

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra kvality a bezpečnosti potravin**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Stanovení profilu mastných kyselin vybraných obilovin  
a jejich odrůd**

**Diplomová práce**

**Bc. Anna Šafránková  
Výživa a potraviny**

**Ing. et Ing. Lucie Jurkaninová, Ph.D.**

© 2024 ČZU v Praze

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Stanovení profilu mastných kyselin vybraných obilovin a jejich odrůd" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 21.04.2024

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. et Ing. Lucii Jurkaninové, Ph.D. za cenné rady, odborné vedení a čas věnovaný této diplomové práci. Dále bych ráda poděkovala svému konzultantovi Ing. Matěji Božiku, Ph.D. za odborné konzultace a pomoc při zpracování praktické části. Chtěla bych také poděkovat své rodině a přátelům za veškerou podporu.

# Stanovení profilu mastných kyselin vybraných obilovin a jejich odrůd

## Souhrn

Obiloviny jsou základní složkou lidské stravy a tvoří téměř polovinu denní přijaté energetické hodnoty. Obiloviny hrají významnou roli v lidské stravě po celém světě a jsou základem mnoha jídel a pokrmů, což z nich činí nezbytnou součást každodenního stravování.

Přestože obsah lipidů v obilovinách je poměrně nízký, zastupují významnou část obilných zrn. Udržují strukturální stabilitu a funkčnost buněčné membrány a jsou nezbytné pro vstřebávání vitamínů rozpustných v tucích. V rámci cereální technologie lipidy a jejich mastné kyseliny pozitivně ovlivňují strukturu a chuť obilných produktů.

Teoretická část práce se důkladně zaměřovala na rozbor lipidů a mastných kyselin, jejich význam ve výživě, včetně nutričního hodnocení mastných kyselin a jejich přítomnosti v potravinách. Dále se zabývala vybranými obilovinami a pseudoobilovinami, jako jsou pšenice, žito, ječmen, oves a triticales, včetně jejich anatomické stavby, chemického složení a obsahu mastných kyselin. Práce také zkoumala vliv lipidů a mastných kyselin na technologické zpracování obilovin a změny složení obilovin vlivem různých zpracovatelských postupů.

Hlavním cílem diplomové práce bylo stanovení profilu mastných kyselin v obilovinách a jejich odrůdách pomocí plynové chromatografie s hmotnostní detekcí (GC-MS). Identifikace jednotlivých mastných kyselin ze vzorků byla provedena pomocí standardu Food Industry FAME Mix, který obsahoval 37 standardních methylesterů mastných kyselin. K vyhodnocení výsledků byla využita metoda vnitřní normalizace a mastné kyseliny byly vyjádřeny v procentuálním zastoupení. Pro stanovení profilu mastných kyselin bylo vybráno devět vzorků odrůd pšenice seté ozimé (*Triticum aestivum*), pět pšenice špaldy (*Triticum spelta*) a pět tritordea (*Tritordeum martinii*). Dále jeden vzorek pšenice jednozrnky (*Triticum monococcum*) odrůdy Rumona a pšenice dvouzrnky (*Triticum dicoccum*) odrůdy Rudico. Soubor uvedených obilovin byl doplněn o jeden vzorek Kernzy (*Thinopyrum intermedium*), a to z toho důvodu, že se Kernza stává stále více populární alternativou k tradičním obilovinám.

Z výsledků diplomové práce bylo zjištěno, že existují statisticky významné rozdíly v profilu mastných kyselin mezi jednotlivými obilovinami a jejich odrůdami. Rozdíly v profilu mastných kyselin obilovin mohou ovlivnit jejich kvalitu a výživovou hodnotu potravin. To může být důležité při vývoji nových potravin, v dietetice a ve výzkumu v oblasti výživy a zdraví.

Vybraný soubor obilovin obsahoval nejvíce zastoupenou mastnou kyselinu linolovou (C18:2 cis-9,12) (48,32–56,68 %), dále téměř u všech obilovin následovala kyselina olejová (C18:1 cis-9) (12,32–25,77 %) a palmitová (C16:0) (13,76–16,31 %). Ze souboru analyzovaných obilovin dominoval nejvyšší obsah kyseliny linolové u pšenice seté ozimé (56,68 ± 2,31 %),

kyseliny olejové u pšenice jednozrnky ( $25,77 \pm 0,25$  %) a palmitové u pšenice seté ozimé ( $16,31 \pm 0,95$  %). Oproti ostatním obilovinám tritordeum a pšenice setá ozimá obsahovaly větší množství kyseliny palmitové a kyselina olejová dominovala až na třetím místě.

Mezi odrůdami pšenice seté ozimé odrůda Zora obsahovala nejvíce kyseliny linolové ( $58,87 \pm 0,15$  %), pšenice špaldy odrůda Raisa ( $53,77 \pm 0,28$  %) a tritordea odrůda Coique ( $57,07 \pm 0,32$  %). Co se týče kyseliny olejové dominovala u pšenice seté ozimé odrůda Butterfly ( $15,78 \pm 0,47$  %), pšenice špaldy odrůda Serpentin ( $23,16 \pm 0,46$  %) a tritordea odrůda HT444 ( $16,19 \pm 0,17$  %). Nejvyšší obsah kyseliny palmitové byl zaznamenán u pšenice seté ozimé odrůdy Tengri ( $17,94 \pm 0,06$  %), pšenice špaldy odrůdy Rubiota ( $14,92 \pm 0,09$  %) a tritordea odrůdy HT444 ( $16,93 \pm 0,02$  %).

Pro nutriční porovnání jednotlivých obilovin a odrůd byly stanoveny obsahy mastných kyselin dle stupně nasycení (SFA, MUFA a PUFA) a bylo vyhodnoceno jejich procentuální zastoupení. U stanoveného obsahu PUFA byl také kladen důraz na obsah nutričně cenných n-3 a n-6 mastných kyselin. V rámci obilovin nutričně dominovala pšenice jednozrnka. Při porovnání jednotlivých odrůd v rámci botanického druhu vynikala u pšenice seté ozimé odrůda Zora, pšenice špaldy odrůda Serpentin a tritordea odrůda HT444.

**Klíčová slova:** lipidy, mastné kyseliny, obiloviny, plynová chromatografie

# Determination of the fatty acid profile in selected cereals and their varieties

## Summary

Cereals are an essential component of the human diet and account for almost half of the daily energy intake. They play an important role in the human diet worldwide and are the basis of many meals and dishes.

Although the lipid content of cereals is relatively low, they form a significant part of cereal grains. They maintain the structural stability and functionality of the cell membrane and are essential for absorbing soluble vitamins. In cereal technology, lipids and their fatty acids positively influence the structure and taste of cereal products.

The theoretical part of the thesis focuses thoroughly on the analysis of lipids and fatty acids and their importance in nutrition, including the nutritional evaluation of fatty acids and their presence in foods. It also covers selected cereals and pseudocereals such as wheat, rye, barley, oats, and triticale, as well as their anatomical structure, chemical composition, and fatty acid content. The diploma thesis also investigates the effect of lipids and fatty acids on the technological processing of cereals and the changes in cereal composition due to different processing procedures.

The thesis's main objective was to determine cereals' fatty acid profile and their varieties using gas chromatograph-mass spectrometry (GC-MS). Identification of individual fatty acids from the samples was performed using the Food Industry FAME Mix standard, which contained 37 standard fatty acid methyl esters. The internal normalisation method was used to calculate the results and the fatty acids were expressed as percentages. Nine samples of winter wheat (*Triticum aestivum*), five of spelt (*Triticum spelta*) and five of tritordeum (*Tritordeum martinii*) were selected for fatty acid profiling. In addition, one sample of einkorn wheat (*Triticum monococcum*) of the variety Rumona and one of emmer wheat (*Triticum dicoccum*) of the variety Rudico. One sample of Kernza (*Thinopyrum intermedium*) was added to the set of cereals mentioned above because Kernza is becoming an increasingly popular alternative to traditional cereals.

The thesis results found statistically significant differences in the fatty acid profile of cereals and their varieties. Differences in the fatty acid profile of cereals can affect their quality and nutritional value. This may be important in the development of new foods, in dietetics, and in nutrition and health research.

As a result of the thesis, it was found that there were statistically significant differences in the fatty acid profile between the cereals and their varieties. The selected set of cereals contained the most abundant fatty acid, linoleic acid (C18:2 cis-9.12) (48.32-56.68 %), followed by oleic acid (C18:1 cis-9) (12.32-25.77 %) and palmitic acid (C16:0) (13.76-16.31 %) in almost all cereals. Of the cereals analysed, winter wheat had the highest linoleic acid

content ( $56.68 \pm 2.31$  %), followed by oleic acid in einkorn ( $25.77 \pm 0.25$  %) and palmitic acid in winter wheat ( $16.31 \pm 0.95$  %) and compared to the other cereals, tritordeum and winter wheat contained higher amounts of palmitic acid and oleic acid dominated only in third place.

Winter wheat variety Zora contained the highest linoleic acid content ( $58.87 \pm 0.15$  %), spelt variety Raisa ( $53.77 \pm 0.28$  %) and tritordeum variety Coique ( $57.07 \pm 0.32$  %). In terms of oleic acid, winter wheat was dominated by the variety Butterfly ( $15.78 \pm 0.47$  %), spelt variety Serpentine ( $23.16 \pm 0.46$  %) and tritordeum variety HT444 ( $16.19 \pm 0.17$  %). The highest palmitic acid content was recorded in the winter wheat variety Tengri ( $17.94 \pm 0.06$  %), spelt variety Rubiota ( $14.92 \pm 0.09$  %) and tritordeum variety HT444 ( $16.93 \pm 0.02$  %).

The fatty acid contents, according to the degree of saturation (SFA, MUFA, and PUFA), were determined, and their percentages were evaluated for nutritional comparison with the cereals and varieties. For the PUFA content determined, emphasis was also placed on the content of nutritionally valuable n-3 and n-6 fatty acids. Within the cereals, einkorn wheat was nutritionally dominant. When comparing individual varieties, the outstanding varieties were winter wheat Zora, spelt Serpentin and tritordeum HT444.

**Keywords:** lipids, fatty acids, cereals, gas chromatography

# Obsah

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Úvod.....</b>  | <b>10</b> |
| <b>2. Vědecká hypotéza a cíle práce .....</b>                                | <b>12</b> |
| <b>3. Literární rešerše .....</b>  | <b>13</b> |
| <b>3.1 Lipidy .....</b>  | <b>13</b> |
| 3.1.1. Mastné kyseliny .....   | 14        |
| 3.1.2. Reakce lipidů .....   | 17        |
| 3.1.3. Lipidy ve výživě a jejich vliv na zdraví.....                         | 18        |
| 3.1.4. Nutriční význam mastných kyselin a jejich zastoupení v potravinách    | 19        |
| <b>3.2 Vybrané obiloviny a pseudoobiloviny .....</b>                         | <b>22</b> |
| 3.2.1. Pšenice.....  | 22        |
| 3.2.2. Žito.....   | 24        |
| 3.2.3. Ječmen.....   | 24        |
| 3.2.4. Oves.....   | 25        |
| 3.2.5. Triticale .....   | 26        |
| 3.2.6. Pseudoobiloviny .....   | 26        |
| <b>3.3 Obiloviny ve výživě .....</b>   | <b>27</b> |
| <b>3.4 Obilné zrno.....</b>  | <b>28</b> |
| 3.4.1. Anatomická stavba.....  | 29        |
| 3.4.2. Chemické složení.....   | 30        |
| <b>3.5 Mastné kyseliny v obilovinách .....</b>                               | <b>33</b> |
| <b>3.6 Vliv lipidů a jejich MK na technologické zpracování obilovin.....</b> | <b>33</b> |
| <b>3.7 Změny složení obilovin vlivem jejich zpracování .....</b>             | <b>35</b> |
| <b>3.8 Stanovení profilu mastných kyselin v obilovinách.....</b>             | <b>35</b> |
| <b>4. Materiál a metody.....</b>   | <b>37</b> |
| <b>4.1 Materiál .....</b>  | <b>37</b> |
| 4.1.1. Pšenice setá ozimá .....  | 37        |
| 4.1.2. Pšenice špalda .....  | 38        |
| 4.1.3. Tritordeum .....  | 38        |
| 4.1.4. Pšenice jednozrnka a dvouzrnka .....                                  | 39        |
| 4.1.5. Kernza.....   | 40        |
| <b>4.2 Metody.....</b>   | <b>40</b> |
| 4.2.1. Příprava vzorků.....  | 40        |
| 4.2.2. Stanovení sušiny .....  | 40        |
| 4.2.3. Stanovení obsahu lipidů (Soxhletova extrakce) .....                   | 41        |
| 4.2.4. Derivatizace .....  | 41        |
| 4.2.5. Plynová chromatografie – stanovení profilu mastných kyselin .....     | 42        |



|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| 4.2.6      | Statistická analýza .....                           | 43        |
| <b>5.</b>  | <b>Výsledky .....</b>                               | <b>43</b> |
| 5.1        | <b>Stanovení sušiny.....</b>                        | <b>43</b> |
| 5.1.1      | Pšenice setá ozimá .....                            | 43        |
| 5.1.2      | Pšenice špalda .....                                | 44        |
| 5.1.3      | Pšenice jednozrnka a dvouzrnka .....                | 44        |
| 5.1.4      | Tritordeum .....                                    | 45        |
| 5.1.5      | Kernza .....  | 45        |
| 5.2        | <b>Stanovení obsahu lipidů .....</b>                | <b>45</b> |
| 5.2.1      | Odrůdy pšenice seté ozimé .....                     | 46        |
| 5.2.2      | Odrůdy pšenice špaldy .....                         | 47        |
| 5.2.3      | Odrůdy tritordea .....                              | 47        |
| 5.2.4      | Průměrný obsah lipidů jednotlivých obilovin.....    | 48        |
| 5.3        | <b>Stanovení profilu mastných kyselin.....</b>      | <b>49</b> |
| 5.3.1      | Odrůdy pšenice seté ozimé .....                     | 51        |
| 5.3.2      | Odrůdy pšenice špaldy .....                         | 53        |
| 5.3.3      | Odrůdy tritordea .....                              | 55        |
| 5.3.4      | Profil mastných kyselin jednotlivých obilovin ..... | 57        |
| 5.4        | <b>Statistická analýza .....</b>                    | <b>59</b> |
| <b>6.</b>  | <b>Diskuze.....</b>                                 | <b>63</b> |
| <b>7.</b>  | <b>Závěr.....</b>                                   | <b>67</b> |
| <b>8.</b>  | <b>Literatura .....</b>                             | <b>69</b> |
| <b>9.</b>  | <b>Seznam použitých zkratk a symbolů .....</b>      | <b>76</b> |
| <b>10.</b> | <b>Seznam obrázků .....</b>                         | <b>77</b> |
| <b>11.</b> | <b>Seznam tabulek .....</b>                         | <b>78</b> |
| <b>12.</b> | <b>Seznam grafů.....</b>                            | <b>79</b> |
| <b>13.</b> | <b>Samostatné přílohy .....</b>                     | <b>I</b>  |

## 1. Úvod

Obilniny jsou jednoděložné rostliny, které patří mezi traviny (*Gramineae*) a řadí se do čeledi *Poaceae*. Tyto rostliny jsou primárně využívány, šlechtěny a pěstovány především pro svá semena, nazývané obilky. Termín obilovina označuje význam produktu zrna, který poskytuje důležitý zdroj potravy a energie pro lidskou populaci po celém světě. Obiloviny obsahují základní a bohatý zdroj živin, jako sacharidů, bílkovin, vlákniny, minerálů a vitamínů. Poskytují téměř polovinu denní potřeby energie pro populaci na celém světě a v mnoha rozvojových zemích zastávají až 75 % energie ve stravě. Mezi nejrozšířenější obiloviny na světě patří pšenice, rýže, žito, ječmen, kukuřice a proso.

Přestože obsah lipidů v obilovinách je poměrně nízký, lipidy jsou velmi důležitou složkou obilných zrn. Jsou důležitým zdrojem energie, udržují strukturální stabilitu a funkčnost buněčné membrány, hrají důležitou roli v signalizaci hormonů a jsou nezbytné pro absorpci rozpustných vitamínů. Lipidy a jejich mastné kyseliny pozitivně ovlivňují strukturu a chuť obilných produktů. I přes to, že lipidy z obilovin tvoří pouze malý podíl z celkového složení, jejich úloha při zpracování obilovin a v konečných výrobcích je velmi významná.

Samotné mastné kyseliny jsou nezbytné pro životní procesy organismu. Mastné kyseliny jsou důležitou součástí lidské stravy, které hrají významnou roli ve výživě a zdraví. Jsou zdrojem energie, podporují vstřebávání vitamínů rozpustných v tucích a jsou významné pro vývoj buněk a hormonální regulaci. Existují dva hlavní typy mastných kyselin, a to nasycené a nenasycené, které mají odlišné účinky na lidské zdraví. Nasycené mastné kyseliny obsažené v potravinách ve větším množství mají negativní dopad na zvýšení hladiny cholesterolu v krvi, což může vést k rozvoji kardiovaskulárních onemocnění. Naopak, mononenasycené a polynenasycené mastné kyseliny, zejména skupiny n-3 a n-6, jsou pro organismus velmi prospěšné. Tyto mastné kyseliny mají pozitivní účinky, jako je prevence tvorby krevních sraženin a srdečně-cévních onemocnění, a vykazují protizánětlivé vlastnosti. Mezi nejdůležitější polynenasycené mastné kyseliny ve stravě patří kyselina linolová a  $\alpha$ -linolenová, které jsou důležité pro správnou funkci reprodukce a růstu organismu. Porozumění nutričnímu pohledu na mastné kyseliny je důležité pro správné rozhodování o stravě a prevenci život ohrožujících onemocnění.

Z toho důvodu je v obilovinách znalost profilu mastných kyselin důležitá nejen z pohledu výživy, ale také z hlediska zdravotního významu. Rozmanitost a množství mastných kyselin v obilovinách jsou ovlivněny nejen genetickým zázemím jednotlivých odrůd, ale také faktory agrotechnických postupů a následného technologického zpracování obilovin.

Různé klimatické podmínky, šlechtění a kultivace způsobily, že mezi jednotlivými druhy obilovin a jejich odrůdami vznikly morfologické, fyziologické a biologické rozdíly. Nutriční složení obilovin se liší v závislosti na genetických faktorech, pěstebních podmínkách a technologiích zpracování. Genetická diverzita odrůd obilovin může ovlivnit obsah živin, biologicky aktivních látek a celkovou nutriční hodnotu obilovin. Také zpracování obilovin do různých pekárenských produktů značně ovlivňuje jejich nutriční profil. Porozumění těmto

faktorům je důležité pro posílení potravinové bezpečnosti a vytvoření zdravějších stravovacích návyků po celém světě. Výzkum a vzdělávání o nutričním pohledu na obiloviny jsou důležité pro zajištění optimální výživy a dobrého zdraví populace.

## 2. Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem této diplomové práce byla analýza vybraného souboru obilovin a určení profilu mastných kyselin metodou plynové chromatografie. Byla vypracována literární rešerše zaměřená na charakteristiku mastných kyselin, které jsou nedílnou součástí lipidů, a jejich zastoupení v obilovinách a jejich odrůdách s důrazem na jejich nutriční význam a vliv procesu zpracování na profil mastných kyselin. V rámci experimentální práce byl pomocí plynové chromatografie stanoven a porovnán profil mastných kyselin vybraných obilovin a jejich odrůd. Výsledky byly přehledně zpracovány do tabulek a grafů a diskutovány s údaji z původní recenzované odborné literatury. Byl vyhodnocen profil mastných kyselin sledovaného souboru vzorků s důrazem na jejich nutriční význam.

**Hypotéza:** Existují statisticky významné rozdíly v profilu mastných kyselin mezi sledovanými obilovinami (a jejich odrůdami).

### 3. Literární rešerše

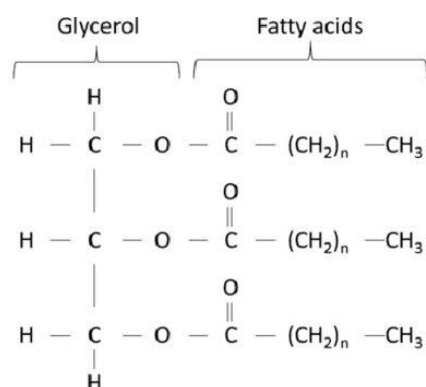
#### 3.1 Lipidy

Lipidy (tuky, z řeckého slova lipos) jsou estery karboxylových kyselin a alkoholů (často glycerolu) nebo jejich derivátů. Patří do skupiny nepolárních látek, které jsou rozpustné v polárních rozpouštědlech (např. benzen, chloroform) (Velíšek & Hajšlová 2009). V potravinářské terminologii se lipidy rozdělují na základě rozpustnosti na tuky a oleje. Oleje jsou tekuté při pokojové teplotě (přibližně 20 °C), zatímco tuky jsou při této teplotě pevné (Doppenberg & Van der Aar 2023).

Lipidy se rozdělují na dvě základní skupiny, a to homolipidy a heterolipidy. Homolipidy jsou svojí strukturou jednodušší a dělí se na acylglyceroly a vosky. Heterolipidy jsou svojí výstavbou složitější, protože obsahují v molekule vázané i jiné sloučeniny. Příkladem jsou lipoproteiny nebo glykoproteiny. Lipoproteiny disponují navíc bílkovinnou nebo peptidovou složkou. Glykoproteiny obsahují ve svém řetězci navázané sacharidy (Velíšek 2014).

Samostatnou skupinou jsou látky odvozené od lipidů, mezi které patří např. steroidy, karotenoidy, lipofilní vitamíny a prostanoidy. Lipofilní vitamíny jsou vitamíny rozpustné v tucích, a to konkrétně vitamíny A, D, E, K (Doppenberg & Van der Aar 2023).

Lipidy plní v organismu velmi důležité funkce. Jsou především zdrojem energie a fungují také jako její zásobní zdroj. Zásobní tuk v organismu je uložený ve formě triacylglycerolů (TAG) a nachází se v tukové tkáni. TAG se dále vyskytují mezi jednotlivými svalovými vlákny a v krvi (Bernaciková et al. 2020). Jsou tedy základními lipidy, které ve své struktuře obsahují tři vyšší mastné kyseliny navázané na glycerol (Gropper 2000). Schéma TAG je znázorněno na Obrázku 1.



