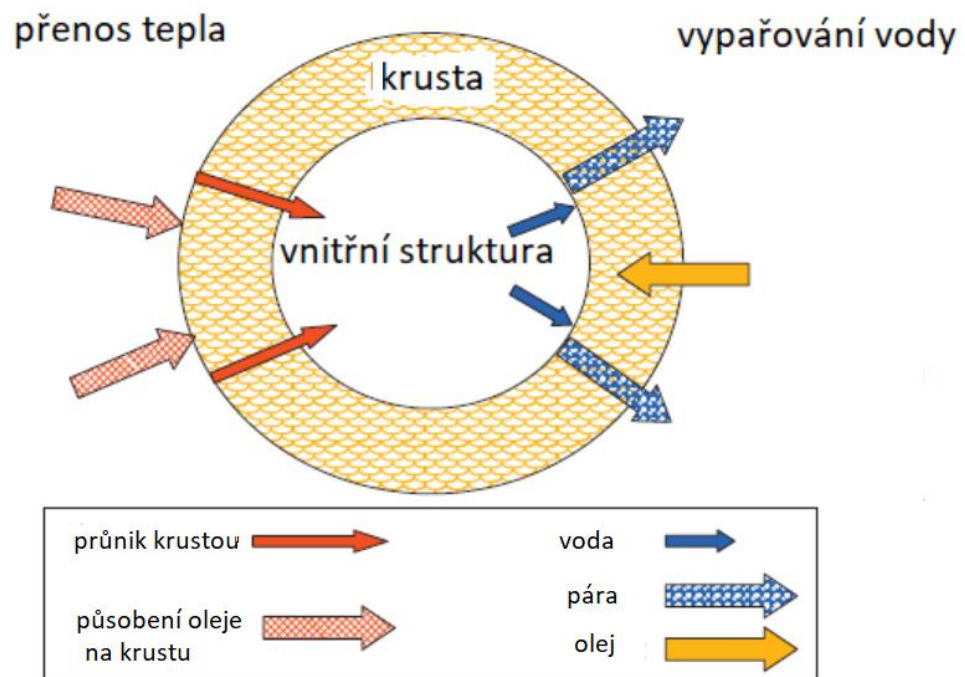
Smažením je upravována široká škála potravin, a to zejména maso, ryby (Rossell 2001) ale také zelenina, mléčné výrobky a obiloviny (Mariscal & Bouchon 2008). Nejčastějšími potravinami, které jsou smaženy doma i v restauracích jsou potom ryby a hranolky (Lalas & Dourtoglou 2003). Smažení je oblíbené kvůli unikátní chuti jídla, o kterou je potravina smažením obohacena (Bouchon 2009).

Browner et al. (1991) uvádí, že vzhledem k vysoké popularitě smažených pokrmů mezi konzumenty tvoří smažené potraviny významnou součást potravinářského průmyslu. I přes oblíbenost těchto potravin je, kvůli jejich vysokému obsahu tuku a také možné přítomnosti karcinogenních sloučenin, všeobecnou snahou omezovat jejich konzumaci (Tareke et al. 2002). Nicméně smažení i nadále zůstává velmi oblíbeným způsobem přípravy pokrmů. Výhodou je např. oproti dušení nebo pečení jeho rychlost (Mellema 2003). Teplota oleje při smažení dosahuje 150-200 °C (Khaled et al. 2015) a právě díky těmto vysokým teplotám je dosaženo žádoucí křupavé krusty a jemné vnitřní části smažené potraviny. Její typická chuť je důsledkem Maillardovy reakce, ke které dochází v krustě (Mellema 2003).

V současné době jsou více upřednostňovány zdravější potraviny, např. organické, nízkokalorické, nízkotučné, nízkosacharidové, s nízkým obsahem sodíku nebo potraviny nabízející i jiné benefity, např. eliminace *trans* tuků. I přes to, že zákazníci mají o tyto zdravé produkty zájem, tak ne vždy jsou ochotni obětovat chuť na úkor potravin, které jsou zdraví prospěšné. Intenzita a plná chuť pokrmů zůstávají i nadále důležitou vlastností při výběru surovin, což významně ovlivňuje současný trh s potravinami (Mariscal & Bouchon 2008).

### 3.2 Proces smažení ve vysoké vrstvě oleje

Procesem smažení rozumíme souhrn operací zahrnující vysoké teploty, významné mikrostrukturální změny, které mění povrch i vnitřní strukturu připravované potraviny, teplotu a přenos. Přenosem v tomto případě rozumíme tok v opačném směru oproti vodní páře, která při smažení vychází z potraviny. Nejedná se však pouze o pohyb vody ve formě páry ze smažené potraviny ven, ale také o pohyb oleje do potraviny, obr. 1 (Bouchon et al. 2003).



Obr. 1: Pohyb oleje a vody při smažení (Bouchon 2009).

Proces smažení ve vysoké vrstvě oleje může být definován také jako proces přípravy jídla, kdy dochází k ponoření do olejové lázně, která má teplotu vyšší než bod varu vody (Bouchon & Aguilera 2003). Z chemického hlediska se jedná o dehydrataci, tedy o proces, kdy se voda přesouvá z potraviny přes krustu, čímž se vytváří prostor dostupný pro absorpci oleje. Je prokázáno, že množství vstřebaného oleje je přímo úměrné množství ztracené vlhkosti (Bouchon 2009).

#### 3.2.1 Zahájení procesu smažení

Po přidání potraviny do smažicího oleje dochází k rychlému nárůstu teploty na povrchu smažené potraviny. Oproti tomu olej se v okolí ponořené potraviny na chvíli ochladí,

než dojde k vyrovnání teplot a opětovnému zahřátí. Teplota oleje je významně ovlivněna pouze v případě ponoření potraviny o větší hmotnosti (Mellema 2003).

Voda uvnitř smažené potraviny se zahřívá a začíná se vařit. Vzhledem k tomu, že potravina je smažena delší dobu, obsah vlhkosti v krustě se pomalu snižuje. Teplota povrchu smažené potraviny může být vyšší, než je bod varu vody a dochází k několika fyzikálně chemickým změnám, např. k Maillardově reakci (Mellema 2003).

Po zahřátí oleje na teplotu bodu varu dochází k intenzivnějšímu proudění. Kvůli vypařování páry dochází k vysušování povrchu smažené potraviny a také k rozvoji poréznosti a drsnosti krusty (Southern et al. 2000).

Pára na povrchu potraviny ovlivňuje průnik oleje přes povrch a způsobuje, že smažené potraviny lze rozdělit na dvě části, a to na:

- krustu, kde se odehrávají hlavní změny,
- vnitřní část, kde teplota nepřesahuje 100 °C (Dobarganes et al. 2000).

Zejména prudké vypařování má v krustě za následek vytvoření velkých pórů. Z výše uvedeného vyplývá, že olej je absorbován do potraviny, čímž nahrazuje původní obsah vody (Mellema 2003).

Jedním ze žádoucích výsledků smažení ve vysoké vrstvě oleje je utěsnění povrchu smažené potraviny, která je ponořena do olejové lázně. Výsledkem je úspěšné uchování chuti a šťávy v pokrmu (Bouchon 2009).

Teplota oleje při smažení větších kousků potravin (např. masové koule, hranolky) nepřesahuje 100 °C, oproti tomu při smažení bramborových lupínků je teplota smažicího oleje vyšší (Mehta & Swinburn 2001). Rozmezí teplot při fritování je 130–190 °C (Bouchon et al. 2003), ale nejčastěji se teploty pohybují v rozmezí 160–180 °C (Debnath et al. 2012).

### 3.2.2 Fáze smažení

Smažení lze obecně rozdělit do pěti fází:

- v první fázi smažicího cyklu je olej čerstvý, způsobuje pouze minimálně viditelné hnědnutí a potraviny mohou vypadat, že nejsou ještě připravené ke konzumaci. Intenzita chuti není tak výrazná, protože ještě nenastala úplná oxidace,
- ve druhé fázi cyklu je olej optimální. Pokrm má žádoucí zlatohnědou barvu a má také žádoucí chuť. Míra oxidace oleje není tak znatelná, nicméně je dostačující k tomu, aby pokrm získal chuť ze smažení. Některé oleje rozvíjejí tuto charakteristickou chuť rychleji než jiné oleje, a to v závislosti na obsahu linoleové kyseliny v oleji,
- během třetí fáze se kvalita oleje zhoršuje díky hydrolyze, oxidaci a polymeraci. I přes to, že je kvalita oleje horší oproti druhé fázi, je stále akceptovatelná. Pokrmy v této fázi jsou tmavě hnědé a můžeme detekovat mírné zhoršení chuti,
- ve čtvrté fázi dochází k ještě většímu zhoršení kvality, která je nyní téměř nepřijatelná. Pokrmy získávají tmavě hnědou barvu a chuť začíná být mírně nepříjemná, olej se navíc může měnit v pěnu. Pěnění zabraňuje smažení a pokrmy nemohou být plně dosmažené,

- při páté fázi je již olej plně degradován. Hlavním problémem je pění oleje. Důsledkem je omezení přímého kontaktu mezi olejem a pokrmem. Smažené potraviny nejsou uvnitř plně dosmaženy a jsou tudíž chuťově nepřijatelné (Sahin & Summu 2009).

### 3.2.3 Příčiny zhoršování oleje

Zhoršení kvality oleje je způsobeno mnoha faktory, jako jsou přítomnost nenasyčených mastných kyselin, teplota oleje, přítomnost kovů v potravinách a v oleji a druh potravin. Ponoření potraviny do smažicího oleje snižuje olejovou stabilitu, a to kvůli zvyšující se koncentraci kyslíku z procesu (Mehta & Swinburn 2001).

Kvalita oleje může být ovlivněna také tím, zda se jedná o přerušované nebo plynulé smažení. Tedy jestli se během jednotlivých smažení olej zchlazoval. Při opakujícím se zahřátí a zchlazení dochází k poškozování oleje, a proto je z důvodu zachování kvality smažicího oleje doporučováno plynulé smažení (Bouchon 2009).

Dalšími faktory, které ovlivňují kvalitu oleje během smažení jsou počáteční kvalita oleje nebo přísady přidávané do olejů (antioxidanty nebo látky zabraňující pění) (Mehta & Swinburn 2001), čas a rychlost smažení, typ fritovacího zařízení, poměr povrchu k objemu. Např. při průmyslové výrobě je přidávání čerstvého oleje do fritovacího zařízení častější než v restauracích (Bouchon 2009).

## 3.3 Smažené potraviny

Na současném trhu je dostupné široké spektrum smažených potravin. Ty lze rozdělit do tří kategorií:

- tzv. tenké produkty, které si lze představit jako plátky (např. bramborové lupínky, kukuřičné placky, banánové lupínky) a jejichž vlhkost je nižší než 5 %, skladovatelnost se pohybuje kolem 2 měsíců a obsah tuku je vysoký až 40 %,
- tzv. silné produkty, jejichž vnitřní struktura je více odlišná od krusty (např. hranolky),
- obalované produkty (např. rybí prsty) (Dobraszczyk et al. 2006).

Tzv. silné a obalované produkty mají vyšší obsah vody (30–50 %) a menší obsah tuku. Konkrétně mražené předsmažené hranolky (z kategorie tzv. silných produktů) málo tuku, nicméně musí být před finální konzumací dále upraveny, a to buď pečením nebo opětovným smažením, se kterým však konečný příjem tuku roste. Faktem je, že při druhém smažení je finální obsah tuku vyšší než při smažení čerstvého produktu (Dobraszczyk et al. 2006).

Na výsledný objem nasáknutého oleje ve smaženém pokrmu má vliv druh smažené potraviny, např. zhruba 6 % absorbovaného oleje bylo prokázáno u pražených oříšků, oproti tomu zhruba 40 % oleje u bramborových lupínků. Dále objem nasáknutého oleje ovlivňuje způsob přípravy před smažením, např. při obalování potravin do strouhanky nebo do těstíčka dochází k většímu nasáknutí (Ang 1993; Dobarganes et al. 2000). Tyto potraviny, které smažíme obalované ve strouhance nebo v těstíčku mají ale větší sklon ke spálení, zhoršení

chuti a vzniku nežádoucího zhnědnutí. Dochází u nich také k větší míře degradace oleje (Dobarganes et al. 2000).

### 3.3.1 Nejčastěji smažené potraviny

Nejčastějšími potravinami, které jsou smaženy doma i v restauracích jsou ryby a brambory (Lalas & Dourtoglou 2003), které jsou považovány za jednu z pro lidstvo nejdůležitějších plodin. Vzhledem k přítomnosti toxických glykoalkaloidů u brambor je třeba je před konzumací tepelně upravit (Tajner-Czopek et al. 2012).

Jedním z nejrozšířenějších způsobů jejich tepelné úpravy je smažení (Pedreschi 2012). Ve snaze omezit příjem tuku na minimum byly zkoumány alternativy ke smažení vedoucí ke snížení finálního obsahu tuku. Mezi tyto alternativy, které jsou dostupné pro domácí použití, patří např. horkovzdušná fritéza (Teruel et al. 2015; Santos et al. 2017). Brambory je dále možno připravit v klasické či mikrovlnné troubě (Santos et al. 2018).

Santos et al. (2018) ve své studii uvádí rozdíl při přípravě bramborových lupínků v mikrovlnné a klasické troubě oproti jejich smažení ve vysoké vrstvě oleje. Před tepelnou úpravou 200 g bramborových lupínků bylo rovnoměrně aplikováno 2,4 g oleje a poté byly tepelně zpracovány v mikrovlnné či klasické troubě. Výsledkem této studie bylo, že brambory připravené v mikrovlnné a klasické troubě obsahovaly zhruba o 80 % méně tuku oproti smažení ve vysoké vrstvě oleje.

### 3.3.2 Vývoj struktury smažené potraviny během smažení

Struktura krusty a vnitřní části smaženého pokrmu je výsledkem několika změn, z nichž většina nastává na buněčných a subcelulárních úrovních. Po vyjmutí pokrmu z olejové lázně se často využívá proces rychlého zmrazení potraviny. Při tomto postupu byly u smažených hranolek zjištěny tři odlišné mikrostruktury:

- tenká vnější vrstva tvořená zbytky buněčných stěn ze stěn poškozených krájením,
- mezivrstva neporušených stěn,
- jádro s plně hydratovanými neporušenými stěnami obsahujícími želatinovaný škrob (Bouchon 2009).

V krustě jsou mikrostrukturální změny více znatelné než změny vyskytující se ve vnitřní struktuře smaženého pokrmu, a to kvůli tomu, že krusta je vystavena vyšší teplotě. Kromě fyzického porušení, které je způsobeno nakrojením produktu, dochází také k chemickým a fyzikálním změnám zahrnujícím škrobovou želatinizaci a následnou dehydrataci, denaturaci proteinů, zhroucení buněčné přilnavosti, odpařování vody a rychlou dehydrataci krusty a čerpání oleje (Bouchon & Aguilera 2001).

### 3.3.3 Spotřeba smažených pokrmů a její vliv na lidské zdraví

Množství tuku ve smaženém pokrmu má zásadní vliv na jeho chutnost. Vstřebání tuku do povrchu krusty, která se vytváří během smažení, ovlivňuje žádoucí křupavost. Na druhou stranu je zřejmá souvislost mezi nadměrnou spotřebou tuků a celou řadou nemocí. Objem spotřebovaných tuků, zejména těch nasycených, je považován za jeden z klíčových faktorů vzniku celé řady nemocí např. obezity, onemocnění srdce, rakoviny, diabetu a hypertenze (Saguy & Dana 2003).

Současné spotřebitelské trendy se více zaměřují na zdravější přípravu jídel a spotřebu nízkotučných produktů, čímž je tvořen nátlak na snižování množství tuků v konečných produktech. I přes tyto trendy se spotřeba potravin, které nejsou tělu prospěšné zvyšuje, a to především v rozvojových zemích (Dobraszczyk et al. 2006).

Z nutričního hlediska je kritickým bodem z pohledu možné epidemie obezity právě obsah tuku, a to ve vyspělých zemích, ale i v rozvojových oblastech, kde jsou potraviny s vysokým obsahem tuku a cukru nejlevnější. Z tohoto důvodu je třeba kontrolovat a snižovat obsah tuku ve finálních produktech (Ziaifar et al. 2008).

#### 3.3.3.1 *Trans* mastné kyseliny

*Trans* mastné kyseliny jsou produkovány během hydrogenace, což je proces, který je využíván ke zvýšení tepelné stability smažicích olejů. Tyto kyseliny vznikají také během hlubokého smažení (Choe et Min 2007).

Množství *trans* mastných kyselin je snižováno pomocí technologie interesterifikace, která může být provedena dvěma způsoby, a to buď chemicky (využíváno častěji) nebo enzymaticky (novější, prozatím méně využívaná technologie) (Hartel et al. 2017).

#### 3.3.3.2 Vitaminy a minerální látky

I přesto, že je smažení považováno za levný, efektivní a rychlý způsob přípravy pokrmů, je z výživového hlediska hodnoceno negativně. Nicméně není pravidlem, že nutriční hodnota pokrmů je po procesu smažení nižší než před smažením (Zahir et al. 2017).

Smažení ve vysoké vrstvě oleje nabízí oproti ostatním způsobům přípravy pokrmů celou řadu výhod. Jednou z nich je, že teplota uvnitř smažených pokrmů nepřesáhne 100 °C (té je dosaženo pouze v krustě a jejím okolí) (Dobarganes et al. 2000).

Zachování vitaminů, které jsou rozpustné v tucích je komplexní proces. Např. obsah vitamínu A byl prokázán vyšší ve vařené než ve smažené zelenině (86 % vitamínu A bylo zachováno při vaření a 76 % při smažení) (Saguy & Dana 2003).

Při klasickém smažení ve vysoké vrstvě oleje došlo ke dvojnásobně vyšší ztrátě vitamínu A než při smažení, při kterém jsou potraviny plynule míchány (tento způsob smažení je využíván především v asijských státech) (Saguy & Dana 2003).

### 3.3.3.2.1 Vitamin E

Dalším vitaminem, jehož obsah je během procesu smažení sledován, je vitamin E. O ten je potravina během smažení obohacována, a to vstřebáním oleje. Syrové brambory neobsahují téměř žádný vitamin E (<0,02 mg/100 g) (Santos et al. 2017). Při přípravě domácích hranolek dochází při smažení o obohacení tímto vitaminem. Konkrétně 100 g smažených hranolek poskytuje až 50 % doporučeného denního příjmu vitaminu E, viz tab. 1 (Saguy & Dana 2003).

Dalším, ne příliš zmiňovaným jevem, ke kterému během smažení dochází, je nepatrný pokles obsahu minerálních látek ve smaženém pokrmu. Např. u smažení ryb nebo bramborových lupínků byly prokázány pouze zanedbatelné ztráty minerálních látek (oproti ztrátám při vaření nebo pečení) (Fillion & Henry 1998).

Z uvedených faktů vyplývá, že smažení potravin nemá pouze negativní dopady, ale díky zachování relativně nízké teploty uvnitř smažené potraviny se zachovávají určité vitaminy a minerální látky, díky kterým může docházet k naplnění příjmu výživových doporučených dávek (zejména obohacení o vitamin E) (Saguy & Dana 2003).

Tab. 1: Vitamin E ve 100 g výrobků z brambor (Saguy & Dana 2003).

Výrobky z brambor	Vitamin E (% DDD)
Syrové brambory	0,6
Předsmažené hranolky smažené v kukuřičném oleji	32,7
Domácí hranolky smažené v kukuřičném oleji	49,0

### 3.3.3.3 Přenos lipidů z potravin

Jak již bylo popsáno, kvalita smažené potraviny je ovlivněna kvalitou oleje, ve kterém je smažena. Nicméně je na místě zdůraznit, že vliv může být i opačný, tzn., že smažená potravina může mít vliv na kvalitu smažicího oleje (Dobarganes et al. 2000).

Během smažení se do smažicího oleje z potravin louhují vedlejší sloučeniny, které ovlivňují vlastnosti a kvalitu oleje (Dobarganes et al. 2000).

Mezi hlavní sloučeniny, které ovlivňují fyzické a chemické vlastnosti smažicích olejů patří:

- těkavé sloučeniny z hodně aromatických potravin (např. z ryb nebo cibule) mohou ovlivňovat chuť samotného oleje,



- pigmenty a produkty Maillardovy reakce mají vliv na odolnost olejů vůči oxidaci a přispívají k hnědnutí,
- fenolové sloučeniny v potravinách nebo v přidaném koření zvyšují stabilitu smažicího oleje,
- vitaminy rozpustné v tucích a stopové kovy mohou ovlivňovat snižování obsahu oleje nebo urychlovat oxidaci olejů,
- amfifilní molekuly (např. fosfolipidy nebo emulgátory), které mohou přispívat k vytváření pěny (Dobarganes et al. 2000).

#### 3.3.3.4 Nutriční aspekty potravin při smažení ve vysoké vrstvě oleje

Jedním z nejdůležitějších sledovaných parametrů kvality smažených potravin je množství absorbovaného tuku. Jak již bylo zmíněno, jeho vysoké množství je v nesouladu se současnými trendy zdravé výživy a podpory nízkotučných produktů (Bouchon & Pyle 2004).

Současná výživová doporučení se zaměřují na snižování tuků, především *trans* mastných kyselin a nasycených mastných kyselin. Obsah významných výživových látek se během smažení snižuje, naopak mohou vznikat toxické sloučeniny, které jsou nežádoucí a jejichž příjem by měl být maximálně omezen (Bouchon 2009).

##### 3.3.3.4.1 Toxické sloučeniny ve smažicím oleji

Během smažení se mohou v potravinách objevovat toxické molekuly. V dubnu 2002 švédští vědci přišli s poznatkem, že určité smažené potraviny, zejména bramborové lupínky a hranolky, obsahují velké množství akrylamidu, což je sloučenina označovaná dle Světové zdravotnické organizace jako možný karcinogen (Mitka 2002). Tato látka vzniká při zahřívání na více než 120 °C v návaznosti na reakci mezi aminokyselinami a redukcujícími sacharidy (Mottram et al. 2002).

Mezi možnosti, jak snížit obsah akrylamidů ve smažené potravíně radíme tzv. blanšírování, vakuové smažení (Granda & Moreira 2005), či přípravu v horkovzdušné fritéze (Andrés et al. 2013; Sansano et al. 2015).

## 3.4 Oleje

### 3.4.1 Druhy olejů a jejich degradace

Ke smažení potravin lze použít mnoho druhů olejů, dělících se do následujících kategorií:

- rostlinné,
- živočišné,
- jejich směsi (Kochhar 1998).

Rossell (1998) uvedl, že nejpoužívanější oleje používané pro smažení jsou palmový olej a jeho frakce, slunečnicový olej (zejména s vysokým množstvím olejové kyseliny),

řepkový a sójový olej. Poslední dva uvedené oleje mají vysoký obsah linolenové kyseliny (8-10 %), kvůli kterému jsou více náchylné k oxidaci a často tak dochází během smažení ke zhoršení jejich chuti. Nicméně novější studie už palmový olej mezi vhodné oleje pro smažení neřadí. Zřídka jsou pak využívány hydrogenované rostlinné oleje, jako např. slunečnicový, sójový nebo řepkový, pro které je typická termooxidační stabilita (Rossell 2003).

Kita et al. (2007) ve své studii zkoumali vliv různých druhů rostlinných olejů (řepkového, arašídového, částečně hydrogenovaného řepkového, olivového, kombinace hydrogenovaného řepkového a palmového oleje, palmového, slunečnicového a sójového) na obsah tuku v bramborových lupíncích při různých smažicích teplotách (150, 170 a 190 °C). Studií bylo prokázáno, že vliv na obsah vstřebaného oleje a strukturu smaženého lupínku mají i druh oleje i teplota. Největší vliv smažicího oleje na strukturu byl zjištěn při nejvyšší smažicí teplotě, tedy při 190 °C.

Při smažení v řepkovém oleji měly bramborové lupínky největší křupavost a zároveň nepřijatelnější strukturu. Dále byl v porovnání s ostatními druhy olejů vyhodnocen řepkový olej jako nejlepší pro smažení při nízkých teplotách (lupínky smažené v tomto oleji při 170 a 150 °C obsahovaly nejméně tuku) (Kita et al. 2007).

Druhem řepkového oleje je méně známý kanolový olej, který se získává z rostliny kanola (*Brassica napus*). Na rozdíl od řepkového obsahuje méně erukové kyseliny a v porovnání s ním obsahuje více olejové a linolové kyseliny, což z něj činí zdraví prospěšný olej (Mateos et al. 2012; Durakli Velioglu et al. 2017).

V jiné studii Dobraszczyk (2006) uvádí, že vhodné vlastnosti na smažení má olivový olej, který je odolný vůči oxidaci. Odolným ho dělá malé množství polyenových mastných kyselin a směsi fenolických antioxidantů. Bohužel pro průmyslové využití je extra panenský i panenský olivový olej příliš drahý.

Pro smažení ve vysoké vrstvě oleje mohou být použity také živočišné tuky s vysokým obsahem nasycených mastných kyselin kvůli jejich charakteristické chuti a nízké ceně (Rossell 1998). Přidanou hodnotou nasycených mastných kyselin v olejích je, že zvětšují jejich stabilitu. Z výživového hlediska jsou však tyto kyseliny v olejích nežádoucí (Sanibal & Mancini-Filho 2004).

Výjimečně jsou ke smažení využívány rybí oleje. Důvodem jsou jejich dlouhé řetězce polyenových mastných kyselin, které jsou náchylné k oxidaci (Rossell 1998). Tyto kyseliny vykazují nižší termooxidační stabilitu než monoenoové nebo nasycené mastné kyseliny (Kita et al. 2005).

Mezi nejdůležitější kritéria pro výběr vhodného oleje jsou stabilita, tekutost, jemná chuť, nízká tendence vytvářet pěnu, nízká tendence polymerizovat a v neposlední řadě také cena (Kochhar 1998). Dále se bere v potaz skutečnost, zda při jejich vystavení zvýšené teplotě v přítomnosti vzduchu a vlhkosti podléhají tepelným, oxidačním a hydrolytickým degradacím (Kita et al. 2005).

### 3.4.2 Absorpce oleje

Absorpce oleje může být popsána dvěma mechanismy, a to jako:

- kontinuálním působením mezi odpařenou vodou a nasáknutým olejem,
- absorpcí po dokončení smažení (Saguy & Dana 2003).

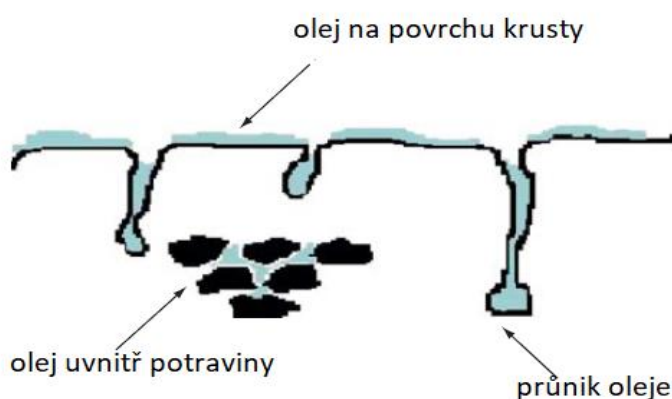
Během smažení se část vlhkosti uvnitř potraviny mění v páru působením tlakového gradientu. Pára z potraviny uniká přes kapiláry a kanálky v buněčné struktuře. Část oleje, který přilne nebo pronikne do prázdných míst po vypaření vody, je tlakem vytlačena. Pára, pokud se vytvoří, tak brání, aby olej vyplnil prázdné prostory. Pohyb oleje tak může být popsán jako postup a ustálení v závislosti na tlaku páry a povaze kapilár. Při ochlazování se díky kondenzaci snižuje vnitřní tlak a vytváří se tzv. vakuový efekt. Výsledkem je olej nasáknutý do potraviny (Ufheil & Escher 1996).

Klíčovým faktorem ovlivňujícím kvalitu smažení a následně konečného produktu je množství absorbovaného oleje, který by měl být co nejmenší. K zajištění co nejmenšího obsahu tuku v pokrmech je nezbytné porozumět procesům, které se během smažení odehrávají, zejména jejich kinetické aspekty (Bouchon 2009).

#### 3.4.2.1 Kinetika olejové absorpce

Je dokázáno, že převážná část oleje se drží na povrchu smažené potraviny (Bouchon et al. 2001). Z množství, které je absorbováno do potraviny, se většina vstřebává během chlazení (Bouchon et al. 2003). Následující obr. 2 naznačuje tři možnosti umístění oleje ve smažené potravine po smažení ve vysoké vrstvě oleje (Bouchon et al. 2003).

Průkazné je, že vstřebání oleje a odstranění vody nejsou současně probíhající jevy. Po zchlazení potraviny se olej drží na povrchu anebo je nasákáván do pórovité krusty (Bouchon 2009).



Obr. 2: Obrázek představující tři umístění oleje v produktu po smažení ve vysoké vrstvě oleje (Bouchon et al. 2003).

#### 3.4.2.2 Faktory ovlivňující absorpci olejů

K určení faktorů, které ovlivňují absorpci olejů během smažení byla provedena celá řada výzkumů a studií. Mezi základní faktory patří obsah vlhkosti, mikrostruktura krusty, plocha a její vliv na vstřebávání oleje, teplota smažicího oleje, doba smažení, snaha snižovat množství vstřebaného oleje a druh smažicího oleje (Bouchon 2009).

#### 3.4.2.3 Obsah vlhkosti

Objem vstřebaného oleje je přímo úměrný k objemu ztracené vlhkosti smažené potraviny (Gamble & Rice 1987). Dostupné studie dokazují, že vstřebaný olej nahrazuje volná místa po vypaření vody. Tato volná místa tedy určují maximální objem oleje, který se může do potraviny absorbovat. Vodní pára se vypařuje přes krustu, která je proto důležitým parametrem pro výpar vody a také pro vstřebání oleje. Míra průniku je výrazně ovlivněna mechanickými vlastnostmi produktu i samotné krusty (Bouchon 2009).