**Obrázek 1:** Schéma TAG (na levé straně glycerol, na který jsou navázány obecné vzorce mastné kyseliny-fatty acids) (Mills et al. 2017)

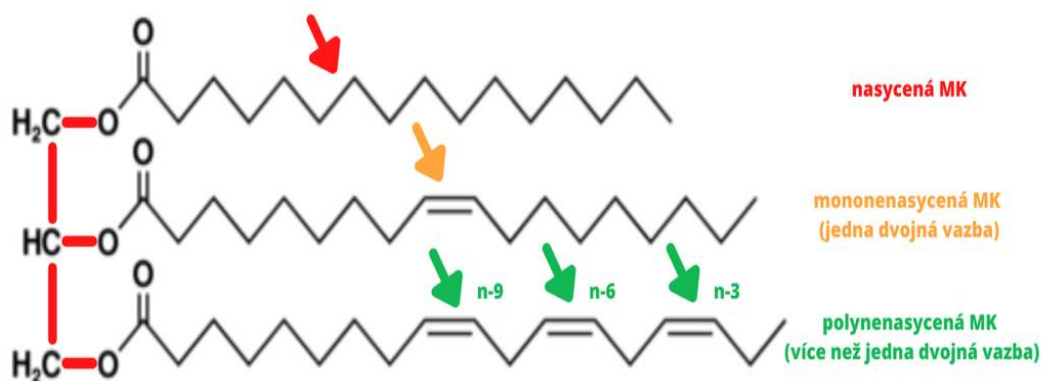
Lipidy také tvoří ochrannou obalovou vrstvu některých orgánů (např. ledvin). Jejich další funkcí je tepelná izolace, která navíc brání přebytečným ztrátám vody z organismu do vnějšího prostředí. Tuto funkci zastávají tuky v oblasti podkoží (Poušek et al. 2008). Lipidy jsou pro organismus velmi důležité a nepostradatelné, protože je organismus nedokáže sám syntetizovat. Jsou nezbytné pro vstřebávání lipofilních vitamínů. Lipidy mají živočišný (sádlo,

lůj) i rostlinný (rostlinné oleje) původ a vyskytují se téměř ve všech buněčných membránách, kde zastávají důležitou stavební funkci (zejména fosfolipidy, cholesterol) (Roubík et al. 2018).

### 3.1.1. Mastné kyseliny

Mastné kyseliny (MK) jsou základními stavebními jednotkami lipidů. Mastné kyseliny lze rozdělit do skupin na základě jejich délky řetězce, a to na MK s krátkým (6 a méně atomů uhlíku), středně dlouhým (8–10 atomů uhlíku) a dlouhým řetězcem (více než 12 atomů uhlíku) (Hidalgo & Zamora 2015).

Rozdělují se také na základě stupně jejich nasycení, tedy podle počtu obsahu dvojných vazeb mezi atomy uhlíků v jejich řetězci. Strukturálně nejjednodušší jsou mastné kyseliny nasycené, které neobsahují žádné dvojně vazby. Nenasycené mastné kyseliny musí poté obsahovat alespoň jednu dvojnou vazbu (O'Keefe 2008). Znázornění struktury mastných kyselin rozdělených na základě množství dvojných vazeb je uvedeno na Obrázku 2.



**Obrázek 2:** Znázornění vazeb v molekule lipidu (Vymlátilová 2021)

Po chemické stránce jsou mastné kyseliny alifatickými monokarboxylovými kyselinami. Jejich řetězec je především lineární (není větvený) a skládá se ve většině případů ze sudého počtu uhlíků. Nejvýznamnější a v přírodě nejvyskytovanější jsou MK s 16 a 18 uhlíky. Ve většině případů se skládají v rozmezí z 14–22 uhlíků (Leray 2014). Mohou mít ovšem i jiné složení, které není příliš běžné (Gropper 2000).

Mastné kyseliny jsou velmi často označovány pomocí triviálních názvů. Klouda (2016) vysvětluje názvosloví na příkladu mastné kyseliny stearové. Její systematický název je oktadekanová kyselina. Často se vyskytuje také zkrácený zápis. U příkladu stearové kyseliny je používán zkrácený název 18:0 (mastná kyselina neobsahuje žádné dvojně vazby a má osmnácti uhlíkový řetězec). Do zkráceného zápisu se vyznačují také polohy dvojných vazeb, které označují přesný uhlík v řetězci, na kterém se dvojná vazba vyskytuje. Příkladem je zkrácený zápis 18:1(9), který značí mastnou kyseliny s osmnácti uhlíkovým řetězcem a jednou dvojnou vazbou na devátém uhlíku. Konkrétně se tedy jedná o oktadeka-9-enovou kyselinu neboli kyselinu olejovou.

## Nasyčené mastné kyseliny

Nasyčené mastné kyseliny (SFA, Saturated fatty acids) ve svém řetězci neobsahují žádné dvojně vazby. SFA s kratším řetězcem jsou více rozpustné ve vodě. Také se rychleji vstřebávají během jejich trávení ve střevě. Nasyčené mastné kyseliny se středně a dlouhým řetězcem mají během trávení odlišný a složitější metabolismus než mastné kyseliny s krátkými řetězci (Leray 2014).

Základním zástupcem SFA je kyselina butanová neboli máselná kyselina (4:0), která obsahuje pouze čtyři atomy uhlíku. Mezi nejrozšířenější patří kyselina myristová (C14:0), palmitová (16:0) a stearová (C18:0) (Doppenberg & Van der Aar 2023). Mezi méně často vyskytované zástupce SFA patří kyselina kaprinová (C10:0), kyselina laurová (C12:0) a kyselinu arachidová (C20:0) (Velíšek 2014). Přehled základních nasyčených mastných kyselin je znázorněn v Tabulce 1.

**Tabulka 1:** Přehled nasyčených mastných kyselin (Velíšek & Hajšlová 2009)

| <b>Mastná kyselina</b> | <b>Počet atomů uhlíků</b> | <b>Triviální název</b> |
|------------------------|---------------------------|------------------------|
| butanová               | 4                         | máselná                |
| hexanová               | 6                         | kapronová              |
| oktanová               | 8                         | kaprylová              |
| dekanová               | 10                        | kaprinová              |
| dodekanová             | 12                        | laurová                |
| tetradekanová          | 14                        | myristová              |
| hexadekanová           | 16                        | palmitová              |
| oktadekanová           | 18                        | stearová               |
| eikosanová             | 20                        | arachová               |
| dokosanová             | 22                        | behenová               |
| tetrakosanová          | 24                        | lignocerová            |

## Nenasycené mastné kyseliny

Nenasycené mastné kyseliny (UFA, Unsaturated fatty acids) musí obsahovat ve svém řetězci minimálně jednu dvojnou vazbu. Čím menší je počet nenasycených MK v triacylglycerolu, tím vyšší je obvykle jejich teplota tuhnutí. Počet dvojných vazeb v řetězci ovlivňuje také jejich chemickou stabilitu. V případě zvyšujícího se počtu dvojných vazeb dochází ke snížení stability, protože dvojně vazby jsou velmi citlivé na oxidační reakce (žluknutí tuků) (O'Keefe 2008; Velíšek 2014).

Pokud mastné kyseliny obsahují právě jednu dvojnou vazbu, označují se jako mononenasyčené (monoenové, MUFA). Nejběžnějším zástupcem je kyselina olejová (C18:1). Dále kyselina palmitolejová (C16:1) a nervonová (C24:15). Mezi méně rozšířené MUFA patří

kyselina gadolejová (C20:9) nebo eruková (C22:13) (Agregán et al. 2022). Přehled základních MUFA je uveden v Tabulce 2.

**Tabulka 2:** Přehled vybraných mononenasycených mastných kyselin (Velíšek & Hajšlová 2009)

| <b>Mastná kyselina</b> | <b>Počet atomů uhlíků</b> | <b>Poloha dvojně vazby</b> | <b>Izomer</b> | <b>Triviální název</b> |
|------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------|------------------------|
| tetradecenová          | 14                        | 9                          | cis           | myristolejová          |
| hexadecenová           | 16                        | 9                          | cis           | palmitolejová          |
| hexadecenová           | 16                        | 9                          | trans         | palmitelaidová         |
| eikosanová             | 18                        | 6                          | cis           | petroselová            |
| oktadecenová           | 18                        | 6                          | trans         | petroselaidová         |
| oktadecenová           | 18                        | 9                          | cis           | olejová                |
| oktadecenová           | 18                        | 9                          | trans         | elaidová               |
| oktadecenová           | 18                        | 11                         | trans         | vakcenová              |
| eikosenová             | 20                        | 9                          | cis           | gadolejová             |
| eikosenová             | 20                        | 11                         | cis           | gondová                |
| dokosenová             | 22                        | 11                         | cis           | cetolejová             |
| dokosenová             | 22                        | 13                         | cis           | eruková                |
| dokosenová             | 22                        | 13                         | trans         | brasidová              |
| tetrakosenová          | 24                        | 15                         | cis           | nervová                |

Pokud mají ve svém řetězci mastné kyseliny dvě a více dvojných vazeb, nazývají se polynenasycenými (polyenové, PUFA) (Agregán et al. 2022). Kaur et al. (2014) ve své studii uvádí přehled dvou biologicky nejdůležitějších skupin polynenasycených MK, a to n-3 a n-6 (omega 3 a omega 6). Označují se tak proto, protože mají svoji první dvojnou vazbu na třetím (popř. šestém) uhlíku od konce řetězce.

Nejdůležitějšími n-3 zástupci jsou kyselina eikosapentaenová (EPA), dokosahexaenová (DHA) a  $\alpha$ -linolenová (ALA) (Leray 2014). Mezi méně známé n-3 MK patří např. kyselina stearidonová (SDA). Tato mastná kyselina je prekurzorem pro vznik (Dhull & Punia 2021).

Do skupiny n-6 MK se řadí zejména kyselina linolová (LA), arachidonová (AA),  $\gamma$ -linolenová (GLA) a dihomogamma-linolenová (DGLA) (Kaur et al. 2014).

Lidský organismus dokáže syntetizovat nasycené a některé mononenasycené mastné kyseliny. Dochází k tomu z uhlíků přítomných v sacharidech a bílkovinách, které jsou přijímány v potravě. Oproti tomu n-3 a n-6 mastné kyseliny není možné v organismu syntetizovat, a to kvůli nepřítomnosti enzymů v lidském těle, které by dokázaly vytvořit cis-dvojně vazby. Díky tomu jsou mastné kyseliny z těchto skupin označovány jako esenciální mastné kyseliny (Gebauer et al. 2005). Esenciální mastné kyseliny jsou pro organismus nepostradatelné. Vzhledem k tomu, že lidský organismus není schopný jejich přirozené syntézy, je nutné jejich doplnění prostřednictvím potravy (Ledvina et al. 2020). Přehled nejdůležitějších zástupců esenciálních MK je znázorněn v Tabulce 3.

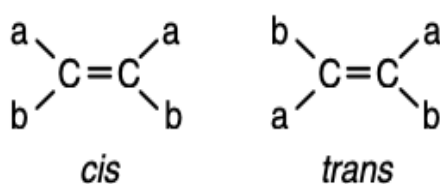


**Tabulka 3:** Přehled vybraných esenciálních mastných kyselin (Velíšek & Hajšlová 2009)

| Mastná kyselina n-3 | Počet atomů uhlíků | Poloha dvojně vazby | Triviální název              |
|---------------------|--------------------|---------------------|------------------------------|
| Oktadekatrienová    | 18                 | 9,12,15             | $\alpha$ -linolenová         |
| Oktadekatetraenová  | 18                 | 6,9,12,15           | stearidonová                 |
| Eikosapentaenová    | 20                 | 5,8,11,14,17        | EPA                          |
| Dokosahexaenová     | 22                 | 4,7,10,13,16,19     | DHA                          |
| Mastná kyselina n-6 | Počet atomů uhlíků | Poloha dvojně vazby | Triviální název              |
| oktadekadienová     | 18                 | 9,12                | linolová                     |
| oktadekatrienová    | 18                 | 6,9,12              | $\gamma$ -linolenová         |
| eikosatrienová      | 20                 | 8,11,14             | dihomo- $\gamma$ -linolenová |
| eikosatetraenová    | 20                 | 5,8,11,14           | arachidonová                 |

### Izomerie nenasyčených mastných kyselin

Nenasycené mastné kyseliny se rozdělují také na základě jejich prostorového uspořádání dvojných vazeb, které obsahují. Na dvojně vazbě vzniká odlišná geometrická izomerie, díky její možnosti volného otáčení kolem atomů uhlíků. Existují dva prostorově uspořádané izomery, a to cis a trans (Hidalgo & Zamora 2015). Většina mastných kyselin se v přírodě vyskytuje v konfiguraci cis. V této konfiguraci jsou vodíky vázané na uhlících dvojně vazby ve stejném směru řetězce molekuly (Kodali 2019). Mastné kyseliny s cis dvojnými vazbami jsou velmi fluidní (tekuté a pohyblivé) a svou strukturou zabírají oproti trans izomerům větší objem. Trans-nenasycené mastné kyseliny (TFA) obsahují atomy vodíků na opačných stranách dvojně vazby (Roubík et al. 2018). Mezi zástupce této skupiny patří kyselina vakcenová nebo elaidová (Kasper 2015). Na Obrázku 3 je znázorněná cis a trans izomerie.



**Obrázek 3:** Znázornění izomerie cis a trans na dvojně vazbě mezi atomy uhlíků (O'Keefe 2008).

#### 3.1.2 Reakce lipidů

Vlastnosti a reakce lipidů jsou ovlivněny mastnými kyselinami, ze kterých se jejich molekula skládá (Kasper 2015). Jsou uvedeny základní reakce lipidů, které jsou důležité v potravinářské chemii a technologii lipidů, a to konkrétně hydrogenace, oxidace a polymerace lipidů.

### **Ztužování tuků (hydrogenace)**

Hydrogenace lipidů je chemicko-technologická reakce, která se používá při výrobě ztužených tuků (margarínů) nebo tuků, které se používají na smažení. Hlavním cílem hydrogenace je zlepšení stability tuků vůči oxidaci a zvýšení obsahu pevných tuků (SFC, Solid Fat Content). Vyšší obsah pevných tuků pozitivně ovlivňuje chuť, trvanlivost, texturu a teplotu tání tuků. Při hydrogenaci se atomy vodíku připojují ke dvojným (nenasyceným) vazbám, a tedy se mění na vazby nasycené (jednoduché) (Kodali 2019; Velíšek 2014).

### **Žluknutí tuků (oxidace)**

Žluknutí tuků je chemická reakce, která probíhá na dvojných vazbách nenasycených MK. Mezi základní typy patří hydrolytické a oxidační žluknutí lipidů. Hydrolytické žluknutí způsobuje uvolnění mastných kyselin z tuků, které obsahují vodu (např. máselná MK uvolněná z másla) (Kunová 2018). Oxidační žluknutí je poté způsobeno reakcí vzdušného kyslíku a dvojných vazeb nenasycených MK. Žluknutí lipidů negativně ovlivňuje sensorické vlastnosti (zápach, chuť, žluté zbarvení, vznik zdraví škodlivých látek). K zabránění žluknutí tuků je nezbytné je uchovávat při nízkých teplotách a skladovat v uzavřených obalech (Echegaray et al. 2022).

### **Vysychání tuků (polymerace)**

Vysychání tuků je chemická reakce, ve které dochází k polymerizaci mastných kyselin, které jsou obsažené v tucích i olejích (Velíšek & Hajšlová 2009). Dochází k jejich postupné oxidaci, která má za následek vytvoření dlouhých řetězců (polymerů). Polymerací dojde ke ztuhnutí tuků a tvorbě pevného filmu na jejich povrchu. Vysychání tuků je často zapříčiněno vyšší teplotou, vystavení vzduchu nebo katalyzátoru. Výsledkem je negativní změna sensorických vlastností tuku nebo oleje, která se projeví na textuře, stabilitě a chuti (Shahidi & Wanasundara 2008).

#### **3.1.3 Lipidy ve výživě a jejich vliv na zdraví**

Dle Společnosti pro výživu (2015) jsou lipidy energeticky nejvydatnější složkou potravy ze všech makroživin (lipidy, bílkoviny, sacharidy). 1 g tuku obsahuje 9 kcal (38 kJ). Z hlediska příjmu živin by měly tvořit 25–30 % z celkového denního příjmu energie. Bernaciková et al. (2020) uvádí, že senioři by měli ve stravě přijímat maximálně 30 % tuků, děti a těhotné poté 30–35 %. Dospělí člověk by měl přijmout 70–120 g tuků za den. Pro správný chod organismu a vstřebávání vitamínů rozpustných v tucích by denní příjem tuků neměl být nižší než 20 % z celkového denního příjmu energie (Roubík et al. 2018).

V případě nadměrného příjmu sacharidů a bílkovin dochází k jejich přeměně právě na tuk, který se ukládá jako tuková rezerva v různých částech lidského těla. V takovém případě dochází ke vzniku nadváhy až obezity (Newby 2018).

Nevýhodou lipidů z hlediska jejich příjmu je, že zpomalují vstřebávání živin (sacharidů a bílkovin). Po fyzické námaze zpomalují také regeneraci organismu a jejich konzumace je tedy přímo před a po tělesné zátěži nevhodná. V případě dlouhodobě vyššího příjmu lipidů hrozí riziko nejen obezity, ale také vzniku kardiovaskulárního onemocnění nebo poruchy lipidového spektra v krvi (Roubík et al. 2018).

Tuky a oleje jsou získávány z různých rostlinných a živočišných zdrojů. Z rostlinných zdrojů jsou získávány především oleje (vyjímkou je kokosový tuk) a pochází z různých semen, ořechů a plodů, jako je řepkový, slunečnicový, olivový, avokádový, kokosový, sójový a kukuřičný olej (Clark 2020). Na druhé straně, živočišné tuky jsou získávány z produktů živočišného původu, jako je maso, mléko a vejce. Konkrétním příkladem je sádlo, máslo, tuk z hovězího masa a rybí olej. Většina živočišných tuků je pevná, ale některé mohou být tekuté, jako je rybí olej (Mills et al. 2017).

### 3.1.4 Nutriční význam mastných kyselin a jejich zastoupení v potravinách

Při zdravém stravování není prioritou zaměřit se na obsah lipidů celkově, ale sledovat složení lipidů z hlediska jejich obsahu mastných kyselin. Nasycené mastné kyseliny jsou zdraví škodlivé (ve větším množství) a mohou způsobit nárůst hladiny cholesterolu v krvi ve spojení se vznikem kardiovaskulárních onemocnění. Není tedy doporučeno konzumovat ve větším množství potraviny jako sádlo, máslo a hovězí lůj, které právě nasycené mastné kyseliny ve větším množství obsahují (Karupaiah et al. 2005; Kunová 2011). Přehled jednotlivých nasycených MK v potravinách je uveden v Tabulce 4.

**Tabulka 4:** Přehled nasycených MK v potravinách (Pokorný 2006).

| Mastná kyselina | Počet atomů uhlíku | Výskyt v potravině          |
|-----------------|--------------------|-----------------------------|
| Máselná         | 4                  | Máslo, mléčný tuk           |
| Kapronová       | 6                  | Kokosový a mléčný tuk       |
| Kaprylová       | 8                  | Kokosový a mléčný tuk       |
| Kaprinová       | 10                 | Kokosový a mléčný tuk       |
| Laurová         | 12                 | Palmový a kokosový tuk      |
| Myristová       | 14                 | Palmový a kokosový tuk      |
| Palmitová       | 16                 | Živočišné tuky              |
| Stearová        | 18                 | Živočišné tuky, kakaový tuk |

Opačným případem jsou mononenasyčené MK, které jsou společně s polynenasycenými MK (především skupiny n-3 a n-6) pro organismus velice přínosné. PUFA mají schopnost ovlivnit hladinu cholesterolu v krvi. Tyto mastné kyseliny podporují tvorbu vysokohustotního lipoproteinového (HDL) cholesterolu (Capouchová et al. 2021). HDL pomáhá snižovat množství nízkohustotního lipoproteinového (LDL) cholesterolu. LDL cholesterol přináší negativní účinky na zdraví, protože se může hromadit a ukládat v tepnách. Kriticky vysoké hodnoty LDL

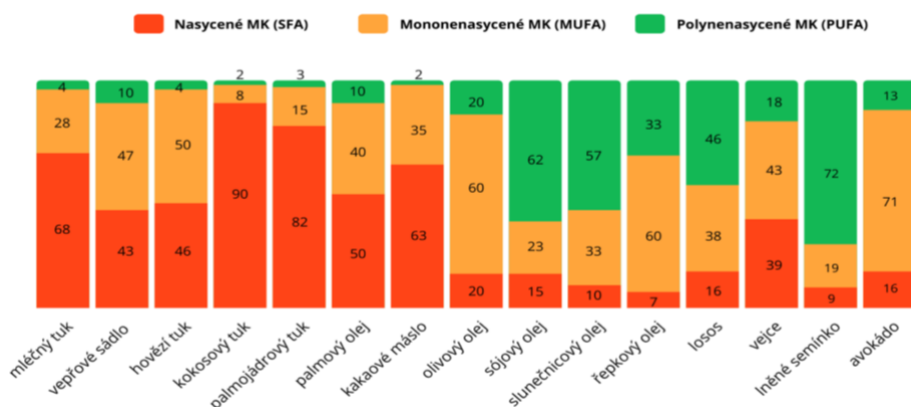
cholesterolu (nad 3 mmol/l) představují vážné riziko vzniku aterosklerózy a následných kardiovaskulárních onemocnění (Gropper, 2000).

Velmi důležitý je výběr potravin bohatých na polynenasycené mastné kyseliny n-3 a n-6, protože jsou nezbytné pro zdraví a správnou funkci organismu (Pokhrel et al. 2022). Tyto mastné kyseliny pozitivně působí na prevenci proti vzniku trombů (krevních sraženin) a srdečně-cévních onemocnění. Tyto MK se vyskytují také v oblasti mozku a jejich nedostatek v organismu může působit negativně i na psychické obtíže, zejména deprese. Působí taktéž protizánětlivě (Kunová 2011; Leray 2014).

Mezi nejdůležitější PUFA ve stravě patří kyselina linolová a  $\alpha$ -linolenová, které jsou důležité pro správnou funkci reprodukce a růstu organismu. Tyto MK jsou významné především v raném stádiu vývoje organismu a jejich nedostatkem hrozí vážné riziko poškození jeho vývoje (Gebauer et al. 2005). Linolová kyselina je obsažena z více než 50 % ve slunečnicovém oleji, je ale také obsažena v rybím oleji. Kyselina linolová je základní n-6 MK a z celkového množství n-6 MK by ve stravě měla být zastoupena přibližně z 85–90 % (Dhull & Punia 2021). Kyselina  $\alpha$ -linolenová je z 65 % součástí lněného oleje. V lidském organismu se přibližně z 6–12 % přeměňuje na mastnou kyselinu EPA a DHA. Také má kardiopreventivní účinky a pozitivně ovlivňuje nervovou soustavu (Dhull & Punia 2021).

Společnost pro výživu (2015) uvádí, že se veřejnost v poslední době více zabývá podrobnějším zkoumáním rostlinných tuků a jejich konzumací. Rostlinné oleje obsahují jednoduché nenasycené MK i polynenasycené MK. Dále také zmiňuje, že se u veřejnosti zvýšil příjem n-6 mastných kyselin. Veřejnost si ovšem není často vědoma rizika ve spojení se zcela vynecháním živočišných tuků, a tedy nedostatkem cholesterolu v organismu. Ten je důležitý zejména pro tvorbu buněčných membrán, hormonů nebo vitamínu D.

Z hlediska výskytu mastných kyselin v potravinách se MUFA nacházejí primárně v rostlinných olejích, jako je olivový olej, avokádový olej a olej ze slunečnicových semínek. Tyto oleje jsou bohaté na olejovou kyselinu a kyselinu palmitovou (Karupaiah et al. 2005). Na druhé straně jsou PUFA obsaženy v rostlinných, ale i živočišných zdrojích. Přehled mastných kyselin v olejích a tucích je uveden na Obrázku 4. N-3 mastné kyseliny jsou přítomny v lněném semeni, chia semenech, rybách s vyšším obsahem tuku (losos, tuňák) a v ořechích. N-6 mastné kyseliny jsou hojně zastoupeny v rostlinných olejích, jako je kukuřičný, sójový a slunečnicový olej, ale také ve většině ořechů (Kunová 2011).



**Obrázek 4:** Obsah SFA, MUFA a PUFA v potravinách (Vymlátilová 2021)

Roubík et al. (2018) zmiňuje, že z hlediska zdraví nejnebezpečnějšími mastnými kyselinami jsou trans-mastné kyseliny. Tyto mastné kyseliny se vyskytují v průmyslově zpracovaných potravinách, ale také v mléce, másle nebo červeném mase. Agregán et al. (2022) poté uvádí, že TFA jsou z hlediska vysokého denního příjmu zdraví nebezpečné, a to především proto, že jsou spojené s nárůstem LDL cholesterolu v krvi. V případě jeho nadměrného množství v krvi dochází ke zvýšení inzulínové rezistence, která vede ve výsledku k negativnímu snížení HDL cholesterolu. TFA velmi snadno pronikají přes stěny cév do krve a podléhají oxidaci. Národní zdravotnický informační portál ČR (2024) varuje, že při nadměrné konzumaci TFA hrozí riziko vzniku kardiovaskulárních chorob, ischemické choroby srdeční a obezity. Z hlediska výskytu trans-nenasycených mastných kyselin v potravinách nedoporučuje nadměrnou konzumaci margarínů, uzenin a smažených výrobků, především v přepálených olejích. Obsah TFA v potravinách je znázorněn v Tabulce 5.

Mills et al. (2017) se ve své studii zabývali náhradou TFA v potravinářství za interesterifikované tuky (IE), které vznikají za pomoci enzymů. Vznikají tak ztužené tuky bez obsahu trans-mastných kyselin. Zmiňují ovšem, že v takovém případě by bylo nutné do výrobků přidávat větší množství nasycených tuků (másla nebo sádla), a to pro dodržení požadovaných texturních vlastností. Uvádí příklad výroby sušenek z řepkového oleje, kdy by výsledný produkt byl měkkčí a méně trvanlivý.

**Tabulka 5:** Obsah trans-mastných kyselin v jednotlivých potravinách (Kunová 2011)

| Obsah                   | Procento                              | Potravina  |
|-------------------------|---------------------------------------|--|
| Nulový nebo velmi nízký | Do 1,5 % z celkových mastných kyselin | Olivový olej, pomazánkový tuk na bázi olivového oleje.<br>Tuky: Flora, Rama, Perla, Linco                                    |
| Vyšší                   | 13–35 % z celkových mastných kyselin  | Tuky: Finea, Diana, Stella, Lukana, Omega, Ceres, Zlatá Haná   |
| Vysoký                  | Nad 35 % z celkových mastných kyselin | Některé typy oplatek, které jsou nebezpečnější tím, že jich lze sníst větší množství než jakýchkoli čistých (zjevných) tuků. |

Udržování správné rovnováhy mezi SFA, MUFA, PUFA a n-3 a n-6 mastnými kyselinami je velmi důležité pro optimální zdraví. Doporučený denní příjem SFA podle Světové zdravotnické organizace (WHO-World Health Organization) (2023) by měl tvořit maximálně 10 % z celkového denního příjmu energie. UFA by poté měly tvořit většinové množství, a to přibližně 15–20 % celkového množství tuků v denní stravě (PUFA z 6–10 %, zbylé množství doplněno MUFA). WHO dále uvádí tvrzení, že ideální poměr n-6 a n-3 MK by měl být 4:1. To znamená, že n-3 MK by měly být obsaženy z 0,5–2 % a n-6 z 2,5–9 % v rámci celkového denního příjmu lipidů. Trans-mastné kyseliny by měly být obaženy maximálně z 1 %.

## 3.2 Vybrané obiloviny a pseudoobiloviny

Pojem obilovina (cereálie) označuje produkt (semena neboli zrna), který je získávaný z rostlin zvaných obilniny. Všechna obilná zrna jsou jednosemennými plody, známé také pod názvem obilky (Ahmad et al. 2023). Nejvýznamější a nejrozšířenější obilovinou ve světě je pšenice. Dále rýže, žito, ječmen, kukuřice a proso (Kučerová 2016).

Obilniny se řadí mezi traviny (*Gramineae*) a patří do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) (Ahmad et al. 2023). Mezi základní charakteristické znaky obilnin patří stonky s uzlinami, ze kterých vyrůstají listy a pupeny. Květenstvím obilnin je klas (pšenice, ječmen, triticales, žito) nebo latovka (rýže, oves, proso). Obilniny patří mezi jednoděložné rostliny, které mají několik uzavřených květů v klásku. Jsou to jednoleté rostliny (Serna-Saldivar 2010). Ahmad et al. (2023) uvádí, že k pěstování obilnin je využito přibližně 60 % veškeré zemědělské půdy.

V rámci jednoho druhu obilovin existuje několik typů, nazývaných odrůdami. Odrůda je definována jako skupina rostlin, které mají stejné morfologické, fyziologické a biologické vlastnosti, buněčnou strukturu a hospodářské využití (Gabrovská et al. 2019). Podle Zákona č. 92/1996 Sb. o odrůdách, osivu a sadbě pěstovaných rostlin je odrůda definována jako skupina rostlin, která patří do nejnižšího stupně botanického třídění. Tato skupina je identifikovatelná podle určitých charakteristik odvozených z genetického základu, které ji odlišují od ostatních skupin rostlin, a to minimálně v jednom znaku. Skupina se považuje za reprodukovatelnou bez jakýchkoli změn.

Byly zřízeny odborné komise pro jednotlivé plodiny nebo skupiny plodin, které se zaměřují na veškerou problematiku spojenou se zkoušením odrůd pro Seznam doporučených odrůd. Zkoušení odrůd je prováděno podle metodik ÚKZÚZ. Odrůdy jsou nejprve posuzovány v rámci zkoušek pro jejich registraci. Po úspěšné registraci odrůdy má držitel nebo jím pověřený zástupce možnost podat žádost o zařazení do zkoušek pro Seznam doporučených odrůd. Na základě délky zkoušení a dosažených výsledků je pak odrůdě přiřazena kategorie doporučení v souladu s výchozími kritérii. Odrůdy jsou na základě kategorií rozděleny na předběžně doporučené, doporučené a ostatní (ÚKZÚZ 2017).

Různé klimatické podmínky, šlechtění a kultivace způsobily, že mezi rody, druhy a odrůdami obilovin vznikly rozdíly. Tyto rozdíly jsou především v jejich chemickém složení, a to např. kvalitě bílkovin, obsahu tuku nebo množství slizovitých látek. Jednotlivé odrůdy stejných druhů obilovin mají tedy specifické využití (Skřivan et al. 2015).

Dle informací Českého statistického úřadu (2024) bylo za rok 2023 v České republice sklizeno 7,99 mil. tun zrn obilovin. Z toho v naprosté většině, a to 5,26 mil. tun zrn, byla sklizena pšenice (údaj zahrnuje pšenici setou ozimou, jarní, tvrdou). Dále např. žito (125 tisíc tun zrn), oves (119 tisíc tun zrn), triticales (209 tisíc tun zrn) a kukuřice (508 tisíc tun zrn).

### 3.2.1 Pšenice

Pšenice patří do kmene (*Triticae*) a je jednoletou trávou (Arendt & Zannini 2013). Je nenáročnou plodinou na pěstování a lze ji pěstovat v různých půdách i klimatických podmínkách. Mezi nejznámější a nejrozšířenější samostatné druhy pšenice patří pšenice setá

(*Triticum aestivum*) a pšenice tvrdá (*Triticum durum*) (Zhang & Apples 2023). Zrno pšenice seté je znázorněno na Obrázku 5. Pšenice se jako obilovina pro svá zrna využívána v různých zemích po celém světě, a to především díky své rozmanitosti dostupných druhů a své přizpůsobivosti. Spojené státy, Čína a Rusko jsou největšími světovými producenty pšenice (Tufail et al. 2023). Přehled využívaných druhů pšenice je znázorněn v Tabulce 6.

**Tabulka 6:** Přehled základních druhů pšenice (Skřivan et al. 2022)

| Český název           | Latinský název  |
|-----------------------|---|
| Pšenice setá          | <i>Triticum aestivum</i> L.                                       |
| Pšenice tvrdá (durum) | <i>Triticum durum</i> Desf.                                       |
| Pšenice špalda        | <i>Triticum spelta</i> T. <i>aestivum</i> subsp. <i>spelta</i> L. |
| Pšenice jednozrnka    | <i>Triticum monococcum</i> L.                                     |
| Pšenice dvouzrnka     | <i>Triticum dicoccum</i> Schrank                                  |
| Pšenice kamut         | <i>Triticum turanicum</i> Jakubz                                  |

Většina významných odrůd pšenice je vyšlechtěna právě z pšenice seté (Skřivan et al. 2022). Pšenice setá se zpracovává především na pečivo, líh, škrob a krmivo. Na základě doby setí se rozděluje na ozimou a jarní. Odrůdy pšenice jarní mají zpravidla tvrdší zrna s vyšším obsahem proteinů, narozdíl od odrůd pšenice ozimé (Zhang & Apples 2023). Ozimá pšenice má vyšší výnos zrn a je kvalitnější pro výrobu kypřeného pečiva. Pšenice tvrdá vyžaduje v průběhu pěstování více tepla a sucha a je vhodná zejména na výrobu těstovin (Burešová & Lorencová 2013). Pšenici lze rozdělit i na základě barvy obilek, a to od světle žluté až po červenohnědou. Dále existují i fialové nebo černé odrůdy. K rozlišnému zbarvení obilek dochází na základě množství přítomných pigmentů v zrně (Arendt & Zannini 2013).

Pšenice je vhodná surovina pro výrobu pekařských výrobků, kvasnicového chleba a těstovin, a to díky tomu, že na rozdíl od ostatních obilovin obsahuje funkční lepkové bílkoviny. Její mouka po navlhčení a mechanickém zpracování vytváří elastické těsto (Serna-Saldivar 2010). Pšenice poskytuje v lidské stravě důležité živiny, např. aminokyseliny, vitamíny, minerály a vlákninu (především v celozrnných produktech) (Arendt & Zannini 2013).



**Obrázek 5:** Zrno pšenice seté s měřítkem (*Triticum aestivum* L.) (<https://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/psenice.htm>)

### 3.2.2 Žito

Žito seté (*Secale cereale* L.) je oproti pšenici odolnější, pěstuje se ve vyšší nadmořské výšce (podhorské lokality) a jeho ozimá forma je odolná vůči mrazu a suchu. Nejlépe rozste v chladném podnebí, kde jiné obiloviny nerostou (Tufail et al. 2023). Žito obsahuje především rozpustnou formu vlákniny (arabinoxylany), která pozitivně ovlivňuje výživovou hodnotu žitného pečiva. Také obsahuje biologicky aktivní látky, např. taniny, lignany a fytoestrogeny. Využívá se pro výrobu žitné mouky a žitného pečiva. (Sluková et al. 2017). Také se používá k výrobě křupavého chleba, na výrobu whisky a jako krmivo pro hospodářská zvířata (Tufail et al. 2023). Zrno žita setého je znázorněno na Obrázku 6.



**Obrázek 6:** Zrno žita setého s měřítkem (*Secale cereale* L.) (<https://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/zito.jpg>)

### 3.2.3 Ječmen

Ječmen (*Hordeum spp.*) je bohatý na obsah sacharidů, kvalitních bílkovin, tuků, vitamínů a minerálů. Je dobrým zdrojem rozpustné vlákniny (především  $\beta$ -glukanů). Z ječmene se připravuje několik výrobků, například ječný chléb, sušenky a nápoje. Ječné zrno v minulých letech ztratilo na významu kvůli tomu, že spotřebitelé dávali přednost jiným obilovinám (pšenici, rýži). V poslední době se však ječmen opět prosazuje jako surovina pro výrobu zdravých potravin, a to díky zvýšenému povědomí spotřebitelů o nutričních a zdravotních přínosech této obiloviny (Kaur et al. 2022).

Ječmen se rozděluje na jarní, dvouřadý a ozimý, víceřadý. Jarní ječmen je sladovnický nebo potravinářský. Z potravinářského ječmene se vyrábí kroupy a mouka. Sladovnický ječmen je využíván jako základní surovina pro výrobu sladu a následného piva. Z ječmene se také získává škrob nebo potravinářský líh (Burešová & Lorencová 2013). Ozimý ječmen je využíván pro krmivářské účely, používá se především k výživě prasat (Tufail et al. 2023). Zrno ječmene je znázorněno na Obrázku 7.





**Obrázek 7:** Zrno ječmene s měřítkem (*Hordeum* spp.) (<https://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/Jecmen.jpg>)

### 3.2.4 Oves

Oves setý (*Avena sativa* L.) je v Evropě nejdůležitější obilninou z hlediska výživového a zdravotnického pohledu. Nejvyskytovanější forma zpracování ovsa je do podoby ovesných vloček. Vyrábí se i ovesná mouka, která se záměrně přidává do trvanlivého pečiva (např. sušenek) z důvodu zvýšení výživové hodnoty výrobku (Sluková et al. 2017). Oves se dále používá jako krmivo pro koně, ale také na výrobu biomateriálů nebo farmaceutických přípravků. Rod *Avena* zahrnuje přibližně 70 druhů (Kouřimská et al. 2018). Zrno ovsa setého je znázorněno na Obrázku 8.

Z výživového hlediska je oves důležitý především díky svému obsahu vlákniny. Obsahuje také oproti ostatním obilovinám více bílkovin, které mají vysokou biologickou hodnotu (obsahují esenciální aminokyseliny methionin a lysin) (Sluková et al. 2017). Obsah lipidů v ovsu může být až 18 %, oproti jiným obilovinám (Kouřimská et al. 2021). V ovsu se vyskytují také látky, které snižují riziko kardiovaskulárního onemocnění (např. polyfenolické sloučeniny, kyselina fytová,  $\beta$ -glukany) (Pokhrel et al. 2022). Oves je odolnější oproti ostatním obilninám a dobře snáší i nižší teploty (Sluková et al. 2017).

Během zpracování ovsa se odstraňuje oplodí a pluchy. Nahé osemení se nazývá krupicí a konzumuje se jako celozrnný produkt. Nevýhodou těchto krupic a konzumace celých zrn je jejich obsah lipidů, které jsou náchylné k oxidaci, a tedy dřívějšímu kažení. Z toho důvodu je technologie zpracování ovsa odlišná od jiných druhů obilovin. Během mletí zrn se záměrně pomocí tepelných úprav deaktivují lipolytické enzymy. To má za následek prodloužení jejich trvanlivosti (Serna-Saldivar 2010).



**Obrázek 8:** Zrno ovsa setého s měřítkem (*Avena sativa* L.) ([www.cit.vfu.cz](http://www.cit.vfu.cz))

### 3.2.5 Triticale

Triticale neboli žitovec (*Triticosecale Wittmack*) je uměle vypěstovaný kříženec žita setého a pšenice seté. V současné době se pěstují jarní i ozimé odrůdy (Vaculová & Faměra 2019). Žitovec byl záměrně uměle vytvořený, a to z toho důvodu, aby došlo ke spojení významných vlastností žita i pšenice. Žito má velmi nízké nároky na pěstování a vysoký výnos zrn. Mezi značné výhody pšenice patří její velké rozmezí využitelnosti (Skřivan et al. 2022) Ve výsledku má Triticale odolnost žita v chladnějším prostředí a zároveň pekařskou kvalitu a využitelnost pšenice. Triticale se využívá především jako krmivo, na výrobu biopaliv, lihovin a v potravinářství (Tufail et al. 2023). Zrno triticale je znázorněno na Obrázku 9.



**Obrázek 9:** Zrno triticale s měřítkem (*Triticosecale Wittmack*), (<https://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/Triticale.jpg>)

### 3.2.6 Pseudoobiloviny

Pseudoobiloviny jsou dvouděložné rostliny, které produkují zrna obsahující značné množství škrobu, ale nepatří do čeledi *Poaceae*. Na základě jejich obsahu škrobu se ovšem využívají na stejné účely jako obiloviny, kdy jejich vlastnosti a technologické zpracování je obilovinám taktéž velmi podobné (Skřivan et al. 2022). Zrna pseudoobilovin mají stejné složení a funkční vlastnosti jako pravé obiloviny. Proto je lze snadno použít stejně jako obiloviny ve formě mleté mouky nebo jako celá zrna. Pseudocereálie mají vysoké množství antioxidantů, bioaktivních látek a bílkovin, které neobsahují lepek. Z toho důvodu jsou vhodnou náhradou obilovin pro bezlepkové diety (Kaur et al. 2022). Mezi nejznámější a nejvyužívanější pseudoobiloviny patří pohanka, quinoa a amarant (Skřivan et al. 2022).

Pohanka (*Fagopyrum sagittatum* nebo *Fagopyrum esculentum*) je nejrozšířenější pseudoobilovinou, která je typická svými čtyřstěnnými plody. Obsahuje velké množství minerálních látek a využívá se na výrobu kaší nebo jako příloha. Pečivo z pohanky není příliš rozšířené (Příhoda et al. 2004).

### 3.3 Obiloviny ve výživě

Obiloviny jsou již po tisíce let významnou součástí lidské stravy. Jsou konzumovány lidmi a zvířaty jako celá zrna nebo jsou rozemílány, zpracovávány a vařeny za účelem výroby různých potravinářských výrobků. Obiloviny a obilné produkty mají vysoký obsah energie a jsou významným zdrojem bílkovin, sacharidů a vlákniny (Jones 2016).

Přestože bílkoviny z obilovin nejsou považovány za výživově plnohodnotné, jsou hlavním zdrojem rostlinných bílkovin. Pro značnou část světové populace jsou primárním a dlouhodobým zdrojem nejen bílkovin, ale zároveň také poskytující energie díky jejich obsahu škrobu (Jurkaninová 2017).

Sacharidy, které obiloviny z největší části obsahují, jsou důležitým zdrojem energie pro organismus. Škrob se na rozdíl od jednoduchého disacharidu sacharózy odbourává v lidském organismu pomaleji. Sacharidy, které jsou získané z obilovin tedy nezpůsobují ve velké míře nadváhu, tu ale může způsobit jejich nadměrná konzumace. Především konzumace bílého pečiva, kdy se zpracovává na jejich výrobu pouze endosperm obilných zrn (Clark 2020). Z hlediska obsahu sacharidů v potravinách je důležité minimalizovat příjem potravin s vysokým glykemickým indexem (GI). Vyvážená strava s nižšími hodnotami GI může pomoci nejen v prevenci vzniku diabetu mellitu, ale také v boji se zmíněnou nadváhou a kardiovaskulárními onemocněními. Světlé pšeničné pečivo a chléb mají vysoký GI, celozrnné produkty mají ovšem nižší hodnoty. Výroba a použití celozrnných mouk v pekárenství je proto velmi aktuální téma (Skřivan & Sluková 2017).

Další důležitou složkou obilovin je vláknina, která je pro organismus a lidské trávení velice prospěšná. Část obilovin a výrobků z nich se vyskytuje v rafinované formě, kdy jsou výrobky během technologie zbavené vlákniny. Z hlediska příjmu vlákniny jsou výživově přínosnější také cereální výrobky (např. celozrnné pečivo, vločky a těstoviny z celozrnné mouky) (Kučerová 2016). Vláknina pozitivně ovlivňuje trávicí soustavu, a to především v oblasti tlustého střeva, kde pozitivně působí na peristaltiku střev a objem stolice. Zároveň vyvolává pocit nasycení. Vláknina také pozitivně snižuje vstřebávání lipidů a zpomaluje vstřebávání jednoduchých sacharidů (Clark 2020).