##### 3.4.2.3.1 Mikrostruktura krusty

Rozsah vstřebání oleje je ovlivněn pórovitostí krusty. Čím je krusta méně pórovitá, tím je vstřebáno menší množství oleje (Pinthus et al. 1995). K formování krusty dochází po zahájení smažení. V momentě, kdy se vlhkost mění v páru a opouští potravinu, nechává za sebou houbovitou tunelovou síť, ve které se uchovává olej. Z toho vyplývá, že mikrostruktura krusty, která se vytváří během smažení ve vysoké vrstvě oleje, má zásadní vliv na proces propouštění oleje do potraviny (Bouchon et al. 2001).

Vývoj pórů a jejich velikost přímo souvisí s olejovou absorpcí. Při snaze snížit množství oleje v potravinách jsou někdy do smažených potravin přidávány přírodní ingredience. Ty mají schopnost vytvářet film na povrchu potraviny nebo redukovat poréznost vnějších vrstev. Propustnost krusty závisí na tloušťce těsta, protože ta určuje strukturální odolnost vůči úniku páry. Pozitivní vliv na propustnost vnější vrstvy může mít silnější a více elastické prostředí, které se může chovat jako bariéra proti olejové absorpci (Bouchon & Pyle 2004).

##### 3.4.2.3.2 Plocha a její vliv na vstřebávání oleje

V míře rozsahu absorpce oleje hraje důležitou roli také plocha potraviny. Ty s větší plochou povrchu absorbují více oleje, z čehož vyplývá, že vztah mezi množstvím absorbovaného oleje a velikostí povrchu potraviny je přímo úměrný (Sahin & Summu 2009).

Dalším faktorem je drsnost povrchu, která může mít vliv na rostoucí olejovou absorpci. Drsnost povrchu totiž nejenže narušuje únik oleje, ale také zvyšuje celkovou plochu povrchu, čímž dochází k větší absorpci (Saguy et al. 1998).

#### 3.4.2.3.3 Teplota smažicího oleje a doba smažení

Tyto dva parametry spolu úzce souvisí. Potravina musí být smažena až do okamžiku, kdy dosáhne určitého obsahu vlhkosti. Smažení potraviny při nižší teplotě oleje má za následek delší dobu smažení. Různé studie uvádí odlišné výsledky (Bouchon 2009).

V souvislosti s olejovou absorpcí nebyl zjištěn významný rozdíl při fritování v oleji o teplotě mezi 150–180 °C. Dále bylo prokázáno, že vyšší teplota oleje způsobuje nižší olejovou absorpci do povrchu potraviny, a naopak při nízké teplotě oleje se nasákne více, než je nezbytně nutné a zároveň dochází k prodloužení doby smažení (Dobarganes et al. 2000).

Gamble et Rice (1987) uvádí, že neexistuje přímý vztah mezi teplotou oleje a jeho obsahem při smažení bramborových lupínků. Nicméně usuzuje, že nižší teplota oleje má za následek nižší obsah oleje v počátečních fázích smažení. Větší rozdíly se jevily mezi teplotami 145–165 °C, kdy byly pozorované rozdíly obsahů oleje znatelnější než při smažení při teplotách 165–185 °C. Stejně tak Moreira (1997) udává vyšší rozdíly v olejové absorpci mezi teplotami 130–160 °C než mezi 160–190 °C.

Při hlubokém smažení bramborových lupínků bylo dále prokázáno, že olejová absorpce není při krátkém smažení (1 min při 155, 170 a 185 °C) závislá na teplotě smažení. Při dlouhém smažení bylo naopak prokázáno, že obsah oleje v těchto lupínkách smažených při teplotě 155 °C je výrazně nižší, než při 170 °C a 185 °C. Žádný rozdíl však nebyl prokázán mezi lupínky smaženými při teplotě 170 °C a 185 °C (Bouchon et al. 2003).

#### 3.4.2.3.4 Snižování množství vstřebaného oleje

Množství oleje, které se během procesu smažení vstřebává do potraviny, je možné snižovat buď před samotným procesem smažení anebo následnými úpravami po smažení (Bouchon 2009).

Úpravy před smažením jsou založeny především na možnostech snižovat propustnost krusty v závislosti na propustnosti povrchu potraviny (Bouchon 2009). Konkrétně sušení se ukázalo jako efektivní při snaze snížit množství oleje hned u několika produktů (Gamble & Rice 1987; Moreno & Bouchon 2008), a proto se potraviny před smažením často suší, a to nejen z důvodu snížení obsahu vody, ale také kvůli strukturálním změnám, kterými jsou např. zmenšení přístupného prostoru pro nasákávání oleje (Moreno & Bouchon 2008).

Po ukončení smažicího procesu se doporučuje ihned (než začne potravina chladnout) sušením odstranit olej z povrchu smažené potraviny (Bouchon 2009).

Je důležité poznamenat, že efektivita těchto úprav není jenom díky snižování obsahu vlhkosti jako takové, ale také díky strukturálním změnám, které nastávají na povrchu potravin, a které mají za následek omezení propustnosti povrchu. Za další efektivní metodu, která snižuje olejovou absorpci, je považována dehydratace (Krokida et al. 2001; Moyano & Berna 2002; Bungler et al. 2003).

### 3.4.3 Faktory ovlivňující kvalitu oleje během smažení ve vysoké vrstvě oleje

Pokud chceme olej použít na fritování, je důležité brát v potaz jeho složení a kvalitu, a to z důvodu, že významná část je během smažení nasáknuta do potraviny. Nasáknutý olej ovlivňuje kvalitu a nutriční hodnotu smaženého pokrmu (Rossell 2001). Kvalita oleje je také rozhodující pro dosažení žádoucí skladovatelnosti finálního výrobku a správným výběrem oleje se může omezit vznik potencionálních zdravotních rizik (Gupta 2005).

Mezi faktory ovlivňující kvalitu oleje patří jeho počáteční kvalita, doplňování čerstvého oleje, teplota a doba smažení, složení smažené potraviny, technologie smažení, antioxidanty a obsah kyslíku v oleji. Efekty těchto faktorů na kvalitu smaženého oleje jsou někdy popisovány rozdílně kvůli používání různých analytických metod a rozdílných podmínek při zkoumání (Choe & Min 2007).

#### 3.4.3.1 Počáteční kvalita oleje

Přítomnost volných mastných kyselin zvyšuje tepelnou oxidaci olejů. Bylo prokázáno, že stupeň oxidace v oleji se zvyšuje s obsahem nenasycených mastných kyselin ve smažicím oleji a vede k ovlivnění termooxidační degradace (Frega et al. 1999). Z uvedeného důvodu je kukuřičný olej s menším množstvím nenasycených mastných kyselin pro smažení lepší, než sójový nebo kanolový s větším množstvím nenasycených mastných kyselin (Warner et Nelsen 1996).

Množství nenasycených mastných kyselin ve smažicím oleji lze snížit hydrogenací a genetickou modifikací. Warner et Mounts (1993) uvádějí, že hydrogenace zvyšuje stabilitu oleje a produkuje *trans* mastné kyseliny, které snižují kvalitu olejů s nízkým obsahem linolenové kyseliny.

V dnešní době již existují technologie, které zamezují vzniku *trans* mastných kyselin – interesterifikace (Hartel et al. 2017).

Chut' smaženého pokrmu, stabilita oleje a samotný proces smažení je ovlivněn množstvím linolenové kyseliny v oleji (Liu & White 1992; Xu et al. 1999; Zhang et al. 2012). Olej s větším množstvím této kyseliny (8,5 %) způsobuje při zahřátí nad 190 °C nežádoucí štiplavý a rybí zápach (Frankel et al. 1985). Proto je lepší používat ke smažení olej s nižším množstvím linolenové kyseliny, a to např. kanolový olej s 2,5 %. Tento olej během hlubokého smažení vytváří méně polárních sloučenin a volných mastných kyselin (Xu et al. 1999).

Sójový olej s obsahem 2,3 % linolenové kyseliny vykazuje tvorbu polymerů oproti hydrogenovanému sójovému oleji s obsahem 0,1 % linolenové kyseliny a s vyšší hydrolytickou degradací (Tompkins & Perkins 2000).

Kukuřičný olej s vysokým obsahem olejové kyseliny, který je geneticky modifikovaný, má větší stabilitu při fritování než běžný kukuřičný olej (Warner et Knowlto 1997). Geneticky modifikované oleje s nízkým obsahem linolenové kyseliny mohou být alternativní variantou k hydrogenovaným olejům (Mounts et al. 1994).

Shiota et al. (1999) a Mamat et al. (2005) uvádějí možnost, jak změnit obsah mastných kyselin v olejích během smažení, a to mícháním několika různých druhů olejů. Zlepšení

kvality oleje může být docíleno filtrací oleje s adsorbenty, které snižují množství volných mastných kyselin. Při fritování bramborových lupínků při 170 °C ve slunečnicovém oleji s přidanou speciální směsí došlo ke snížení množství volných mastných kyselin a konjugovaných dienových kyselin. Zároveň byla zvýšena tvorba aldehydových sloučenin (Maskan & Bağcı 2003).

#### 3.4.3.2 Doplnění čerstvého oleje

Kvalita oleje je určena poměrem čerstvého oleje k celkovému objemu oleje (Paul & Mittal 1997). Pravidelné a časté doplňování čerstvého oleje snižuje tvorbu polárních sloučenin, diacylglycerolů a volných mastných kyselin a zvyšuje životnost a kvalitu olejů (Romero et al. 1998).

Častá výměna při smažení ve vysokých vrstvách oleje u bramborových lupínků má za následek větší množství oxidačních reakcí než těch hydrolytických (Cuesta et al. 1993). Pokud se chceme vyhnout použití látek proti pění (používají se např. silikony), je třeba nahrazovat 15–25 % objemu smažicího oleje čerstvým olejem (Stevenson et al. 1984).

#### 3.4.3.3 Teplota a doba smažení

Tepelná oxidace a polymerace olejů se zrychluje s rostoucí teplotou oleje (Blumenthal & Stier 1991; Tyagi & Vasishtha 1996). Vysoká teplota snižuje polymery s peroxidovou vazbou a zvyšuje polymery s éterovou vazbou nebo vazbou mezi dvěma atomy uhlíku (Kim et al. 1999).

Množství volných mastných kyselin a polárních sloučenin, např. oxidované triacylglyceroly, dimery nebo polymery se zvyšuje se vzrůstajícím časem fritování (Mazza & Qi 1992; Gordon & Kouřimská 1995; Romero et al. 1998; Xu et al. 1999; Tompkins & Perkins 2000). Tvorba polárních sloučenin výrazně narůstá během prvních 20 smažení. Po 30. smažení už nebyl pozorován žádný výrazný nárůst polárních sloučenin (Cuesta et al. 1993).

Střídaté zahřívání a zchlazování oleje při smažení má za následek zhoršení kvality smažicího oleje. To je způsobeno rozpustností kyslíku, ke které dochází při poklesu fritovací teploty. Množství kyslíku v oleji je jeho zchlazováním zvyšováno. Oproti tomu při plynulém zahřívání nedochází k tak zásadním rozdílům (Clark & Serbia 1991). Tento jev byl prokázán např. u slunečnicového oleje, kdy 25 % linolové kyseliny bylo zničeno při přerušovaném smažení, zatímco pouhých 5 % bylo zničeno v plynulém smažení (Peers & Swoboda 1982).

#### 3.4.3.4 Složení smažené potraviny

Existují různé přísady, kterými lze ovlivňovat přítomnost jiných látek v olejích. Např. přidáním špenátového prášku dochází ke snížení tvorby polárních sloučenin v sójovém oleji (Lee et al. 2002). Přidáním ženskenu pravého dochází ke snížení tvorby volných mastných kyselin, konjugovaných dienových kyselin a aldehydů v palmovém oleji, a to

během smažení při 160 °C (Kim & Choe 2003). Přidáním mrkvového prášku ke smažené potravíně dochází ke snižování oxidační stability sójového oleje při smažení (Lee et al. 2002).

Během fritování došlo v olejích k nahromadění přechodných kovů (např. železa), které jsou v masě zastoupeny (Artz et al. 2005a). Díky tomu byla rychlost oxidativní a termální degradace olejů vyšší (Artz et al. 2005b).

#### 3.4.3.5 Antioxidanty

Všechny izomery vitamínu E – konkrétně  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -tokoferoly a  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -tokotrienoly vykazují vysokou biologickou aktivitu a jsou považovány za přírodní antioxidanty (Pinheiro-Sant’Ana et al. 2011), jež chrání organismus před působením volných radikálů (Hamblin 1999; Warner 2005). Tyto látky si lidský organismus neumí vytvořit, a proto musí být přijímány s potravou (Mba et al. 2015).

Antioxidanty, které jsou v oleji přirozeně obsažené či přidané, mají vliv na kvalitu oleje během smažení. Např. při pokojové teplotě tokoferoly zpomalují oxidaci olejů (Schroeder et al. 2006). Tokoferoly jsou zároveň nejčastějšími „zachytávací“ volných radikálů v rostlinných olejích. Koncentrace tokoferolu v rostlinných olejích se pohybuje v rozmezí 100–200 ppm (Chen et al. 2011).

#### 3.4.3.6 Obsah rozpuštěného kyslíku v oleji

Przybylski a Eskin (1988) uvádějí, že množství rozpuštěného kyslíku v oleji je snižováno dusíkem nebo oxidem uhličitým. Tyto dva plyny také redukují oxidaci oleje během smažení ve vysoké vrstvě. Bylo prokázáno, že vlivem oxidu uhličitého je zvyšována ochrana oleje před oxidací, a to díky jeho vysoké rozpustnosti v tucích a vyšší hustotě v porovnání s dusíkem. Z tohoto důvodu se přidání oxidu uhličitého prokázalo účinnější než přidání dusíku.

#### 3.4.3.7 Technologie smažení

Technologii smažení považujeme za důležitou pro celou řadu sektorů potravinářského průmyslu, počínaje dodavateli potravin, přes fastfoody, restaurace, výrobce smažených pokrmů, až po továrny prodávající smažicí zařízení (Blumenthal & Stier 1991).

Smažicí zařízení neboli fritéza, se většinou skládá z komory, kde je umístěn smažicí olej a surovina. Smažicí zařízení je rozděleno na 2 hlavní kategorie, a to na zařízení, které se používají v restauracích a zařízení, které jsou využívány v potravinářském průmyslu za účelem výroby velkého množství produktů. Smažicí zařízení většinou fungují za atmosférických podmínek, nicméně mohou být využívány také nízkotlakové nebo vysokotlakové podmínky (Bouchon 2009).



#### 3.4.3.7.1 Vakuové smažení

Jednou z využívaných technologií smažení je vakuové smažení, které je založeno na procesu smažení ve vysoké vrstvě oleje v uzavřeném systému s tlakem nižším, než je atmosférický tlak. Nízké teploty a minimální vystavení kyslíku s sebou přináší výhody jako je zachování přirozené barvy, chuti a živin (Shyu & Hwang 2001; Mariscal & Bouchon 2008). Je zajištěna také ochrana oleje (Shyu et al. 1998) a je omezeno vytváření toxických sloučenin (Granda et al. 2004).

Vakuové smažení je významným nástrojem ke snižování vstřebávání oleje (Mariscal & Bouchon 2008).

#### 3.4.3.7.2 Typy fritovacích zařízení

Kvalitu oleje mohou ovlivňovat i typy fritovacích zařízení. Pokud je přenos tepla do oleje rovnoměrný a rychlý, může zabránit spálení (Choe & Min 2007).

Při výběru vhodného fritovacího zařízení se bere v úvahu bezpečnost při ovládání, zdroj energie a rychlost dosažení požadované teploty (Rossell 1998). Vysoce efektivní fritovací zařízení obsahují proudové infračervené hořáky, které využívají až o 40 % méně energie, než standardní smažicí zařízení založené na plynu se stejnou kapacitou (Bouchon 2009). Některá zařízení mohou mít vestavěnou jednotku, která napomáhá odstranění zbytků sedimentů. Pro udržení oleje bez zápachu a prodloužení skladovatelnosti smažených potravin je třeba dodržovat stanovené postupy (Kochhar 1998).

Fritovací zařízení jsou sestavena z vysoce kvalitních nerezových ocelí, která zabraňují oxidační katalýze. Obsluha těchto zařízení může být buď automatická, tedy bez obsluhy, nebo s obsluhou, která ručně ponoří a následně vynoří koš z oleje. Fritovací zařízení je zahříváno buď elektricky, plynem nebo benzínem. Může být složeno z jedné nebo více komor, které mají kapacitu od 5 do 25 litrů (Rossell 1998).

Ke zpracování většího množství potravin jsou používány fritézy, které pojmu 250 až 25 000 kg potravin za hodinu (Moreira 2006). Jedná se o automatizované stroje, které jsou složeny z fritovacích nádob, ve kterých je olej uchováván v požadované teplotě. Fritéza je dále složena z pásového dopravníku, jehož funkcí je přemísťovat potraviny přes olej a přes extrakční systém eliminující kouř (Dobraszczyk et al. 2006).

#### 3.4.3.7.3 Způsoby zahřívání

Olej ve fritovacím zařízení může být zahříván buď pomocí plynového hořáku, elektrického ohříváče nebo za použití externích zahříváčů. Některá fritovací zařízení jsou tvořena více zahřívacími zónami, kdy zařízení může být upraveno tak, že poskytuje kontrolu optimální teploty, čímž zvyšuje kvalitu pokrmu. Není neobvyklé, že některé fritézy v sobě mají také jednotku na nepřímé zahřívání oleje, která je ponořena v olejové lázni a zahřívá olej pomocí trubek (Dobraszczyk et al. 2006).

Je důležité zdůraznit, že olej, který je neustále absorbován smaženými produkty, musí být pravidelně nahrazován čerstvým olejem. Množství čerstvého oleje přidávaného do nádob je obrát oleje, který je definován jako hmotnost oleje v nádobě ku hmotnosti oleje přidaného

za hodinu (Banks 1996), a proto nám ukazuje čas, potřebný k výměně veškerého oleje obsaženého v zařízení. Rychlá výměna oleje je žádoucí k zachování jeho vyšší kvality. Standardně výměna oleje probíhá mezi 3–8 hodinami (Kochhar 1998).

### 3.4.4 Chut' oleje a potraviny při smažení

Při smažení dochází ke změnám chuti smažených pokrmů, a to ze tří důvodů:

- chut' oleje se vstřebává do potraviny (zejména u olivového nebo arašídového oleje),
- chut' získává potravina ze samotného procesu smažení,
- rozkladem mastných kyselin při vysokých teplotách (Sahin & Summu 2009).

K dosažení žádoucí chuti smažených pokrmů napomáhá optimální koncentrace kyslíku. Při malém množství kyslíku v oleji se tvoří pouze slabá a nevýrazná příchut'. Oproti tomu velké množství kyslíku má opačný efekt (Pokorny 1989).

Chut' oleje se tvoří během smažení ve vysoké vrstvě oleje a často bývá popisována jako ovocná, travnatá, máslová, spálená, ořechová nebo rybí. Různé příchutě olejů během smažení jsou způsobeny rozdílnými druhy olejů a rozdílnou kvalitou a kvantitou mastných kyselin smažících olejů (Prevot et al. 1988).

Při oxidaci linolenové kyseliny během smažení je zvyšován rybí zápach a snižována ovocná a ořechová vůně (Prevot et al. 1988). Karbonylové sloučeniny tvořené během smažení mohou reagovat s aminokyselinami, aminy a proteiny a produkují žádoucí ořechovou vůni (Negroni et al. 2001).

Některé z těkavých sloučenin tvořených při smažení jako je benzen, toluen a hexylbenzen nepřispívají k žádoucí vůni, a naopak jsou toxickými sloučeninami (Choe et Min, 2007).

## 3.5 Chemické změny během smažení

Chut' oleje a smažených pokrmů mohou být pozitivně i negativně ovlivněny např. hydrolyzou, polymerací a tepelnou oxidací. Hlavním důvodem smažení je charakteristická chut', křupavá textura (Summu & Sahin 2008) a navozený pocit sytosti (Bou et al. 2012; Vauvre et al. 2014). Vzniku charakteristické chuti a zlatavé barvy předchází několik chemických změn (Sahin & Summu 2009).

Čerstvý olej, který právě dosáhl smažicí teploty, nevytváří stejnou barvu a chut' jako olej, který byl zahříván několik hodin před samotným smažením. Během smažení se oleje rozkládají na těkavé a netěkavé sloučeniny. Chemické změny během smažení zvyšují obsah peroxidů a těkavých sloučenin, volných mastných kyselin a polymerických sloučenin. S pokračujícím zahříváním a smažením peroxidy a těkavé sloučeniny dále působí na produkt, a to až do momentu, kdy jsou na chut' nepříjemné a hořké. Množství těchto sloučenin a jejich

chemické struktury závisí na řadě faktorů. Mezi ně se řadí složení oleje a typ smažené potraviny, podmínky samotného smažení a dostupnost kyslíku (Sahin & Summu 2009).

### 3.5.1 Hydrolýza olejů

Při smažení ve vysoké vrstvě oleje se z vlhkosti tvoří pára, která se odpařuje a postupně ubývá s tím, jak se potravina smaží. Chemické reakce jsou zahájeny v momentě smažení potravin, a to působením vody, páry a kyslíku. Voda napadá esterové vazby triacylglycerolů a produkuje diacylglyceroly a monoacylglyceroly, glycerol a volné mastné kyseliny. Se zvyšujícím se počtem smažení se zvyšuje také obsah volných mastných kyselin (Chung et al. 2004), který je sledován z důvodu určování kvality fritovacích olejů (Choe & Min 2007).

Hydrolýza je vhodnější v olejích s krátkými a nenasycenými mastnými kyselinami, které jsou více rozpustné ve vodě oproti olejům s dlouhými nasycenými mastnými kyselinami (Choe & Min 2007; Oke et al. 2018).

Potraviny s větším obsahem vody hydrolyzují olej rychleji než potraviny s menším množstvím vody (Dana et al. 2003). Voda také hydrolyzuje olej rychleji nežli vodní pára (Pokorný 1989).

Časté nahrazování smažicího oleje čerstvým olejem zpomaluje hydrolýzu smažicího oleje. Ke zvyšování hydrolýzy dochází také při čištění fritovacího zařízení. Samotná délka smažení nemá na hydrolýzu olejů vliv (Naz et al. 2005).

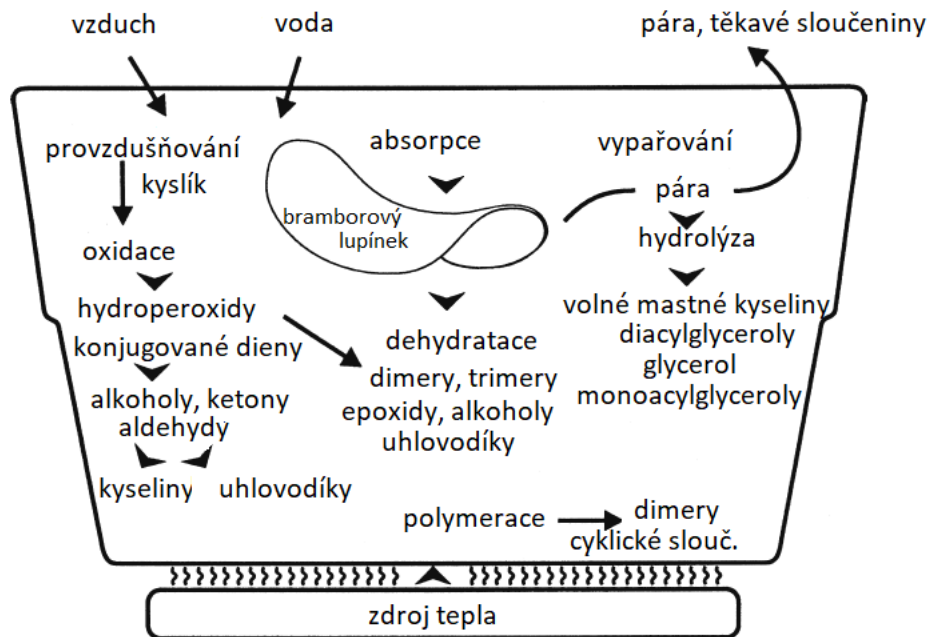
### 3.5.2 Oxidace olejů

Oxidace má významný vliv na chuť oleje při smažení. Kyslík a vysoká teplota způsobují celou řadu reakcí, a to včetně vzniku volných radikálů, hydroperoxidů a konjugovaných dienů v počátečních fázích. Další následné chemické reakce nastávají během oxidačních procesů, které produkují těkavé a netěkavé látky (Warner et al. 2001).

Mechanismus oxidace ve smažicím oleji je podobný autooxidaci při pokojové teplotě (Oke et al. 2018). Nicméně nestabilní primární produkty (hydroperoxydy) se rychle rozkládají při smažicí teplotě na sekundární oxidační produkty (aldehydy nebo ketony), jak je patrné z obr. 3. Sekundární oxidační produkty jsou těkavé a významně přispívají k vytváření chuti smažených pokrmů (Warner et al. 2001).

Při oxidaci mohou vznikat také charakteristické pachy, na jejichž vzniku se podílí nasycené a nenasycené aldehydy, jako např. hexanal, heptanal, oktanal a nonanal. Ovocné a plastické pachy typické pro zahřáté oleje s větším množstvím olejové kyseliny mohou být přisuzovány primárně přítomnosti heptanal, oktanal a nonanal (Neff et al. 2000).

Při zhoršující se kvalitě smažicího oleje je za vznik štiplavého pachu zodpovědný zejména akrolein (Sahin & Summu 2009).



Obr. 3: Fyzikální a chemické reakce ve fritovacím zařízení (Sahin & Summu 2009).

### 3.5.3 Polymerace olejů

Polymery jsou vysoce konjugované dieny produkující zbytek, který připomíná hnědou pryskyřici a který se tvoří na okrajích smažicího zařízení (místo, kde olej a kov přichází do kontaktu s kyslíkem). Tento zbytek je často produkován v momentě, kdy z oleje neuniká vlhkost, tedy když je fritéza uzavřená (Lawson 1995; Moreira 1999). Pokud vlhkost uniká, v potravinách se vytváří pára nad smažicím zařízením, která redukuje kontakt potravy se vzduchem (Dana et al. 2003; Kochhar & Gertz 2004).

Polymery, které vznikly při smažení ve vysoké vrstvě oleje obsahují velké množství kyslíku (Choe et Min 2007), urychlují další snížení kvality olejů, zvyšují vazkost olejů (Tseng et al. 1996), redukují přenos tepla, produkují pěnu při smažení a rozvíjí nežádoucí barvu pokrmů. Polymery také způsobují vysokou absorpci olejů do pokrmů (Choe et Min 2007).

Při polymeraci se tvoří sloučeniny z volných radikálů nebo triacylglycerolů s vysokou molekulovou hmotností (Sahin & Summu 2009). Vzniklé dimery nebo polymery mohou být acyklické nebo cyklické, a to v závislosti na druhu přítomných mastných kyselin v olejích. Dimerace a polymerace při smažení jsou radikálními reakcemi (Tompkins & Perkins 2000).

Některé kyseliny jsou polymerizovány oproti jiným snáze, např. olej s vysokým obsahem linolové kyseliny je snadněji polymerizován během smažení ve vysoké vrstvě oleje, než olej s vysokým obsahem olejové kyseliny (Tompkins & Perkins 2000; Bastida & Sánchez-Muniz 2001).

## 4 Metodika

### 4.1 Materiál a metody

#### 4.1.1 Materiál

Pro pokusné účely byly použity 3 rozdílné druhy olejů na smažení ve vysoké vrstvě oleje, viz tab. 2, dále před smažené rybí prsty a bramborové krokety. Vše bylo zakoupeno v tržní síti.

Dále byla použita chemikálie petrolether 40-65 °C p.a. (Lachner) a přístroje laboratorní mlýnek IKA (Yellowline A10, Ilabo) Soxhletův extraktor (SER 148, Velp Scientifica, Itálie), laboratorní sušárna (Memmert, muflová pec (Nabertherm, Německo), analytické váhy (AE200, Mettler-Toledo) a lyofilizátor (ScanVac, Dánsko).

Tab. 2: Použité vzorky

Výrobek	Značka	Výrobce
Před smažené rybí prsty	Nowaco	Bidfood Opava s.r.o.
Před smažené krokety	Nowaco	Bidfood Opava s.r.o.
Slunečnicový olej	Slunka	FABIO PRODUKT spol. s.r.o.
Řepkový olej	Lukana	Glencore Agriculture Czech s.r.o.
Rýžový olej	Franz Josef Kaiser	Prodávající: GASTON, s.r.o.

Rybí prsty i bramborové krokety byly fritovány, aniž by došlo ke snížení nastavené teploty na termostatu ve fritovacím zařízení (Nova, Belgie). Přesné zobrazení o postupu provedení zobrazuje tab. 3.

Tab. 3: Zobrazení údajů o postupu při fritování

Vzorek	Čas fritování (min)	Teplota oleje (°C)	Objem oleje (l)	Doba odkapání (min)	Počet fritování
Rybí prsty (1 ks)	3	180	2	15	10
Br. krokety (2 ks)	5 <sup>1</sup>	170	2	15	10

Po fritování se vzorky zamrazily na teplotu -80 °C a následně lyofilizovaly. Po lyofilizaci v přístroji ScanVac se dále homogenizovaly v laboratorním mlýnku IKA (Yellowline A10, Ilabo). Vzorky byly homogenizovány 1–2 minuty při pokojové teplotě. Celkem se homogenizovalo 66 vzorků.

#### 4.1.2 Stanovení sušiny a popelovin

Pro stanovení sušiny se navázil homogenizovaný vzorek. Navažovalo se do předvážených mistichek. Navážka byla  $2,5 \pm 0,5$  g. Sušina se stanovovala při teplotě 103 °C do konstantní hmotnosti. Následně byly misky nechané v exsikátorech na zchladnutí a poté zváženy. Nakonec se vzorek s miskou dal spalovat do muflové pece při teplotě 550 °C.