Ahmad et al. (2023) ve své publikaci uvádí, že obiloviny poskytují téměř 50 % denní potřeby energie (kalorií) pro populaci na celém světě. V mnoha rozvojových zemích obiloviny poskytují až 75 % energie ve stravě. Na základě zmíněných informací predikuje, že do roku 2050 je pro předpokládanou populaci 9,8 miliard zapotřebí přibližně 70–100% nárůst produkce obilovin.

V České republice dle nejnovějších dostupných informací Českého statistického úřadu (2023) byla průměrná spotřeba obilovin v zrna za rok 2022 143,2 kg/osoba/rok. V největším zastoupení byla pšenice, kdy její průměrná spotřeba byla 119,4 kg/osoba/rok. Z hlediska obilovin v hodnotě mouky bylo průměrně zkonsumováno 113,9 kg/osobu/rok. Dále se nejvíce spotřebovalo žito (10,4 kg/osoba/rok), kukuřice (1,9 kg/osoba/rok) a rýže (9,0 kg/osoba/rok).

Obiloviny se jako ekonomicky přijatelné a dostupné suroviny používají k výrobě široké škály potravinářských výrobků (zejména chleba, sušenek, těstovin, snídaňových cereálií nebo

snacků). Zastoupení mají ovšem také i v nepotravinářském využití, a to ve farmacii, výrobě lepidel, lihu a technického škrobu (Moazzami et al. 2011).

V rámci potravinové pyramidy mají obiloviny podstatné umístění. Potravinová pyramida zahrnuje pět skupin potravin, kdy obiloviny představují její samotný základ. Doporučuje se konzumace 3–6 porcí obilovin, obilného pečiva, rýže nebo těstovin za den (Jones 2023).

Ve stravě by správně z obilných produktů měly být zastoupeny především celozrnné výrobky a pečivo (Clark 2020). Celá zrna a celozrnné výrobky jsou důležitou součástí zdravé výživy, a to z toho důvodu, že minimalizují rizikové faktory pro vznik několika onemocnění. Celozrnné potraviny jsou považovány za zdraví prospěšné funkční potraviny. V současné době, se zvyšuje zájem spotřebitelů po celozrnných potravinách (Mir et al. 2019). V obilovinách, především v odrůdách rýže, pšenice, kukuřice a některých odrůdách prosa se vyskytuje několik funkčních bioaktivních látek (např. polyfenoly, tokoferol a různé antioxidanty). Tyto látky minimalizují riziko vzniku rakoviny, diabetu mellitu 2. typu a vysokého krevního tlaku (Tuffail et al. 2023). Dále jsou také zdrojem vitamínů skupiny B (kromě B12) a minerálů, jako je hořčík a zinek. Na druhé straně obsahují velmi malé množství vitamínů rozpustných v tucích a neobsahují téměř žádný vitamín C (Serna-Saldivar 2010).

Ačkoliv mají obiloviny velmi dobrou výživovou hodnotu, mohou také u menší části populace způsobovat zdravotní alergie a intolerance. Konkrétně mohou způsobovat pekařské astma, atopické dermatitidy nebo kopřivky a nejznámější autoimunitní onemocnění zvané celiakie. Tyto reakce jsou způsobené nesnášenlivostí lepku, který je obsažen v pšenici, ječmeni a žitu (Vader et al. 2003).

Při zpracování obilovin na celozrnné produkty vznikají ovšem významné problémy. Především tyto výrobky mají nízkou sensorickou přitažlivost. Celozrnné pečivo má odlišné vlastnosti oproti pečivu z klasických pšeničných mouk. Existuje také zvýšené riziko kontaminace celozrnných výrobků. Při zpracování obalových vrstev obilovin hrozí zvýšené riziko kontaminace mykotoxiny nebo rezidui fungicidů (Skřivan & Sluková 2017).

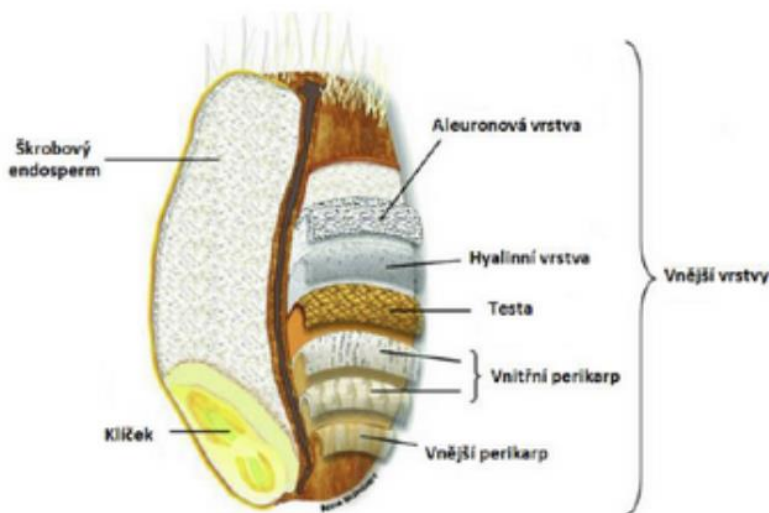
Biologicky aktivní látky v obalových vrstvách obilovin mohou negativně ovlivňovat celkovou výživovou hodnotu potraviny, kdy snižují biologickou dostupnost některých živin. Mezi tyto látky patří např. kyselina fytová, inhibitory enzymů (např. chymotrypsin, trypsin, amyláza), fytoestrogeny, saponiny nebo taniny. Tyto látky mohou být deaktivovány tepelným zpracováním (např. inhibitory proteinů) nebo mohou být enzymaticky rozloženy (např. kyselina fytová) (Gabrovská et al. 2019).

### **3.4 Obilné zrno**

Znalost anatomie a chemického složení obilného zrna je důležitá pro jeho hodnocení, skladování a samotné zpracování. Každé obilné zrno je složeno z několika částí, které zastupují určitý podíl zrna (Kučerová 2016). Anatomická stavba jednotlivých zrn různých druhů obilovin je téměř stejná. Obilky se odlišují pouze ve velikosti a tvaru zrn, poměru jednotlivých částí zrna, přítomnosti pluch a jejich chemickém složení (Shewry et al. 2023).

### 3.4.1. Anatomická stavba

Popis anatomické stavby obilného zrna je uvedený na příkladu pšenice seté (*T. aestivum*). Obilné zrna se skládá ze zárodku (2,5–3,5 %), otrub (13–17 %) a moučného endospermu (80–85 %) (Arendt & Zannini 2013). Jednotlivé části obilného zrna mají různé vlastnosti a zastávají specifické úkoly během životního cyklu zrna nejen při jeho samotném růstu, ale také při technologickém zpracování obilí (Shewry et al. 2023). Detailní anatomická stavba podélným řezem zrna pšenice je znázorněna na Obrázku 10.



**Obrázek 10:** Podélný, detailní řez zrnem pšenice (Sluková et al. 2017)

#### Obalové vrstvy

Obalové vrstvy (exosperm) zahrnují perikarp a obal semene (zvaný testa). Tyto vrstvy slouží jako ochrana proti vnějším vlivům a jsou v mlynářské technologii označovány jako otruby. Skládají se z několika buněčných vrstev, které chrání klíček a endosperm před vysycháním a mechanickým poškozením (Kučerová 2016; Arendt & Zannini 2013). Perikarp obsahuje látky jako nerozpustné polysacharidy, které zhoršují kvalitu a zpracovatelnost těsta. Také ovlivňují negativně zbarvení hotového výrobku. Obalové vrstvy jsou důležitým zdrojem vlákniny a minerálních látek (železo, vápník, hořčík, křemík, fosfor) (Ahmad et al. 2023).

#### Aleuronová vrstva

Aleuronová vrstva obilného zrna obklopuje škrobový endosperm a v některých případech také embryo. Aleuronová vrstva je tvořena buňkami krychlového tvaru, které mají silnou buněčnou stěnu. Během zpracování obilnin je část aleuronové vrstvy odstraněna mletím, společně s otrubami. V této části se vyskytují nutričně významné látky, například bílkoviny, tuky, fosfor, thiamin, riboflavin nebo niacin. Bílkoviny jsou obsaženy v aleuronové vrstvě až z 30 % (Arendt & Zannini 2013; Příhoda et al. 2004).

## Endosperm

Endosperm tvoří přibližně 80 % hmotnosti z celého obilného zrna. Jeho hlavní složkou je škrob, který je v endospermu zastoupený přibližně z 75 %. Další významnou součástí endospermu jsou bílkoviny, které jsou v této části zastoupeny přibližně z 12 % (Sluková et al. 2017; Shewry et al. 2023). Všechny obiloviny a jejich odrůdy mají téměř stejnou strukturu endospermu, mohou se ovšem odlišovat v jeho chemickém složení (např. ve složení glutenových bílkovin, škrobu a lipidů) (Ahmad et al. 2023).

## Zárodek (embryo)

Obilný zárodek (klíček, CG) je umístěn na spodní hřbetní straně obilky. Obsahuje až 25 % bílkovin, 18 % sacharidů (především sacharózu, rafinózu) a 16 % lipidů (Arendt & Zannini 2013). Je to část obilného zrna, která za správných podmínek může klíčit a růst. Z klíčku se vyvíjí stonek a listy. Klíček je vedlejší produkt získaný při mletí obilovin a obsahuje zdravé prospěšné látky, a to zejména nenasycené MK, důležité aminokyseliny, vitamíny skupiny B a vlákninu. Ačkoliv obilné klíčky disponují vysokou nutriční hodnotou, často jsou považovány během zpracování obilovin za vedlejší produkt nebo odpad (Ohwoavworhua & James 2019; Wang 2021). Při mletí obilovin se klíčky oddělují, a to z důvodu nízké stability na vzduchu způsobené vysokým obsahem tuků. Obilné klíčky se využívají na krmné účely, ale také v potravinářství a farmaceutickém průmyslu (Kučerová 2016).

### 3.4.2 Chemické složení

Chemické složení obilných zrn se v rámci různých druhů obilovin a odrůd může značně lišit. Všechna obilná zrna obsahují všechny makroživiny, vlákninu, minerály, vitamíny a bioaktivní látky (Ahmad et al. 2023). Z hlediska obsahu bílkovin dominuje rýže. Oves poté z obilovin obsahuje největší množství lipidů (Příhoda et al. 2004). Dle Kučerová (2016) je největší množství popelovin v aleuronové vrstvě zrna (10,9 %). Bílkoviny a lipidy jsou poté nejvíce zastoupeny v samotném klíčku obilovin (bílkoviny 34,0 %, lipidy 27,6 %). V oplodí a osemeni zrn se vyskytuje obzvláště celková vláknina a pentosany (celková vláknina 50,9 %, pentozany 46,6 %). Z hlediska obsahu škrobu se jeho zastoupení vyskytuje pouze v endospermu obilných zrn, a to z 80,4 %. V Tabulce 7 je znázorněno chemické složení v jednotlivých částech zrna v % sušiny.

**Tabulka 7:** Chemické složení v jednotlivých částech zrna v % sušiny (Kučerová 2016)

|                          | Popel | Bílkoviny | Lipidy | Celková vláknina | Pentozany | Škrob |
|--------------------------|-------|-----------|--------|------------------|-----------|-------|
| <b>Oplodí a osemení</b>  | 3,4   | 6,9       | 0,8    | 50,9             | 46,6      | 0     |
| <b>Aleuronová vrstva</b> | 10,9  | 31,7      | 9,1    | 11,9             | 28,3      | 0     |
| <b>Klíček</b>            | 5,8   | 34,0      | 27,6   | 2,4              | 0         | 0     |
| <b>Endosperm</b>         | 0,6   | 12,6      | 1,6    | 0,6              | 3,3       | 80,4  |

Jak zmiňuje Sluková et al. (2017), z celkového množství sacharidů v obilovinách dominuje žito (68–82 %), ovšem pšenice obsahuje největší množství samotného škrobu (59–75 %). V žitu je rovněž nejvyšší množství vlákniny a  $\beta$ -glukanů. Žito obsahuje 4,2–2,4 % vlákniny a 1–2 %  $\beta$ -glukanů. Tritikále a ječmen jsou poté nejbohatší na obsah obilných bílkovin, konkrétně tritikále obsahuje 10–20 % a ječmen 8,1–21,2 %. Dále se ve všech zmíněných obilovinách, a to přibližně ve stejném množství, vyskytují lipidy. V případě ječmene hodnoty mohou dosahovat až 7,0 %. V ječmeni, pšenici, žitu i triticales jsou taktéž přibližně ve stejném množství zastoupené popeloviny. V Tabulce 8 je uvedeno zmíněné chemické složení zrna ječmene, pšenice, žita a triticales.

**Tabulka 8:** Chemické složení zrna obilovin ječmene, pšenice, žita a triticales v hm. % (Sluková et al. 2017)

|                                   | Ječmen   | Pšenice | Žito     | Tritikale |
|-----------------------------------|----------|---------|----------|-----------|
| <b>Sacharidy</b>                  | 56–84    | 65–86   | 68–82    | 68–75     |
| <b>Škrob</b>                      | 58–62    | 59–75   | 52–67    | 51–68     |
| <b>Vláknina</b>                   | 0,5–9,3  | 0,7–3,1 | 4,2–2,4  | 1,7–2,9   |
| <b><math>\beta</math>-glukany</b> | 1,9–11,0 | 0,5–1,0 | 1–2      | 0,5–0,8   |
| <b>Bílkoviny</b>                  | 8,1–21,2 | 10–14   | 8,7–10,5 | 10–20     |
| <b>Lipidy</b>                     | 0,9–7,0  | 1,5–3,3 | 1,5–4,5  | 1,5–1,8   |
| <b>Popel</b>                      | 1,3–2,5  | 1,4–2,0 | 1,8–1,9  | 1,7–2,9   |

## Bílkoviny

Bílkoviny (proteiny) jsou polymery tvořeny řetězci aminokyselin, které jsou vzájemně spojené peptidovou vazbou. Bílkoviny v obilných zrnech se rozdělují na albuminy, globuliny, prolaminy a gluteliny. Rozdělují se na základě roztoku, ve kterém jsou rozpustné. Albuminy jsou rozpustné ve vodě, globuliny v roztocích solí, prolaminy v 70% ethanolu a gluteliny v roztocích kyselin a zásad (Goesaert et al. 2005). Odlišné druhy obilovin nesou různé názvy pro tyto bílkovinné části. Například prolaminové bílkoviny pšenice se nazývají gliadiny, gluteliny poté gluteniny (Ahmad et al. 2023).

Z pohledu technologického zpracování obilovin se bílkoviny dělí na lepkové a nelepkové bílkoviny. Lepkové bílkoviny tvoří přibližně 80–85 % ze všech bílkovin v zrně. Tyto bílkoviny vykazují pozitivní vliv při pečení pečiva (Arendt & Zannini 2013). Pšeničný lepek je pojem, který společně označuje gliadiny a gluteniny. Dominantní schopností lepku je tvorba pružného gelu (Příhoda et al. 2004). Gliadiny ovlivňují viskozitu a tažnost těsta. Na druhé straně gluteniny mají vliv na pružnost těsta, ale také na jeho kompaktnost (Joye et al. 2009).

Bílkoviny se v obilném zrně ve větším množství nachází v klíčku a aleuronové vrstvě. V opačném případě jsou méně obsaženy v obalových částech zrna a v endospermu (Shewry et al. 2023).

## Sacharidy

Sacharidy jsou nejpočetnější složkou obilovin a jejich hlavní část tvoří škrob. Škrobová zrna obilovin se skládají ze dvou frakcí škrobu, a to amylozy (25 %) a amylopektinu (75 %) (Arendt & Zannini 2013). V obalových vrstvách se nachází nerozpustné polysacharidy jako hemicelulóza a celulóza. V aleuronové vrstvě jsou obsaženy rozpustné sacharidy, zejména arabinoxylany, fruktany a  $\beta$ -glukany. Tyto tři sacharidy se vyskytují také v endospermu obilného zrna, ale v malém množství. Dále jsou zastoupeny redukující jednoduché sacharidy (tzv. cukry), např. fruktóza, sacharóza, maltóza, rafinóza, nebo glukóza, a to v klíčku obilného zrna. Mimo jiné se zde vyskytují také glykoproteiny, celulóza a arabinoxylany (Sluková et al. 2017). Obiloviny obsahují také velmi důležité rostlinné polysacharidy, a to konkrétně vlákninu. Mezi nejdůležitější složky vlákniny patří arabinoxylany,  $\beta$ -glukany, celulóza nebo např. lignin (Elleuch et al. 2011).

## Lipidy

Přestože obsah lipidů v obilovinách je poměrně nízký, lipidy jsou velmi důležitou složkou obilných zrn. Jsou primárním zdrojem energie, udržují strukturální stabilitu a funkčnost buněčné membrány, hrají důležitou roli v signalizaci hormonů a jsou nezbytné pro absorpci rozpustných vitamínů (Ahmad et al. 2023).

Lipidy obilovin se nacházejí zejména v klíčku a otrubách, v menším množství v endospermu. Obilná zrna a potravinářské výrobky z nich se liší obsahem a složením lipidů. Obilné lipidy mají ve srovnání s oleji z olejnatých semen větší variabilitu složení, protože se skládají nejen z neutrálních lipidů, ale obsahují také značné množství polárních lipidů. Neutrální lipidy se skládají primárně z triacylglycerolů a rostlinných sterolů. Polární lipidy zahrnují glycerolipidy, diacylglyceroly, monoacylglyceroly, fosfolipidy a glykolipidy (Cornell & Hoeling 2019; Moazzami et al. 2011). V aleuronové vrstvě a embryu obilných zrn se vyskytují ve většinovém množství nepolární lipidy. Polární lipidy jsou poté obsaženy v endospermu (Marion et al. 2003).

Důležitou součástí lipidů jsou také lipofilní pigmenty, a to oranžová nebo žlutá barviva (např. karotenoidy, lutein) (Příhoda et al. 2004).

## Minerální látky a vitamíny

Endosperm obilných zrn neobsahuje téměř žádné vitamíny. Ty se vyskytují hlavně v otrubách a embryu, které jsou zdrojem především vitamínů skupiny B (thiamin, riboflavin, kyselina nikotinová a nikotinamid). Dále vitamín E, který patří do skupiny vitamínů rozpustných v tucích. Z hlediska obsahu minerálních látek se v obilkách vyskytuje vápník, železo a hořčík. Tyto látky se nachází v obalových částech zrna a v endospermu (Příhoda et al. 2004). Na druhé straně se v obilovinách nevyskytuje vitamín C a B12, dále vitamín A a beta-karoten (s výjimkou žluté kukuřice) (Tufail et al. 2023).



### 3.5 Mastné kyseliny v obilovinách

Většina lipidů v obilovinách a jejich odrůdách obsahuje primárně nenasycené mastné kyseliny, zejména PUFA. Tyto mastné kyseliny zahrnují také esenciální MK, a to kyselinu linolovou a  $\alpha$ -linolenovou. Kyselina linolová tvoří většinu z celkového obsahu mastných kyselin v obilovinách, a to přibližně 50–65 % (Arendt & Zannini 2013; Cornell & Hoeling 2019). Lipidy z obilných klíčků obsahují více než polovinu polynenasycených MK (Ohwoavworhua & James 2019; Wang 2021). Hlavními nasycenými mastnými kyselinami v obilovinách jsou kyselina palmitová a stearová. Dále mononenasycená mastná kyselina olejová (Moazzami et al. 2011).

V obilných zrnech se mastné kyseliny vyskytují především vázané ve formě TAG. Volné mastné kyseliny se v obilkách vyskytují v malém množství. V obilovinách a jejich odrůdách je zastoupeno zejména sedm hlavních MK, a to nasycené MK (kyselina laurová, myristová, palmitová, stearová) a nenasycené MK (kyselina olejová, linolová, linolenová) (Gordon et al. 2018).

Jednotlivé zastoupení mastných kyselin v základních druzích obilovin je znázorněno v Tabulce 9. Dle Příhoda et al. (2004) se lipidy pšenice, žita, ječmene, ovsa a kukuřice skládají převážně z linolové mastné kyseliny (C 18:2), která je většinou přítomna v nadpolovičním množství (kromě ovsa). Pšenice a kukuřice neobsahují myristovou mastnou kyselinu (C 14:0), na rozdíl od žita, ječmene a ovsa, kde je tato mastná kyselina přítomna ve velmi malém množství (žito 0,1 %, ječmen 0,4 %, oves 1,4 %). Nejvyšší množství linolenové mastné kyseliny (C 18:3) bylo zjištěno v žitu, a to 9 %. Oves obsahuje nejvíce mastné kyseliny olejové (C 18:1) obsažené z 35 %. Dále kyselina stearová (C 18:0) dosahuje největšího zastoupení v ovsu a kukuřici (2 %). V ječmeni poté mastná kyselina palmitová (C 16:0), která obsahuje 22 %.

**Tabulka 9:** Složení mastných kyselin v obilovinách (% ze všech MK) (Příhoda et al. 2004)

| MK →            | Myristová | Palmitová | Stearová | Olejová | Linolová | Linolenová |
|-----------------|-----------|-----------|----------|---------|----------|------------|
| <b>Pšenice</b>  | X         | 20        | 1,5      | 16      | 58       | 4          |
| <b>Žito</b>     | 0,1       | 16        | 1,0      | 14      | 59       | 9          |
| <b>Ječmen</b>   | 0,4       | 22        | 1,2      | 16      | 56       | 6          |
| <b>Oves</b>     | 1,4       | 20        | 2,0      | 35      | 41       | 2          |
| <b>Kukuřice</b> | X         | 14        | 2,0      | 30      | 50       | 3          |

### 3.6 Vliv lipidů a jejich MK na technologické zpracování obilovin

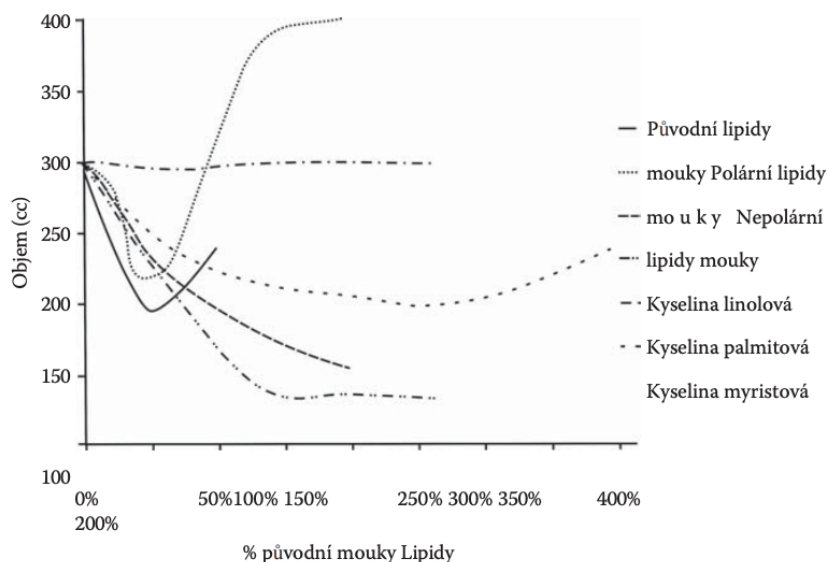
V potravinářských výrobcích z obilovin se lipidy jako jejich přirozená součást vyskytují ve velmi malém množství. Z toho důvodu se do výrobků přidávají jako přídatné látky. V pekárenské technologii se používají jak rostlinné, tak živočišné tuky (Skřivan et al. 2022).

Lipidy mají významný vliv na strukturu a chuť obilných potravin, např. pečiva, sušenek, ale také nápojů, jako je pivo. I přes to, že lipidy z obilovin tvoří pouze malý podíl z celkového složení mouky, jejich úloha při zpracování obilovin a v konečných výrobcích je velmi významná (Marion et al. 2003). Vyšší obsah lipidů u pekařských výrobků zpomaluje jejich stárnutí (Skřivan

et al. 2022). Z hlediska obsahu lipofilních barviv se v případě výrobků bílého pečiva upřednostňuje spíše menší množství a jejich vysoký obsah v mouce je tedy nežádoucí (Příhoda et al. 2004).

Na druhé straně většinové množství nenasycených mastných kyselin v lipidech značí také jejich nestabilitu, která se projevuje při delším skladování mouky. Dochází k hydrolýze lipidů lipázami (enzymy). Nenasycené MK velmi snadno podléhají oxidaci (žluknutí), která se projevuje narůstáním kyselosti (Příhoda et al. 2004).

Polární lipidy společně s rozpustnými bílkovinami (albumin a globulin) fungují v těstě jako povrchově aktivní látky. Mají schopnost rozptýlit se a vytvořit stabilní vrstvy lipidů a lipo-proteinů. Tato schopnost je důležitá pro přípravu a pečení pečiva. Zejména pšeničné lipidy ovlivňují pozitivně objem pečiva a pěnivost vodní fáze těsta (Marion et al. 2003). Pšenice je jedinou obilovinou, ze které lze získat těsto s viskoelastickými vlastnostmi. Tyto vlastnosti jsou zásadní pro výrobu provzdušněných výrobků. Konkrétně lze zmínit nejen reologické vlastnosti těsta (např. viskozita, elasticita), ale také stabilizaci plynových buněk během samotné expanze těsta při kvašení. Na základě povrchové aktivity jsou při stabilizaci buněk plynu důležité proteiny a lipidy. Povrchově aktivní sloučeniny, přítomné na rozhraní plyn-kapalina, adsorbují vzduchové molekuly během míchání. Mezi chemické sloučeniny, které zvětšují objem bochníků patří např. nasyčené mastné kyseliny nebo fosfolipidy (MacRitchie 2010). Oproti tomu nepolární lipidy mají tendenci snižovat objem pečiva, protože fungují jako protipěnicí látky (Marion et al. 2003). Konkrétním příkladem je kyselina linolová nebo myristová. Dále volné MK, mono-, di- a triglyceridy (MacRitchie 2010). Na Obrázku 11 je znázorněna závislost objemu bochníku chleba na procentu přidaných typů lipidů, které byly přidány do odtučněné mouky odrůdy Jagger.



**Obrázek 11:** Závislost objemu bochníku chleba na procentu přidaných lipidů do odtučněné mouky odrůdy Jagger (MacRitchie 2010).

### 3.7 Změny složení obilovin vlivem jejich zpracování

Technologické zpracování obilnin zahrnuje procesy jako mletí, fermentaci, sladování nebo vaření. Tyto zmíněné procesy mají značný vliv na celkové složení a obsah jednotlivých živin v zrně a výsledných produktech. Během mletí dochází ke snížení obsahu nejen vlákniny a tuků, ale také vitamínů a minerálů. Z toho důvodu je velmi časté obilné potraviny obohacovat o zmíněné živiny, a to zejména vitamín B1, B2, niacin, kyselinu listovou, železo a zinek (Serna-Saldivar 2010). V technologii zpracování obilovin má proces mletí významný vliv na složení a obsah lipidů v mouce. Vyšší výtěžnost při mletí obilovin zvyšuje podíl nepolárních lipidů v mouce. Proces mletí také ovlivňuje poměr fosfolipidů a glykolipidů (Marion et al. 2003).

Během tepelného zpracování obilovin dochází k ovlivnění biologické dostupnosti škrobu, bílkovin a mikroživin. Nadměrné tepelné zpracování zvyšuje množství odolného škrobu. To má za následek snížení stravitelné energie, ale zvýšení obsahu fermentované vlákniny ve střevech. Naopak klíčení a fermentace obilovin vede k pozitivním účinkům, zejména zlepšení kvality bílkovin, stravitelnosti obilnin a lepší biologické dostupnosti vitamínů (Serna-Saldivar 2010).

Celé obilky a celozrnné produkty by měly obsahovat všechny základní části a přirozeně se vyskytující živiny zrna v jejich původním poměru. Pokud došlo ke zpracování zrna (např. mletím, drcením, válcováním, extruzí nebo vařením), potravinářský výrobek by měl zachovat podobné relativní poměry hlavních anatomických složek (endospermu, klíčků a otrub), jako je tomu u zrna neporušeného. Na druhou stranu rafinovaná zrna a jejich produkty neobsahují všechny složky ve stejném poměru jako v neporušených zrnech. Z toho důvodu jsou přirozeně méně výživná kvůli ztrátě otrub a klíčků během zpracování (Mir et al. 2019).

### 3.8 Stanovení profilu mastných kyselin v obilovinách

Pro stanovení profilu mastných kyselin v obilovinách je nejčastěji využívána analýza pomocí plynové chromatografie (GC). Ke stejným účelům lze také využít kapalinovou chromatografii, hmotnostní spektrometrii nebo kombinace zmíněných metod (Khan 2013). Stanovení profilu mastných kyselin v potravinách je důležité zejména pro znalost nutriční hodnoty obilovin. Důležité je nejen stanovení celkového množství tuku, ale také poměru všech MK. GC využívá zvýšené teploty k odpařování látek, které se separují při průchodu stacionární fází kolony (Nielsen & Qian 2017). Tento proces probíhá v koloně, kde je vzorek rozdělený mezi pohyblivou mobilní fází (plyn) a pevnou stacionární fází v koloně. Detekce probíhá na základě rychlosti, s jakou analyzované látky procházejí kolonou. Analyty jsou poté detekovány za účelem jejich kvantifikace (Khan 2013).

K izolaci lipidů z analyzovaného vzorku se využívá metoda extrakce pomocí organického rozpouštědla (Gordon et al. 2018). Rozpouštědlo využívané k extrakci lipidů z živočišných tkání je směs chloroformu a methanolu (2:1). Při extrakci rostlinného materiálu se využívá rozpouštědlo hexan nebo petroléter. Extrakcí rozpouštědlem je získaná směs lipidů (např. TAG, volné MK, estery sterolů, fosfolipidy) (Seppänen-Laakso 2002).

Při stanovení obsahu lipidů v obilných zrnech záleží na zvolení chemikálie pro extrakci. Při extrakci pomocí étheru je získáváno z obilek přibližně 1,9 % lipidů. Po zvolení polárního rozpouštědla (např. butanol nasycený vodou) lze získat hodnoty kolem 2,2 % a při využití kyselé hydrolýzy zhruba 2,5 %. Vyjímkou je oves u kterého výtěžnost nabývá hodnoty kolem 6 % (Příhoda et al. 2004).

Většina analýz pomocí GC vyžaduje derivatizaci extraktů před vlastním měřením. Derivatizace je prováděna z důvodu vysokých bodů varů mastných kyselin, které se obtížně odpařují (Zhang et al. 2015). Existuje mnoho metod derivatizace a následných derivátů mastných kyselin používaných při analýze mastných kyselin. Nejdůležitějšími jsou metylesterové deriváty, které se považují za standardní při profilování mastných kyselin pomocí GC (Schreiner 2006). Tyto derivatizační metody esterifikují lipidy za vzniku methylesterů mastných kyselin (FAME), které mají vyšší stabilitu a těkavost. Jsou tedy vhodné pro analýzu pomocí plynové chromatografie. FAME vznikají zmýdlením TAG a fosfolipidů, kdy dochází k uvolnění MK, které následně esterifikují (Seppänen-Laakso 2002). Schreiner (2006) ve své studii zaměřené na analýzu profilu mastných kyselin uvádí dvě nejběžnější metody derivatizace vzorků, a to kyselý (pomocí methanolického roztoku  $\text{BF}_3$ -boron trifluorid) a alkalický způsob (pomocí methoxidu sodného).

## 4 Materiál a metody

V rámci metodiky práce byl stanoven obsah sušiny, celkový obsah lipidů a pomocí plynové chromatografie byl stanoven a porovnán profil mastných kyselin vybraného souboru vzorků obilovin a jejich odrůd.

### 4.1 Materiál

Pro stanovení profilu mastných kyselin bylo vybráno a analyzováno devět vzorků odrůd pšenice seté ozimé (*Triticum aestivum*), pět pšenice špaldy (*Triticum spelta*) a pět tritordea (*Tritordeum martinii*). Dále jeden vzorek pšenice jednozrnky (*Triticum monococcum*) odrůdy Rumona a pšenice dvouzrnky (*Triticum dicoccum*) odrůdy Rudico. Soubor uvedených obilovin byl doplněný o jeden vzorek Kernzy (*Thinopyrum intermedium*), a to z toho důvodu, že se Kernza stává stále více populární alternativou k tradičním obilovinám.

#### 4.1.1 Pšenice setá ozimá

Odrůdy pšenice seté ozimé (*Triticum aestivum*) pocházely z PRO-BIO – Svaz ekologických zemědělců, z.s. se sídlem v Šumperku. Vyjímkou jsou odrůdy AF Zora, AF Jumiko a AF Oxana, které byly poskytnuty ze Zemědělského výzkumného ústavu Kroměříž, s.r.o., se sídlem v Kroměříži. Konkrétní seznam analyzovaných odrůd je uveden v Tabulce 10. Také jsou uvedeny dominantní vlastnosti a charakteristika odrůd.

**Tabulka 10:** Odrůdy pšenice seté ozimé

| Název odrůdy                | Charakteristika   |   |
|-----------------------------|---|---|
| <b>Butterfly</b>            | Registrace 2017, Středně odolná proti mrazu, vysoký obsah dusíkatých látek a objemová hmotnost (ÚKZÚZ 2024).  |   |
| <b>AF Jumiko</b>            | Registrace 2019, purpurové zbarvení   | Odrůdy barevné pšenice ozimé, zbarvené díky výskytu antokyanů. Zvýšená nutriční hodnota, biologicky aktivní látky (Martínek & Kotíková 2021). |
| <b>AF Oxana</b>             | Registrace 2020, modré zbarvení   |   |
| <b>AF Zora</b>              | Registrace 2021, černé zbarvení   |   |
| <b>Liocharis population</b> | Pěstována v biodynamických podmínkách, přizpůsobena ekologickému pěstování. Sstabilně výnosná, zdravá, vysoce kvalitní ozimá pšenice s vysokou konkurencí plevelů (F & Z Dottenfelder Hof 2021) |   |
| <b>Lorien</b>               | Odolná proti poléhání, chorobám a střední mrazuvzdornosti (Selgen 2020).  |   |
| <b>Royal</b>                | Velmi dobrá pekařská kvalita, odolná vůči mrazu a poléhání. Vhodná i do horších podmínek pěstování (PRO-BIO 2021).  |   |

Pokračování:

|               |   |
|---------------|---|
| <b>Tengri</b> | Vysoká objemová hmotnost, dobrý zdravotní stav a úroveň zralosti. Potlačuje růst plevelů (PRO-BIO 2021).                              |
| <b>Wiwa</b>   | Nižší výnos zrn, méně odolná proti poléhání. Vysoký obsah dusíkatých látek a objemová hmotnost. Stabilita čísla poklesu (ÚKZÚZ 2024). |

#### 4.1.2 Pšenice špalda

Pšenice špalda (*Triticum spelta*) je označována jako stará evropská pšenice, která obsahuje dva getenické typy, a to asijský a evropský. Pšenice špalda má v porovnání s pšenicí setou podstatně nižší nároky na pěstování. Z toho důvodu je velmi známou a oblíbenou obilninou pro pěstitele. Oblíbená je také pro konzumenty. Má vysokou nutriční hodnotu, stravitelnost a příjemnou chuť. Využívá se především na řadu pekárenských výrobků (Konvalinka et al. 2012).

Odrůdy analyzované pšenice špaldy pocházely z PRO-BIO – Svaz ekologických zemědělců, z.s. se sídlem v Šumperku. Tyto odrůdy byly vypěstované v ekologickém zemědělství. Přehled analyzovaných odrůd a jejich charakterizující vlastnosti jsou znázorněny v Tabulce 11.

**Tabulka 11:** Odrůdy pšenice špaldy (*Triticum spelta*)

| Název odrůdy     | Charakteristika  |
|------------------|--|
| <b>Flauder</b>   | Odolná proti poléhání, výborný zdravotní stav klasů a listů, nízká hmotnost zrn. Pouze pro extenzivní způsob pěstování (PRO-BIO 2022).               |
| <b>Raisa</b>     | Odolnost proti padlí, fusáriím. Menší zrno, vhodné pro extenzivní způsob pěstování. Vysoký obsah lepku (PRO-BIO 2022).                               |
| <b>Rubiota</b>   | Tzv. „červená“ odrůda (antokyanové zbarvení). Není křížená s pšenicí setou (Konvalinka et. al 2012).   |
| <b>Serpentin</b> | Odolná vůči poléhání, padlí, rzím, fusáriím. Nadprůměrné výnosy, vysoké pádové číslo, velká hmotnost zrn (PRO-BIO 2022).                             |
| <b>Tauro</b>     | Velmi dobrý zdravotní stav, odolná vůči poléhání a horším podmínkám pěstování. Stabilní výnos. Náchylná na vyšší obsah dusíku v půdě (PRO-BIO 2022). |

#### 4.1.3 Tritordeum

Tritordeum (*Tritordeum martinii*) je uměle vypěstovaná obilnina, která vznikla zkřížením ječmene čilského (*Hordeum chilense*) a pšenice tvrdé (*Triticum durum*). Tritordeum dominuje pozitivními zachovalými vlastnostmi z ječmene čilského, např. odolností vůči suchu. Křížením ječmene a pšenice byly zachovány nejen technologické, ale také nutriční vlastnosti obou plodin. Tritordeum se od běžné pšenice liší svým vysokým obsahem bílkovin a karotenoidů,

kteře dávají pečivu výrazně žlutou barvu. Kromě toho má tritordeum vyšší obsah esenciálních aminokyselin (Nesvadba 2021).

Vzorky analyzovaných odrůd tritordea pocházely ze Zemědělského výzkumného ústavu Kroměříž, s.r.o., se sídlem v Kroměříži. V Tabulce 12 je znázorněn seznam analyzovaných odrůd tritordea společně s jejich charakterizujícími vlastnostmi.

**Tabulka 12:** Odrůdy tritordea

| Název odrůdy  | Charakteristika   |
|---------------|---|
| <b>Aucan</b>  | Komerční registrovaná odrůda (registrace 2011), odolnost a stabilita odrůdy (Kakabouki et al. 2020, Nesvadba 2021).                   |
| <b>Bulel</b>  | Komerční registrovaná odrůda (registrace 2013), vyšší obsah bílkovin, vhodná na výrobu chleba (Kakabouki et al. 2020, Nesvadba 2021). |
| <b>Coique</b> | Komerční registrovaná odrůda. Vysoká enzymatická aktivita (pro slad), vysoká pekařská kvalita (Nesvadba 2021).                        |
| <b>HT444</b>  | Pokročilá linie tritordea. Nejvyšší hmotnost zrna, nejnižší sklizňový index (Nesvadba 2021).  |
| <b>HT460</b>  | Pokročilá linie hexaploidního tritordea (Nesvadba 2021).  |

#### 4.1.4 Pšenice jednozrnka a dvouzrnka

Pšenice jednozrnka (*Triticum monococum*) a pšenice dvouzrnka (*Triticum dicocum*) patří mezi dva nejstarší domestikované typy pšenice, které se liší především počtem zrn v klasu. Na rozdíl od běžné pšenice, mají tyto typy pšenice kvalitnější zrno s vyšším obsahem bílkovin, důležitých vitamínů, minerálů a jsou snadno stravitelné. Oproti moderní šlechtěné pšenici obsahují nižší množství lepku i jeho odlišnou strukturu. Pšenice jednozrnka je nutričně výhodnější než pšenice dvouzrnka. Obsahuje více vlákniny, bílkovin, železa a dalších důležitých minerálů. Bílkoviny obsažené v jednozrnkové pšenici jsou také kvalitnější a obsahují všechny esenciální aminokyseliny. Naopak pšenice dvouzrnka může být vhodná pro osoby s nízkým příjmem vlákniny, kteří preferují jemnější texturu a chuť (PRO-BIO 2022; Van Boxsteal et al. 2020).

Odrůdy analyzované pšenice jednozrnky i pšenice dvouzrnky pocházely z PRO-BIO – Svaz ekologických zemědělců, z.s. se sídlem v Šumperku. Tyto odrůdy byly vypěstované v ekologickém zemědělství. Přehled analyzovaných odrůd a jejich charakterizující vlastnosti jsou znázorněny v Tabulce 13.

**Tabulka 13:** Pšenice jednozrnka a dvouzrnka

| <b>Obilovina</b>  | <b>Odrůda</b> | <b>Charakteristika</b>   |
|-------------------|---------------|--|
| <b>Jednozrnka</b> | Rumona        | Odrůda ozimé formy, je středního vzrůstu, vysoký podíl bílkovin. Vhodná pro ekologické pěstování (PRO-BIO 2022). |
| <b>Dvouzrnka</b>  | Rudico        | Odrůda jarní formy, pevnější stéblo, vysoký obsah lepku a bílkovin. Má vysoký výnos zrna (PRO-BIO 2022).         |

#### 4.1.5 Kernza

Kernza byla záměrně vyšlechtěna ze střední pšeničné trávy (*Thinopyrum intermedium*) za účelem zlepšení výnosu a kvality zrna. I když tato rostlina nepatří mezi tradiční obilniny je svými vlastnostmi a využitím podobná pšenici seté. Navíc vyniká vlastnostmi jako odolností proti suchu, trvalým charakterem a udržitelností. Její obchodní název, Kernza<sup>®</sup>, byl zaveden v roce 2009 americkou výzkumnou organizací The Land Institute, která se specializuje na zkoumání trvale udržitelného zemědělství a potenciálu nových plodin. Kernza je vhodná alternativa k jednoleté pšenici, používána v potravinářském průmyslu, například při výrobě pečiva a piva, nebo může být konzumována jako celé zrno, podobně jako rýže (Tautges et. al 2023).

Analyzovaný vzorek Kernzy TLI-701 pocházel z Výzkumné stanice ČZU v Uhříněvsi, Praha.

## 4.2 Metody

Metody v praktické části diplomové práce zahrnují přípravu vzorků, stanovení obsahu sušiny a následné vlhkosti, stanovení obsahu lipidů Soxhletovou extrakcí, derivatizací a především stanovení profilu mastných kyselin vybraných obilovin a jejich odrůd. Dále jsou uvedeny metody vyhodnocení statistické analýzy.

### 4.2.1 Příprava vzorků

Analyzované vzorky obilovin byly před vlastním stanovením zhomogenizovány pomocí analytického mlýnku IKA A 11 basic. Vzorky byly homogenizovány přibližně 60 sekund. Následně byly uzavřeny do Falcon zkumavek a před použitím uchovány při mrazírenských teplotách, z důvodu prevence proti oxidaci lipidů, a tedy znehodnocení vzorků.

### 4.2.2 Stanovení sušiny

Obsah sušiny byl stanoven pomocí elektronického vlhkostního analyzátoru s halogenovým krystalovým ohřevem Kern DBS 60-3 od výrobce Kern & Sohn. Na váhu vlhkostního analyzátoru bylo naváženo pro účely stanovení sušiny přibližně 0,4 g zhomogenizovaného vzorku. Sušení probíhalo v režimu sušení AUTO při teplotě přibližně 118 °C. Sušení bylo ukončeno automaticky v případě, že úbytek hmotnosti analyzovaného vzorku zůstal konstantní po dobu 30 sekund. Na displeji vlhkostního analyzátoru byl po ukončení sušení automaticky vyhodnocen stanovený obsah sušiny v analyzovaném vzorku



(v %). Stanovení sušiny bylo provedeno u každého vzorku třikrát (n=3). Výsledná hodnota byla vyjádřena jako aritmetický průměr.

#### 4.2.3 Stanovení obsahu lipidů (Soxhletova extrakce)

Stanovení obsahu lipidů bylo provedeno dle Soxhletovy extrakce, kdy principem stanovení byla kontinuální extrakce lipidů do vhodného nepolárního rozpouštědla a jeho odpaření. Po odpaření rozpouštědla následovalo sušení vzorků a gravimetrické stanovení celkového obsahu lipidů.