#### 4.1.3 Stanovení tuku

Ke stanovení tuku se využívá Soxhletův extraktor (SER 148, Velp Scientifica, Itálie).

Do celulózových patron bylo naváženo 2,5 g homogenizovaných vzorků. Extrakce probíhala při teplotě 100 °C a s obsahem 70 ml petroletheru v předvážené skleněné baňce po dobu 20 minut. Následně byl vzorek 45 minut promýván při stejné teplotě. Nakonec byl vzorek 45 minut odpařován. Skleněné baňky s vyextrahovaným obsahem tuku bez petroletheru byly vloženy na dosušení do sušárny při teplotě 103 °C na 2 hodiny. Nakonec byl vzorek zvážen a byl stanoven procentuální podíl tuku v původní sušině.

#### 4.1.4 Statistická analýza

Statistická analýza byla provedena pomocí programu Statistica (verze 12, StatSoft CR s.r.o.). Pro statistické vyhodnocení byla využita metoda ANOVA – jednofaktorová, vícefaktorová s interakcemi a t-test. Statistické šetření bylo prováděno za účelem zjištění statisticky významných rozdílů. U vzorků, kde byl prokázán statisticky významný rozdíl ( $p < 0,05$ ), bylo dále provedeno post – hoc testování pomocí Scheffeho testu.

<sup>1</sup> U krocket výrobce uvádí pouze teplotu na fritování, a to 170 °C, ale neuvádí přesnou dobu, uvádí pouze: „do zlatova“. Zlaté barvy dosáhly krokety při teplotě 170 °C po 5 minutách.

## 5 Výsledky

### 5.1 Stanovení sušiny, popele a obsahu tuku

V následujících tabulkách jsou znázorněny naměřené hodnoty obsahu sušiny, popele a tuku testovaných rybích prstů a bramborových kroket smažených ve vysokých vrstvách tří různých druhů olejů – řepkovém, slunečnicovém a rýžovém. Zobrazené hodnoty jsou vyjádřené v gramech vztažených na 100 g vzorku nebo na 100 g sušiny. Nulté vzorky představovaly vzorky mražené a pro stanovení těchto hodnot byly použity v původním stavu tak, jak byly zakoupeny v tržní síti. Hodnoty sušiny a popele nultých vzorků jsou zprůměrované ze tří vzorků. Výsledné hodnoty tuku u nultých vzorků byly zprůměrované z první extrakce a z druhé extrakce.

#### 5.1.1 Rybí prsty

Rybí prsty smažené ve vysoké vrstvě řepkového oleje (fritované), viz tab. 4, vykazovaly nejvyšší podíl sušiny při osmém fritování, naopak nejméně sušiny obsahoval vzorek z prvního fritování. Nejvíce popele ve 100 g sušiny a zároveň ve 100 g vzorku vykazoval čtvrtý vzorek rybích prstů. Nejmenší a zároveň shodný obsah popele ve 100 g sušiny byl prokázán po prvním a druhém fritování a po prvním fritování byl také zjištěn nejmenší obsah popele ve 100 g vzorku.

Vzorek po druhém použití řepkového oleje vykazoval nejvyšší množství tuku ve 100 g sušiny a taktéž i ve 100 g vzorku. Nejméně tuku ve 100 g sušiny a ve 100 g vzorku bylo zjištěno u třetího vzorku při první extrakci.

Tab. 4: Stanovení sušiny, popele a tuku u rybích prstů fritovaných v řepkovém oleji

Počet smažení	Sušina (g/100 g vzorku)	Popel (g/100 g sušiny)	Popel (g/100 g vzorku)	1. extrakce tuku		2. extrakce tuku	
				Tuk (g/100 g sušiny)	Tuk (g/100 g vzorku)	Tuk (g/100 g sušiny)	Tuk (g/100 g vzorku)
0.	38,57	2,96	1,14	85,43	32,94	85,88	33,11
1.	37,23	2,02	0,75	83,36	31,03	87,43	32,55
2.	38,34	2,02	0,78	94,93	36,40	98,06	37,60
3.	39,14	2,99	1,17	78,57	30,76	84,76	33,18
4.	37,98	3,50	1,33	82,47	31,33	86,03	32,68
5.	39,81	3,29	1,31	84,15	33,50	86,92	34,60
6.	39,03	3,25	1,27	82,63	32,25	86,91	33,92
7.	39,28	3,35	1,31	85,10	33,43	88,02	34,58
8.	42,13	2,92	1,23	82,84	34,90	83,98	35,38
9.	39,10	3,05	1,19	78,86	30,83	84,83	33,17
10.	38,75	3,36	1,30	85,95	33,31	86,52	33,53
Průměr± směr.odch.	39,03± 1,18	2,97± 0,48	1,16± 0,20	84,03± 4,14	32,79± 1,71	87,21± 3,62	34,08± 1,47

Při fritování rybích prstů ve slunečnicovém oleji, viz tab. 5, byl zjištěn nejmenší obsah sušiny ve 100 g po prvním fritování a největší obsah sušiny ve 100 g vzorku po šestém fritování. Při šestém použití oleje byl v rybích prstech prokázán také nejvyšší obsah popele ve 100 g vzorku a ve 100 g sušiny. Nejméně popele ve 100 g sušiny bylo zjištěno shodně u třetího a sedmého vzorku, u sedmého vzorku byl zároveň zjištěn nejmenší obsah popele ve 100 g vzorku.

Nejvíce tuku ve 100 g sušiny bylo zjištěno z první extrakce u druhého vzorku a z druhé extrakce u vzorku devátého. Nejvíce tuku ve 100 g vzorku vykazoval z obou extrakcí shodně šestý vzorek. Nejméně tuku ve 100 g sušiny z první extrakce bylo prokázáno u třetího vzorku, z druhé extrakce u vzorku šestého. Nejméně tuku ve 100 g vzorku bylo zjištěno u prvního vzorku a z druhé extrakce u vzorku třetího.



Tab. 5: Stanovení sušiny, popele a tuku v rybích prstech fritovaných ve slunečnicovém oleji

Počet smažení	Sušina (g/ 100 g vzorku)	Popel (g/ 100 g sušiny)	Popel (g/ 100 g vzorku)	1. extrakce tuku		2. extrakce tuku	
				Tuk (g/ 100 g sušiny)	Tuk (g/ 100 g vzorku)	Tuk (g/ 100 g sušiny)	Tuk (g/ 100 g vzorku)
0.	38,57	2,96	1,14	85,43	32,94	85,88	33,11
1.	38,01	2,94	1,12	81,74	31,07	85,19	32,38
2.	40,99	2,74	1,12	87,38	35,82	86,75	35,56
3.	39,63	2,63	1,05	81,25	32,20	81,27	32,20
4.	41,81	2,81	1,17	84,26	35,23	83,65	34,97
5.	40,55	2,92	1,18	85,83	34,80	85,99	34,87
6.	44,48	8,45	3,76	83,39	37,09	80,17	35,66
7.	39,39	2,63	1,03	82,28	32,41	84,11	33,13
8.	39,08	2,89	1,13	84,47	33,01	86,93	33,98
9.	38,67	3,02	1,17	82,30	31,82	88,88	34,37
10.	38,72	2,97	1,15	81,45	31,54	83,81	32,45
Průměr± směr.odch.	39,99± 1,79	3,40± 1,69	1,37± 0,76	83,63± 1,93	33,45± 1,89	84,79± 2,42	33,88± 1,23

Tab. 6 zobrazuje výsledky použití rýžového oleje při fritování rybích prstů. Druhý vzorek vykazoval nejvíce sušiny ve 100 g vzorku, naopak nejméně sušiny osmý vzorek. Co se týče popele, tak nejvyšší množství vykazovaly nesmažené vzorky. Nejmenší obsahy popele byly prokázány u čtvrtého vzorku.

Ve 100 g sušiny bylo zjištěno nejvíce tuku průměrně u vzorků při druhém fritování, zároveň u těchto vzorků bylo zjištěno největší množství tuku ve 100 g vzorku. Oproti tomu nejméně tuku ve 100 g sušiny při prvním extrahování bylo zjištěno u šestého vzorku a při druhém extrahování u třetího vzorku. Shodně z obou extrakcí bylo zjištěno u šestého vzorku nejméně tuku na 100 g vzorku.

Tab. 6: Stanovení sušiny, popele a tuku při smažení rybích prstů v rýžovém oleji

Počet smažení	Sušina (g/100 g vzorku)	Popel (g/100 g sušiny)	Popel (g/100 g vzorku)	1. extrakce tuku		2. extrakce tuku	
				Tuk (g/100 g sušiny)	Tuk (g/100 g vzorku)	Tuk (g/100 g sušiny)	Tuk (g/100 g vzorku)
0.	38,57	2,96	1,14	85,43	32,94	85,88	33,11
1.	39,58	1,04	0,41	84,76	33,55	83,33	32,98
2.	39,87	1,13	0,45	88,73	35,38	88,52	35,30
3.	39,86	0,71	0,28	85,93	34,25	80,05	31,90
4.	39,06	0,64	0,25	85,02	33,21	84,08	32,85
5.	38,11	0,81	0,31	82,92	31,60	85,07	32,41
6.	37,92	1,19	0,45	81,88	31,05	82,57	31,31
7.	38,18	0,93	0,36	88,78	33,90	86,80	33,14
8.	37,50	1,89	0,71	86,05	32,26	85,75	32,15
9.	38,65	0,86	0,33	82,37	31,84	82,82	32,01
10.	38,28	1,21	0,47	84,88	32,50	82,05	31,41
Průměr± směr.odch.	38,69± 0,77	1,22± 0,64	0,47± 0,24	85,16± 2,16	32,95± 1,22	84,27± 2,31	32,60± 1,05

### 5.1.2 Bramborové krokety

Při fritování bramborových krotek v řepkovém oleji, viz tab. 7, bylo naměřeno nejvíce sušiny ve 100 g vzorku při třetím fritování, naopak nejméně v původním nultém vzorku. Nejvíce popele ve 100 g sušiny bylo prokázáno u druhého vzorku a nejvíce popele ve 100 g vzorku pak u třetího vzorku, oproti tomu nejméně popele bylo stanoveno v původních vzorcích.

Nejvíce tuku ve 100 g sušiny bylo zjištěno v původních nultých vzorcích. Z první extrakce byl zjištěn největší obsah tuku ve 100 g vzorku u třetího vzorku, z druhé extrakce u vzorku desátého. Ve 100 g sušiny byl stanoven nejmenší obsah tuku v desátém vzorku a při druhém extrahování u třetího vzorku. Z první extrakce tuku bylo zjištěno nejméně tuku ve 100 g vzorku u šestého fritování, z druhé extrakce toto nejmenší množství tuku vykazovaly vzorky nulté.

Tab. 7: Stanovení sušiny, popele a tuku u bramborových krocket fritovaných v řepkovém oleji

Počet smažení	Sušina (g/100 g vzorku)	Popel (g/100 g sušiny)	Popel (g/100 g vzorku)	1. extrakce tuku		2. extrakce tuku	
				Tuk (g/100 g sušiny)	Tuk (g/100 g vzorku)	Tuk (g/100 g sušiny)	Tuk (g/100 g vzorku)
0.	46,22	2,06	0,95	98,84	45,68	98,77	45,65
1.	47,55	2,62	1,24	97,59	46,41	96,68	45,97
2.	47,00	2,64	1,24	96,53	45,37	98,69	46,39
3.	48,73	2,59	1,26	96,51	47,03	95,81	46,69
4.	48,26	2,44	1,18	95,45	46,06	97,76	47,17
5.	48,51	2,44	1,19	95,54	46,35	96,39	46,76
6.	47,02	2,30	1,08	95,94	45,11	97,45	45,82
7.	48,41	2,51	1,21	95,93	46,44	97,85	47,37
8.	47,80	2,52	1,20	95,44	45,62	98,18	46,93
9.	48,14	2,44	1,18	94,19	45,35	98,41	47,38
10.	48,62	2,48	1,21	91,43	44,45	98,55	47,92
Průměr± směr.odch.	47,84± 0,77	2,46± 0,15	1,18± 0,09	95,76± 1,80	45,81± 0,70	97,69± 0,95	46,73± 0,69

U bramborových krocket fritovaných ve slunečnicovém oleji, viz tab. 8, byl prokázán největší obsah sušiny ve 100 g vzorku u třetího vzorku, naopak nejmenší obsah sušiny vykazovaly vzorky u šestého fritování. Nejvíce popele bylo prokázáno shodně u prvního vzorku, oproti tomu nejméně popele bylo prokázáno shodně u čtvrtého vzorku.

Z první extrakce byl zjištěn největší obsah tuku u původního vzorku. Z výsledků druhé extrakce je patrné, že původní vzorek obsahoval opět vysoké množství tuku, u prvního vzorku však bylo naměřeno větší množství. Tentýž vzorek vykazoval i nejvíce tuku ve 100 g vzorku. Oproti tomu nejméně tuku bylo vyextrahováno u osmého vzorku z první extrakce a u třetího vzorku z druhého extrahování. Shodně u šestého vzorku byl zjištěn nejmenší obsah tuku ve 100 g vzorku.

Tab. 8: Výsledné hodnoty u bramborových krocket fritovaných ve slunečnicovém oleji

Počet smažení	Sušina (g/100 g vzorku)	Popel (g/100 g sušiny)	Popel (g/100 g vzorku)	1. extrakce tuku		2. extrakce tuku	
				Tuk (g/100 g sušiny)	Tuk (g/100 g vzorku)	Tuk (g/100 g sušiny)	Tuk (g/100 g vzorku)
0.	46,22	2,06	0,95	98,84	45,68	98,77	45,65
1.	49,68	2,47	1,23	96,93	48,16	99,90	49,63
2.	47,90	1,54	0,74	93,15	44,62	96,84	46,39
3.	50,49	2,33	1,18	96,39	48,66	90,17	45,52
4.	48,09	1,31	0,63	96,00	46,17	97,70	46,99
5.	48,57	2,41	1,17	90,90	44,15	94,50	45,90
6.	45,03	2,32	1,05	92,64	41,71	96,04	43,24
7.	48,89	2,26	1,11	91,75	44,86	91,66	44,82
8.	49,12	2,17	1,07	90,42	44,41	95,52	46,92
9.	47,78	1,58	0,75	93,97	44,89	95,58	45,67
10.	46,72	2,42	1,13	93,13	43,51	95,39	44,56
Průměr± směr.odch.	48,05± 1,51	2,08± 0,39	1,00± 0,20	94,01± 2,57	45,17± 1,89	95,64± 2,71	45,94± 1,56

Tab. 9 zobrazuje hodnoty bramborových krocket fritovaných v rýžovém oleji. U pátého vzorku bylo zjištěno největší množství sušiny ve 100 g, nejméně pak v původním vzorku. Šestý vzorek vykazoval největší množství popele. Nejméně popele ve 100 g sušiny bylo stanoveno v osmém vzorku a v původním vzorku bylo zjištěno nejméně popele ve 100 g vzorku.

I zde v porovnání původních vzorků s fritovanými je patrné, že původní vzorky obsahují vysoké množství tuku, největší obsah tuku vykazoval ale vzorek osmý. Vzorek z pátého fritování prokázal nejvíce tuku ve 100 g vzorku. Nejmenší obsah tuku byl zjištěn u desátého vzorku krocket z druhém extrahování.

Tab. 9: Výsledné hodnoty u bramborových kroket fritovaných v rýžovém oleji

Počet smažení	Sušina (g/100 g vzorku)	Popel (g/100 g sušiny)	Popel (g/100 g vzorku)	1. extrakce tuku		2. extrakce tuku	
				Tuk (g/100 g sušiny)	Tuk (g/100 g vzorku)	Tuk (g/100 g sušiny)	Tuk (g/100 g vzorku)
0.	46,22	2,06	0,95	98,84	45,68	98,77	45,65
1.	47,84	2,41	1,15	97,44	46,62	93,85	44,90
2.	48,18	2,31	1,11	95,96	46,24	96,28	46,39
3.	48,77	2,24	1,09	95,71	46,68	95,51	46,58
4.	48,15	2,33	1,12	95,71	46,09	96,10	46,27
5.	49,58	2,08	1,03	97,36	48,27	95,24	47,22
6.	48,09	2,55	1,23	97,45	46,87	94,68	45,53
7.	48,70	2,09	1,02	97,77	47,62	94,93	46,23
8.	48,04	2,03	0,98	99,08	47,60	96,75	46,48
9.	47,88	2,36	1,13	98,00	46,92	96,50	46,21
10.	48,54	2,41	1,17	97,46	47,30	91,28	44,30
Průměr± směr.odch.	48,18± 0,79	2,26± 0,17	1,09± 0,08	97,34± 1,09	46,90± 0,72	95,44± 1,80	45,98± 0,79

## 5.2 Statistické vyhodnocení

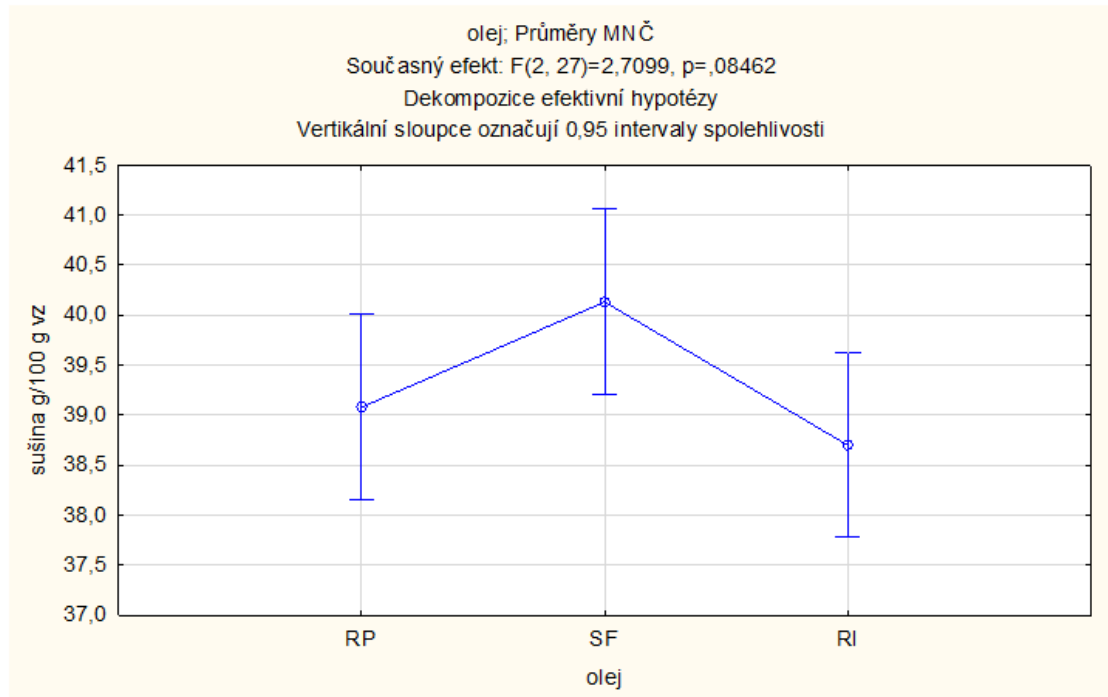
### 5.2.1 Stanovení obsahu sušiny, popele, průměrných hodnot a porovnání hodnot fritovaných vzorků s původními vzorky rybích prstů a bramborových kroket

V následujících grafech jsou znázorněny výsledné obsahy sušiny ve 100 g vzorků rybích prstů. V grafu 1. lze porovnat obsah sušiny v závislosti na druhu použitého oleje. Nejvíce sušiny obsahovaly vzorky fritované ve slunečnicovém oleji (SF), nicméně v porovnání s řepkovým (RP) ani rýžovým olejem (RI) se nejednalo o statisticky významné rozdíly. V grafu 2. je znázorněn obsah sušiny v závislosti na počtu smažení, kde byl mírný výkyv patrný u šestého vzorku.

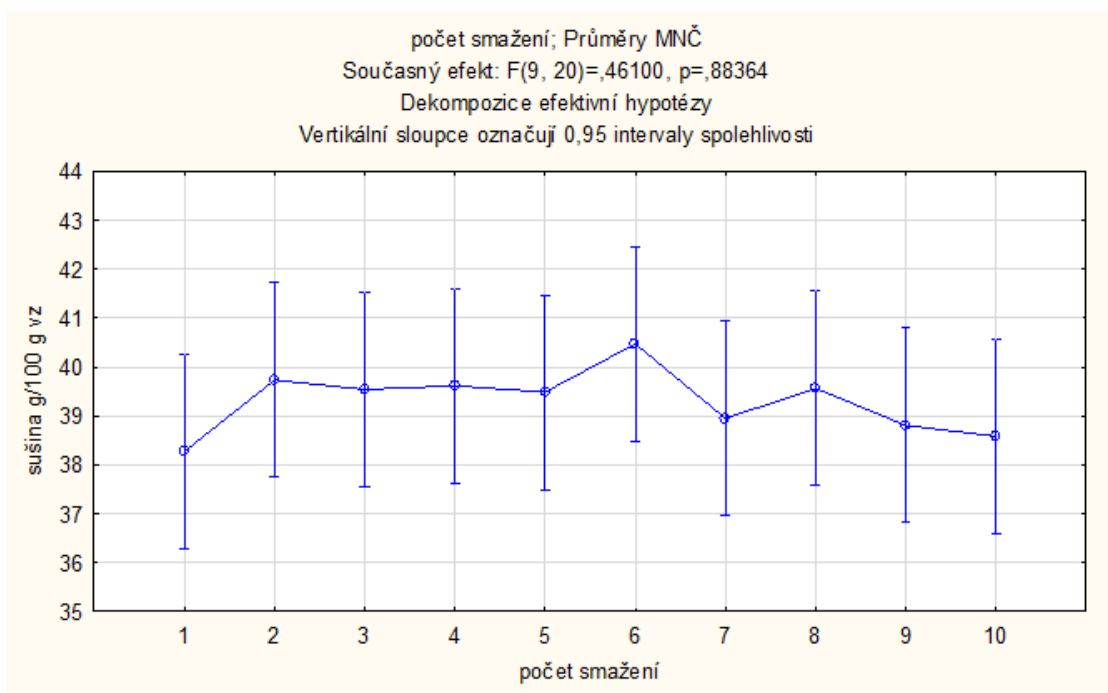
Krabicový graf, graf 3., znázorňuje rozdíly v obsahu sušiny ve 100 g vzorku fritovaných rybích prstů v porovnání s původními vzorky. Je patrné, že grafy se z části

překrývají, tudíž se nejedná o statisticky významný rozdíl v obsahu sušiny ve 100 g vzorku fritovaných prstů a 100 g sušiny původních vzorků.

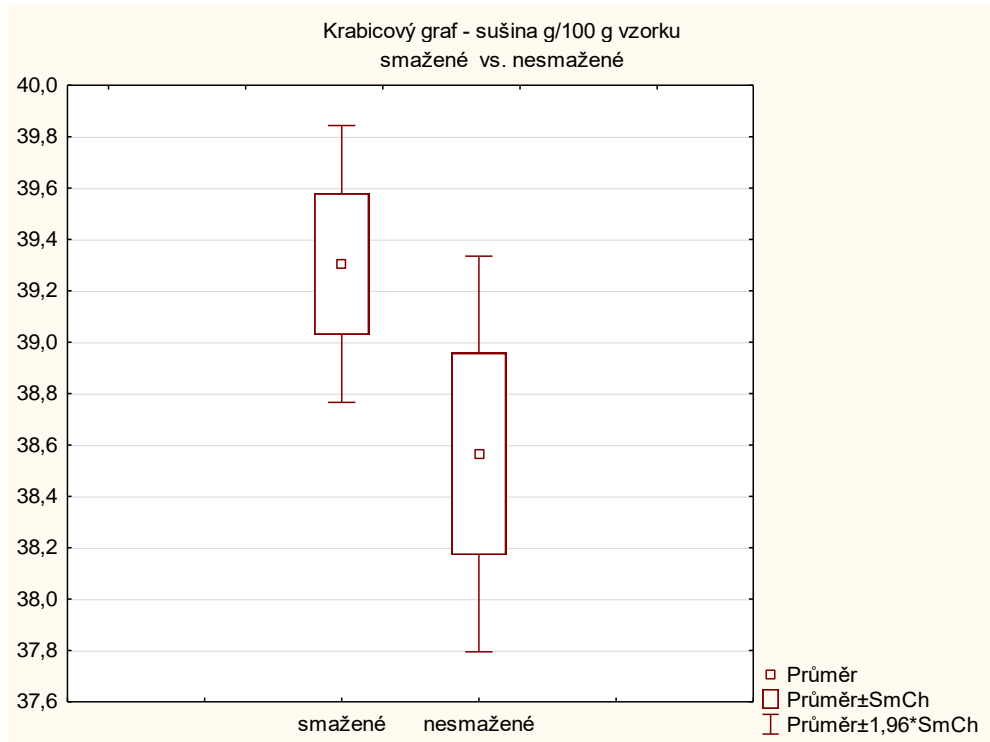
Graf 1. Druh oleje a obsah sušiny ve 100 g vzorku rybích prstů



Graf 2. Obsah sušiny ve 100 g vzorku rybích prstů



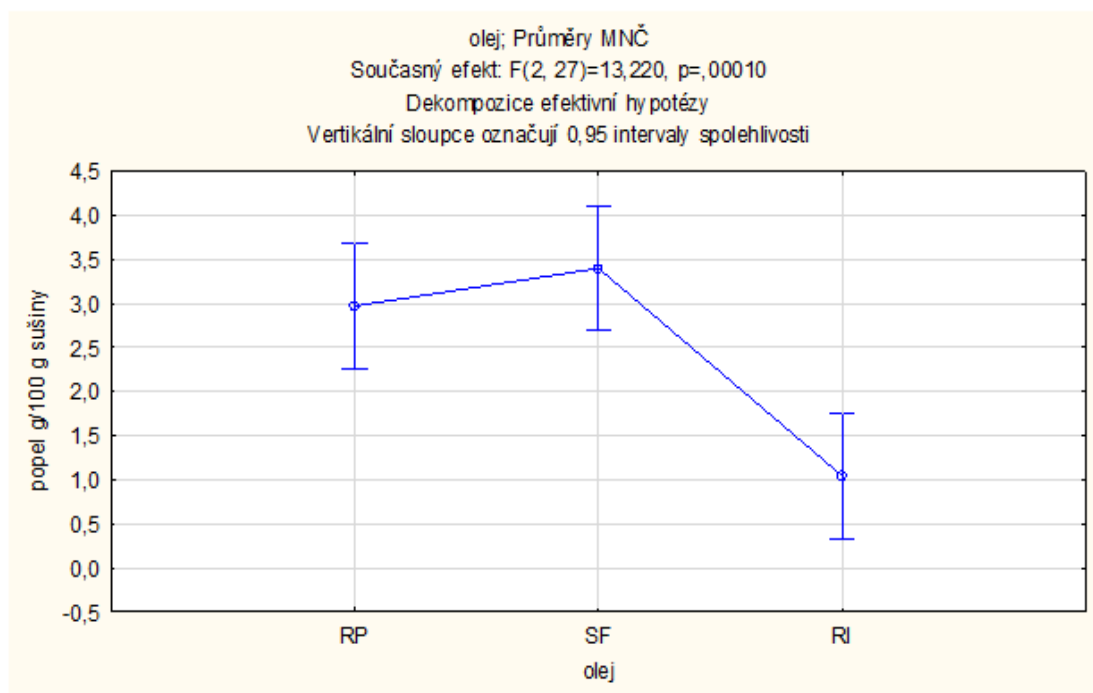
Graf 3. Krabicový graf – obsah sušiny ve 100 g vzorku fritovaných rybích prstů a vzorků původních



Dále byl zkoumán obsah popele (v g) ve 100 g sušiny. Výrazně méně popele obsahovaly vzorky fritované v rýžovém oleji, viz graf 4. Rozdíl v obsahu popele u vzorků fritovaných v řepkovém a slunečnicovém oleji nebyl výrazný. Jelikož se jednalo o statisticky významný rozdíl ( $p < 0,05$ ), bylo dále provedeno post – hoc testování, tab. 10, které prokázalo, že rozdíl byl v obsahu popele u vzorků fritovaných v rýžovém a řepkovém oleji, ale také u vzorků fritovaných v rýžovém a slunečnicovém oleji.

V grafu 5. je zobrazen obsah popele v rybích prstech v jednotlivých vzorcích. U šestého vzorku byl opět patrný výkyv – větší obsah popele oproti ostatním vzorkům. Při testování rozdílu v obsahu popele ve 100 g sušiny mezi fritovanými a původními vzorky rybích prstů, viz graf 6., lze vidět, že krabicové grafy se překrývají. Že se nejedná o statisticky významný rozdíl dokazuje tab. 11.