K extrakci lipidů z analyzovaných vzorků obilnin byl použit Soxhletův extraktor (Solvent Extractor SER 148 od firmy VELP Scientifica Srl). Pro účely této diplomové práce bylo do extrakční patry naváženo přibližně 9 g zhomogenizovaného vzorku. Vzorek byl extrahován do varné extrakční baňky se dvěma varnými kuličkami, a to pomocí rozpouštědla petrolétheru (VWR International, s.r.o., USA). Extrakce trvala přibližně 90 minut. Obsah tuku byl stanoven gravimetricky (vážením) po odpaření rozpouštědla a vysušení vzorků (teplota přibližně 103 °C). Po vysušení byly vzorky přemístěny do exikátorů, kde vychladly do konstantní hmotnosti. Následně byly vzorky zváženy na analytické váze s přesností na 0,0001 g. Extrakce každého vzorku byla provedena dvakrát (n=2). Po extrakci byl vypočítán celkový obsah lipidů ze vzorků, a to dle následujícího vzorce. Výsledek byl přepočítán na celkový obsah lipidů v sušině vzorku obilovin.

$$\text{Obsah tuku } [\%] = \frac{(m_2 - m_1)}{m_0} \times 100$$

$m_2$  = hmotost extrakční baňky s varnými kuličkami [g]

$m_1$  = hmotnost extrakční baňky s varnými kuličkami a tukem po vychladnutí [g]

$m_0$  = hmotnost analyzovaného vzorku [g]

#### 4.2.4 Derivatizace

Lipidy vyextrahované ze vzorků obsahovaly složitou chemickou strukturu (např. TAG, fosfolipidy, estery sterolů) a pro stanovení profilu MK bylo nutné tyto komplexní lipidy upravit tak, aby jednotlivé MK byly dostupné pro chromatografickou analýzu. Toho bylo docíleno pomocí derivatizační metody. Derivatizací byly komplexní lipidy převedeny na methylestery mastných kyselin (FAME), které měly lepší analytické vlastnosti (především těkavost). Pro účel této diplomové práce byla provedena derivatizační metoda pomocí  $\text{BF}_3$  v methanolu (boron trifluorid, tzv. „Lewisova kyselina“), a to dle postupů Li & Watkins (2004). Autoři doporučují využití této metody derivatizace z důvodu časové nenáročnosti a využití malého množství chemického skla a chemikálií. Zároveň tuto metodu derivatizace označují jako rutinní pro přípravu vzorků potravinových lipidů. Při této metodě byla v analyzovaných vzorcích nejprve provedena reakce alkalické hydrolýzy mastných kyselin (zmýdelnění), při které byly rozštěpeny esterové vazby mezi mastnými kyselinami a glycerolovou skupinou. Následovalo uvolnění mastných kyselin. K této reakci došlo v přítomnosti alkálie (hydroxidu sodného, NaOH) a působením tepla. Dále byla provedena esterifikační reakce (methylace) v přítomnosti

kyselého katalyzátoru  $\text{BF}_3$  v methanolu, za vzniku FAME. Vzniklé FAME se extrahovaly pomocí organického rozpouštědla (hexan). Dále je uveden konkrétní postup přípravy FAME.

Vyextrahovaný tuk ze vzorku obiloviny (přibližně 0,5 g) byl převeden do odměrné baňky s objemem 10 ml. Ke vzorku tuku bylo přidáno 0,4 ml 0,5 N NaOH v methanolu. Tento roztok byl připravený rozpuštěním 0,4 g NaOH (Lach-Ner, s.r.o., Česká republika) ve 20 ml methanolu (VWR International, s.r.o., USA). Odměrná baňka byla uzavřena. Hydrolýza probíhala v horkovzdušné sušárně Memmert model 30-1060 od firmy Memmert GmbH po dobu 5 minut, při teplotě 100 °C. Po vychlazení bylo přidáno 0,4 ml 10%  $\text{BF}_3$  v methanolu (Sigma-Aldrich, s.r.o., USA) a odměrná baňka byla opět uzavřena. Methylace probíhala opět v sušárně po dobu 5 minut, při teplotě 100 °C. Po vychlazení byl přidán do odměrné baňky 1 ml hexanu (VWR International, s.r.o., USA) a po řádném protřepání bylo do roztoku doplněno 8,5 ml destilované vody. Roztok byl opět promíchán. Následovalo oddělení vodní fáze a horní vstvy v roztoku. Pomocí pasturovy pipety byla odebrána horní vrstva, kde se na základně odlišné hustoty a polaritý usadily FAME, které byly vhodné ke GC analýze. Bylo odebráno přibližně 200  $\mu\text{l}$  FAME, které byly odebrány do vialek s vnitřními inserty. Ve vodní fázi poté zůstaly ostatní složky lipidů a další polární látky. Celý proces derivatizace byl u každého vzorku proveden třikrát ( $n=3$ ).

#### **4.2.5 Plynová chromatografie – stanovení profilu mastných kyselin**

Stanovení profilu mastných kyselin derivatizovaných vzorků vybraných druhů obilovin a jejich odrůd bylo provedeno pomocí plynového chromatografu s hmotnostní detekcí (GC-MS) Agilent 7890A, výrobce Agilent Technologies, Inc., Santa Clara, CA, USA. Pro analýzu plynové chromatografie byla použita kapilární kolona FAMEWAX GC Capillary Column: 12497 (rozměry 30 m x 0,25 mm ID x 0,25  $\mu\text{m}$ ) od výrobce Restek Corporation, Bellefonte, PA, USA. Kolona obsahovala stacionární fázi s polyethylenglykolem. Při nástřiku byl v injektoru analyzovaný vzorek rozdělen mezi kolonu a odpad v poměru 50:1. Nástřik probíhal při teplotě 225 °C, kdy objem nástřiku vzorku byl 1  $\mu\text{l}$ . Nastavený teplotní program kapilární kolony měl počáteční teplotu 70 °C, a to s výdrží 2 minuty. Následně se teplota zvyšovala s rychlostí 5 °C za minutu, dokud nedosáhla 225 °C. Výdrž byla 9 minut. Dále se teplota opět zvyšovala rychlostí 5 °C za minutu, až do dosažení teploty 240 °C, a to s výdrží 25 minut. Celkový čas analýzy profilu mastných kyselin byl 70 minut. Helium bylo použito jako nosný plyn. Průtok nosného plynu byl nastavený na 1,5 ml za minutu. Detektor byl nastavený na teplotu 250 °C. Identifikace jednotlivých mastných kyselin ze vzorků byla provedena pomocí standardu Food Industry FAME Mix (Restek Corporation, Bellefonte, PA, USA), který obsahoval 37 standardních methylesterů mastných kyselin. Jejich kvantifikace byla provedena na základě retenčních časů ze standardu Food Industry FAME Mix. K výpočtu výsledků byla využita metoda vnitřní normalizace a mastné kyseliny byly vyjádřeny v procentuálním zastoupení. Tímto způsobem se podařilo identifikovat přibližně 95 % mastných kyselin ze vzorků. Stanovení profilu mastných kyselin pro každý vzorek bylo provedeno ve třech opakováních ( $n=3$ ).

#### 4.2.6 Statistická analýza

Pro porovnání statistického významu profilu mastných kyselin obilovin a jejich odrůd byl použit program Statistica 13.0 (TIBCO Software, USA), ENG verze. Byla provedena analýza rozptylu pomocí dvoufaktorové ANOVY pro opakovaná měření na obvyklé hladině významnosti  $P = 95 \%$ , rozšířená o data multivariačního testu významnosti a testu součtu čtverců celkového modelu vs. součtu čtverců reziduí. Tato statistická analýza se používá k vyhodnocení významnosti vlivu více faktorů na více proměnných současně. Faktory byly F1 (botanický druh), F2 (odrůda) a jejich interakce F2(F1) (botanický druh podmiňoval složení odrůdy).

## 5 Výsledky

V rámci této diplomové práce byly vyhodnoceny výsledky obsahu sušiny a lipidů. Dále byl vyhodnocen profil mastných kyselin analyzovaných obilovin a jejich odrůd. Výsledky byly vyjádřeny jako průměrné hodnoty z uvedeného počtu opakování doplněné o hodnoty směrodatných odchylek ( $\bar{x} \pm SD$ ). Výsledky byly zpracovány do přehledných tabulek, doplněných o příslušné grafy. Grafické vyhodnocení bylo provedeno pomocí sloupcových grafů doplněných o chybové úsečky.

### 5.1 Stanovení sušiny

Uvedené stanovení sušiny analyzovaných obilovin a jejich odrůd bylo vyhodnoceno v procentuálním zastoupení. Z výsledných hodnot naměřeného obsahu sušiny byl dopočítán obsah vlhkosti vzorků. Bylo zaznamenáno, že odrůdy s vyšším obsahem sušiny měly nižší vlhkost a naopak. Vlhkost obilovin odpovídá požadovaným hodnotám na skladování obilovin, a to do  $14 \%$ , dle normy ČSN EN ISO 22000 (569600).

#### 5.1.1 Pšenice setá ozimá

Výsledné hodnoty stanoveného obsahu sušiny a dále vlhkosti odrůd pšenice seté ozimé jsou uvedené v Tabulce 14. Z tabulky vyplývá, že nejvyšší obsah sušiny byl naměřený u odrůdy Royal ( $91,56 \pm 0,03$ ). Druhá v pořadí byla vyhodnocena odrůda Butterfly ( $91,54 \pm 0,03$ ), dále Wiwa ( $91,52 \pm 0,02$ ).

Na druhé straně byl vyhodnocen nejnižší obsah sušiny, a to konkrétně u odrůdy Zora ( $88,36 \pm 0,02 \%$ ). Rozdíl v obsahu nejvyšší a nejnižší hodnoty sušiny byl zaznamenán jako relativně významný, s rozdílem  $3,2 \%$ . Odrůdy Liocharis population, Lorien a Tengri měly podobný obsah sušiny, který se pohyboval kolem  $90 \%$ . Hodnoty odrůd Jumiko, Oxana a Zora vykazují nižší hodnoty obsahu sušiny.

Stanovení obsahu sušiny uvedených odrůd bylo naměřeno v rozmezí  $88,36\text{--}91,56 \%$ . Obsah vody poté zahrnoval rozmezí  $8,44\text{--}11,64 \%$ .

**Tabulka 14:** Obsah sušiny a vlhkosti odrůd pšenice seté ozimé

| Odrůda       | Sušina [%]          | Vlhkost [%] |
|--------------|---------------------|-------------|
| Butterfly    | 91,54 ± 0,03        | 8,46        |
| Jumiko       | 88,61 ± 0,02        | 11,39       |
| Liocharis p. | 90,82 ± 0,02        | 9,18        |
| Lorien       | 90,77 ± 0,02        | 9,23        |
| Oxana        | 89,10 ± 0,03        | 10,90       |
| Royal        | <b>91,56 ± 0,03</b> | <b>8,44</b> |
| Tengri       | 90,37 ± 0,01        | 9,63        |
| Wiwa         | 91,52 ± 0,02        | 8,48        |
| Zora         | 88,36 ± 0,02        | 11,64       |

### 5.1.2 Pšenice špalda

Výsledné hodnoty stanoveného obsahu sušiny a dále vlhkosti odrůd pšenice špaldy jsou uvedené v Tabulce 15. Z tabulky je patrné, že mezi odrůdami pšenice špaldy a jejich obsahem sušiny byly jen minimální rozdíly. Nejvyšší obsah sušiny byl stanovený u odrůdy Rubiota (90,49 ± 0,01), zatímco nejnižší obsah sušiny u odrůdy Tauro (90,11 ± 0,02). Rozdíl mezi nejvyšším a nejnižším obsahem sušiny byl pouze 0,38 %.

Stanovení obsahu sušiny uvedených odrůd bylo naměřeno v rozmezí 90,49–90,11 %. Obsah vody poté zahrnoval rozmezí 9,51–9,89 %.

**Tabulka 15:** Obsah sušiny a vlhkosti odrůd pšenice špaldy

| Odrůda    | Sušina [%]          | Vlhkost [%] |
|-----------|---------------------|-------------|
| Flauder   | 90,31 ± 0,01        | 9,69        |
| Raisa     | 90,29 ± 0,01        | 9,71        |
| Rubiota   | <b>90,49 ± 0,01</b> | <b>9,51</b> |
| Serpentin | 90,32 ± 0,02        | 9,68        |
| Tauro     | 90,11 ± 0,02        | 9,89        |

### 5.1.3 Pšenice jednozrnka a dvouzrnka

Vyhodnocené výsledky obsahu sušiny a vlhkosti pšenice jednozrnky a dvouzrnky jsou uvedené v Tabulce 16. Z této tabulky bylo vyhodnoceno, že mezi obilovinami pšenice jednozrnky a dvouzrnky byly zaznamenány rozdíly v obsahu sušiny. Pšenice dvouzrnka vykazovala vyšší obsah sušiny, konkrétně 90,32 ± 0,03 %, než pšenice jednozrnka, u které byl naměřený obsah sušiny 89,90 ± 0,02 %. Rozdíl mezi těmito dvěma typy pšenice činil 0,42 %. Obsah vody poté zahrnoval rozmezí 9,68–10,10 %.

**Tabulka 16:** Obsah sušiny a vlhkosti pšenice jednozrnky a dvouzrnky

| <b>Obilovina</b>   | <b>Sušina [%]</b>   | <b>Vlhkost [%]</b> |
|--------------------|---------------------|--------------------|
| Pšenice jednozrnka | 89,90 ± 0,02        | 10,10              |
| Pšenice dvouzrnka  | <b>90,32 ± 0,03</b> | <b>9,68</b>        |

#### 5.1.4 Tritordeum

Vyhodnocený obsah sušiny a vlhkosti odrůd tritordea je znázorněn v Tabulce 17. Z tabulky lze vyčíst, že nejvyšší obsah sušiny byl naměřený u odrůdy HT444 (89,43 ± 0,55), zatímco nejnižší obsah u odrůdy Coique (88,45 ± 0,03). Rozdíl mezi nejvyšším a nejnižším obsahem sušiny byl 0,98 %. Bylo vyhodnoceno, že odrůdy HT444 a HT460 obsahovaly vyšší obsah sušiny než odrůdy Aucan, Bulel a Coique.

Stanovení obsahu sušiny uvedených odrůd bylo naměřeno v rozmezí 88,45–89,43 %. Obsah vody poté zahrnoval rozmezí 10,57–11,55 %.

**Tabulka 17:** Obsah sušiny a vlhkosti u odrůd tritordea

| <b>Odrůda</b> | <b>Sušina [%]</b>   | <b>Vlhkost [%]</b> |
|---------------|---------------------|--------------------|
| Aucan         | 88,83 ± 0,01        | 11,55              |
| Bulel         | 88,57 ± 0,03        | 11,43              |
| Coique        | 88,45 ± 0,03        | 11,55              |
| HT460         | 89,27 ± 0,25        | 10,73              |
| HT444         | <b>89,43 ± 0,55</b> | <b>10,57</b>       |

#### 5.1.5 Kernza

Naměřená hodnota obsahu sušiny a vlhkosti kernzy je uvedena v Tabulce 18. Z uvedené tabulky vyplývá, že Kernza obsahovala sušinu v hodnotě 90,93 ± 0,03 %, vlhkost poté byla 9,07 %.

**Tabulka 18:** Obsah sušiny a vlhkosti kernzy

| <b>Kernza</b> | <b>Sušina [%]</b> | <b>Vlhkost [%]</b> |
|---------------|-------------------|--------------------|
| FA4           | 90,93 ± 0,03      | 9,07               |

## 5.2 Stanovení obsahu lipidů

Uvedené stanovení obsahu lipidů analyzovaných obilovin a jejich odrůd bylo vyhodnoceno v procentuálním zastoupení. Výsledné hodnoty naměřeného obsahu tuku byly přepočítány na obsah tuku v sušině. Obsah tuku v sušině byl vypočítán z obsahu tuku a obsahu sušiny ve vzorku.

### 5.2.1 Odrůdy pšenice seté ozimé

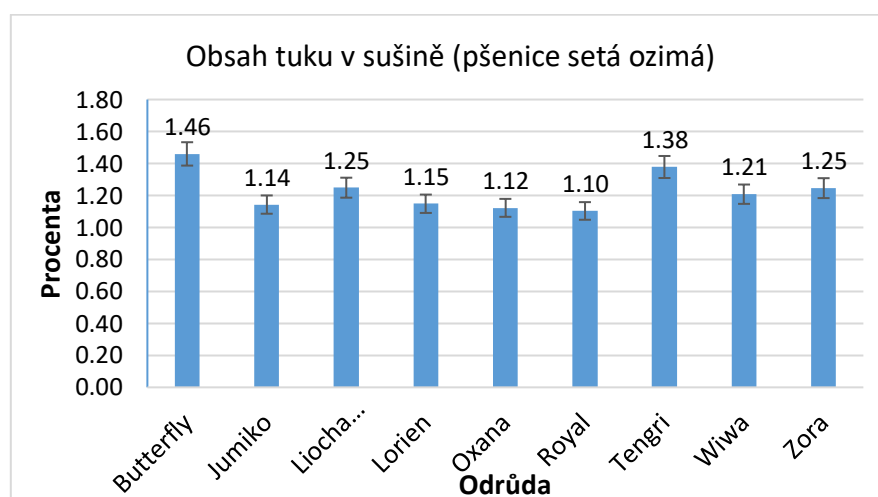
Obsah tuku a následný obsah tuku v sušině odrůd pšenice seté ozimé je uvedený v Tabulce 19. Z analýzy tabulky je zřejmé, že mezi odrůdami pšenice seté ozimé a jejich obsahem tuku byly naměřeny rozdílné hodnoty. Nejvyšší obsah tuku byl zaznamenán u odrůdy Butterfly ( $1,60 \pm 0,11$ ), zatímco nejnižší obsah tuku u odrůdy Royal ( $1,21 \pm 0,09$ ). Rozdíl mezi nejvyšším a nejnižším obsahem tuku činil 0,39 %. Druhý největší obsah tuku byl vyhodnocen u odrůdy Tengri ( $1,53 \pm 0,12$ ), dále odrůdy Zora ( $1,41 \pm 0,03$ ).

Obsahy tuku jednotlivých odrůd se pohybovaly v rozmezí zmíněných hodnot, tedy 1,21–1,60 %.

**Tabulka 19:** Obsah tuku a následný obsah tuku v sušině odrůd pšenice seté ozimé

| Odrůda       | Obsah tuku [%]  | Obsah tuku v sušině [%] |
|--------------|-----------------|-------------------------|
| Butterfly    | $1,60 \pm 0,11$ | 1,46                    |
| Jumiko       | $1,29 \pm 0,08$ | 1,14                    |
| Liocharis p. | $1,38 \pm 0,09$ | 1,25                    |
| Lorien       | $1,27 \pm 0,04$ | 1,15                    |
| Oxana        | $1,26 \pm 0,00$ | 1,12                    |
| Royal        | $1,21 \pm 0,09$ | 1,10                    |
| Tengri       | $1,53 \pm 0,12$ | 1,38                    |
| Wiwa         | $1,32 \pm 0,07$ | 1,21                    |
| Zora         | $1,41 \pm 0,03$ | 1,25                    |

V Grafu 1 je znázorněný obsah tuku v sušině odrůd pšenice seté ozimé. Obsah tuku v sušině byl vyhodnocen u všech analyzovaných odrůd v rozmezí 1,10–1,46 %. Nejvyšší obsah tuku v sušině byl vyhodnocen u odrůdy Butterfly (1,46 %), nejnižší poté u odrůdy Royal (1,10 %).



**Graf 1:** Obsah tuku v sušině odrůd pšenice seté ozimé

### 5.2.2 Odrůdy pšenice špaldy

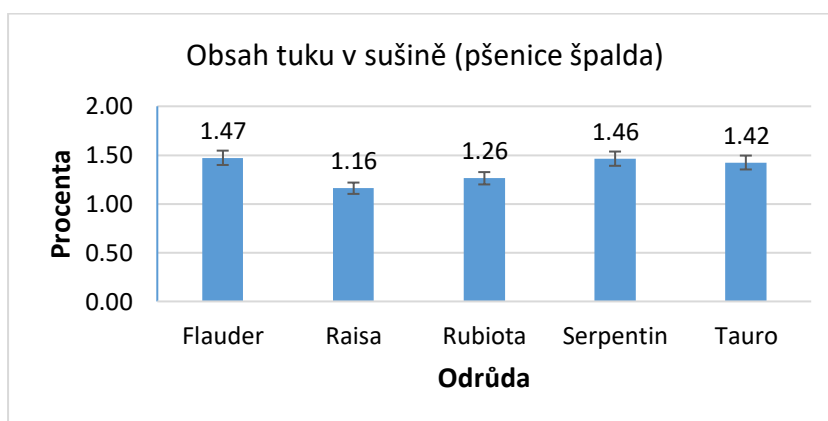
Obsah tuku a následný obsah tuku v sušině odrůd pšenice špaldy je uvedený v Tabulce 20. Z tabulky vyplývá, že mezi odrůdami pšenice špaldy a jejich obsahem tuku byly naměřeny rozdílné hodnoty. Nejvyšší obsah tuku byl stanoven u odrůdy Flauder ( $1,63 \pm 0,04$ ), dále v pořadí u odrůdy Serpentin ( $1,62 \pm 0,06$ ) a Tauro ( $1,58 \pm 0,11$ ). Nejnižší obsah tuku byl naměřený u odrůdy Raisa ( $1,29 \pm 0,05$ ). Rozdíl mezi nejvyšším a nejnižším obsahem tuku činil 0,34 %.

Obsahy tuku jednotlivých odrůd se pohybovaly v rozmezí zmíněných hodnot, tedy 1,29–1,63 %.

**Tabulka 20:** Obsah tuku a následný obsah tuku v sušině odrůd pšenice špaldy

| Odrůda         | Obsah tuku [%]                    | Obsah tuku v sušině [%] |
|----------------|-----------------------------------|-------------------------|
| <b>Flauder</b> | <b><math>1,63 \pm 0,04</math></b> | <b>1,47</b>             |
| Raisa          | $1,29 \pm 0,05$                   | 1,16                    |
| Rubiota        | $1,40 \pm 0,01$                   | 1,26                    |
| Serpentin      | $1,62 \pm 0,06$                   | 1,46                    |
| Tauro          | $1,58 \pm 0,11$                   | 1,42                    |

V Grafu 2 je znázorněný obsah tuku v sušině odrůd pšenice špalda. Obsah tuku v sušině byl vyhodnocen u všech analyzovaných odrůd v rozmezí 1,16–1,47 %. Nejvyšší obsah tuku v sušině byl vyhodnocen u odrůdy Flauder (1,47 %), nejnižší poté u odrůdy Raisa (1,16 %).