Graf 4. Druh použitého oleje a množství popele ve 100 g sušiny rybích prstů

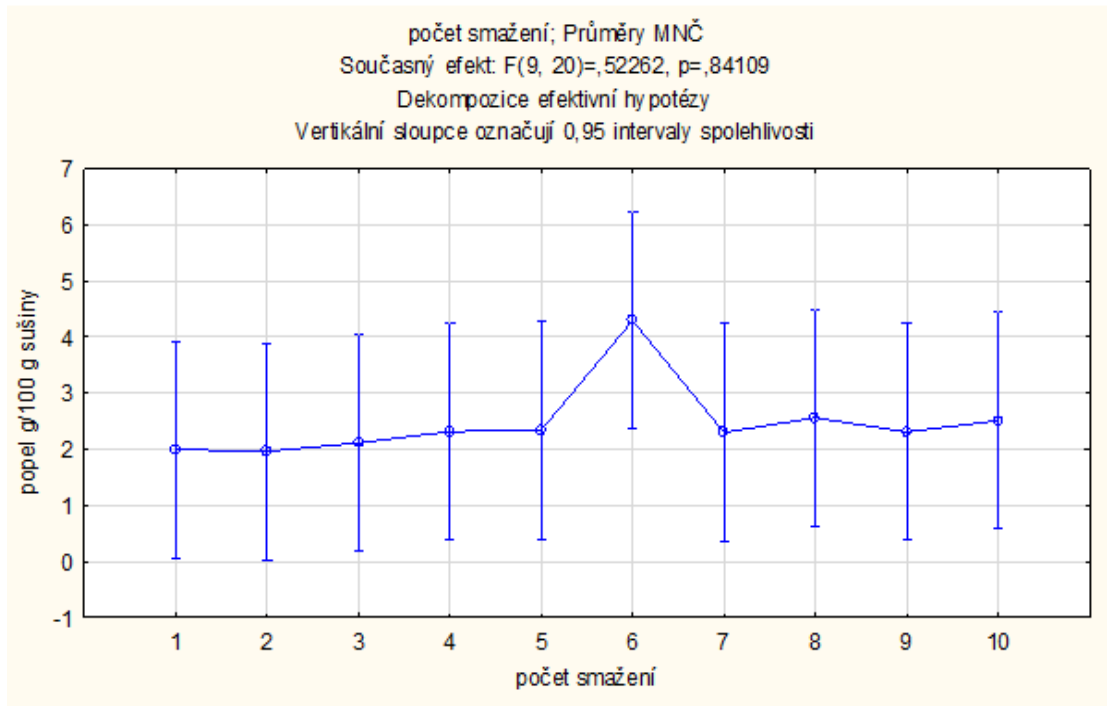


Tab. 10: Scheffeho test – statisticky významný rozdíl v druhu použitého oleje

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná popel g/100 g sušiny (Venclová výsledky pro statistiku) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 1,1932, sv = 27,000			
	olej	1	2	3
		2,9721	3,3995	1,0422
1	RP		0,685546	<b>0,002115</b>
2	SF	0,685546		<b>0,000226</b>
3	RI	<b>0,002115</b>	<b>0,000226</b>	

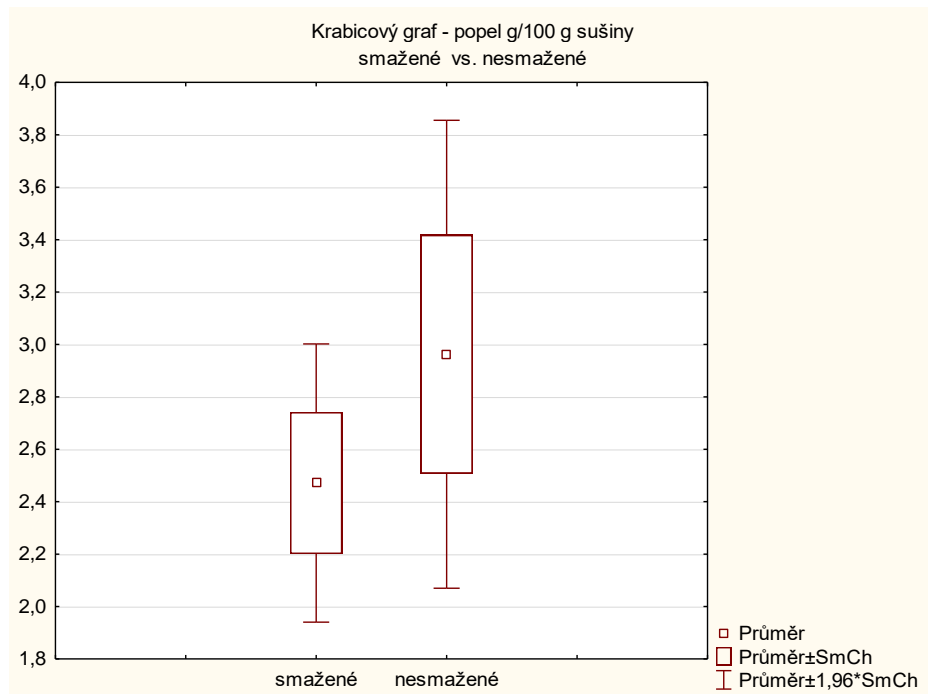


Graf 5. Obsah popele ve 100 g sušiny rybích prstů



..

Graf 6. Obsah popele ve 100 g sušiny ve fritovaných a nefritovaných vzorcích



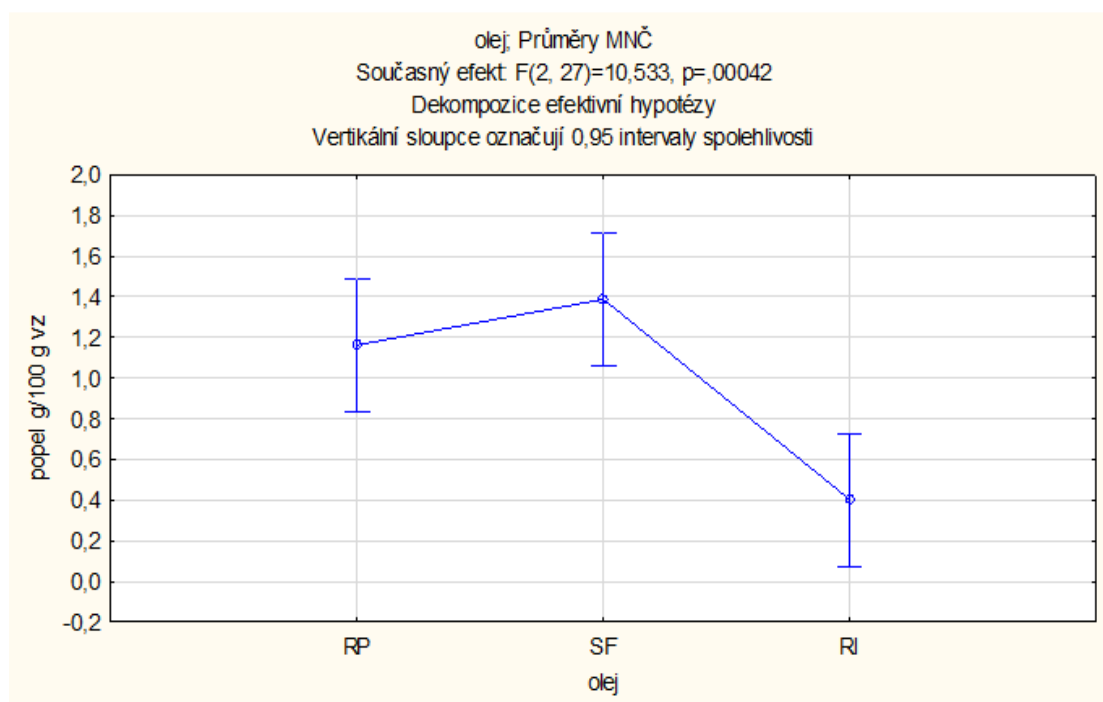
Tab. 11: T-test – výpočet p-hodnoty

Skup. 1 vs. skup. 2	T-test pro nezávislé vzorky (Venclová výsledky pro statistiku) Pozn.: Proměnné byly brány jako nezávislé vzorky					
	Průměr skup. 1	Průměr skup. 2	Hodnota t	sv	p	Poč.plat. skup. 1
smažené vs. nesmažené	2,471263	2,962605	-0,560328	31	0,579283	30

Skup. 1 vs. skup. 2	T-test pro nezávislé vzorky (Venclová výsledky pro statistiku) Pozn.: Proměnné byly brány jako nezávislé vzorky				
	Poč.plat. skup. 2	Sm.odch. skup. 1	Sm.odch. skup. 2	F-poměr Rozptyly	p Rozptyly
smažené vs. nesmažené	3	1,482828	0,788808	3,533772	0,488822

V grafu 7. je opět viditelný rozdíl v druhu použitého oleje a obsahu popele ve 100 g vzorku. Tab. 12 ukazuje rozdíly mezi použitím rýžového a řepkového oleje a také mezi rýžovým a slunečnicovým olejem.

Graf 7. Druh použitého oleje a množství popele ve 100 g vzorku

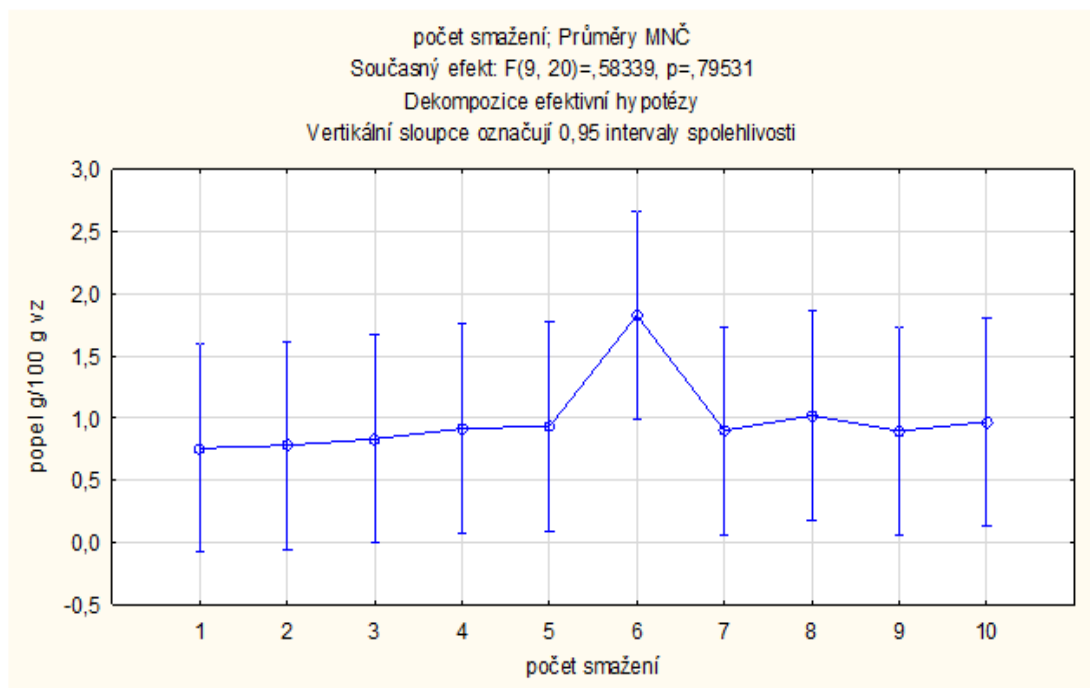


Tab. 12: Scheffeho test – statisticky významný rozdíl v druhu použitého oleje

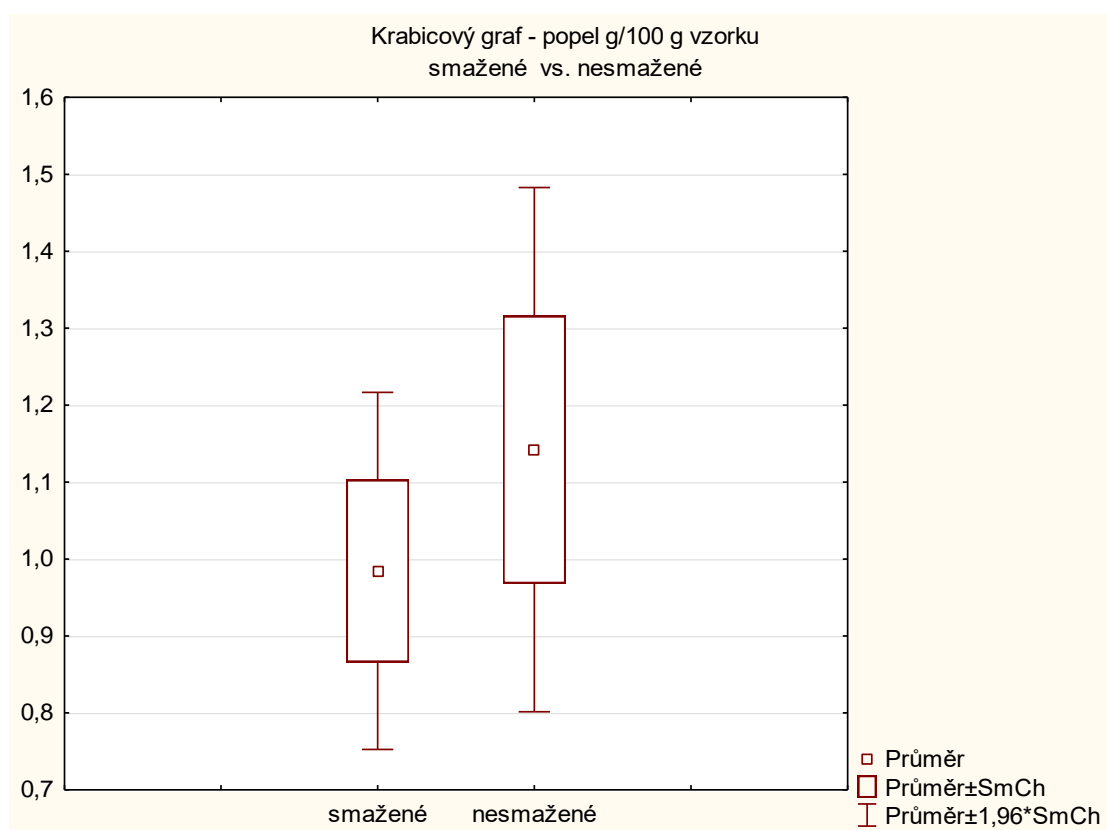
Č. buňky	Scheffeho test; proměnná popel g/100 g vz (Venclová výsledky pro statistiku) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,25365, sv = 27,000			
	olej	1	2	3
		1,1634	1,3882	,40191
1	RP		0,613293	<b>0,008517</b>
2	SF	0,613293		<b>0,000715</b>
3	RI	<b>0,008517</b>	<b>0,000715</b>	

U šestého vzorku byl opět patrný výkyv v obsahu popele oproti ostatním vzorkům, viz graf 8. V grafu 9. můžeme pozorovat překrývání krabicových grafů. Obsah popele ve 100 g vzorku u rybích prstů fritovaných a původních nebyl statisticky významný, viz tab. 13.

Graf 8. Obsah popele ve 100 g vzorku rybích prstů



Graf 9. Obsah popele ve fritovaných a nefritovaných vzorcích rybích prstů



Tab. 13: T-test – výpočet p-hodnoty

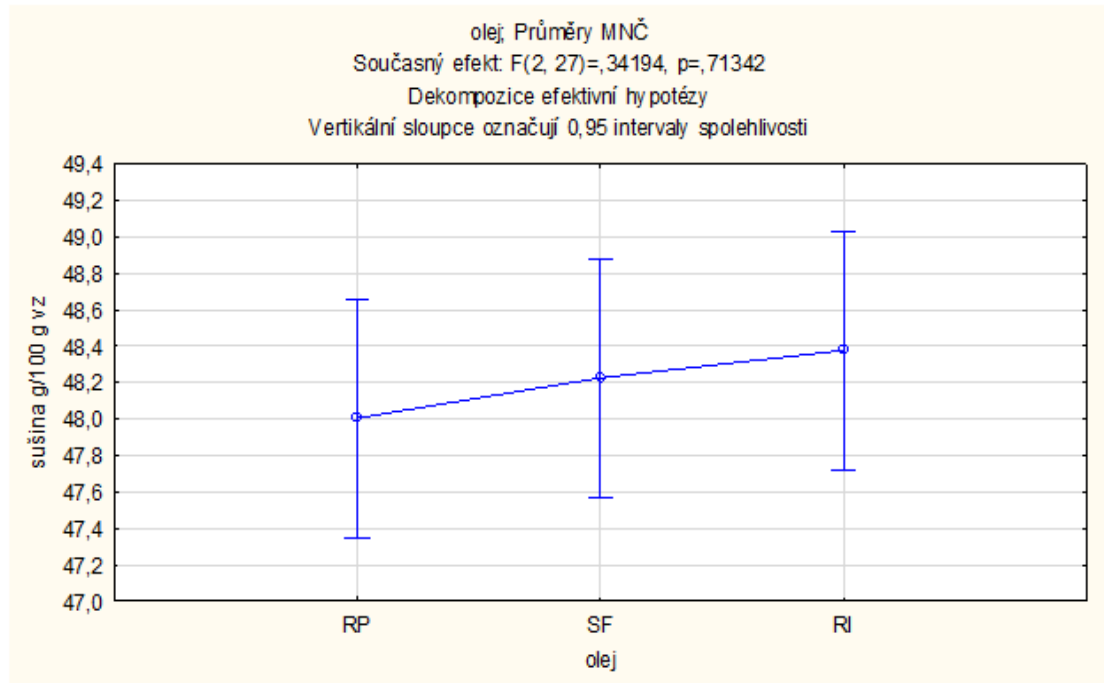
Skup. 1 vs. skup. 2	T-test pro nezávislé vzorky (Venclová výsledky pro statistiku) Pozn.: Proměnné byly brány jako nezávislé vzorky					
	Průměr skup. 1	Průměr skup. 2	Hodnota t	sv	p	Poč.plat. skup. 1
smažené vs. nesmažené	0,984490	1,142187	-0,412220	31	0,683015	30

Skup. 1 vs. skup. 2	T-test pro nezávislé vzorky (Venclová výsledky pro statistiku) Pozn.: Proměnné byly brány jako nezávislé vzorky				
	Poč.plat. skup. 2	Sm.odch. skup. 1	Sm.odch. skup. 2	F-poměr Rozptyly	p Rozptyly
smažené vs. nesmažené	3	0,648395	0,300965	4,641382	0,385090

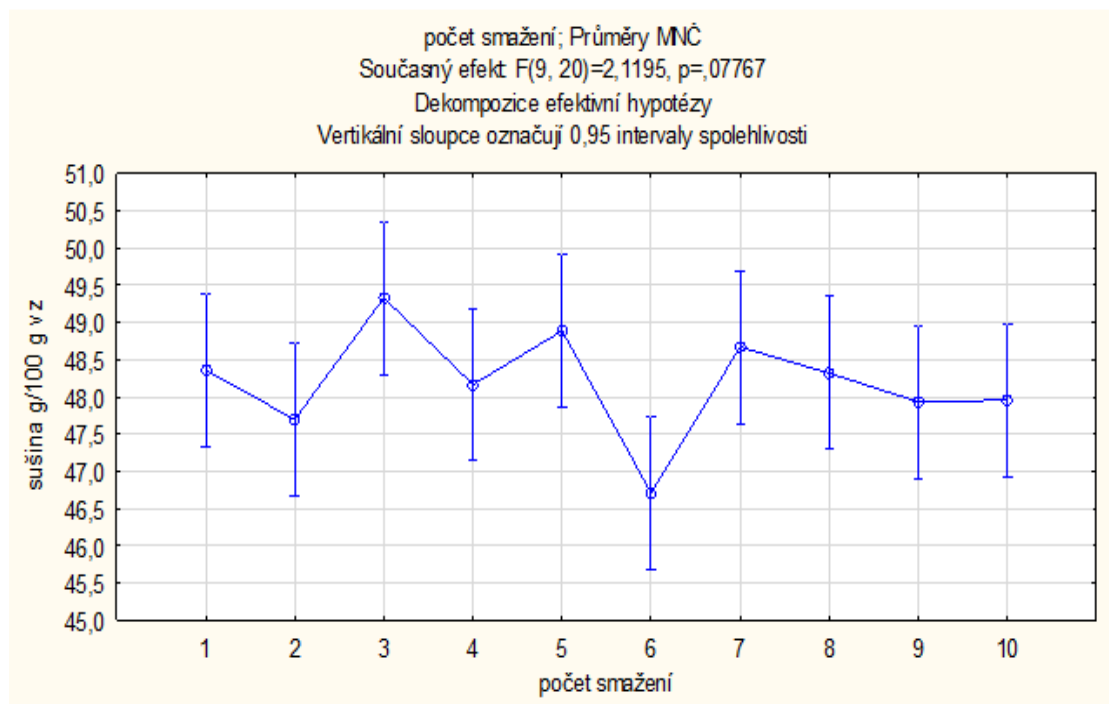
Stejně parametry, jako u rybích prstů, byly stanovovány i u bramborových kroket. V grafech 10., 11. a 12. jsou zobrazeny výsledky obsahu sušiny ve 100 g vzorku. Konkrétně v grafu 10. jsou viditelné obsahy sušiny bramborových kroket při použití různých druhů olejů. Nejméně sušiny obsahovaly vzorky fritované v řepkovém oleji, nejvíce v rýžovém, nicméně mezi těmito vzorky nebyly prokázány statisticky významné rozdíly ( $p > 0,05$ ). Obsah sušiny v jednotlivých vzorcích byl více kolísavý, viz graf 11., oproti vzorkům rybích prstů. U šestého vzorku bramborových kroket byl patrný pokles v obsahu sušiny ve 100 g vzorku oproti ostatním. Naopak tomu bylo u rybích prstů, kde byl zaznamenán nárůst v obsahu sušiny.

Graf 12. zobrazuje krabicové grafy obsahu sušiny mezi vzorky fritovanými a původními, zde byl prokázán statisticky významný rozdíl, což dokazuje tab. 14.

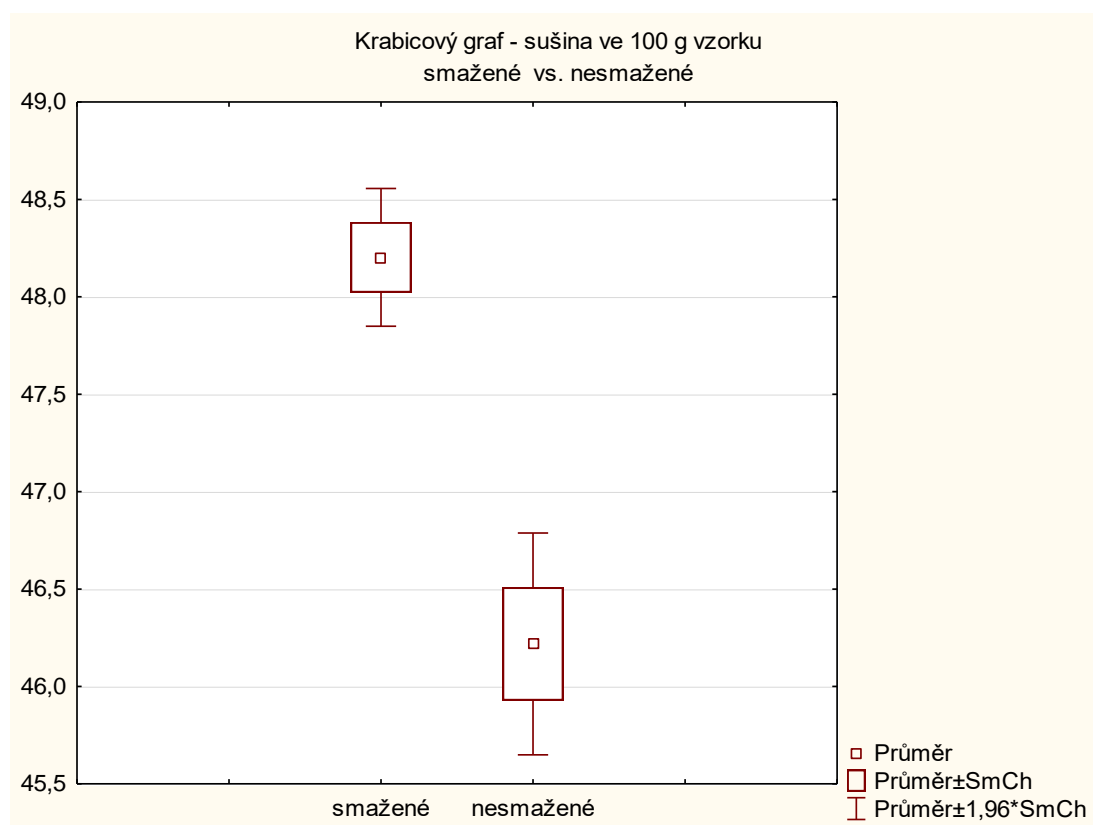
Graf 10. Druh použitého oleje a obsah sušiny ve 100 g vzorku bramborových kroket



Graf 11. Obsah sušiny ve 100 g vzorku bramborových kroket



Graf 12. Obsah sušiny ve 100 g vzorku u fritovaných a nefritovaných bramborových krocket



Tab. 14: T-test – statisticky významný rozdíl

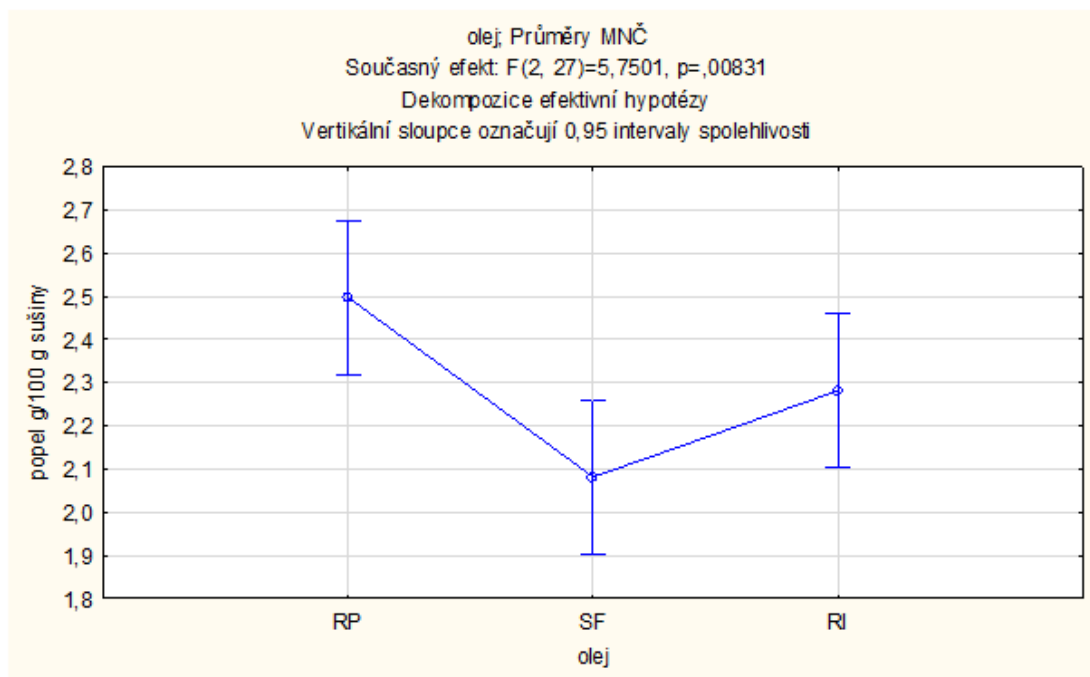
Skup. 1 vs. Skup. 2	T-test pro nezávislé vzorky (Venclová výsledky pro statistiku) Pozn.: Proměnné byly brány jako nezávislé vzorky				
	Průměr skup. 1	Průměr skup. 2	Hodnota t	sv	p
sušina g/100 g vz. vs. nesmažené	48,20264	46,21848	3,398836	31	0,001877

Skup. 1 vs. Skup. 2	T-test pro nezávislé vzorky (Venclová výsledky pro statistiku) Pozn.: Proměnné byly brány jako nezávislé vzorky			
	Poč.plat. skup. 2	Sm.odch. skup. 1	Sm.odch. skup. 2	F-poměr Rozptyly
sušina g/100 g vz. vs. nesmažené	3	0,987975	0,502996	3,858002

V následujících grafech byl zkoumán obsah popele ve 100 g sušiny. Nejméně popele bylo prokázáno ve vzorcích fritovaných ve slunečnicovém oleji, viz graf 13., nejvíce popele

bylo zjištěno v bramborových kroketách fritovaných v řepkovém oleji. Že se jedná o statisticky významný rozdíl mezi oleji řepkovým a slunečnicovým, dokazuje tab. 15.