**Graf 2:** Obsah tuku v sušině odrůd pšenice špaldy

### 5.2.3 Odrůdy tritordea

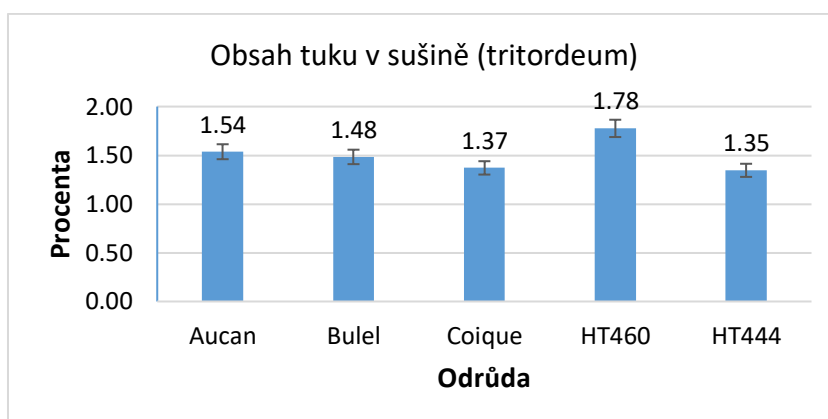
Obsah tuku a následný obsah tuku v sušině odrůd tritordea je uveden v Tabulce 21. Z tabulky je zřejmé, že mezi odrůdami tritordea a jejich obsahem tuku byly rozdíly. Nejvyšší obsah tuku obsahovala odrůda HT460 ( $1,99 \pm 0,03$ ), následovala odrůda Aucan ( $1,73 \pm 0,14$ ). Nejnižší obsah tuku měla odrůda Coique ( $1,55 \pm 0,03$ ). Rozdíl mezi nejvyšším a nejnižším obsahem tuku činil 0,44 %.

Obsahy tuku jednotlivých odrůd se pohybovaly v rozmezí zmíněných hodnot, tedy 1,99–1,73 %.

**Tabulka 21:** Obsah tuku a následný obsah tuku v sušině odrůd tritordea

| Odrůda | Obsah tuku [%]     | Obsah tuku v sušině [%] |
|--------|--------------------|-------------------------|
| Aucan  | 1,73 ± 0,14        | 1,54                    |
| Bulel  | 1,68 ± 0,11        | 1,48                    |
| Coique | 1,55 ± 0,03        | 1,37                    |
| HT460  | <b>1,99 ± 0,03</b> | <b>1,78</b>             |
| HT444  | 1,51 ± 0,01        | 1,35                    |

V Grafu 3 je znázorněný obsah tuku v sušině odrůd tritordea. Obsah tuku v sušině byl vyhodnocen u všech analyzovaných odrůd v rozmezí 1,35–1,78 %. Nejvyšší obsah tuku v sušině byl vyhodnocen u odrůdy HT460 (1,78 %), nejnižší poté u odrůdy HT444 (1,35 %).



**Graf 3:** Obsah tuku v sušině odrůd tritordea

#### 5.2.4 Průměrný obsah lipidů jednotlivých obilovin

Průměrný obsah tuku a následný obsah tuku v sušině tradičních obilovin a kernzy je uvedený v Tabulce 22. Z tabulky jasně vyplývá, že různé druhy obilovin jsou zřetelně rozlišné v obsahu tuku. Nejnižší hodnota obsahu tuku z tradičních obilovin byla stanovena u pšenice seté ozimé s průměrným obsahem  $1,36 \pm 0,07$  %. Nejvyšší hodnotu vykazovala pšenice jednozrnka s průměrným obsahem  $2,02 \pm 0,01$  %. Rozdíl mezi nejnižším a nejvyšším obsahem tuku činil 0,66 %. Pšenice dvouzrnka vykazovala druhý nejvyšší obsah tuku s hodnotou  $1,92 \pm 0,13$  %. Pšenice špalda ( $1,50 \pm 0,05$ ) a tritordeum ( $1,69 \pm 0,06$ ) se nacházely mezi hodnotami extrémů, tedy v rozmezí 2,02–1,36 %. Obsahy tuku jednotlivých obilovin se pohybovaly v rozmezí 1,36–2,02 %.

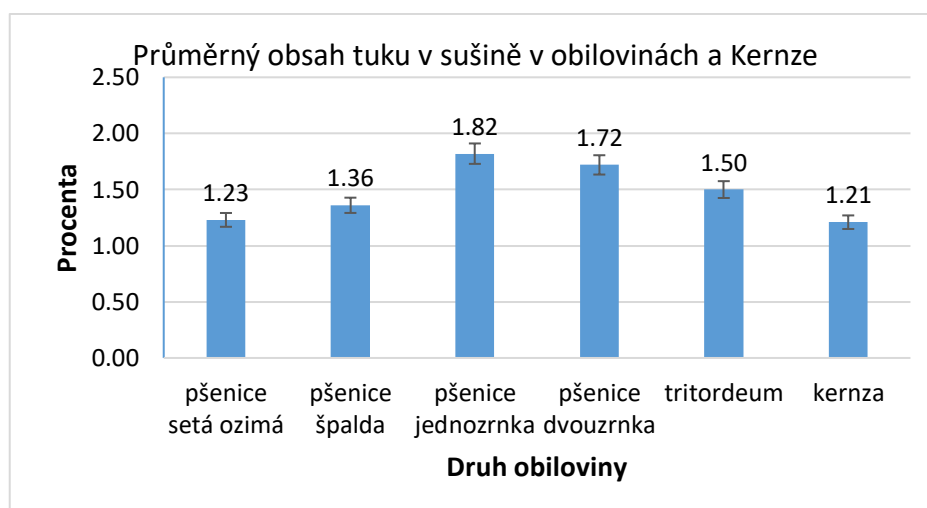
Kernza obsahovala  $1,33 \pm 0,04$  % tuku. Tato hodnota v porovnání s tradičními obilovinami byla nejnižší. V porovnání s pšenicí setou ozimou obsahovala kernza o 0,03 % tuku méně. Tento rozdíl není významný.



**Tabulka 22:** Průměrný obsah tuku a následný obsah tuku v sušině u jednotlivých druhů obilovin

| Obilovina          | Obsah tuku [%]     | Obsah tuku v sušině [%] |
|--------------------|--------------------|-------------------------|
| Pšenice setá ozimá | 1,36 ± 0,07        | 1,23                    |
| Pšenice špalda     | 1,50 ± 0,05        | 1,36                    |
| Pšenice jednozrnka | <b>2,02 ± 0,01</b> | <b>1,82</b>             |
| Pšenice dvouzrnka  | 1,92 ± 0,13        | 1,72                    |
| Tritordeum         | 1,69 ± 0,06        | 1,50                    |
| Kernza             | 1,33 ± 0,04        | 1,21                    |

V Grafu 4 je znázorněný obsah tuku v sušině jednotlivých druhů obilovin a kernzy. Obsah tuku v sušině byl vyhodnocen u všech analyzovaných odrůd v rozmezí 1,21–1,82 %. Nejvyšší obsah tuku v sušině byl vyhodnocen u pšenice jednozrnky (1,82 %), nejnižší poté u pšenice seté ozimé (1,23 %). Kernza v porovnání s obilovinami vykazovala nejnižší obsah tuku v sušině, a to konkrétně 1,21 %.



**Graf 4:** Průměrný obsah tuku v sušině v obilovinách a Kernze

### 5.3 Stanovení profilu mastných kyselin

Stanovení profilu mastných kyselin pomocí GC-MS bylo provedeno pro každý vzorek ve třech opakování (n=3). Z výsledků analýz byly vypočítány průměrné hodnoty a směrodatné odchylky (SD). Následně u zastoupených odrůd dané obiloviny byla určena průměrná hodnota jednotlivých identifikovaných mastných kyselin. Tyto hodnoty vyjadřují průměrný profil mastných kyselin pro danou obilovinu. Všechny hodnoty obsahu mastných kyselin jsou uvedené v procentech (%).

V rámci analýzy bylo u obilovin a jejich odrůd identifikováno celkem 19 MK. Přehled jednotlivých mastných kyselin pomocí jejich zkrácených, systematických a triviálních názvů je uveden v Tabulce 23. Pro jednotlivé vzorky odrůd i průměrné hodnoty obilovin byl stanovený obsah SFA, MUFA a PUFA, a to pomocí součtu obsahu zastoupených mastných kyselin. Přehled

identifikovaných mastných kyselin rozdělených do jednotlivých skupin je znázorněn v Tabulce 24. Dále byly z profilu mastných kyselin PUFA vybráni zástupci skupiny n-3 a n-6 u kterých byl rovněž vyhodnocen jejich souhrnný obsah pomocí součtu jejich obsahu. Rozdělení PUFA do skupin n-3 a n-6 je znázorněno v Tabulce 25. Rozdělení mastných kyselin do zmíněných skupin bylo provedeno z důvodu nutričního zhodnocení analyzovaných odrůd a obilovin.

**Tabulka 23:** Identifikované mastné kyseliny ve vzorcích obilovin a jejich odrůd

| Zkrácený název                      | Systematický název                      | Triviální název         |
|-------------------------------------|---|-------------------------|
| <b>C14:0</b>                        | Tetradekanová kyselina                  | Myristová k.            |
| <b>C15:0</b>                        | Pentadekanová kyselina                  | Pentadekanová k.        |
| <b>C16:0</b>                        | Hexadekanová                            | Palmitová k.            |
| <b>C17:0</b>                        | Heptadekanová kyselina                  | Heptadekanová k.        |
| <b>C17:1 (cis-10)</b>               | Heptadek-10-enová kyselina              | Heptadekenová k.        |
| <b>C18:0</b>                        | Oktadekanová kyselina                   | Stearová k.             |
| <b>C18:1 (cis-9)</b>                | Oktadeka-9-enová kyselina               | Olejová k.              |
| <b>C18:2 (cis-9,12)</b>             | Oktadeka-9,12-dienová kyselina          | Linolová k.             |
| <b>C18:3 (cis-9,12,15)</b>          | Oktadeka-9,12,15-trienová kyselina      | $\alpha$ -Linolenová k. |
| <b>C20:0</b>                        | Eikosanová kyselina                     | Arachidová k.           |
| <b>C20:1 (cis-11)</b>               | Eikosa-11-enová kyselina                | Gadolejová k.           |
| <b>C20:2 (cis-11,14)</b>            | Eikosa-11,14-dienová kyselina           | Eikosadienová k.        |
| <b>C20:5 (all-cis-5,8,11,14,17)</b> | Eikosa-5,8,11,14,17-pentaenová kyselina | EPA                     |
| <b>C22:0</b>                        | Dokosanová kyselina                     | Behenová k.             |
| <b>C22:1 (cis-13)</b>               | Dokosa-13-enová kyselina                | Eruková k.              |
| <b>C22:2 (cis-13,16)</b>            | Dokosa-13,16-dienová kyselina           | Dokosadienová k.        |
| <b>C23:0</b>                        | Trikosanová kyselina                    | Trikosanová k.          |
| <b>C24:0</b>                        | Tetrakosanová kyselina                  | Lignocerová k.          |
| <b>C24:1 (cis-15)</b>               | Tetrakosa-15-enová                      | Nervonová k.            |

**Tabulka 24:** Rozdělení mastných kyselin do skupin SFA, MUFA, PUFA

| SFA                    | MUFA                   | PUFA                          |
|------------------------|------------------------|-------------------------------|
| Myristová kyselina     | Heptadekenová kyselina | Linolová kyselina             |
| Pentadekanová kyselina | Olejová kyselina       | $\alpha$ -Linolenová kyselina |
| Palmitová kyselina     | Gadolejová kyselina    | Eikosadienová kyselina        |
| Heptadekanová kyselina | Eruková kyselina       | EPA                           |
| Stearová kyselina      | Nervonová kyselina     | Dokosadienová kyselina        |
| Arachidová kyselina    |                        |                               |
| Behenová kyselina      |                        |                               |
| Trikosanová kyselina   |                        |                               |
| Lignocerová kyselina   |                        |                               |

**Tabulka 25:** Rozdělení PUFA do skupin n-3, n-6

| n-3                           | n-6           |
|-------------------------------|---------------|
| $\alpha$ -Linolenová kyselina | Linolová      |
| EPA                           | Eikosadienová |
|                               | Dokosadienová |

### 5.3.1 Odrůdy pšenice seté ozimé

Profil mastných kyselin pšenice seté ozimé je znázorněn v Tabulce 26. Nejvíce zastoupenou mastnou kyselinou u všech odrůd byla linolová kyselina (C18:2). Nejvyšší hodnota byla zjištěna v odrůdě Zora ( $58,87 \pm 0,15$ ), zatímco nejnižší v Lorien ( $50,51 \pm 5,82$ ). Rozdíl mezi nejnižším a nejvyšším obsahem kyseliny linolové činil 5,84 %.

Druhou nejvíce zastoupenou byla kyselina palmitová (C16:0). Nejvyšší obsah kyseliny palmitové byl u odrůdy Tengri ( $17,94 \pm 0,06$ ), nejnižší u Zory ( $14,85 \pm 0,03$ ). V pořadí následovala kyselina olejová (C18:1) s nejvyšší hodnotou u odrůdy Butterfly ( $15,78 \pm 0,47$ ), naopak nejnižší u odrůdy Lorien ( $12,63 \pm 1,44$ ).

Výrazné rozdíly jsou také patrné v obsahu některých dalších kyselin, jako například  $\alpha$ -linolenové kyseliny (C18:3), kde odrůda Jumiko vykazuje výrazně vyšší hodnotu ( $4,23 \pm 0,02$ ) ve srovnání s ostatními odrůdami.

U odrůdy Lorien nebyla na rozdíl od ostatních odrůd identifikována kyselina behenová (C22:0), dále trikosanová kyselina (C23:0) u odrůdy Butterfly a Zora. Obsahy zmíněných kyselin u ostatních odrůd byly vyhodnoceny pod hodnotami <1 %.

**Tabulka 26:** Profil mastných kyselin odrůd pšenice seté ozimé (NI= neidentifikováno) [%]

| Mastné kyseliny                 | Butterfly                          | Jumiko                             | Liocharis p.                       | Lorien                             | Oxana                              |
|---------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| <b>C14:0</b>                    | 0,10 $\pm$ 0,01                    | 0,07 $\pm$ 0,00                    | 0,08 $\pm$ 0,00                    | 0,11 $\pm$ 0,01                    | 0,08 $\pm$ 0,01                    |
| <b>C15:0</b>                    | 0,09 $\pm$ 0,01                    | 0,09 $\pm$ 0,00                    | 0,08 $\pm$ 0,00                    | 0,09 $\pm$ 0,01                    | 0,08 $\pm$ 0,00                    |
| <b>C16:0</b>                    | 15,81 $\pm$ 0,47                   | 15,82 $\pm$ 0,09                   | 15,78 $\pm$ 0,02                   | 15,55 $\pm$ 1,56                   | 16,57 $\pm$ 0,20                   |
| <b>C17:0</b>                    | 0,08 $\pm$ 0,00                    | 0,12 $\pm$ 0,01                    | 0,09 $\pm$ 0,00                    | 0,08 $\pm$ 0,01                    | 0,11 $\pm$ 0,01                    |
| <b>C17:1 (cis-10)</b>           | 0,06 $\pm$ 0,01                    | 0,07 $\pm$ 0,01                    | 0,05 $\pm$ 0,01                    | 0,04 $\pm$ 0,01                    | 0,06 $\pm$ 0,01                    |
| <b>C18:0</b>                    | 1,13 $\pm$ 0,03                    | 0,90 $\pm$ 0,02                    | 0,85 $\pm$ 0,00                    | 1,06 $\pm$ 0,03                    | 0,92 $\pm$ 0,02                    |
| <b>C18:1 (cis-9)</b>            | 15,78 $\pm$ 0,47                   | 14,72 $\pm$ 0,05                   | 14,06 $\pm$ 0,02                   | 12,63 $\pm$ 1,44                   | 14,67 $\pm$ 0,20                   |
| <b>C18:2 (cis-9,12)</b>         | <b>56,50 <math>\pm</math> 1,45</b> | <b>56,18 <math>\pm</math> 0,34</b> | <b>57,71 <math>\pm</math> 0,07</b> | <b>50,51 <math>\pm</math> 5,82</b> | <b>57,12 <math>\pm</math> 0,42</b> |
| <b>C18:3 (cis-9,12,15)</b>      | 3,58 $\pm$ 0,10                    | 4,23 $\pm$ 0,02                    | 3,82 $\pm$ 0,01                    | 3,14 $\pm$ 0,36                    | 3,75 $\pm$ 0,01                    |
| <b>C20:0</b>                    | 0,17 $\pm$ 0,01                    | 0,14 $\pm$ 0,00                    | 0,14 $\pm$ 0,00                    | 0,21 $\pm$ 0,02                    | 0,14 $\pm$ 0,01                    |
| <b>C20:1 (cis-11)</b>           | 0,71 $\pm$ 0,05                    | 0,57 $\pm$ 0,28                    | 0,76 $\pm$ 0,01                    | 0,89 $\pm$ 0,10                    | 0,49 $\pm$ 0,36                    |
| <b>C20:2 (cis-11,14)</b>        | 0,26 $\pm$ 0,14                    | 0,11 $\pm$ 0,01                    | 0,11 $\pm$ 0,00                    | 0,09 $\pm$ 0,01                    | 0,09 $\pm$ 0,00                    |
| <b>C20:5 (cis-5,8,11,14,17)</b> | 0,15 $\pm$ 0,00                    | 0,19 $\pm$ 0,00                    | 0,14 $\pm$ 0,00                    | 0,10 $\pm$ 0,02                    | 0,15 $\pm$ 0,02                    |
| <b>C22:0</b>                    | 0,15 $\pm$ 0,01                    | 0,25 $\pm$ 0,00                    | 0,23 $\pm$ 0,01                    | NI                                 | 0,18 $\pm$ 0,02                    |
| <b>C22:1 (cis-13)</b>           | 0,08 $\pm$ 0,00                    | 0,13 $\pm$ 0,01                    | 0,06 $\pm$ 0,01                    | 0,11 $\pm$ 0,01                    | 0,04 $\pm$ 0,01                    |

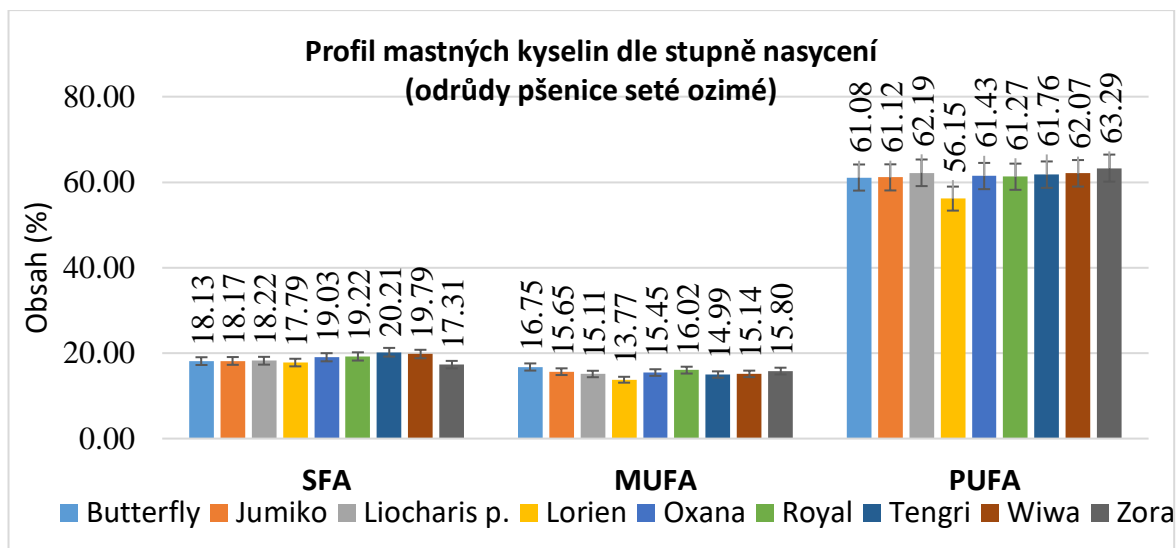
Pokračování:

|                          |             |             |             |             |             |
|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>C22:2 (cis-13,16)</b> | 0,59 ± 0,34 | 0,40 ± 0,02 | 0,42 ± 0,01 | 2,31 ± 1,89 | 0,32 ± 0,12 |
| <b>C23:0</b>             | NI          | 0,06 ± 0,00 | 0,07 ± 0,01 | 0,04 ± 0,01 | 0,07 ± 0,00 |
| <b>C24:0</b>             | 0,17 ± 0,01 | 0,19 ± 0,00 | 0,28 ± 0,01 | 0,21 ± 0,01 | 0,24 ± 0,01 |
| <b>C24:1</b>             | 0,13 ± 0,08 | 0,17 ± 0,01 | 0,17 ± 0,01 | 0,11 ± 0,01 | 0,20 ± 0,02 |