Graf 13. Druh použitého oleje a obsah popele ve 100 g sušiny bramborových krocket

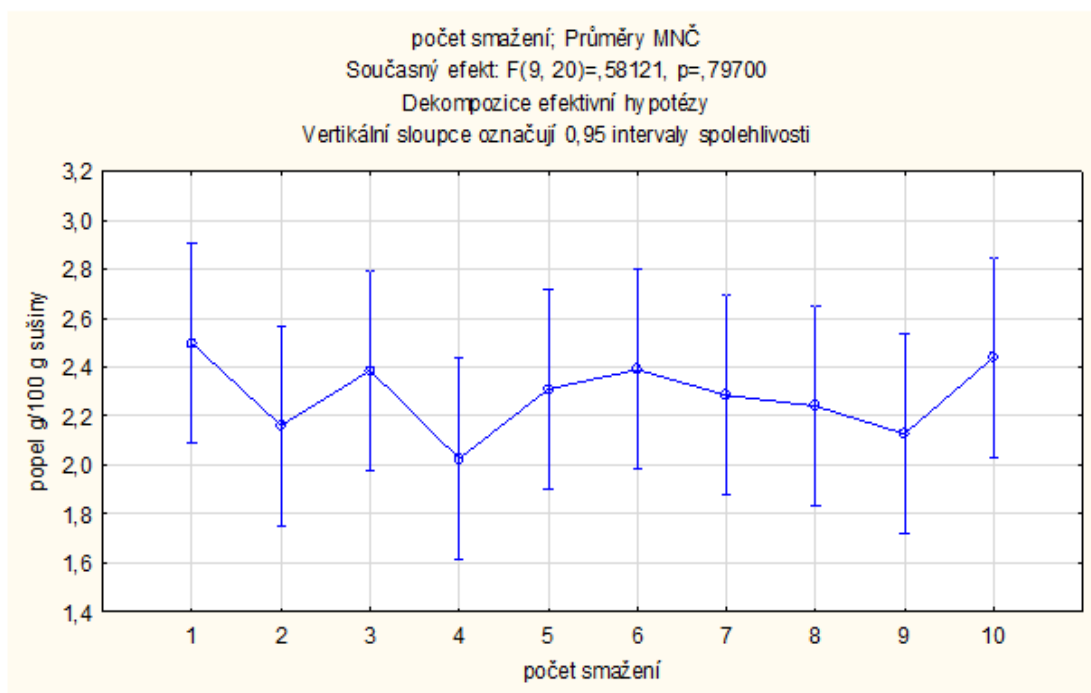


Tab. 15: Scheffeho test – statisticky významný rozdíl v druhu použitého oleje

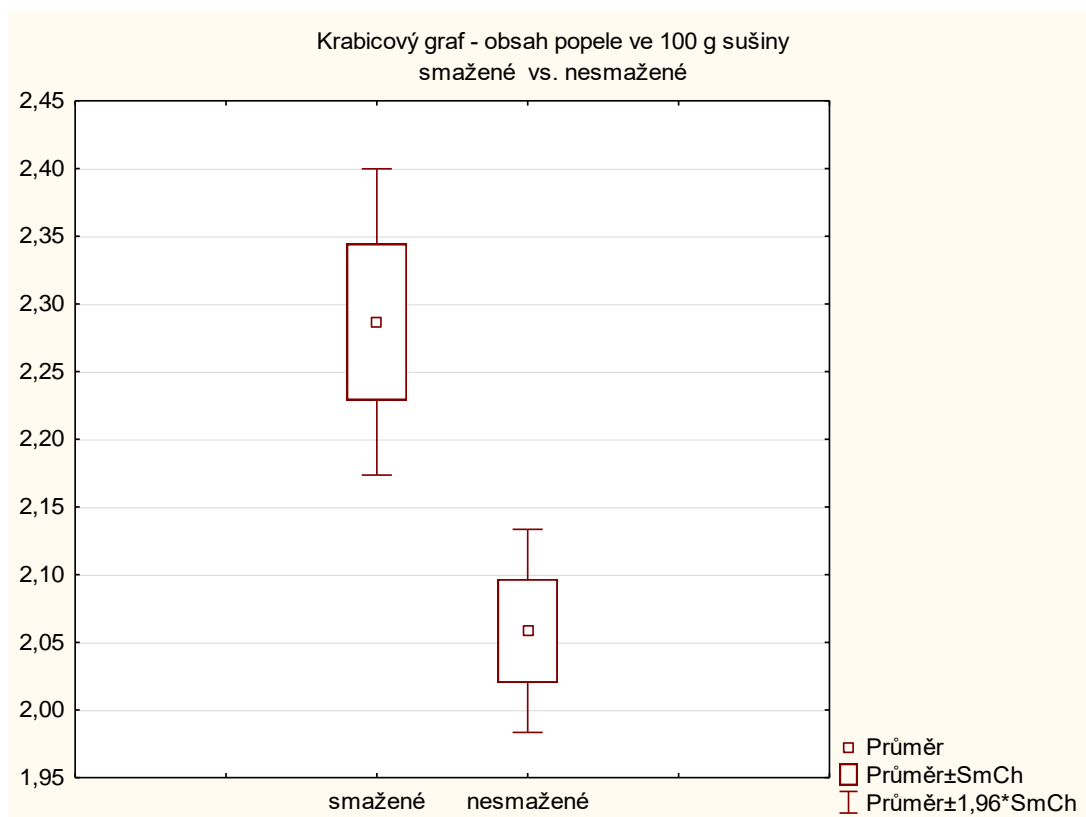
Č. buňky	Scheffeho test; proměnná popel g/100 g sušiny (Venclová výsledky pro statistiku) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,07528, sv = 27,000			
	olej	1	2	3
		2,4973	2,0813	2,2815
1	RP		<b>0,008327</b>	0,231252
2	SF	<b>0,008327</b>		0,280968
3	RI	0,231252	0,280968	

Obsah popele ve 100 g sušiny v jednotlivých vzorcích byl mírně kolísavý, žádné velké výchyly nebyly patrné, viz graf 14. Při porovnání vzorků fritovaných a původních, viz graf 15., je patrné, že krabicové grafy se nepřekrývají, nicméně o statisticky významný rozdíl se nejednalo ( $p > 0,05$ ). Toto tvrzení dokládá tab. 16.

Graf 14. Obsah popele ve 100 g sušiny bramborových krocket



Graf 15. Rozdíl v obsahu popele ve 100 g sušiny u fritovaných a původních vzorků





Tab. 16: T-test – výpočet p-hodnoty

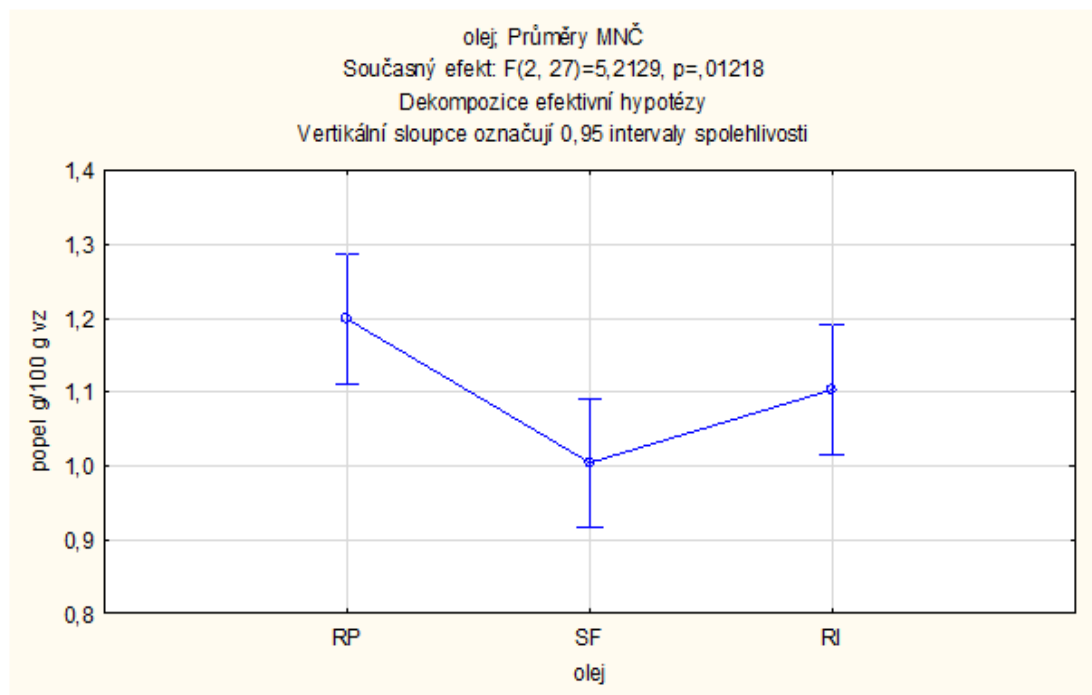
Skup. 1 vs. skup. 2	T-test pro nezávislé vzorky (Venclová výsledky pro statistiku) Pozn.: Proměnné byly brány jako nezávislé vzorky				
	Průměr skup. 1	Průměr skup. 2	Hodnota t	sv	p
popel g/100 g sušiny vs. nesmažené	2,286671	2,058440	1,230825	31	0,227646

Skup. 1 vs. skup. 2	T-test pro nezávislé vzorky (Venclová výsledky pro statistiku) Pozn.: Proměnné byly brány jako nezávislé vzorky				
	Poč.plat. skup. 1	Poč.plat. skup. 2	Sm.odch. skup. 1	Sm.odch. skup. 2	F-poměr Rozptyly
popel g/100 g sušiny vs. nesmažené	30	3	0,316132	0,066262	22,76184

Stejně jako v obsahu popele ve 100 g sušiny, tak i v obsahu popele ve 100 g vzorku a druhu použitého oleje, byly viditelné rozdíly, viz graf 16. Statisticky významný rozdíl byl prokázán mezi řepkovým a slunečnicovým olejem, viz tab. 17.

Graf 16. Druh použitého oleje a obsah popele ve 100 g vzorku bramborových krocket

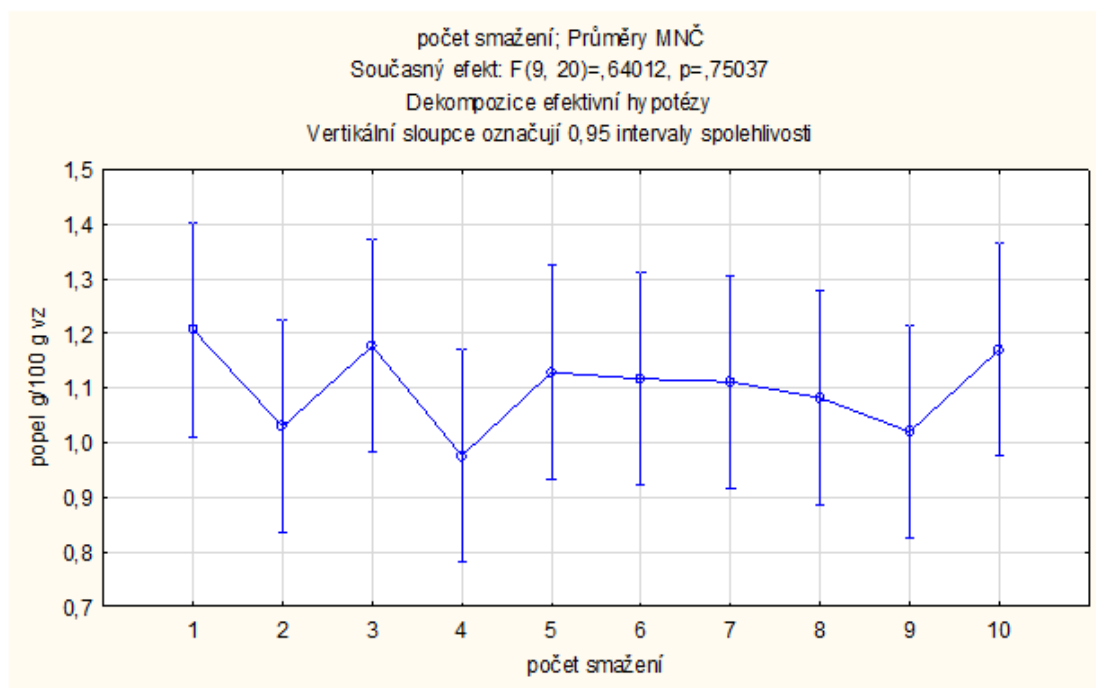


Tab. 17: Scheffeho test – statisticky významný rozdíl v druhu použitého oleje

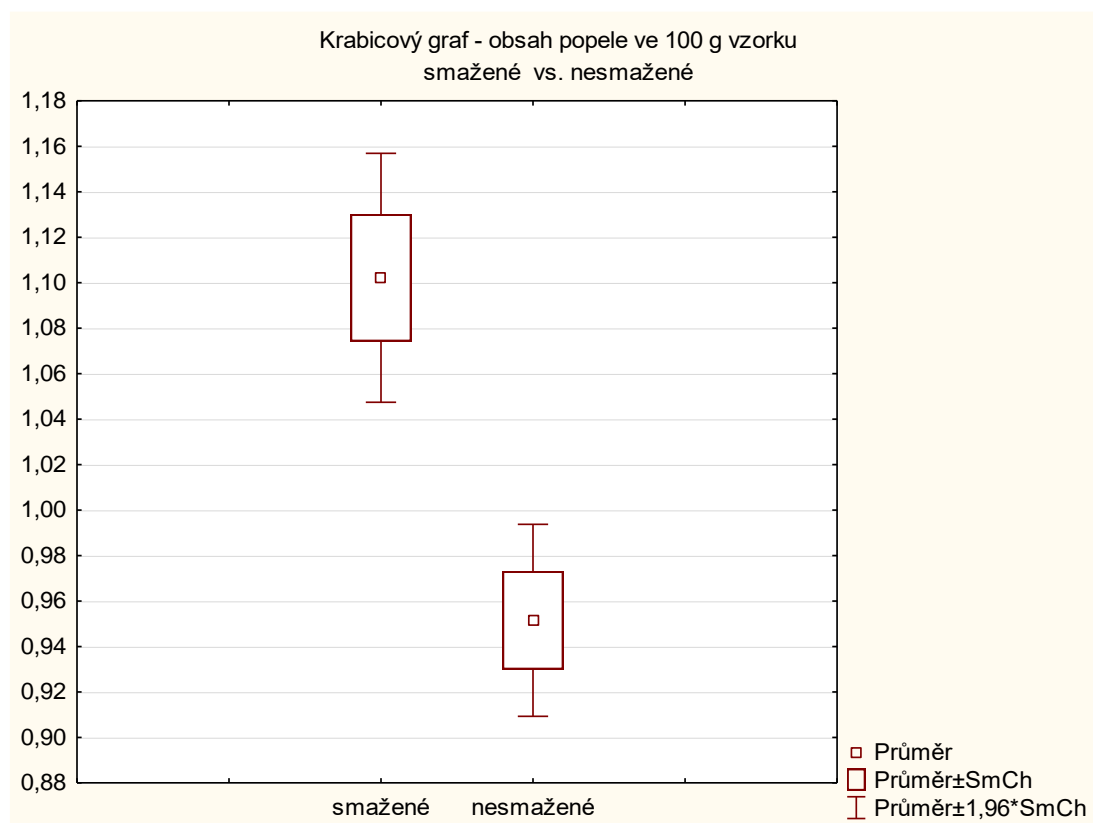
Č. buňky	Scheffeho test; proměnná popel g/100 g vz (Venclová výsledky pro statistiku) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,01814, sv = 27,000			
	olej	1	2	3
		1,1988	1,0044	1,1033
1	RP		<b>0,012183</b>	0,300344
2	SF	<b>0,012183</b>		0,276448
3	RI	0,300344	0,276448	

Graf 17. zobrazuje obsah popele v jednotlivých vzorcích, mírné výchylky byly zaznamenány v první polovině vzorků, nicméně se nejednalo o statisticky významné rozdíly mezi vzorky. Následující krabicový graf – graf 18. zobrazuje rozdíl mezi bramborovými krocketami fritovanými a původními. Ačkoli se grafy nepřekrývají, nebyl prokázán statisticky významný rozdíl, viz tab. 18.

Graf 17. Obsah popele ve 100 g vzorku bramborových krocket



Graf 18. Rozdíl v obsahu popele ve 100 g vzorku fritovaných a nefritovaných vzorků



Tab. 18: T-test – výpočet p-hodnoty

Skup. 1 vs. skup. 2	T-test pro nezávislé vzorky (Venclová výsledky pro statistiku) Pozn.: Proměnné byly brány jako nezávislé vzorky					
	Průměr skup. 1	Průměr skup. 2	Hodnota t	sv	p	Poč.plat. skup. 1
smažené vs. nesmažené	1,102164	0,951505	1,677903	31	0,103422	30

Skup. 1 vs. skup. 2	T-test pro nezávislé vzorky (Venclová výsledky pro statistiku) Pozn.: Proměnné byly brány jako nezávislé vzorky				
	Poč.plat. skup. 2	Sm.odch. skup. 1	Sm.odch. skup. 2	F-poměr Rozptyly	p Rozptyly
smažené vs. nesmažené	3	0,152998	0,037298	16,82668	0,115167

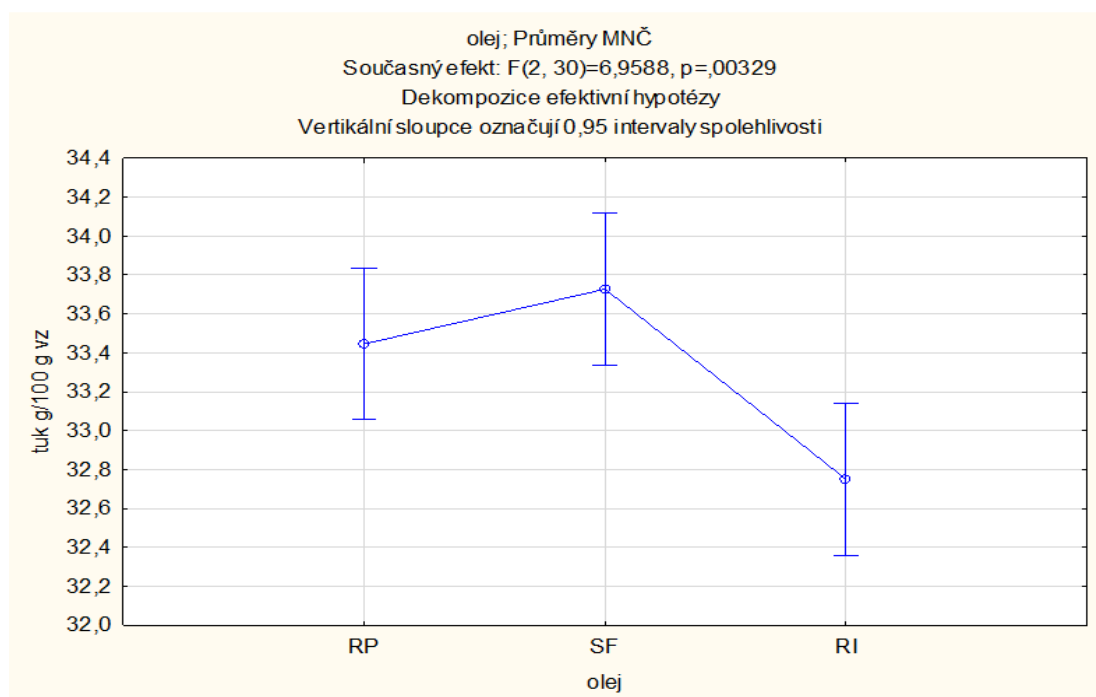
### 5.2.2 Statistické vyhodnocení obsahu tuku v rybích prstech a bramborových kroketách

Následující grafy znázorňují obsah tuku ve stejných vzorcích, při použití týchž stejných druhů olejů, buď po přepočtu na 100 g sušiny nebo na 100 g vzorku. U výsledků, kde byl prokázán statisticky významný rozdíl ( $p < 0,05$ ) bylo dále provedeno post – hoc testování pomocí Scheffeho testu.

Graf 19. zobrazuje obsahu tuku ve 100 g vzorku rybích prstů při použití různých druhů olejů, kde byl prokázán statisticky významný rozdíl, viz tab. 19. Konkrétně mezi řepkovým a rýžovým olejem, ale také mezi olejem rýžovým a slunečnicovým.

V grafu 20. je znázorněn obsah tuku ve 100 g vzorku u jednotlivých fritování rybích prstů. Tab. 20. uvádí statisticky významné rozdíly při jednotlivých fritování. Je patrné, že významně odlišné bylo druhé použití oleje. Mezi ostatními vzorky nebyly patrné velké rozdíly. Interakce mezi jednotlivým fritováním rybích prstů a obsahy tuku ve 100 g vzorku při použití různých druhů olejů zobrazuje graf 21.

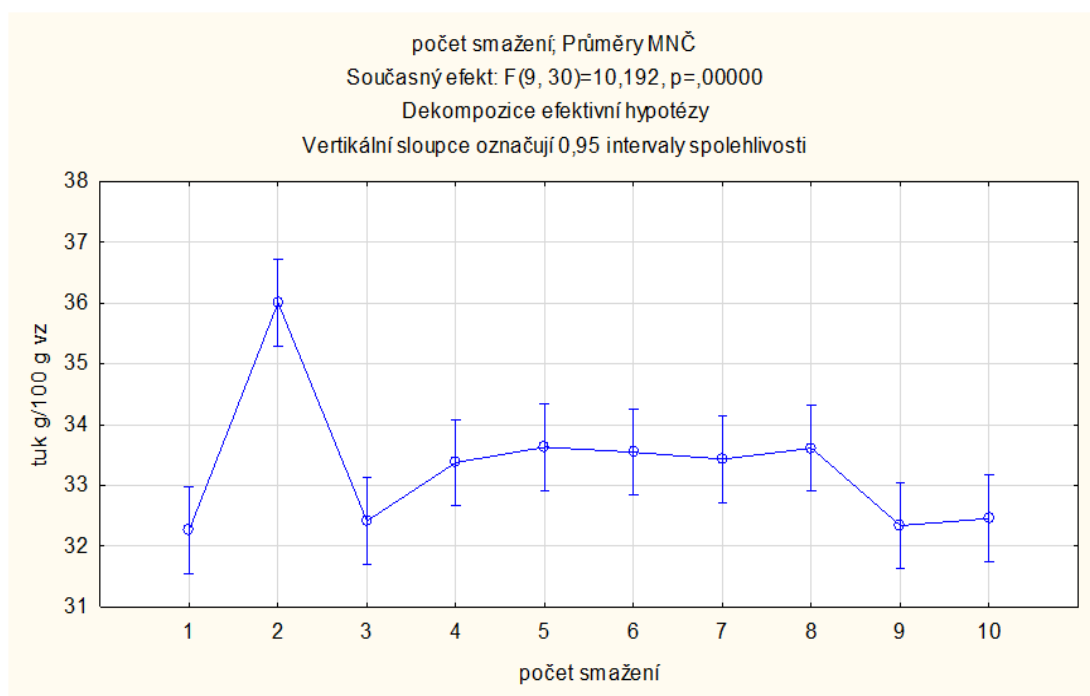
Graf 19. Druh použitého oleje a obsah tuku ve 100 g vzorku rybích prstů



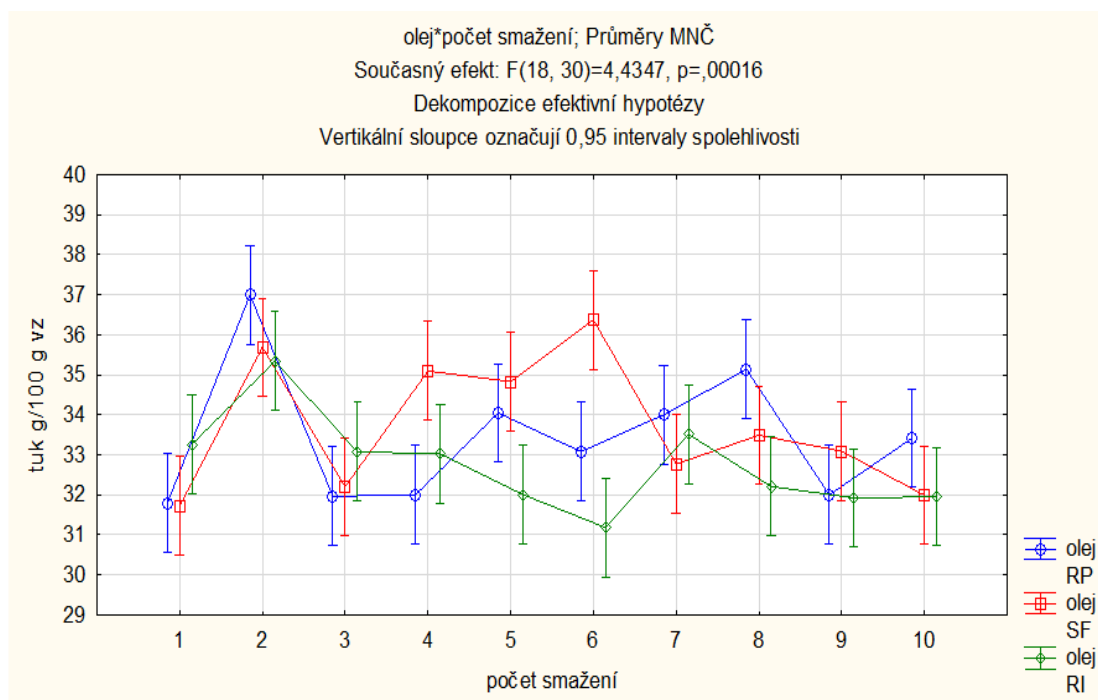
Tab. 19: Scheffeho test – statisticky významný rozdíl v druhu použitého oleje

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná tuk g/100 g vz (Venclová výsledky pro statistiku) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,72710, sv = 30,000			
	olej	1	2	3
1	RP	33,445	0,585030	0,049586
2	SF	0,585030		0,004312
3	RI	0,049586	0,004312	

Graf 20. Obsah tuku ve 100 g vzorku rybích prstů



Graf 21. Závislost obsahu tuku ve 100 g vzorku při použití různých druhů olejů a počtu fritování



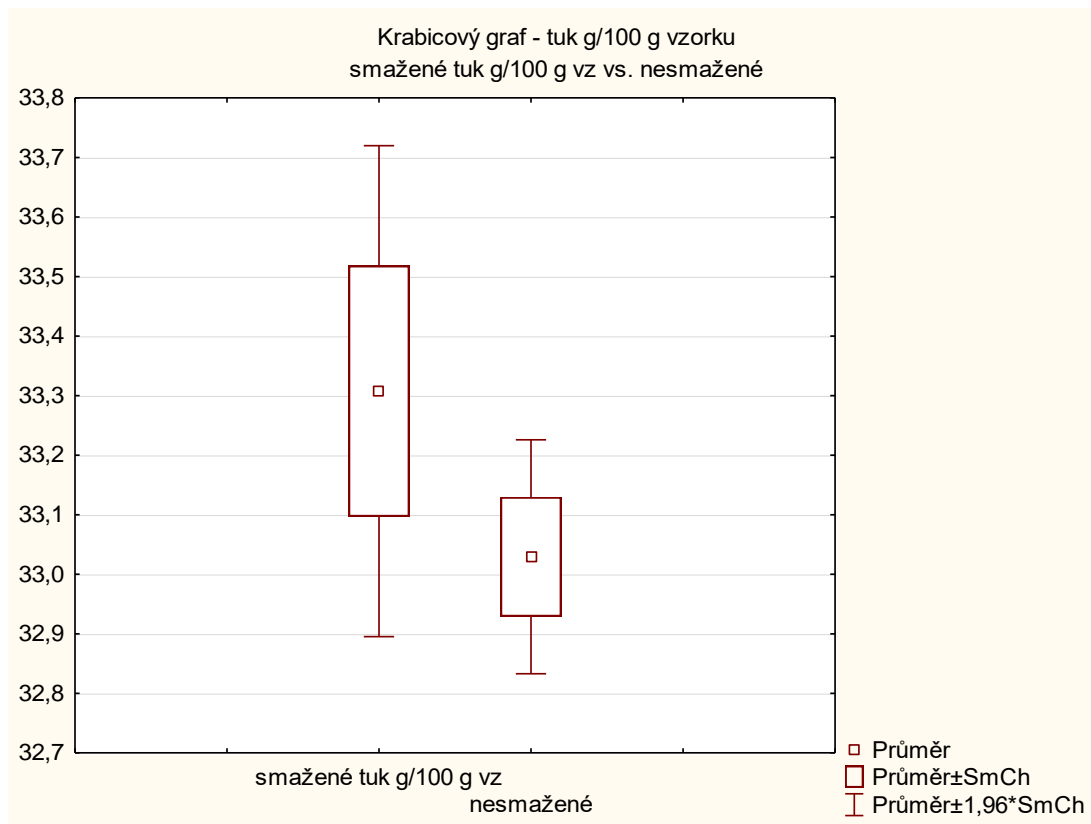
Tab. 20: Scheffeho test – zobrazení statisticky významných rozdílů

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná tuk g/100 g vz (Venclová výsledky pro statistiku) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,72710, sv = 30,000						
	počet smažení	1 32,262	2 36,007	3 32,415	4 33,376	5 33,630	6 33,547
1	1		0,000047	1,000000	0,811668	0,571786	0,655974
2	2	0,000047		0,000097	0,008221	0,024237	0,017147
3	3	1,000000	0,000097		0,912112	0,723561	0,797004
4	4	0,811668	0,008221	0,912112		0,999997	1,000000
5	5	0,571786	0,024237	0,723561	0,999997		1,000000
6	6	0,655974	0,017147	0,797004	1,000000	1,000000	
7	7	0,765379	0,010455	0,880911	1,000000	1,000000	1,000000
8	8	0,588287	0,022675	0,738540	0,999998	1,000000	1,000000
9	9	1,000000	0,000068	1,000000	0,867802	0,649997	0,730425
10	10	1,000000	0,000117	1,000000	0,931082	0,760090	0,828697

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná tuk g/100 g vz (Venclová výsledky pro statistiku) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,72710, sv = 30,000			
	7 33,431	8 33,614	9 32,339	10 32,455
1	0,765379	0,588287	1,000000	1,000000
2	0,010455	0,022675	0,000068	0,000117
3	0,880911	0,738540	1,000000	1,000000
4	1,000000	0,999998	0,867802	0,931082
5	1,000000	1,000000	0,649997	0,760090
6	1,000000	1,000000	0,730425	0,828697
7		1,000000	0,828694	0,904120
8	1,000000		0,666065	0,774247
9	0,828694	0,666065		1,000000
10	0,904120	0,774247	1,000000	

Graf 22. znázorňuje rozdíl v obsahu tuku (v g) ve 100 g vzorku mezi vzorky fritovanými a nefritovanými původními. Krabicové grafy se překrývají, nejednalo se tudíž o rozdíl, což dokazuje tab. 21. Fritované vzorky oproti původním měly relativně velkou variabilitu hodnot.

Graf 22. Rozdíl v obsahu tuku ve 100 g vzorku



Tab. 21: T-test – výpočet p-hodnoty

Skup. 1 vs. skup. 2	T-test pro nezávislé vzorky (Venclová výsledky pro statistiku) Pozn.: Proměnné byly brány jako nezávislé vzorky				
	Průměr skup. 1	Průměr skup. 2	Hodnota t	sv	p
smažené tuk g/100 g vz. vs. nesmažené	33,30753	33,02950	0,414630	64	0,679799

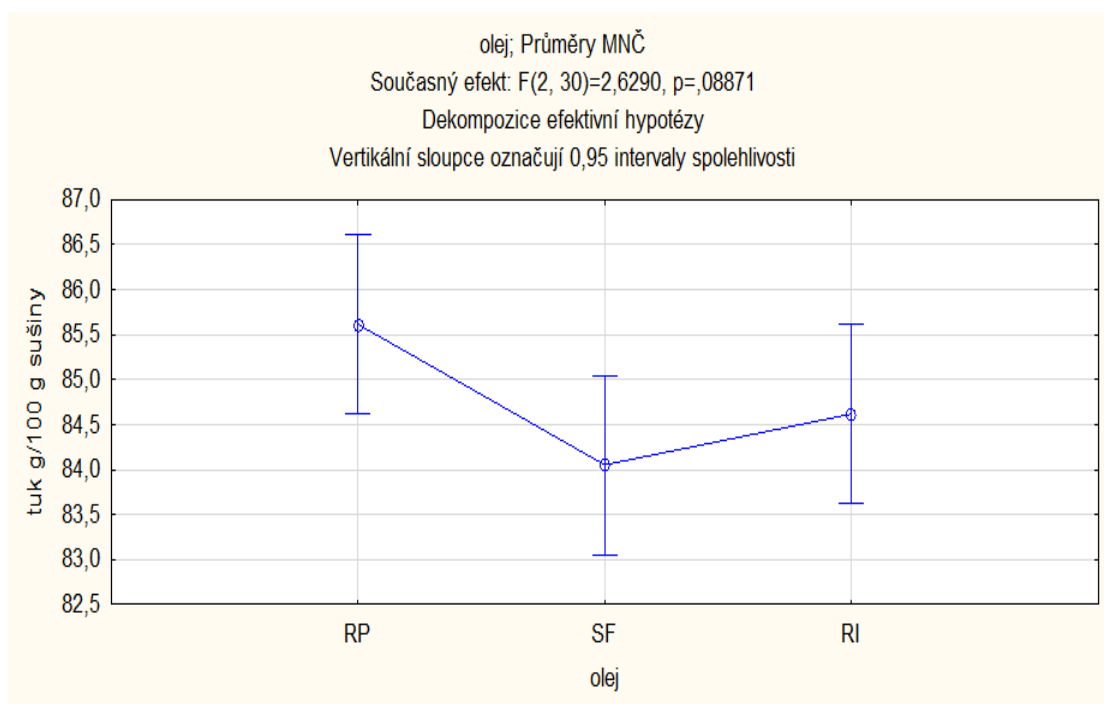
Skup. 1 vs. skup. 2	T-test pro nezávislé vzorky (Venclová výsledky pro statistiku) Pozn.: Proměnné byly brány jako nezávislé vzorky			
	Poč.plat. skup. 1	Poč.plat. skup. 2	Sm.odch. skup. 1	Sm.odch. skup. 2
smažené tuk g/100 g vz. vs. nesmažené	60	6	1,629532	0,245456

Skup. 1 vs. skup. 2	T-test pro nezávislé vzorky (Venclová výsledky pro statistiku) Pozn.: Proměnné byly brány jako nezávislé vzorky	
	F-poměr Rozptyly	p Rozptyly
smažené tuk g/100 g vz. vs. nesmažené	44,07354	0,000470

V následujících grafech 23., 24. a 25. je znázorněn výsledný obsah tuku na 100 g sušiny v rybích prstech. Graf 23. představuje obsah tuku ve 100 g sušiny při použití různých druhů olejů. Nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl v druhu použitého oleje ( $p > 0,05$ ). V grafu 24. je vidět větší rozdíl v obsahu tuku ve vzorku z druhého fritování. Že se jednalo o statisticky významný rozdíl dokazuje i tab. 22.

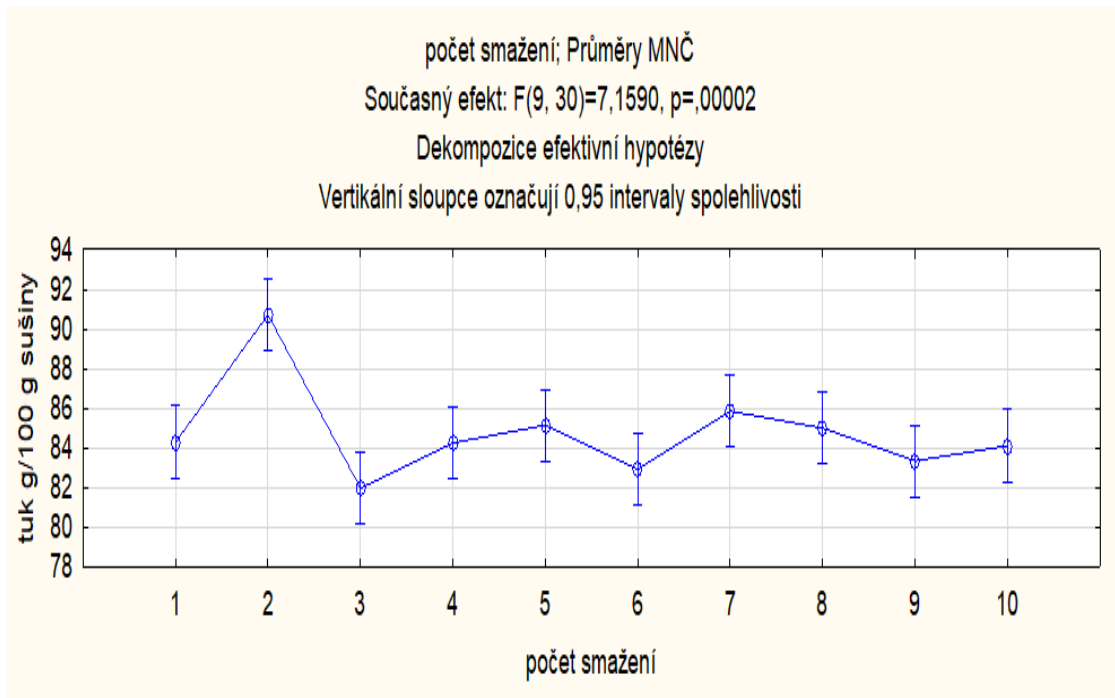
V grafu 25. jsou zaznamenány jednotlivé druhy olejů, počty fritování a obsah tuku na 100 g sušiny. Je zřejmé, že kromě významného rozdílu při fritování druhého vzorku v řepkovém oleji nebyly zřejmé žádné velké rozdíly v obsahu tuku v druhu použitého oleje. Graf 26. znázorňuje rozdíly mezi vzorky fritovanými a původními. Nefritované rybí prsty vykazovaly více tuku ve 100 g sušiny oproti fritovaným. Tab. 23 dokazuje, že se nejednalo o statisticky významné rozdíly mezi vzorky fritovanými a původními.

Graf 23. Druh použitého oleje a obsah tuku ve 100 g sušiny rybích prstů

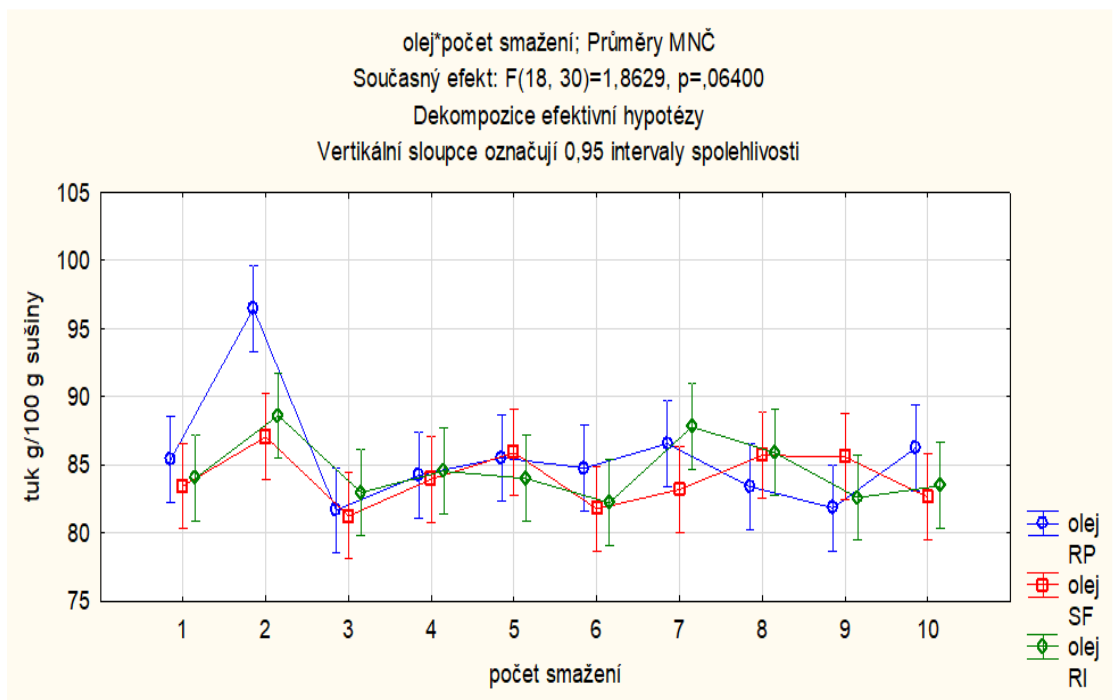




Graf 24. Obsah tuku ve 100 g sušiny rybích prstů



Graf 25. Interakce počtu smažení, druhu použitého oleje a obsahu tuku ve 100 g sušiny rybích prstů

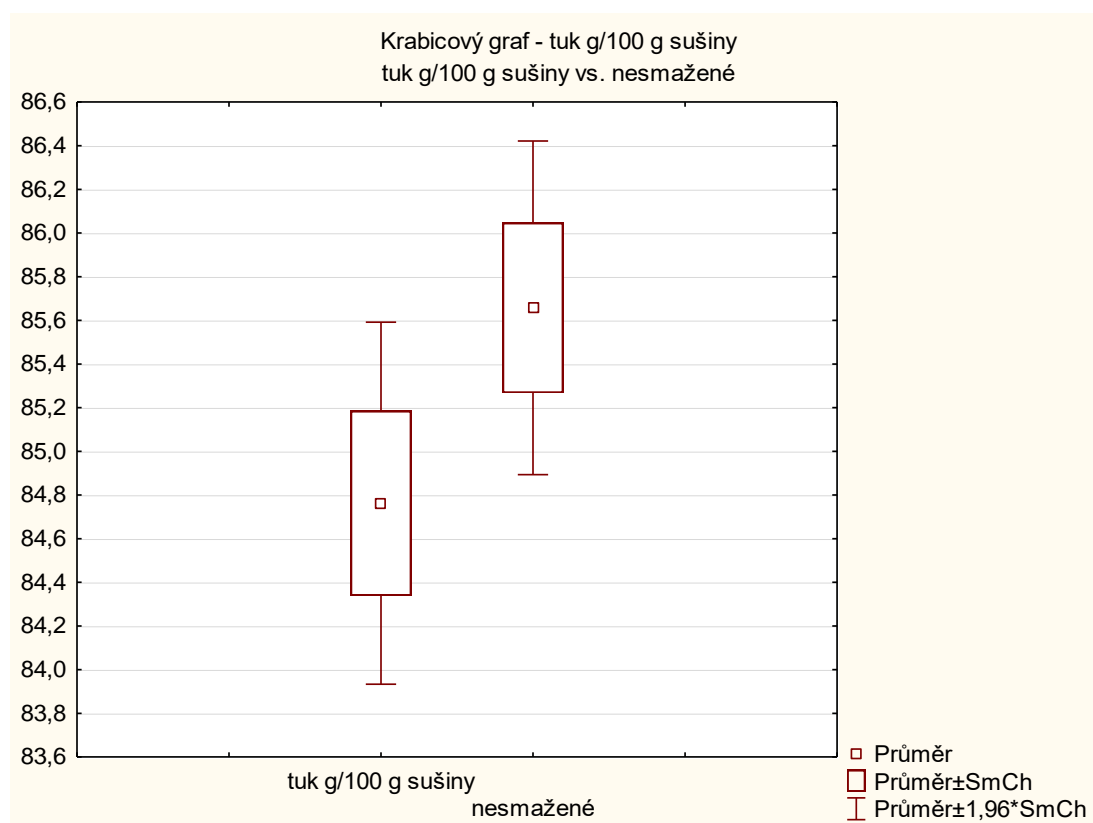


Tab. 22: Scheffeho test – statisticky významné rozdíly v jednotlivých fritování

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná tuk g/100 g sušiny (Venclová výsledky pro statistiku) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 4,7553, sv = 30,000						
	počet smažení	1 84,299	2 90,727	3 81,969	4 84,251	5 85,144	6 82,924
1	1		0,013675	0,935372	1,000000	0,999970	0,998368
2	2	0,013675		0,000214	0,012628	0,052546	0,001228
3	3	0,935372	0,000214		0,942832	0,698109	0,999916
4	4	1,000000	0,012628	0,942832		0,999952	0,998761
5	5	0,999970	0,052546	0,698109	0,999952		0,951552
6	6	0,998368	0,001228	0,999916	0,998761	0,951552	
7	7	0,995882	0,141291	0,421735	0,994843	0,999994	0,786450
8	8	0,999994	0,042460	0,749502	0,999989	1,000000	0,967885
9	9	0,999915	0,002609	0,998379	0,999945	0,987822	1,000000
10	10	1,000000	0,009950	0,961412	1,000000	0,999836	0,999495

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná tuk g/100 g sušiny (Venclová výsledky pro statistiku) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 4,7553, sv = 30,000			
	7 85,851	8 85,004	9 83,343	10 84,110
1	0,995882	0,999994	0,999915	1,000000
2	0,141291	0,042460	0,002609	0,009950
3	0,421735	0,749502	0,998379	0,961412
4	0,994843	0,999989	0,999945	1,000000
5	0,999994	1,000000	0,987822	0,999836
6	0,786450	0,967885	1,000000	0,999495
7		0,999970	0,901723	0,990458
8	0,999970		0,993191	0,999952
9	0,901723	0,993191		0,999987

Graf 26. Rozdíl v obsahu tuku ve 100 g sušiny rybích prstů



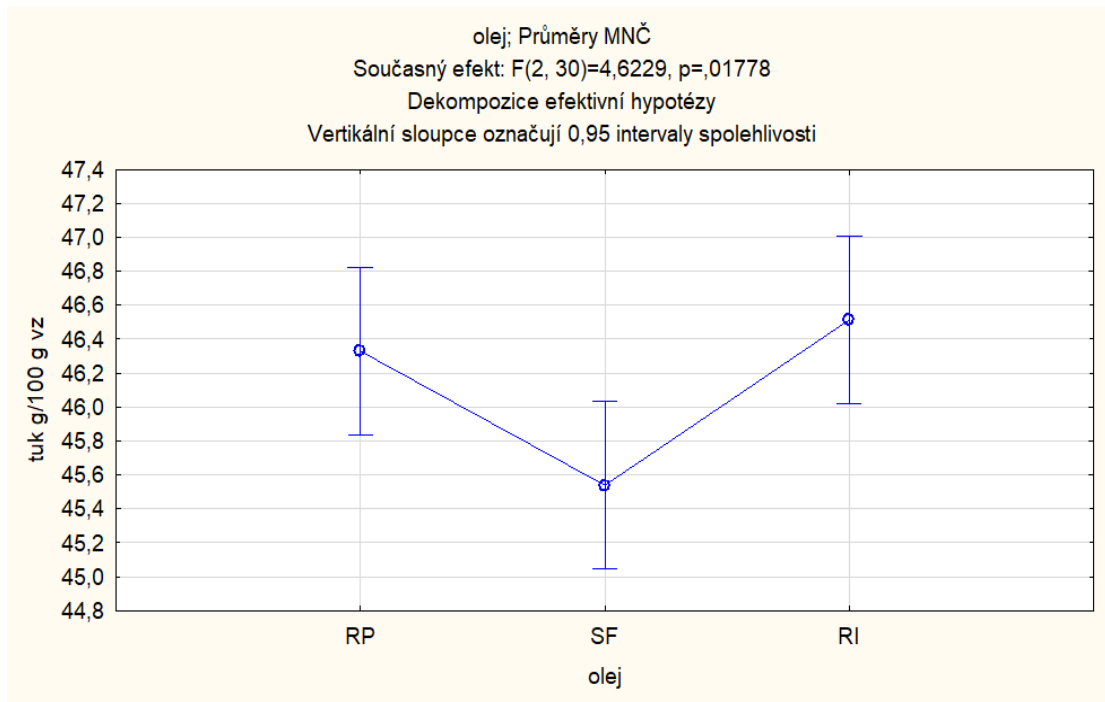
Tab. 23: T-test – výpočet p-hodnoty

Skup. 1 vs. skup. 2	T-test pro nezávislé vzorky (Venclová výsledky pro statistiku) Pozn.: Proměnné byly brány jako nezávislé vzorky					
	Průměr skup. 1	Průměr skup. 2	Hodnota t	sv	p	Poč.plat. skup. 1
tuk g/100 g sušiny vs. nesmažené	84,76231	85,65747	-0,662126	64	0,510268	60

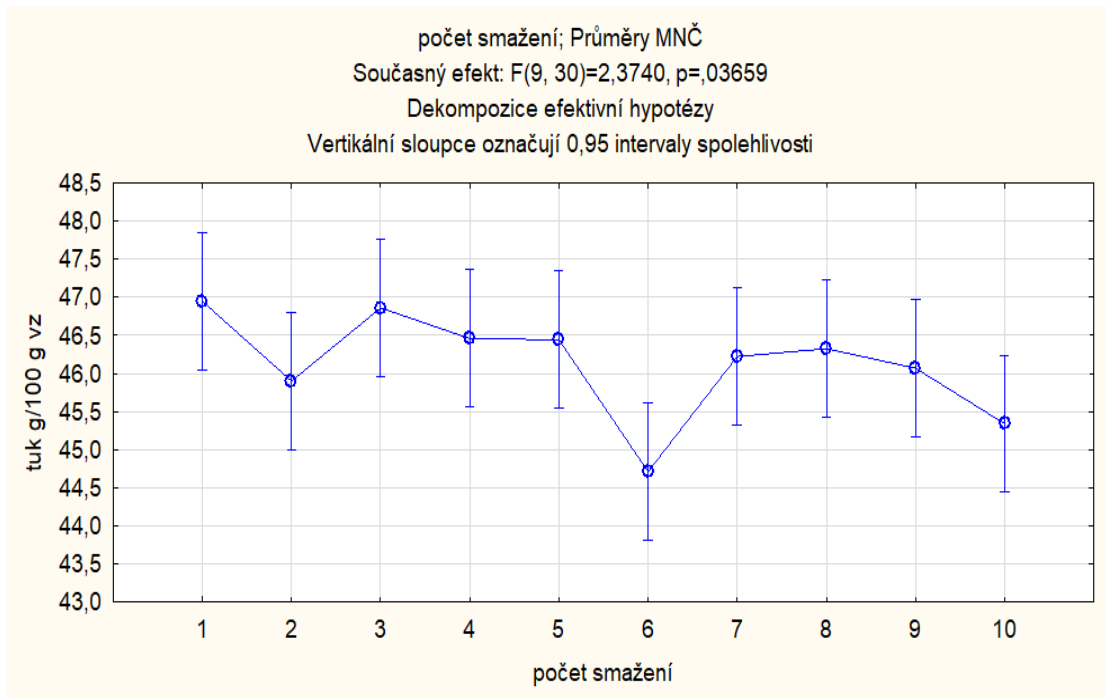
Skup. 1 vs. skup. 2	T-test pro nezávislé vzorky (Venclová výsledky pro statistiku) Pozn.: Proměnné byly brány jako nezávislé vzorky				
	Poč.plat. skup. 2	Sm.odch. skup. 1	Sm.odch. skup. 2	F-poměr Rozptyly	p Rozptyly
tuk g/100 g sušiny vs. nesmažené	6	3,276798	0,954955	11,77426	0,011304

Při fritování bramborových krotek a následném stanovení obsahu tuku ve 100 g vzorku byl prokázán statisticky významný rozdíl pouze při fritování v rozdílném druhu oleji, tab. 24, a to při fritování ve slunečnicovém a rýžovém oleji. Jak ukazuje graf 27., tak bramborové krokety připravované ve slunečnicovém oleji prokázaly menší obsah tuku ve 100 g vzorku. V grafu 28. je zřejmý pokles v obsahu tuku u šestého fritování, detailnější graf 29. znázorňuje interakci mezi druhem použitého oleje, obsahu tuku ve 100 g vzorku a jednotlivým fritováním.

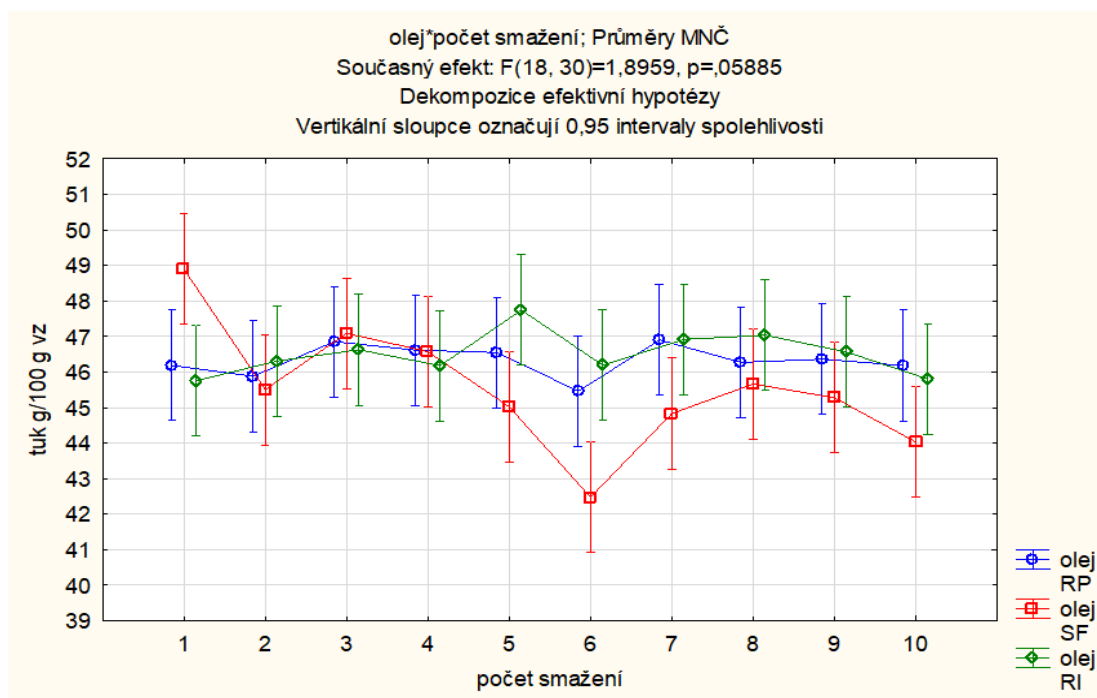
Graf 27. Druh použitého oleje a obsah tuku ve 100 g vzorku bramborových krocket



Graf 28. Obsah tuku ve 100 g vzorku bramborových krocket



Graf 29. Jednotlivé smažení a druh použitého oleje a obsah tuku ve 100 g vzorku bramborových krocket

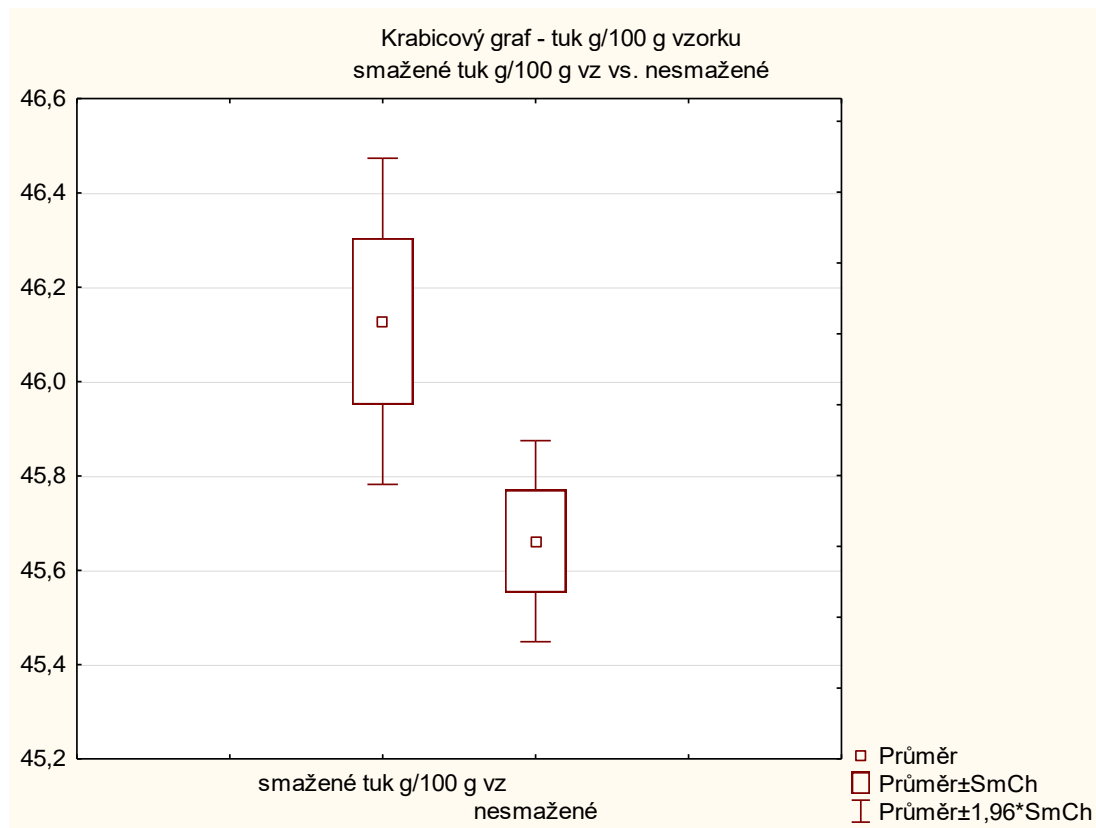


Tab. 24: Scheffeho test – statisticky významné rozdíly mezi druhy olejů

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná tuk g/100 g vz (Venclová výsledky pro statistiku) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 1,1629, sv = 30,000			
	olej	1	2	3
1	RP		0,084101	0,864091
2	SF	0,084101		0,026750
3	RI	0,864091	0,026750	

U bramborových krocket byl prokázán obsah tuku (g) ve 100 g vzorku menší u nefritovaných vzorků v porovnání se vzorky fritovanými, viz graf 30., nicméně grafy se částečně překrývají, a proto se nejednalo statisticky významný rozdíl, což dokazuje tab. 25.

Graf 30. Rozdíl v obsahu tuku ve 100 g vzorku bramborových krocket fritovaných a původních



Tab. 25: T-test – výpočet p-hodnoty

Skup. 1 vs. skup. 2	T-test pro nezávislé vzorky (Venclová výsledky pro statistiku) Pozn.: Proměnné byly brány jako nezávislé vzorky				
	Průměr skup. 1	Průměr skup. 2	Hodnota t	sv	p
smažené tuk g/100 g vz. vs. nesmažené	46,12772	45,66166	0,828275	64	0,410593

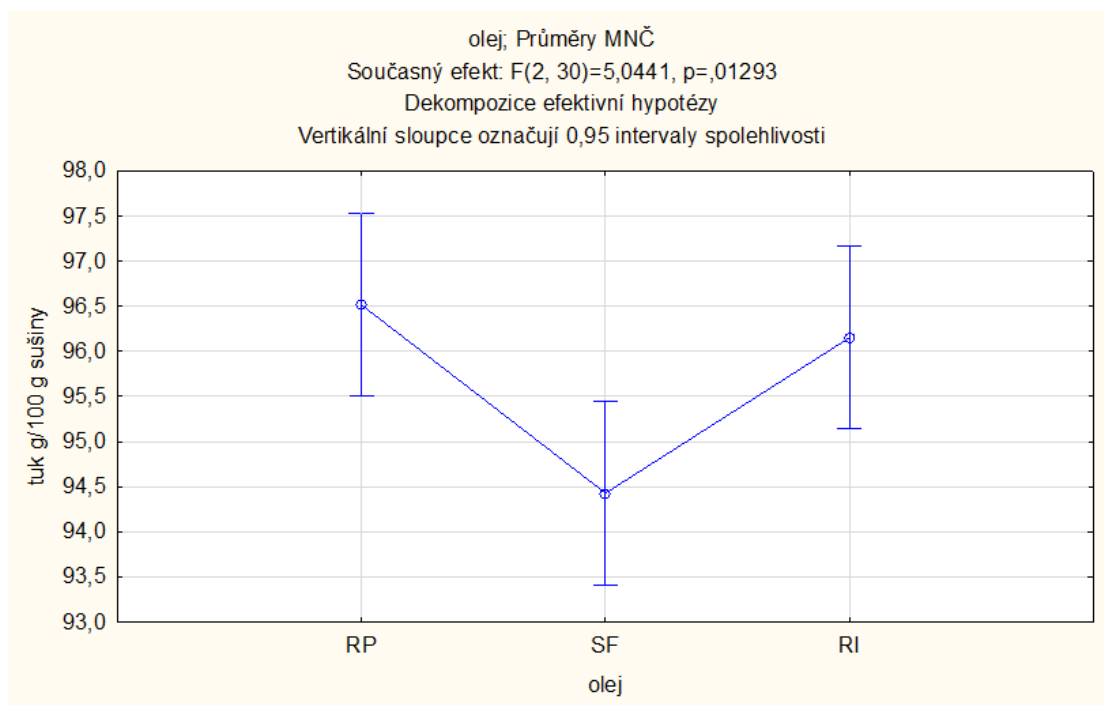
Skup. 1 vs. skup. 2	T-test pro nezávislé vzorky (Venclová výsledky pro statistiku) Pozn.: Proměnné byly brány jako nezávislé vzorky			
	Poč.plat. skup. 1	Poč.plat. skup. 2	Sm.odch. skup. 1	Sm.odch. skup. 2
smažené tuk g/100 g vz. vs. nesmažené	60	6	1,366517	0,266456

Skup. 1 vs. skup. 2	T-test pro nezávislé vzorky (Venclová výsledky pro statistiku) Pozn.: Proměnné byly brány jako nezávislé vzorky	
	F-poměr Rozptyly	p Rozptyly
smažené tuk g/100 g vz. vs. nesmažené	26,30151	0,001658

Graf 31. znázorňuje obsah tuku ve 100 g sušiny a vliv druhu použitého oleje. Viditelný byl velký rozdíl při použití slunečnicového oleje, kdy obsah tuku na 100 g sušiny byl výrazně nižší oproti řepkovému či slunečnicovému oleji. Že se jednalo o statisticky významný rozdíl potvrzuje Scheffeho test, viz tab. 26.

Obsah tuku na 100 g sušiny byl mírně kolísavý, viz graf 32., nicméně žádné významné rozdíly se nepotvrdily. Z grafu 33. můžeme vyčíst, že bramborové krokety fritované ve slunečnicovém oleji měly menší obsah tuku na 100 g sušiny, ale o statisticky významné rozdíly se nejednalo ( $p > 0,05$ ).

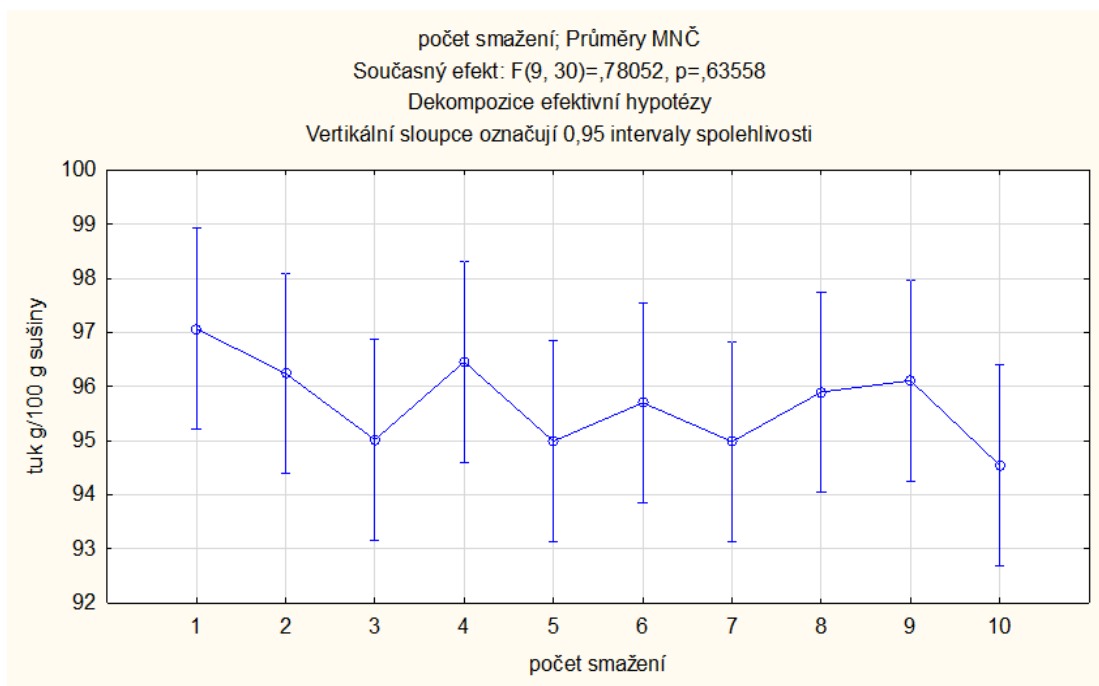
Graf 31. Druh oleje a obsah tuku ve 100 g sušiny bramborových kreků



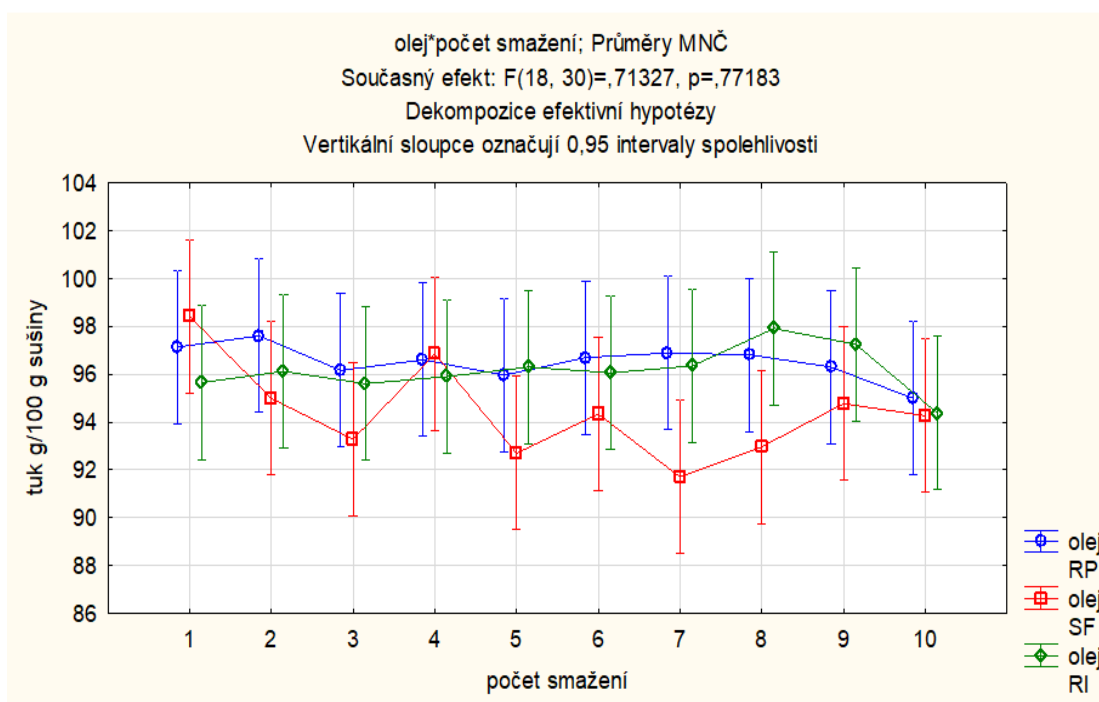
Tab. 26: Scheffeho test – statisticky významný rozdíl mezi druhy použitého oleje

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná tuk g/100 g sušiny (Venclová výsledky pro statistiku) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 4,9290, sv = 30,000			
	olej	1	2	3
		96,516	94,429	96,153
1	RP		0,020795	0,874911
2	SF	0,020795		0,064211
3	RI	0,874911	0,064211	

Graf 32. Obsahu tuku ve 100 g sušiny bramborových krocket



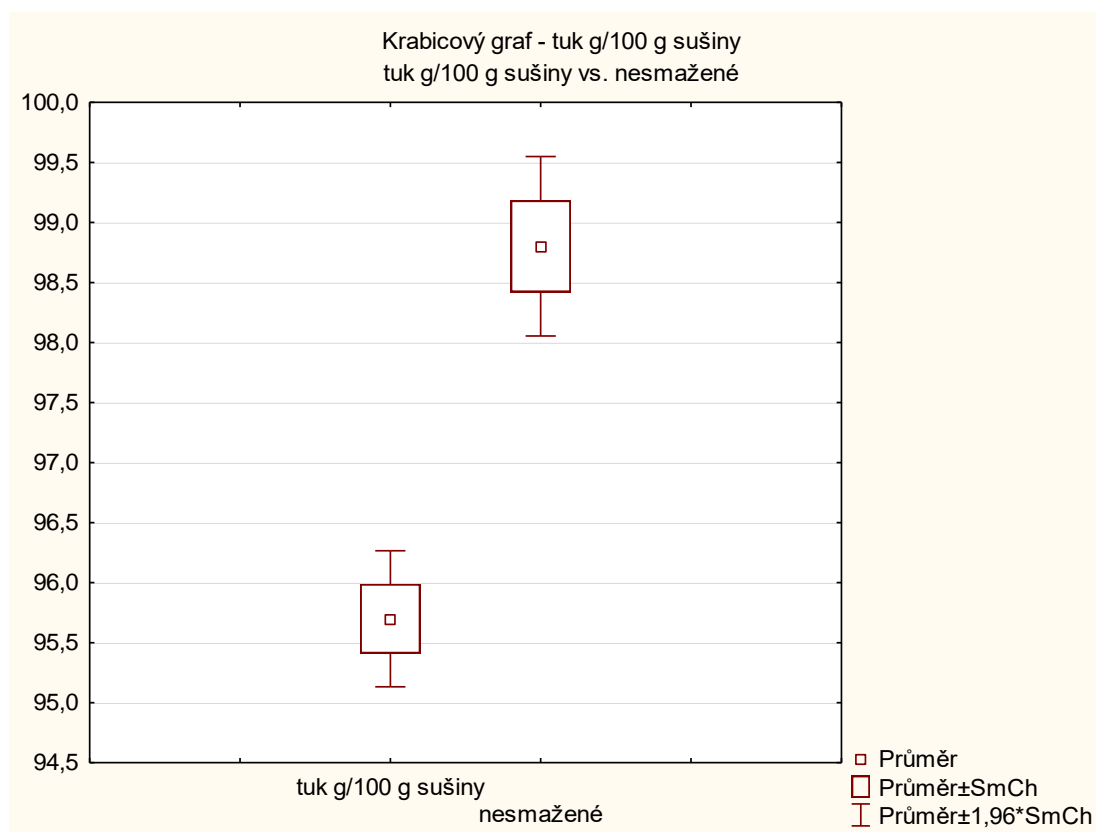
Graf 33. Zobrazení druhů olejů a počtů fritování a obsahu tuku ve 100 g sušiny bramborových krocket





V grafu 34. je znázorněn krabicový graf a rozdíly mezi vzorky fritovanými a původními. Nefritované bramborové krokety vykazovaly více tuku ve 100 g sušiny oproti vzorkům fritovaným. Že se jednalo o statisticky významný rozdíl dokazuje tab. 27.

Graf 34. Rozdíl v obsahu tuku ve 100 g sušiny u fritovaných a původních bramborových kroket



Tab. 27: T-test – statisticky významný rozdíl

Skup. 1 vs. skup. 2	T-test pro nezávislé vzorky (Venclová výsledky pro statistiku) Pozn.: Proměnné byly brány jako nezávislé vzorky				
	Průměr skup. 1	Průměr skup. 2	Hodnota t	sv	p
tuk g/100 g sušiny vs. nesmažené	95,69939	98,80144	-3,34698	64	0,001371

Skup. 1 vs. skup. 2	T-test pro nezávislé vzorky (Venclová výsledky pro statistiku) Pozn.: Proměnné byly brány jako nezávislé vzorky			
	Poč.plat. skup. 2	Sm.odch. skup. 1	Sm.odch. skup. 2	F-poměr Rozptyly
tuk g/100 g sušiny vs. nesmažené	6	2,237970	0,934587	5,734145

## 6 Diskuze

Tématem této diplomové práce bylo stanovení obsahu tuku ve dvou, v České republice, často smažených pokrmech, a to v rybích prstech a v bramborových krocketách. Konkrétně těmto druhům pokrmů se doposud nevěnovalo příliš mnoho výzkumů, a proto jsou výsledky a měření diplomové práce srovnávány s pokrmy podobnými, a to jak složením, tak tvarem a velikostí. Např. bramborové krockety v podobě, jaké je známe, se ve světě téměř nekonzumují. Soto-Jover et al. (2016) ve své studii definuje krockety jako směs masa, zeleniny nebo ryb spolu s moukou a mlékem, které jsou dále naporcovány, obaleny v těstíčku a fritovány. Brambory navrhuje k těmto krocketám pouze jako další přísadu.

Andrés et al. (2013) ve své studii uvádí, že na finální obsah tuku má vliv jednak počáteční obsah tuku, ale také způsob přípravy pokrmu. V jeho studii bylo porovnáváno smažení ve vysoké vrstvě oleje s přípravou pokrmů v horkovzdušné fritéze. Diplomová práce pracovala se vzorky před smažených rybích prstů a bramborových krocket. Z oficiálních internetových stránek distributora vyplývá, že obě potraviny mají rozdílný obsah tuků. Distributor uvádí vyšší obsah tuku u před smažených rybích prstů oproti bramborovým krocketám. V této diplomové práci byly zjištěny opačné výsledky – bramborové krockety obsahovaly více tuku. Je možné, že při konečném fritování se změnil obsah tuku dle nasákavosti. Také je možné, že při jiném způsobu přípravy (např. v již zmíněné horkovzdušné fritéze) by konečný obsah tuku byl jiný.

V diplomové práci bylo pracováno konkrétně se vzorky před smažených rybích prstů, u nichž byl naměřen průměrný obsah tuku 33,03 % ve 100 g vzorku. Při fritování v řepkovém oleji byl naměřen průměrný obsah tuku 33,45 %, ve slunečnicovém oleji 33,73 % tuku a v rýžovém oleji 32 %. U řepkového oleje byl naměřen nárůst obsahu tuku u fritování před smaženého vzorku o 0,42 %. Stejně tak byl naměřen nárůst u fritování ve slunečnicovém oleji, a to o 0,70 %. U měření při fritování v rýžovém oleji byl zjištěn pokles hodnot obsahu oleje, a to o 1,03 %. Podobná studie zabývající se srovnáním obsahu tuku v před smaženém vzorku a následně ve fritovaném vzorku byla provedena v roce 2009 (Chen et al. 2009). Sledovanou potravinou byly rybí kousky, které byly stejně jako u této diplomové práce smaženy při 180 °C, ale byly smaženy v palmovém oleji. Chen et al. (2009) konkrétně zkoumal obsah tuku v krustě – ta byla připravena z pšeničné a kukuřičné mouky v poměru 1:1 a pevná část v poměru ku vodě 1:0,85. Výsledkem studie bylo, že v před smažené krustě rybích kousků bylo průměrně 10,06 % tuku z celkové hmotnosti a po smažení bylo naměřeno 14,79 % tuku z celkové hmotnosti. Celkový nárůst obsahu tuku byl u této studie o 4,73 %. Výsledky této studie jsou podobné s výsledky diplomové práce, u obou měření byl zjištěn nárůst obsahu tuku při porovnávání před smaženého vzorku a stejného vzorku po fritování. Ve své studii Chen et al. (2009) došel k vyšším hodnotám, což mohlo být způsobeno tím, že sledovaná byla pouze krusta. Oproti tomu v případě této diplomové práce byl pozorován obsah tuku v celém vzorku smaženého pokrmu. Z rozdílných výsledků obou měření je zřejmé, že krusta v porovnání s celým pokrmem nasákává více tuku. Chen et al. (2009) ve své studii dále prokázal, že existuje statisticky významný rozdíl mezi obsahem tuku v před smažené krustě a v obsahu tuku v krustě po fritování. Tento statisticky významný rozdíl

nebyl v diplomové práci potvrzen. I v tomto případě mohl být nesoulad způsoben měřením obsahu tuku v rozdílných částech pokrmů (krusta oproti celému vzorku).

Vlhkost v před smaženém rybím prstu byla naměřena 53,78 %. Po fritování prvního vzorku ve slunečnicovém oleji byl obsah vlhkosti 61,99 %. V desátém vzorku byla naměřena vlhkost 61,28 %. Pérez-Camino et al. (1991) ve své studii zkoumal obsah vlhkosti v jiném rybím vzorku (tresky v těstíčku) a došel k následujícím výsledkům: v před smaženém vzorku byla vlhkost 58,20 %, po prvním smažení došlo k poklesu vlhkosti na 41,50 % a i po fritování v již použitém slunečnicovém oleji došlo k poklesu vlhkosti (na 42 %). Naměřené obsahy vlhkostí souhlasí v původním nesmaženém vzorku, nicméně při dalším hodnocení se zjištěné hodnoty rozcházejí. Důvodem mohou být rozdílné vzorky fritovaných ryb a složení jejich krust.

Následně byl porovnáván obsah tuku v před smažených bramborových kroketách a obsah tuku po jejich fritování při 170 °C po dobu 5 minut. Průměrný obsah tuku v před smaženém vzorku byl 45,66 g na 100 g hmotnosti (hodnoty se pohybovaly v rozmezí od 44,04 % do 48,89 %). Pro účely této diplomové práce se tedy pracovalo s hodnotou 45,66 %.

Diplomovou prací byl při fritování těchto bramborových krotek v řepkovém oleji naměřen průměrný obsah tuku 46,33 %, ve slunečnicovém oleji 45,54 % a v rýžovém oleji 46,51 %. U řepkového oleje byl tedy zjištěn nárůst obsahu tuku u fritování před smaženého vzorku, a to o 0,67 %. Nárůst byl potvrzen také při fritování v rýžovém oleji, a to o 0,85 %. K poklesu obsahu tuku došlo pouze při fritování ve slunečnicovém oleji, konkrétně o 0,12 %.

Kita et al. (2005) provedli studii zkoumající množství absorbovaného oleje při fritování před smažených hranolek v řepkovém oleji. Před fritováním byl naměřen obsah tuku v hranolkách 4 %. Po fritování v řepkovém oleji došlo k nárůstu o 6 %, tedy na 10 %. V této diplomové práci byl naměřen podstatně menší nárůst obsahu tuku v řepkovém oleji. To mohlo být zapříčiněno rozdílným testovaným vzorkem (hranolky oproti krotekám).

Ve studii Kita et al. (2007) byly pozorovány hodnoty absorbovaného oleje při fritování bramborových lupínků, a to při použití různých druhů olejů (porovnáváno bylo fritování v řepkovém oleji, slunečnicovém oleji a olivovém oleji). Oproti této diplomové práci byly sledovány hodnoty obsahů tuků při fritování čerstvých bramborových lupínků. Rozsáhlou studií se došlo k výsledku, že při smažicí teplotě 170 °C absorbuje bramborový lupínek nejmenší množství oleje při fritování v řepkovém oleji (36,40 %). Vyšší hodnota byla naměřena při fritování v olivovém oleji (38,28 %) a nejvyšší pak při fritování ve slunečnicovém oleji (41,14 %). Dle této studie je řepkový olej pro smažení bramborových lupínků nejvhodnější. V porovnání s výsledky této diplomové práce se tato studie neshoduje. Nejméně tuku absorbovaly bramborové kroteky fritované ve slunečnicovém oleji. Neshody mohou být vysvětleny tak, že se jednalo o jiný druh vzorku, ale také fakt, že ve studii byly sledovány čerstvé vzorky (bramborové kroteky byly před smažené). Dále tyto odlišné výsledky mohly být způsobeny odlehklými hodnotami některých vzorků.

V diplomové práci byl též měřen obsah sušiny a vlhkosti před fritováním a poté po každém jednotlivém fritování. U před smažených bramborových krotek byl naměřen obsah vlhkosti 53,78 %. Z toho vyplývá, že obsah sušiny byl 46,22 %. Romero et al. (2007) stanovil ve své studii v před smažených bramborových hranolkách obsah vlhkosti 70 % (obsah sušiny

byl tedy 30 %). Tento rozdíl zapříčinil pravděpodobně rozdíl v druhu použitého vzorku. Po desátém smažení krocket ve slunečnicovém oleji byl obsah vlhkosti naměřen 51,46 % (sušina 48,54 %). Romero et al. (2007) po šestnáctém smažení naměřil hodnoty 35,70 % vlhkosti (sušina 64,30 %) a po dvacátém smažení 32,40 % vlhkosti (sušina 67,60 %). I přesto, že výsledné hodnoty vlhkosti a sušiny nejsou z důvodu rozdílných sledovaných vzorků srovnatelné, je zřejmý vzrůstající obsah sušiny s počtem opakování fritování.

Při podrobnějším zaměření a při zkoumání vlivu počtu fritování bylo diplomovou prací zjištěno, že nejnižší a zároveň nejvyšší obsah tuku vykazovaly bramborové krockety smažené ve slunečnicovém oleji. Tento velký rozptyl hodnot mohl být způsoben odlehlými hodnotami, dále také druhem oleje. Brát (2014) uvádí, že slunečnicový olej nemá dobrou tepelnou stabilitu pro dlouhodobé fritování. Alternativou mohou být speciální oleje slunečnicové oleje s vysokým obsahem olejové kyseliny.

Rostlinné oleje, které byly použity v této diplomové práci se liší složením mastných kyselin a jejich zastoupením, kdy nenasycené mastné kyseliny převládají nad nasycenými. Poměr těchto kyselin ovlivňuje výživovou hodnotu a tepelnou stabilitu.

Řepkový olej z hlediska složení obsahuje přibližně 28 % olejové kyseliny, linolovou kyselinu v rozmezí od 11 % do 23 % a linolenovou kyselinu v rozmezí od 5 % do 13 %. Řepkový olej obsahuje ideální poměr esenciálních mastných kyselin omega-6 (linolová kyselina) a omega-3 (linolenová kyselina) (Wu et al. 2019). Oproti tomu Codex Alimentarius (1999) uvádí rozdílné množství olejové kyseliny, a to v rozmezí od 51 % do 70 %. Brát (2017) ve své publikaci uvádí, že obsah olejové kyseliny je okolo 60 %. Řepkový olej má neutrální chuť, která dále neovlivňuje smažené potraviny. Bod zakouření tohoto oleje je okolo 200 °C (Maszewska et al. 2006). Během testování hodnot byly diplomovou prací naměřeny u řepkového oleje podobné výsledky jako u slunečnicového oleje. Slunečnicový olej také vykazuje vysoký bod zakouření, okolo 200 °C. Konkrétní hodnoty bodu zakouření jsou závislé na úpravě oleje, např. zda je olej rafinovaný či nerafinovaný (Shah et al. 2018).

Slunečnicový olej obsahuje velké množství linolové kyseliny, a to v rozmezí od 48 % do 74 %, olejová kyselina je zastoupena v menším rozsahu, a to od 14 % do 39 % (Gotor & Rhazi 2016). Díky vyššímu obsahu polyenových mastných kyselin má tento olej menší oxidační stabilitu v porovnání s oleji, kde převažují monoenoové mastné kyseliny (Smith et al. 2007). Rybí prsty fritované v tomto oleji obsahovaly nejvíce tuku na 100 g vzorku. Oproti tomu u bramborových krocket bylo nejméně absorbovaného tuku naměřeno ve 100 g vzorku. Statisticky významný byl prokázán rozdíl v použití slunečnicového a rýžového oleje u bramborových krocket. Na obsah tuku má vliv druh pokrmu, jeho složení a povrch. Dále tento rozdíl mohl být způsoben odlehlými hodnotami – u rybích prstů byl naměřen nárůst v obsahu tuku ve 100 g vzorku u některých vzorků oproti vzorkům fritovaným v jiných druzích olejů. U bramborových krocket byl naopak zjištěn pokles v obsahu tuku u konkrétního vzorku. Tyto odlehlé hodnoty mohly ovlivnit celkové výsledky.

Rýžový olej je vyráběn z klíčků či otrub, nejčastěji lisováním za studena (Brát 2017). V posledních letech se, díky jeho složení, čím dál více dostává do povědomí široké veřejnosti. Obsahuje tokoferoly, tokotrienoly či  $\gamma$ -oryzanol. Dále obsahuje nenasycené mastné kyseliny – 38,4 % olejové kyseliny, 34,4 % linolové kyseliny a 2,2 % linolenové kyseliny, z nasycených mastných kyselin obsahuje stearovou a palmitovou kyselinu (Sohail et al. 2017).

Nayik et al. (2015) uvádí, že olej z rýžových otrub má vysoký bod zakouření, a proto je vhodný ke smažení na pánvi či na fritování. V této diplomové práci bylo prokázáno méně absorbovaného tuku ve 100 g rybích prstů fritovaných právě v tomto oleji v porovnání s ostatními oleji. U bramborových kroket se toto nepotvrdilo. Moreno & Bouchon (2013) ve své studii uvádějí, že na absorpci tuku může mít vliv drsnost či pórovitost, nicméně záleží na složení povrchu smaženého pokrmu a také na celkovém složení smažené potraviny.

Rostlinné oleje s vysokým obsahem linolové kyseliny dávají pokrmu oblíbenou smaženou vůni a chuť. Tyto oleje nemají dlouhou životnost, a proto se převážně využívají tuky stabilnější při záhřevu – částečně ztužené (hydrogenované) tuky. Takovéto oleje jsou často využívány v restauracích, kde se olej neochlazuje a fritování probíhá nepřetržitě. Ideální vlastnosti má olivový olej, který je však velmi drahý. V domácnostech se proto využívají speciálně vyšlechtěné odrůdy sójového, slunečnicového či řepkového oleje s vysokým obsahem olejové kyseliny (Pokorný & Parkányiová 2001).

Společnost pro výživu v roce 2012 uvedla „Výživová doporučení pro obyvatelstvo České republiky“. Tato doporučení uvádí, že celkový příjem tuku by neměl přesahovat 30 % celkového energetického příjmu (u dospělého lehce pracujícího člověka, tzn. cca 70 g na den), přičemž příjem nasycených mastných kyselin by měl být nižší než 10 %, monoenoových kyselin vyšší než 10 % a polyenoových kyselin v rozmezí od 7 % do 10 % z celkového energetického příjmu. Doporučovaný poměr mastných kyselin omega-6:omega-3 je 5:1. *Trans* nenasycené mastné kyseliny by neměly překročit 1 % z celkového energetického příjmu. Z diplomové práce vyplývá, že při konzumaci běžné porce smažených rybích prstů (150 g) se při fritování v řepkovém oleji nasáкло 50,18 g tuku, při fritování ve slunečnicovém oleji 50,60 g tuku a při fritování v rýžovém oleji 48 g tuku. Při fritování bramborových kroket, které jsou konzumovány jako příloha (200 g) se při fritování v řepkovém oleji absorbovalo 92,66 g tuku, ve slunečnicovém oleji 91,08 g tuku a v rýžovém 93,02 g tuku.

Jestliže optimální denní příjem tuku u dospělého člověka je 30 %, tedy přibližně 70 g, tak rybí prsty splňují přibližně 71,5 % celkového energetického příjmu. Je na místě toto doporučené množství zohlednit a vyvarovat se dalším případným smaženým pokrmům, aby nedošlo k nadměrnému příjmu. Z výsledků získaných při fritování bramborových kroket je zřejmé, že celkový denní příjem byl překročen. Po vyjmutí z fritézy je možné částečně snížit obsah přebytečného tuku jeho nasáknutím do ubrousku. Dalším řešením by bylo zmenšit porci, případně zvolit alternativní způsob přípravy, či nahradit bramborové krokety nahradit jinou přílohou.

Co se týče složení mastných kyselin, tak řepkový olej obsahuje omega-6 a omega-3, dále velké procento zastoupení monoenoových mastných kyselin, a to v porovnání s olejem slunečnicovým. Kvůli vysokému obsahu omega-6 a minimálnímu zastoupení omega-3 u slunečnicového oleje je doporučováno tento olej střídat s jinými druhy olejů (Brát 2017). Jak již bylo zmíněno, rýžový olej obsahuje velké množství olejové kyseliny. Nevýhodou však je, že obsahuje také poměrně velké množství nenasycených kyselin, a to palmitovou kyselinu (21 %). Dle mého názoru optimální se jeví řepkový olej, a to díky zastoupení omega-6 a omega-3 mastných kyselin. Slunečnicový olej obsahuje velké množství linolové kyseliny, která sice pokrmu dává kýženu chuť a vůni, ale při záhřevu je nestabilní. Rýžový olej

obsahuje velké množství nasycených mastných kyselin, díky čemuž je olej stabilní při záhřevu, nicméně příjem nasycených mastných kyselin by měl být pouze do 10 %.

Při statistickém šetření byly testovány rozdíly u rybích prstů a bramborových krocket. Vzorky obou potravin byly fritovány v oleji, jehož teplota byla po celou dobu konstantní. Nejprve bylo pozorováno, jak je ovlivněn obsah sušiny ve 100 g vzorku rybích prstů v závislosti na druhu použitého oleje. V tomto případě nebyl prokázán statisticky významný rozdíl. Dále bylo hodnoceno, zda mezi fritováním jednotlivých vzorků (1. až 10.) existuje statisticky významný rozdíl, nicméně ten ani zde nebyl prokázán. Posuzován byl také rozdíl v obsahu sušiny ve 100 g vzorku u rybích prstů fritovaných a původních. Rozdíl nebyl statisticky významný.

Statisticky významný rozdíl byl prokázán při testování množství popele ve 100 g sušiny rybích prstů v závislosti na druhu použitého oleje. Konkrétně největší rozdíly byly ve vzorcích fritovaných v rýžovém a řepkovém oleji a také mezi rýžovým a slunečnicovým olejem. Zároveň byl zjištěn statisticky významný rozdíl v obsahu popele ve 100 g vzorku v závislosti na druhu použitého oleje. Opět bylo prokázáno nejméně popele ve 100 g vzorku při fritování v rýžovém oleji.

Bramborové krockety neprokázaly statisticky významný rozdíl v obsahu sušiny ve 100 g vzorku při použití různých druhů olejů ani mezi jednotlivými vzorky. Byl ale prokázán statisticky významný rozdíl mezi vzorky fritovanými a původními. Vysvětlením je, že při finálním fritování se olej nasákne do celé potraviny a během sušení se vypaří pouze voda, nasáknutý tuk nikoli.

Dále byl také prokázán statisticky významný rozdíl v obsahu popele ve 100 g sušiny a obsahu popele ve 100 g vzorku, konkrétně při použití řepkového a slunečnicového oleje. Při stanovování obsahu popele ve 100 g sušiny a ve 100 g vzorku při jednotlivých fritování nebyly zaznamenány statisticky významné rozdíly. Statisticky významné rozdíly nebyly prokázány ani u obsahů popele mezi vzorky fritovanými a původními ( $p > 0,05$ ).

Při testování obsahu tuku ve 100 g vzorku rybích prstů byl prokázán statisticky významný rozdíl, a to mezi rýžovým a řepkovým olejem a také mezi rýžovým a slunečnicovým olejem, z čehož vyplývá vhodnost rýžového oleje k fritování (vzorky fritované v tomto oleji nasákly nejméně tuku). Statisticky významný rozdíl vykazalo i fritování jednotlivých vzorků, konkrétně druhý vzorek nasákl více tuku oproti vzorkům ostatním. Příčinou mohlo být nepřesné měření a tato nepřesnost se potvrdila jako statisticky významná oproti ostatním vzorkům při stanovení obsahu tuku ve 100 g sušiny. U rybích prstů před smažených a fritovaných nebyl prokázán statisticky významný rozdíl v obsahu tuku ve 100 g vzorku ani při stanovení obsahu tuku ve 100 g sušiny. To může být vysvětleno tím, že nejvíce oleje nasákává krusta, která představuje menší část z celkového obsahu vzorku a také složení a povrch krusty.

Nejmenší obsah tuku ve 100 g vzorku bramborových krocket byl naměřen ve slunečnicovém oleji. Tento rozdíl byl statisticky významný, a to především mezi slunečnicovým a rýžovým olejem. Zároveň byl statisticky významný rozdíl prokázán také po přepočtu tuku na 100 g sušiny. Jednalo se však o odlišné druhy olejů, a to o řepkový a slunečnicový. Dále byl statisticky významný rozdíl prokázán také v obsahu tuku ve 100 g sušiny mezi vzorky fritovanými a původními.

Sledování rybích prstů a bramborových kroket, jejich fritování ve stejných druzích olejů a následné absorpci a konečnému obsahu tuku se doposud nevěnovalo příliš mnoho studií. Proto by mělo být předmětem dalšího zkoumání, aby se závěry z těchto studií dostaly do povědomí široké veřejnosti, neboť tyto pokrmy jsou u konzumentů stále oblíbené.

## 7 Závěr

První část hypotézy diplomové práce zněla, že rozdíl v obsahu tuku před a po fritování bude statisticky významný. Tato část hypotézy nebyla potvrzena – rozdíly v obsahu tuku ve 100 g vzorku rybích prstů i bramborových kroket nebyly statisticky významné. Statisticky významný rozdíl se potvrdil pouze u bramborových kroket a obsahu tuku ve 100 g sušiny.

Další částí hypotézy bylo, že na absorpci oleje bude mít vliv druh použitého oleje a druh pokrmu. Tato část hypotézy byla v této diplomové práci potvrzena. Při fritování rybích prstů byl potvrzen statisticky významný rozdíl v druhu použitého oleje a množství tuku ve 100 g vzorku. Rozdíly byly významné při porovnání rýžového a slunečnicového, ale také při porovnání rýžového a řepkového oleje, přičemž nejméně tuku absorbovaly vzorky fritované v rýžovém oleji. U bramborových kroket byl taktéž potvrzen statisticky významný rozdíl v druhu použitého oleje a obsahu tuku ve 100 g vzorku, v tomto případě se jednalo pouze o rozdíl mezi slunečnicovým a rýžovým olejem. Nejméně tuku absorbovaly krokety fritované ve slunečnicovém oleji.

Z výsledků této práce bylo zjištěno, že konzumací porce rybích prstů (150 g) přijmeme okolo 50 g tuku, tedy zhruba 71 % celkového energetického příjmu tuků. Konzumací přílohou porce bramborových kroket (200 g) je denní doporučený příjem dokonce převyšován. Z tohoto důvodu je na místě zohlednit druh používaného oleje. Příznivě se jeví řepkový olej, a to z pohledu zastoupení mastných kyselin. Nicméně při dlouhodobém zahřívání je tento olej nestabilní. Oproti tomu rýžový olej, který obsahuje více nasycených mastných kyselin je stabilní při záhřevu, ale při konzumaci v něm fritovaných pokrmů člověk konzumuje velký příjem právě těchto nasycených mastných kyselin.

Konzumací smažených potravin se ale zároveň do organismu dostávají např. antioxidanty, které jsou v těchto olejích běžně obsaženy, proto jejich občasná konzumace v malém množství není pro život ohrožující. Je však na místě si uvědomit, jaký je doporučený denní příjem tuků a nepřekračovat tento příjem.

Pro fritování bych doporučila speciálně šlechtěné odrůdy oleje např. slunečnicového či řepkového se zvýšeným obsahem olejové kyseliny. Tyto oleje jsou stabilní při záhřevu a navíc mají příznivé složení mastných kyselin.

Téma zabývající se příjmem tuků ve smažených pokrmech by nemělo být opomíjeno, ba naopak by se mělo dostat do povědomí široké veřejnosti, která by měla mít při konzumaci tolik oblíbených smažených pokrmů informace o tom, který olej obsahuje vhodné složení mastných kyselin a jaké jsou alternativní způsoby přípravy pokrmů.



## 8 Literatura

Albert S, Mittal GS. 2002. Comparative evaluation of edible coatings to reduce fat uptake in a deep-fried cereal product. *Food Research International* **35**:445–458.

Anděl M, Kohout P, Kopec K, Kunešová M, Matějová H, Reil P, Šimek J. 2012. Výživová doporučení pro obyvatelstvo České republiky. Společnost pro výživu. Available from <http://www.vyzivaspol.cz/vyzivova-doporuceni-pro-obyvatelstvo-ceske-republiky/> (accessed April 9, 2019).

Andrés A, Arguelles Á, Castelló ML, Heredia A. 2013. Mass Transfer and Volume Changes in French Fries During Air Frying. *Food and Bioprocess Technology* **6**:1917–1924.

Andrés A, Arguelles Á, Castelló ML, Heredia A. 2013. Mass Transfer and Volume Changes in French Fries During Air Frying. *Food and Bioprocess Technology* **6**:1917–1924.

Ang JF. 1993. Reduction of fat in fried batter coatings with powdered cellulose. *Journal of the American Oil Chemists' Society* **70**:619–622.

Artz WE, Osidacz PC, Coscione AR. 2005a. Acceleration of the thermoxidation of oil by heme iron. *Journal of the American Oil Chemists' Society* **82**:579–584.

Artz WE, Osidacz PC, Coscione AR. 2005b. Iron accumulation in oil during the deep-fat frying of meat. *JAACS, Journal of the American Oil Chemists' Society* **82**:249–254.

Baik O-D, Mittal GS. 2005. Heat and moisture transfer and shrinkage simulation of deep-fat tofu frying. *Food Research International* **38**:183–191.

Banks D. 1996. Food-Service Frying in Perkins EG and Erickson MD (Eds.) *Deep Frying: Chemistry, Nutrition and Practical Applications*, 245-257. AOCS Press, Champaign.

Bastida S, Sánchez-Muniz FJ. 2001. Thermal Oxidation of Olive Oil, Sunflower Oil and a Mix of Both Oils during Forty Discontinuous Domestic Fryings of Different Foods. *Food Science and Technology International* **7**:15–21.

Blumenthal MM, Stier RF. 1991. Optimization of deep-fat frying operations. *Trends in Food Science and Technology* **2**:144–148.

Blumenthal MM, Stier RF. 1991. Optimization of deep-fat frying operations. *Trends in Food Science and Technology* **2**:144–148.

- Bou R, Navas JA, Tres A, Codony R, Guardiola F. 2012. Quality assessment of frying fats and fried snacks during continuous deep-fat frying at different large-scale producers. *Food Control* **27**:254–267.
- Bouchon P, Aguilera JM. 2001. Microstructural analysis of frying potatoes. *International Journal of Food Science and Technology* **36**:669–676.
- Bouchon P, Aguilera JMM, Pyle DLL. 2003. Structure Oil – Absorption Relationships During Deep-Fat Frying. *Journal of Food Science* **68**:2711–2716.
- Bouchon P, Hollins P, Pearson M, Pyle DL, Tobin MJ. 2001. Oil distribution in fried potatoes monitored by infrared microspectroscopy. *Journal of Food Science* **66**:918–923.
- Bouchon P, Pyle D. 2004. Studying Oil Absorption in. *Journal of Food Science* **69**:115–122.
- Bouchon P. 2009. Chapter 5: Understanding Oil Absorption During Deep-Fat Frying. *Advances in Food and Nutrition Research* **57**:209–234.
- Brát J. 2014. Jak poznáme kvalitu? TUKY a OLEJE. Available from [www.spotrebitelzakvalitou.cz](http://www.spotrebitelzakvalitou.cz). (accessed April 10, 2019).
- Brát J. 2017. Tučná fakta o tučích aneb máme se bát tuků? Available from <http://www.reformulace.cz/images/tucna-fakta-web1.pdf> (accessed March 27, 2019).
- Browner WS, Westenhouse J, Tice JA. 1991. What If Americans Ate Less Fat? A Quantitative Estimate of the Effect on Mortality. *JAMA: The Journal of the American Medical Association* **265**:3285–3291.
- Bunger A, Moyano P, Rioseco V. 2003. NaCl soaking treatment for improving the quality of french-fried potatoes. *Food Research International* **36**:161–166.
- Clark WL, Serbia GW. 1991. Safety aspects of frying fats and oils. *Food technology. USA*.
- Codex Alimentarius. 1999. STANDARD FOR NAMED VEGETABLE OILS. Available from [http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCODEX%252FBSTAN%252B210-1999%252FCXS\\_210e.pdf](http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCODEX%252FBSTAN%252B210-1999%252FCXS_210e.pdf) (accessed April 10, 2019).
- Cuesta C, Sánchez-Muniz FJ, Garrido-Polonio C, López-Varela S, Arroyo R. 1993. Thermoxidative and hydrolytic changes in sunflower oil used in fryings with a fast turnover of fresh oil. *Journal of the American Oil Chemists Society* **70**:1069–1073.

- Dana D, Blumenthal MM, Saguy IS. 2003. The protective role of water injection on oil quality in deep fat frying conditions. *European Food Research and Technology* **217**:104–109.
- Debnath S, Rastogi NK, Gopala Krishna AG, Lokesh BR. 2012. Effect of frying cycles on physical, chemical and heat transfer quality of rice bran oil during deep-fat frying of poori: An Indian traditional fried food. *Food and Bioproducts Processing* **90**:249–256.
- Debnath S, Rastogi NK, Gopala Krishna AG, Lokesh BR. 2012. Effect of frying cycles on physical, chemical and heat transfer quality of rice bran oil during deep-fat frying of poori: An Indian traditional fried food. *Food and Bioproducts Processing* **90**:249–256.
- Dobarganes C, Márquez-Ruiz G, Velasco J. 2000. Interactions between fat and food during deep-frying. *European Journal of Lipid Science and Technology* **102**:521–528.
- Dobraszczyk BJ, Ainsworth P, Ibanoglu S, Bouchon P. 2006. Baking, Extrusion and Frying. Pages 237-290 *Food Processing Handbook*. Wiley-VCH, Weinheim.
- Durakli Velioglu S, Temiz HT, Ercioglu E, Velioglu HM, Topcu A, Boyaci IH. 2017. Use of Raman spectroscopy for determining erucic acid content in canola oil. *Food Chemistry* **221**:87–90.
- Fillion L, Henry CJK. 1998. Nutrient losses and gains during frying: A review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* **49**:157–168.
- Frankel EN, Warner K, Sr KJM. 1985. Effects of Hydrogenation and Additives on Cooking Oil Performance of Soybean Oil. *Journal of the American Oil Chemists Society* **62**:1354–1358.
- Frega N, Mozzon M, Lercker G. 1999. Effects of Free Fatty Acids on Oxidative Stability of Vegetable Oil. *Journal of American Oil Chemists Society* **76**:325–329.
- Gamble MH, Rice P. 1987. Effect of pre-fry drying of oil uptake and distribution in potato crisp manufacture. *International Journal of Food Science & Technology* **22**:535–548.
- Gordon MH, Kouřimská L. 1995. The effects of antioxidants on changes in oils during heating and deep frying. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **68**:347–353.
- Gotor AA, Rhazi L. 2016. Effects of refining process on sunflower oil minor components: a review. OCL (eD207) DOI 10.1051/ocl/2016007.

- Granda C, Moreira RG, Tichy SE. 2004. E: Food Engineering and Physical Properties Reduction of Acrylamide Formation in Potato Chips by Low-temperature Vacuum Frying. *Journal of Food Science* **69**:405–411.
- Granda C, Moreira RG. 2005. Kinetics of acrylamide formation during traditional and vacuum frying of potato chips. *Journal of Food Process Engineering* **28**:478–493.
- Gupta MK. 2005. *Bailey's industrial oil & fat products*, John Wiley & Sons. New Jersey.
- Hamblin P. 1999. Oxidative Stabilisation of Synthetic Fluids and Vegetable Oils. *Journal of Synthetic Lubrication* **16**:157–181.
- Hartel RW, von Elbe JH, Hofberger R. 2017. Fats, Oils and Emulsifiers. Pages 85–124. *Confectionery Science and Technology*. Springer, Cham.
- Chen B, McClements DJ, Decker EA. 2011. Minor components in food oils: A critical review of their roles on lipid oxidation chemistry in bulk oils and emulsions. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **51**:901–916.
- Chen S Der, Chen HH, Chao YC, Lin RS. 2009. Effect of batter formula on qualities of deep-fat and microwave fried fish nuggets. *Journal of Food Engineering* **95**:359–364.
- Choe E, Min DB. 2007. Chemistry of deep-fat frying oils. *Journal of Food Science* **72**:R77-R86.
- Chung J, Lee J, Choe E. 2004. Oxidative Stability of Soybean and Sesame. *Journal of Food Science* **69**:574–578.
- Khaled AY, Aziz SA, Rokhani FZ. 2015. Capacitive sensor probe to assess frying oil degradation. *Information Processing in Agriculture* **2**:142–148.
- Kim I, Choe E. 2003. Effects of red ginseng extract added to dough on the lipid oxidation of frying oil and fried dough during frying and storage. *Food Science and Biotechnology* **12**:67–71.
- Kim I-H, Kim C-J, Kim D-H. 1999. Physicochemical properties of methyl linoleate oxidized at various temperatures. *Korean Journal of Food Science and Technology* **31**:600–605.
- Kita A, Lisińska G, Gołubowska G. 2007. The effects of oils and frying temperatures on the texture and fat content of potato crisps. *Food Chemistry* **102**:1–5.

- Kita A, Lisińska G, Powolny M. 2005. The influence of frying medium degradation on fat uptake and texture of French fries. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **85**:1113–1118.
- Kochhar SP, Gertz C. 2004. New theoretical and practical aspects of the frying process. *European Journal of Lipid Science and Technology* **106**:722–727.
- Kochhar SP. 1998. «Security» in industrial frying processes. *Grasas y Aceites* **49**:296–302.
- Krokida M., Oreopoulou V, Maroulis Z., Marinos-Kouris D. 2001. Effect of osmotic dehydration pretreatment on quality of french fries. *Journal of Food Engineering* **49**:339–345.
- Lalas S, Dourtoglou V. 2003. Use of rosemary extract in preventing oxidation during deep-fat frying of potato chips. *Journal of the American Oil Chemists' Society* **80**:579–583.
- Lawson HW. 1995. *Food oils and fats: technology, utilization and nutrition*. Springer Science & Business Media.
- Lee J, Lee S, Lee H, Park K, Choe E. 2002. Spinach ( *Spinacia oleracea* ) Powder as a Natural Food-Grade Antioxidant in Deep-Fat-Fried Products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **50**:5664–5669.
- Liu H, White PJ. 1992. High-Temperature Stability of Soybean Oils with Altered Fatty Acid Compositions. *Journal of the American Oil Chemists Society* **69**:533–537.
- Mamat H, Aini IN, Said M, Jamaludin R. 2005. Food Chemistry Physicochemical characteristics of palm oil and sunflower oil blends fractionated at different temperatures. *Food Chemistry* **91**:731–736.
- Mariscal M, Bouchon P. 2008. Comparison between atmospheric and vacuum frying of apple slices. *Food Chemistry* **107**:1561–1569.
- Maskan M, Bağci HI. 2003. The recovery of used sunflower seed oil utilized in repeated deep-fat frying process. *European Food Research and Technology* **218**:26–31.
- Maszewska M, Florowska A, Matysiak K, Marciniak-Lukasiak K, Dlużewska E. 2006. The study of palm and rapeseed oil stability during frying. *Journal of Applied Botany and Food Quality* **91**:103–108.
- Mateos HT, Lewandowski PA, Su XQ. 2012. The effect of replacing dietary fish oil with canola oil on fatty acid composition and expression of desaturase and elongase genes in Jade Tiger hybrid abalone. *Food Chemistry* **131**:1217–1222.

- Mazza G, Qi H. 1992. Effect of after-cooking darkening inhibitors on stability of frying oil and quality of french fries. *Journal of the American Oil Chemists Society* **69**:847–853.
- Mba O, Dumont M, Ngadi M. 2015. Palm oil: Processing, characterization and utilization in the food industry - A review. *Food Bioscience* **10**:26–41.
- Mehta U, Swinburn B. 2001. A Review of Factors Affecting Fat Absorption in Hot Chips. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **41**:133–154.
- Mellema M. 2003. Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. *Trends in Food Science and Technology* **14**:364–373.
- Mitka M. 2002. Fear of frying: Is acrylamide in foods a cancer risk? *Journal of the American Medical Association* **288**:2105–2106.
- Moreira RG. 1999. Frying oil characteristics. *Deep-fat Frying* **3**:33–74.
- Moreira RG. 2006. The engineering aspects of deep-fat frying. In „Handbook Food Science and Technology“. Marcel Dekker, New York.
- Moreira RG, Sun X, Chen Y. 1997. Factors Affecting Oil Uptake in Tortilla Chips in Deep-fat Frying. *Journal of Food Engineering* **31**:485–498.
- Moreno MC, Bouchon P. 2008. A Different Perspective to Study the Effect of Freeze, Air, and Osmotic Drying on Oil Absorption during Potato Frying. *Journal of Food Science* **73**:E122–E128.
- Moreno MC, Bouchon P. 2013. Microstructural characterization of deep-fat fried formulated products using confocal scanning laser microscopy and a non-invasive double staining procedure. *Journal of Food Engineering* **118**:238–246.
- Mottram DS, Wedzicha BL, Dodson AT. 2002. Acrylamide Is Formed in the Maillard Reaction. *Nature* **419**:448–449.
- Mounts TL, Warner K, List GR, Neff WE, Wilson RF. 1994. Low-Linolenic Acid Soybean Oils--Alternatives to Frying Oils **71**:495–499.
- Moyano PC, Berna AZ. 2002. Modeling water loss during frying of potato strips: Effect of solute impregnation. *Drying Technology* **20**:1303–1318.

- Nayik G, Majid I, Gull A, Muzaffar K. 2015. Rice bran oil, the Future Edible Oil of India: A mini Review. *J Rice Res* (e 1000151) DOI: 10.4172/2375-4338.1000151.
- Naz S, Siddiqi R, Sheikh H, Sayeed SA. 2005. Deterioration of olive, corn and soybean oils due to air, light, heat and deep-frying. *Food Research International* **38**:127–134.
- Neff WE, Warner K, Byrdwell WC. 2000. Odor significance of undesirable degradation compounds in heated triolein and trilinolein. *Journal of the American Oil Chemists' Society* **77**:1303–1314.
- Negrone M, Agostina AD, Arnoldi A, Molecolari S, Chimica S. 2001. Effects of Olive , Canola , and Sunflower Oils on the Formation of Volatiles from the Maillard Reaction of Lysine with Xylose and Glucose. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **49**:439–445.
- Oke EK, Idowu MA, Sobukola OP, Adeyeye SAO, Akinsola AO. 2018. Frying of Food: A Critical Review. *Journal of Culinary Science & Technology* **16**:107–127.
- Paul S, Mittal GS. 1997. Regulating the use of degraded oil/fat in deep-fat/oil food frying. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **37**:635–662.
- Pedreschi F. 2012. Frying of Potatoes: Physical, Chemical, and Microstructural Changes. *Drying Technology* **30**:707–725.
- Peers KE, Swoboda PAT. 1982. Deterioration of sunflower seed oil under simulated frying conditions and during small-scale frying of potato chips. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **33**:389–395.
- Pérez-Camino MC, Márquez-Ruiz G, Ruiz-Méndez M V., Dobarganes MC. 1991. Lipid Changes during Frying of Frozen Prefried Foods. *Journal of Food Science* **56**:1644–1647.
- Pinheiro-Sant'Ana HM, Guinazi M, Oliveira D da S, Della Lucia CM, Reis B de L, Brandão SCC. 2011. Method for simultaneous analysis of eight vitamin E isomers in various foods by high performance liquid chromatography and fluorescence detection. *Journal of Chromatography A* **1218**:8496–8502.
- Pinthus EJ, Weinberg P, Saguy IS. 1995. Oil Uptake in Deep Fat Frying as Affected by Porosity. *Journal of Food Science* **60**:767–769.
- Pokorný J, Parkányiová L. 2001. Smažení potravin z pohledu chemika. *Chemické listy* **95**:616–620.

- Pokorny J. 1989. Flavor chemistry of deep fat frying in oil. Flavor chemistry of lipid foods:113–155. Americal Oil Chemsits' Society, Champaign, IL.
- Prevot A, Desbordes S, Morin O, Mordret F. 1988. Volatiles and sensory effects from frying oils. Frying of foods, principles, changes. New Approaches, Ellis Horwood, Chichester.
- Przybylski R, Eskin NAM. 1988. A comparative study on the effectiveness of nitrogen or carbon dioxide flushing in preventing oxidation during the heating of oil. Journal of the American Oil Chemists' Society **65**:629–633.
- Rimac-Brnčić S, Lelas V, Rade D, Šimundić B. 2004. Decreasing of oil absorption in potato strips during deep fat frying. Journal of Food Engineering **64**:237–241.
- Romero A, Bastida S, Sánchez-Muniz FJ. 2007. Cyclic fatty acids in sunflower oils during frying of frozen foods with oil replenishment. European Journal of Lipid Science and Technology **109**:165–173.
- Romero A, Cuesta C, Sánchez-Muniz FJ. 1998. Effect of oil replenishment during deep-fat frying of frozen foods in sunflower oil and high-oleic acid sunflower oil. JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society **75**:161–167.
- Rossel JB. 2003. Developments in oils for commercial frying. Lipid Technol **1**:5–8.
- Rossell JB. 1998. Industrial Frying Process. Grasas y Aceites **49**:282–295.
- Rossell JB. 2001. Frying: improving quality. Woodhead Publishing Limited, Cambridge.
- Rossi M, Alamprese C, Ratti S. 2007. Tocopherols and tocotrienols as free radical-scavengers in refined vegetable oils and their stability during deep-fat frying. Food Chemistry **102**:812–817.
- Saguy IS, Dana D. 2003. Integrated approach to deep fat frying: Engineering, nutrition, health and consumer aspects. Journal of Food Engineering **56**:143–152.
- Saguy IS, Ufheil G, Livings S. 1998. Oil uptake in deep-fat frying. Oleagineux Corps Gras Lipides. France.
- Sahin S, Summu SG. 2009. Advances in Deep-Fat Frying of Foods. CRC Press, Boca Raton.
- Sanibal EAA, Mancini-Filho J. 2004. Frying oil and Fat Quality Measured by Chemical, Physical, and Test Kit Analyses. Journal of the he American Oil Chemists' Society **81**:847–852.



- Sansano M, Juan-Borrás M, Escriche I, Andrés A, Heredia A. 2015. Effect of Pretreatments and Air-Frying, a Novel Technology, on Acrylamide Generation in Fried Potatoes. *Journal of Food Science* **80**:T1120–T1128.
- Santos CSP, Cunha SC, Casal S. 2017. Deep or air frying? A comparative study with different vegetable oils. *European Journal of Lipid Science and Technology* (e1600375) DOI: 10.1002/ejlt.201600375.
- Santos CSP, Cunha SC, Casal S. 2018. Domestic low-fat “frying” alternatives: Impact on potatoes composition. *Food Science & Nutrition* **6**:1519–1526.
- Shah SN, Mahesar SA, Sherazi STH, Panhwar MA, Nizamani SM, Kandhro AA. 2018. Influence of commercial refining on some quality attributes of sunflower oil. *Ukrainian Food Journal* **7**:234–243.
- Shiota M, Konishi H, Tatsumi K. 1999. Oxidative Stability of Fish Oil Blended with Butter 1. *Journal of Dairy Science* **82**:1877–1881.
- Shyu SL, Hau L Bin, Hwang LS. 1998. Effect of vacuum frying on the oxidative stability of oils. *Journal of the American Oil Chemists’ Society* **75**:1393–1398.
- Shyu SL, Hwang LS. 2001. Effects of processing conditions on the quality of vacuum fried cassava chips (*Manihot esculenta* Crantz). *Food Research International* **34**:133–142.
- Schroeder MT, Becker EM, Skibsted LH. 2006. Molecular mechanism of antioxidant synergism of tocotrienols and carotenoids in palm oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **54**:3445–3453.
- Smith SA, King RE, Min DB. 2007. Oxidative and thermal stabilities of genetically modified high oleic sunflower oil. *Food Chemistry* **102**:1208–1213.
- Sohail M, Rakha A, Butt MS, Iqbal MJ, Rashid S. 2017. Rice bran nutraceuticals: A comprehensive review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **57**:3771–3780.
- Soto-Jover S, Boluda-Aguilar M, Esnoz-Nicuesa A, Iguaz-Gainza A, López-Gómez A. 2016. Texture, Oil Adsorption and Safety of the European Style Croquettes Manufactured at Industrial Scale. *Food Engineering Reviews* **8**:181–200.
- Southern CR, Chen XD, Farid MM, Howard B, Eyres L. 2000. Determining Internal Oil Uptake and Water Content of Fried Thin Potato Crisps. *Food and Bioproducts Processing* **78**:119–125.

- Stevenson SG, Vaisey-Genser M, Eskin NAM. 1984. Quality control in the use of deep frying oils. *Journal of the American Oil Chemists Society* **61**:1102–1108.
- Sumnu S, Sahin S. 2008. *Advances in deep-fat frying of foods*. CRC Press.
- Tajner-Czopek A, Rytel E, Kita A, Pełksa A, Hamouz K. 2012. The influence of thermal process of coloured potatoes on the content of glycoalkaloids in the potato products. *Food Chemistry* **133**:1117–1122.
- Tareke E, Rydberg P, Karlsson P, Eriksson S, Törnqvist M. 2002. Analysis of Acrylamide, a Carcinogen Formed in Heated Foodstuffs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **50**:4998–5006.
- Teruel M del R, Gordon M, Linares MB, Garrido MD, Ahromrit A, Niranjana K. 2015. A Comparative Study of the Characteristics of French Fries Produced by Deep Fat Frying and Air Frying. *Journal of Food Science* **80**:E349–E358.
- Tompkins C, Perkins EG. 2000. Frying performance of no-trans, low-linolenic acid soybean oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society* **77**:223–229.
- Tseng YC, Moreira R, Sun X. 1996. Total frying-use time effects on soybean-oil deterioration and on tortilla chip quality. *International Journal of Food Science and Technology* **31**:287–294.
- Tyagi VK, Vasishtha AK. 1996. Changes in the characteristics and composition of oils during deep-fat frying. *Journal of the American Oil Chemists' Society* **73**:499–506.
- Ufheil G, Escher F. 1996. Dynamics of oil uptake during deep-fat frying of potato slices. *LWT - Food Science and Technology* **29**:640–644.
- Vauvre J-M, Kesteloot R, Patsioura A, Vitrac O. 2014. Microscopic oil uptake mechanisms in fried products\*. *European Journal of Lipid Science and Technology* **116**:741–755.
- Warner K, Knowlton S. 1997. Frying Quality and Oxidative Stability of High-Oleic Corn Oils. *Journal of the American Oil Chemists Society* **74**:1317–1322.
- Warner K, Mounts TL. 1993. Frying Stability of Soybean and Canola Oils with Modified Fatty Acid Compositions. *Journal of the American Oil Chemists Society* **70**:983–988.
- Warner K, Neff WE, Craig Byrdwell W, Gardner HW. 2001. Effect of oleic and linoleic acids on the production of deep-fried odor in heated triolein and trilinolein. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **49**:899–905.

- Warner K, Nelsen T. 1996. AOCS Collaborative Study on Sensory and Volatile Compound Analyses of Vegetable Oils. *Journal of the American Oil Chemists Society* **73**:157–166.
- Warner K. 2005. Effects on the Flavor and Oxidative Stability of Stripped Soybean and Sunflower Oils with Added Pure Tocopherols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **53**:9906–9910.
- Wu Y, Zhou R, Wang Z, Wang B, Yang Y, Ju X, He R. 2019. The effect of refining process on the physicochemical properties and micronutrients of rapeseed oils (e0212879) DOI: 10.1371/journal.pone.0212879.
- Xu X-Q, Tran VH, Palmer M, White K, Salisbury P. 1999. Chemical and physical analyses and sensory evaluation of six deep-frying oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society* **76**:1091–1099.
- Yamsaengsung R, Moreira RG. 2002. Modeling the transport phenomena and structural changes during deep fat frying: Part I: Model development. *Journal of food engineering* **53**:1–10.
- Zahir E, Saeed R, Hameed MA, Yousuf A. 2017. Study of physicochemical properties of edible oil and evaluation of frying oil quality by Fourier Transform-Infrared (FT-IR) Spectroscopy. *Arabian Journal of Chemistry* **10**:S3870–S3876.
- Zahir E, Saeed R, Hameed MA, Yousuf A. 2017. Study of physicochemical properties of edible oil and evaluation of frying oil quality by Fourier Transform-Infrared (FT-IR) Spectroscopy. *Arabian Journal of Chemistry* **10**:S3870–S3876.
- Zhang L, Jia J, Xu Y, Wang Y, Hao J, Li T. 2012. Production of transgenic *Nicotiana sylvestris* plants expressing melatonin synthetase genes and their effect on UV-B-induced DNA damage. *In Vitro Cellular and Developmental Biology – Plant* **48**:275–282.
- Ziaiiifar AM, Achir N, Courtois F, Trezzani I, Trystram G. 2008. Review of mechanisms, conditions, and factors involved in the oil uptake phenomenon during the deep-fat frying process. *International Journal of Food Science and Technology* **43**:1410–1423.