Pokračování dalších odrůd:

| <b>Mastné kyseliny</b>          | <b>Royal</b>        | <b>Tengri</b>       | <b>Wiwa</b>         | <b>Zora</b>         |
|---------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| <b>C14:0</b>                    | 0,14 ± 0,04         | 0,11 ± 0,01         | 0,10 ± 0,01         | 0,07 ± 0,00         |
| <b>C15:0</b>                    | 0,10 ± 0,01         | 0,09 ± 0,01         | 0,09 ± 0,00         | 0,08 ± 0,00         |
| <b>C16:0</b>                    | 16,95 ± 0,03        | 17,94 ± 0,06        | 17,52 ± 0,11        | 14,85 ± 0,03        |
| <b>C17:0</b>                    | 0,09 ± 0,00         | 0,08 ± 0,00         | 0,09 ± 0,01         | 0,08 ± 0,01         |
| <b>C17:1 (cis-10)</b>           | 0,06 ± 0,00         | 0,05 ± 0,01         | 0,05 ± 0,00         | 0,05 ± 0,01         |
| <b>C18:0</b>                    | 1,03 ± 0,02         | 1,09 ± 0,02         | 1,03 ± 0,01         | 0,97 ± 0,00         |
| <b>C18:1 (cis-9)</b>            | 14,93 ± 0,16        | 13,98 ± 0,11        | 14,05 ± 0,14        | 14,75 ± 0,00        |
| <b>C18:2 (cis-9,12)</b>         | <b>57,59 ± 0,13</b> | <b>57,57 ± 0,22</b> | <b>58,07 ± 0,09</b> | <b>58,87 ± 0,15</b> |
| <b>C18:3 (cis-9,12,15)</b>      | 3,17 ± 0,02         | 3,68 ± 0,04         | 3,51 ± 0,02         | 3,90 ± 0,01         |
| <b>C20:0</b>                    | 0,19 ± 0,00         | 0,18 ± 0,00         | 0,19 ± 0,00         | 0,16 ± 0,03         |
| <b>C20:1 (cis-11)</b>           | 0,85 ± 0,02         | 0,77 ± 0,02         | 0,84 ± 0,01         | 0,72 ± 0,04         |
| <b>C20:2 (cis-11,14)</b>        | 0,10 ± 0,00         | 0,09 ± 0,00         | 0,10 ± 0,00         | 0,11 ± 0,01         |
| <b>C20:5 (cis-5,8,11,14,17)</b> | 0,17 ± 0,01         | 0,18 ± 0,01         | 0,15 ± 0,01         | 0,08 ± 0,00         |
| <b>C22:0</b>                    | 0,16 ± 0,01         | 0,15 ± 0,01         | 0,17 ± 0,02         | 0,23 ± 0,01         |
| <b>C22:1 (cis-13)</b>           | 0,09 ± 0,01         | 0,10 ± 0,00         | 0,11 ± 0,00         | 0,09 ± 0,01         |
| <b>C22:2 (cis-13,16)</b>        | 0,25 ± 0,01         | 0,24 ± 0,02         | 0,25 ± 0,03         | 0,33 ± 0,02         |
| <b>C23:0</b>                    | 0,05 ± 0,01         | 0,05 ± 0,01         | 0,05 ± 0,00         | NI                  |
| <b>C24:0</b>                    | 0,17 ± 0,00         | 0,17 ± 0,01         | 0,17 ± 0,00         | 0,25 ± 0,00         |
| <b>C24:1</b>                    | 0,09 ± 0,01         | 0,09 ± 0,01         | 0,10 ± 0,00         | 0,19 ± 0,01         |

V Grafu 5 je znázorněný profil mastných kyselin dle stupně nasycení jednotlivých odrůd pšenice seté ozimé. Z grafu je patrné, že jednotlivé odrůdy pšenice se lišily v obsahu těchto mastných kyselin. Odrůda Zora vykazovala nejnižší hodnotu SFA (17,31 %), naopak odrůda Tengri nejvyšší obsah (20,21 %). Z hlediska obsahu MUFA odrůda Butterfly vykazovala nejvyšší hodnotu (16,75 %), nejnižší poté Lorien (13,77 %). V případě obsahu PUFA, odrůda Zora vynikala s nejvyšší hodnotou PUFA (63,29 %). Nejnižší hodnoty PUFA byly stanovené u odrůdy Lorien (56,15 %). Jednotlivé zastoupení n-3 a n-6 mastných kyselin je poté doplněno v tabulce 27. Celkově lze vyhodnotit, že odrůda Jumiko značila vysoký obsah n-3 mastných kyselin (4,42 %), zatímco odrůda Zora vysoký obsah n-6 mastných kyselin (59,31 %).



**Graf 5:** Obsah SFA, MUFA, PUFA odrůd pšenice seté ozimé (Liocharis p. = Liocharis population) [%]

**Tabulka 27:** Obsah n-3 a n-6 mastných kyselin o odrůd pšenice seté ozimé [%]

|     | Butterfly | Jumiko | Liocharis p. | Lorien | Oxana | Royal | Tengri | Wiwa  | Zora  |
|-----|-----------|--------|--------------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|
| n-3 | 3,73      | 4,42   | 3,96         | 3,24   | 3,90  | 3,34  | 3,86   | 3,65  | 3,98  |
| n-6 | 57,35     | 56,70  | 58,24        | 52,91  | 57,54 | 57,94 | 57,90  | 58,42 | 59,31 |

### 5.3.2 Odrůdy pšenice špaldy

Profil mastných kyselin pšenice špaldy je znázorněn v Tabulce 28. Nejvíce zastoupenou mastnou kyselinou u všech odrůd byla linolová kyselina (C18:2). Nejvyšší zastoupení této kyseliny bylo pozorováno v odrůdě Raisa ( $53,77 \pm 0,28$ ) zatímco nejnižší zastoupení v odrůdě Flauder ( $50,77 \pm 0,72$ ). Rozdíl mezi nejnižším a nejvyšším obsahem kyseliny linolové činil 3,00 %.

Druhou nejvíce zastoupenou byla kyselina olejová (C18:1). Nejvyšší obsah kyseliny olejové byl u odrůdy Serpentin ( $23,16 \pm 0,46$ ), nejnižší u odrůdy Raisa ( $20,09 \pm 0,38$ ). V pořadí následovala kyselina palmitová (C16:0) s nejvyšší hodnotou u odrůdy Rubiota ( $14,92 \pm 0,09$ ), nejnižší u odrůdy Tauro ( $14,25 \pm 0,13$ ).

Výrazné rozdíly jsou také v obsahu  $\alpha$ -linolenové kyseliny (C18:3), kde odrůda Raisa vykazuje vyšší hodnotu ( $3,47 \pm 0,08$ ) ve srovnání s ostatními odrůdami.

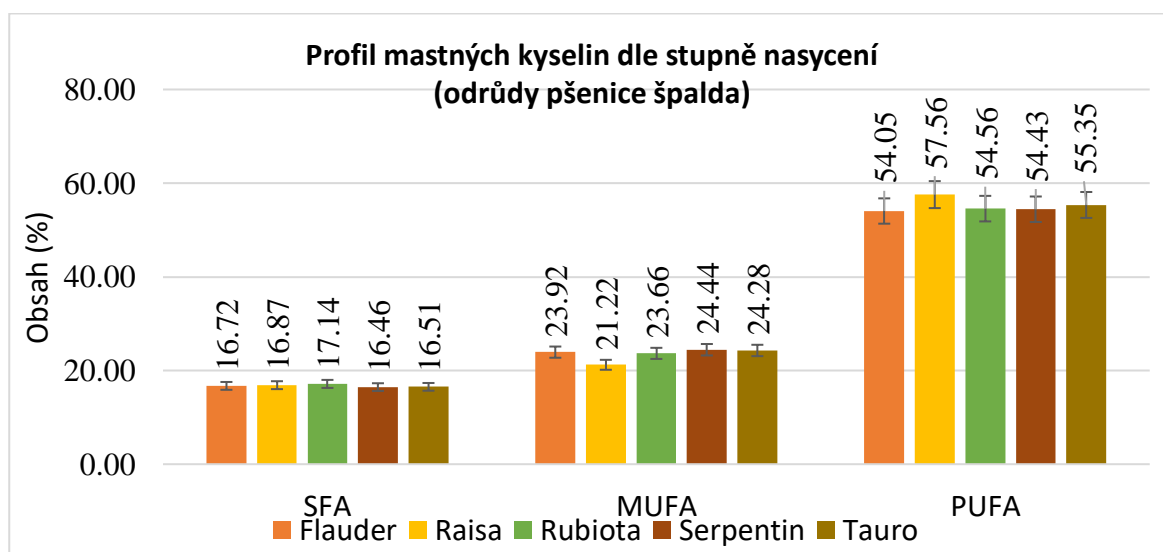
**Tabulka 28:** Profil mastných kyselin odrůd pšenice špaldy [%]

| Mastné kyseliny | Flauder          | Raisa            | Rubiota          | Serpentin        | Tauro            |
|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| C14:0           | 0,06 $\pm$ 0,00  | 0,05 $\pm$ 0,01  | 0,08 $\pm$ 0,01  | 0,06 $\pm$ 0,00  | 0,06 $\pm$ 0,00  |
| C15:0           | 0,06 $\pm$ 0,00  | 0,06 $\pm$ 0,01  | 0,06 $\pm$ 0,01  | 0,07 $\pm$ 0,01  | 0,06 $\pm$ 0,00  |
| C16:0           | 14,66 $\pm$ 0,11 | 14,66 $\pm$ 0,14 | 14,92 $\pm$ 0,09 | 14,37 $\pm$ 0,22 | 14,25 $\pm$ 0,13 |
| C17:0           | 0,07 $\pm$ 0,00  | 0,08 $\pm$ 0,01  | 0,07 $\pm$ 0,01  | 0,07 $\pm$ 0,04  | 0,10 $\pm$ 0,00  |

Pokračování:

|                                 |                     |                     |                     |                     |                     |
|---------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| <b>C17:1 (cis-10)</b>           | 0,05 ± 0,00         | 0,06 ± 0,00         | 0,05 ± 0,00         | 0,07 ± 0,01         | 0,07 ± 0,01         |
| <b>C18:0</b>                    | 0,82 ± 0,06         | 0,95 ± 0,04         | 0,94 ± 0,06         | 0,92 ± 0,03         | 0,84 ± 0,39         |
| <b>C18:1 (cis-9)</b>            | 22,46 ± 0,61        | 20,09 ± 0,38        | 22,29 ± 1,07        | 23,16 ± 0,46        | 22,90 ± 0,35        |
| <b>C18:2 (cis-9,12)</b>         | <b>50,77 ± 0,72</b> | <b>53,77 ± 0,28</b> | <b>51,20 ± 0,80</b> | <b>51,57 ± 0,64</b> | <b>52,04 ± 0,58</b> |
| <b>C18:3 (cis-9,12,15)</b>      | 2,98 ± 0,04         | 3,47 ± 0,08         | 3,00 ± 0,09         | 2,57 ± 0,06         | 2,98 ± 0,05         |
| <b>C20:0</b>                    | 0,18 ± 0,00         | 0,15 ± 0,01         | 0,17 ± 0,01         | 0,18 ± 0,01         | 0,21 ± 0,01         |
| <b>C20:1 (cis-11)</b>           | 1,14 ± 0,03         | 0,85 ± 0,03         | 1,06 ± 0,06         | 1,00 ± 0,03         | 1,05 ± 0,05         |
| <b>C20:2 (cis-11,14)</b>        | 0,08 ± 0,01         | 0,08 ± 0,00         | 0,07 ± 0,01         | 0,07 ± 0,00         | 0,07 ± 0,01         |
| <b>C20:5 (cis-5,8,11,14,17)</b> | 0,09 ± 0,00         | 0,07 ± 0,01         | 0,10 ± 0,01         | 0,07 ± 0,00         | 0,10 ± 0,01         |
| <b>C22:0</b>                    | 0,16 ± 0,00         | 0,18 ± 0,01         | 0,16 ± 0,01         | 0,17 ± 0,01         | 0,19 ± 0,01         |
| <b>C22:1 (cis-13)</b>           | 0,13 ± 0,01         | 0,09 ± 0,01         | 0,12 ± 0,01         | 0,11 ± 0,01         | 0,12 ± 0,01         |
| <b>C22:2 (cis-13,16)</b>        | 0,14 ± 0,05         | 0,17 ± 0,06         | 0,18 ± 0,06         | 0,16 ± 0,08         | 0,15 ± 0,03         |
| <b>C23:0</b>                    | 0,05 ± 0,00         | 0,06 ± 0,01         | 0,05 ± 0,01         | 0,05 ± 0,01         | 0,06 ± 0,01         |
| <b>C24:0</b>                    | 0,21 ± 0,06         | 0,21 ± 0,00         | 0,22 ± 0,03         | 0,18 ± 0,00         | 0,24 ± 0,01         |
| <b>C24:1</b>                    | 0,13 ± 0,00         | 0,13 ± 0,01         | 0,14 ± 0,01         | 0,10 ± 0,01         | 0,13 ± 0,01         |

V Grafu 6 je znázorněný profil mastných kyselin dle stupně nasycení jednotlivých odrůd pšenice špaldy. Na základě grafu bylo zjištěno, že se odrůdy lišily v obsahu těchto mastných kyselin. Odrůda Rubiota měla nejvyšší obsah SFA (17,14 %), zatímco odrůda Serpentin měla nejnižší hodnotu (16,46 %). Z hlediska obsahu MUFA odrůda Serpentin vynikala nejvyšší hodnotou (24,44 %), naopak odrůda Raisa měla nejnižší hodnotu (21,22 %). V případě obsahu PUFA odrůda Raisa obsahovala nejvyšší hodnotu (57,56 %), v opačném případě odrůda Flauder nejnižší hodnotu (54,05 %). Jednotlivé zastoupení n-3 a n-6 mastných kyselin je poté doplněno v tabulce 29. Celkově lze vyhodnotit, že odrůda Raisa značila nejvyšší obsah n-3 mastných kyselin (3,54 %). Odrůda Raisa měla taktéž nejvyšší obsah n-6 mastných kyselin (54,02 %).



**Graf 6:** Obsah SFA, MUFA, PUFA odrůd pšenice špaldy [%]

**Tabulka 29:** Obsah n-3 a n-6 mastných kyselin u odrůd pšenice špaldy [%]

|            | <b>Flauder</b> | <b>Raisa</b> | <b>Rubiota</b> | <b>Serpentin</b> | <b>Tauro</b> |
|------------|----------------|--------------|----------------|------------------|--------------|
| <b>n-3</b> | 3,07           | 3,54         | 3,10           | 2,64             | 3,08         |
| <b>n-6</b> | 50,99          | 54,02        | 51,46          | 51,79            | 52,26        |

### 5.3.3 Odrůdy tritordea

Z Tabulky 30 je zřejmé, že se odrůda HT460 výrazně odlišovala ve složení mastných kyselin od ostatních odrůd. Především obsahovala mnohem nižší podíl kyseliny olejové (C18:1), konkrétně  $2,04 \pm 0,19$ , zatímco ostatní odrůdy obsahovaly hodnoty v rozmezí 13,62–16,19 %. Dále byly nalezené významné rozdíly u kyseliny linolové a  $\alpha$ -linolenové. Odrůda HT460 obsahovala také chybějící hodnotu kyseliny stearové. Veškeré tyto poznatky by mohly ovlivnit úplnost porovnání s ostatními odrůdami a z toho důvodu tato odrůda nebyla zařazena do celkového porovnání profilu mastných kyselin.

Nejvíce zastoupenou mastnou kyselinou u všech odrůd tritordea byla linolová kyselina (C18:2). Nejvyšší zastoupení této kyseliny bylo pozorováno u odrůdy Coique ( $57,07 \pm 0,32$ ). Nejnižší zastoupení poté v odrůdě HT444 ( $55,38 \pm 0,06$ ). Rozdíl mezi nejnižším a nejvyšším obsahem kyseliny linolové činil významných 1,69 %.

Dále v pořadí druhou nejvíce zastoupenou byla kyselina palmitová (C16:0). Nejvyšší obsah kyseliny palmitové byl vyhodnocen u odrůdy HT444 ( $16,93 \pm 0,02$ ), nejnižší u odrůdy Bulel ( $16,19 \pm 0,37$ ). V pořadí následovala kyselina olejová (C18:1) s nejvyšší hodnotou taktéž u odrůdy HT444 ( $16,19 \pm 0,17$ ), nejnižší u Coique ( $13,62 \pm 0,19$ ).

Výrazné rozdíly jsou také v obsahu  $\alpha$ -linolenové kyseliny (C18:3), kde odrůda HT444 vykazovala výrazně nižší hodnoty ( $3,13 \pm 0,04$ ) ve srovnání s ostatními odrůdami. Dále rozdíly v kyselině erukové (C22:1), kde odrůda Coique obsahovala výrazně vyšší množství ( $0,23 \pm 0,10$ ) oproti ostatním odrůdám.

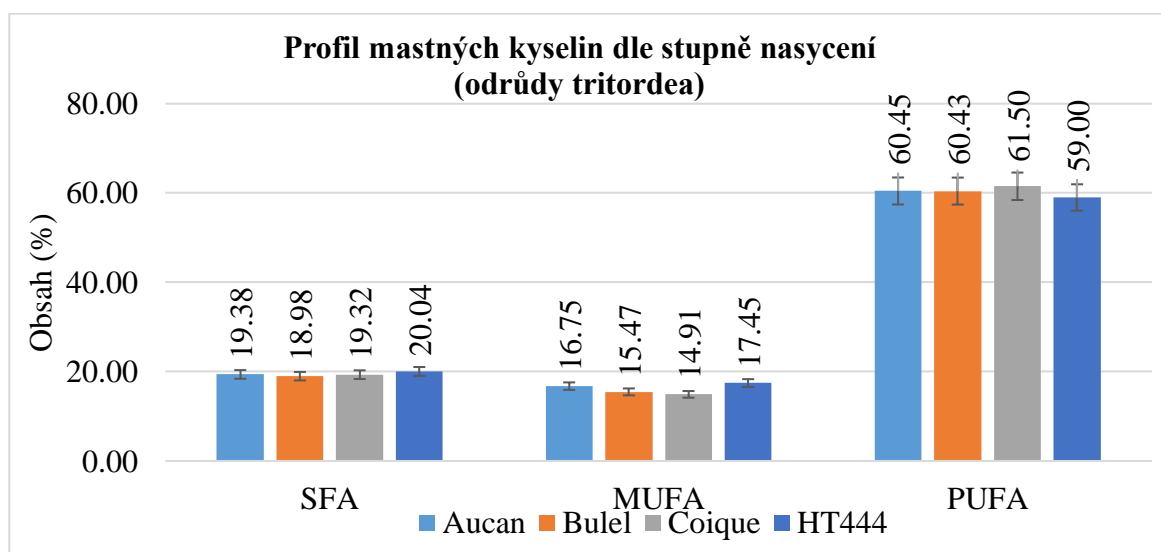
**Tabulka 30:** Profil mastných kyselin odrůd tritordea (NI= neidentifikováno) [%]

| <b>Mastné kyseliny</b>     | <b>Aucan</b>                       | <b>Bulel</b>                       | <b>Coique</b>                      | <b>HT460</b>     | <b>HT444</b>                       |
|----------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------|------------------------------------|
| <b>C14:0</b>               | $0,09 \pm 0,01$                    | $0,09 \pm 0,00$                    | $0,09 \pm 0,00$                    | $0,10 \pm 0,00$  | $0,11 \pm 0,00$                    |
| <b>C15:0</b>               | $0,09 \pm 0,01$                    | $0,09 \pm 0,00$                    | $0,08 \pm 0,01$                    | $0,06 \pm 0,00$  | $0,07 \pm 0,00$                    |
| <b>C16:0</b>               | $16,46 \pm 0,14$                   | $16,19 \pm 0,37$                   | $16,39 \pm 0,11$                   | $14,66 \pm 0,21$ | $16,93 \pm 0,02$                   |
| <b>C17:0</b>               | $0,09 \pm 0,01$                    | $0,09 \pm 0,00$                    | $0,09 \pm 0,01$                    | $0,08 \pm 0,01$  | $0,09 \pm 0,01$                    |
| <b>C17:1 (cis-10)</b>      | $0,05 \pm 0,01$                    | $0,05 \pm 0,01$                    | $0,05 \pm 0,00$                    | $0,06 \pm 0,01$  | $0,06 \pm 0,01$                    |
| <b>C18:0</b>               | $1,31 \pm 0,02$                    | $1,20 \pm 0,05$                    | $1,25 \pm 0,02$                    | NI               | $1,30 \pm 0,01$                    |
| <b>C18:1 (cis-9)</b>       | $15,47 \pm 0,17$                   | $14,26 \pm 0,28$                   | $13,62 \pm 0,19$                   | $2,04 \pm 0,19$  | $16,19 \pm 0,17$                   |
| <b>C18:2 (cis-9,12)</b>    | <b><math>55,89 \pm 0,29</math></b> | <b><math>55,72 \pm 0,79</math></b> | <b><math>57,07 \pm 0,32</math></b> | $48,53 \pm 0,67$ | <b><math>55,38 \pm 0,06</math></b> |
| <b>C18:3 (cis-9,12,15)</b> | $4,05 \pm 0,06$                    | $4,03 \pm 0,05$                    | $4,09 \pm 0,05$                    | $0,02 \pm 0,00$  | $3,13 \pm 0,04$                    |
| <b>C20:0</b>               | $0,17 \pm 0,01$                    | $0,16 \pm 0,01$                    | $0,15 \pm 0,01$                    | $0,22 \pm 0,01$  | $0,17 \pm 0,04$                    |
| <b>C20:1 (cis-11)</b>      | $0,92 \pm 0,01$                    | $0,87 \pm 0,04$                    | $0,82 \pm 0,01$                    | $0,91 \pm 0,03$  | $0,86 \pm 0,01$                    |

Pokračování:

|                                 |             |             |             |             |             |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>C20:2 (cis-11,14)</b>        | 0,10 ± 0,01 | 0,11 ± 0,01 | 0,10 ± 0,01 | 0,05 ± 0,01 | 0,08 ± 0,01 |
| <b>C20:5 (cis-5,8,11,14,17)</b> | 0,13 ± 0,01 | 0,12 ± 0,02 | 0,14 ± 0,03 | 0,13 ± 0,01 | 0,12 ± 0,02 |
| <b>C22:0</b>                    | 0,17 ± 0,01 | 0,16 ± 0,02 | 0,14 ± 0,02 | 0,17 ± 0,01 | 0,19 ± 0,01 |
| <b>C22:1 (cis-13)</b>           | 0,12 ± 0,01 | 0,12 ± 0,01 | 0,23 ± 0,10 | 0,11 ± 0,01 | 0,13 ± 0,00 |
| <b>C22:2 (cis-13,16)</b>        | 0,27 ± 0,03 | 0,45 ± 0,25 | 0,10 ± 0,08 | 0,44 ± 0,31 | 0,29 ± 0,07 |
| <b>C23:0</b>                    | 0,06 ± 0,00 | 0,06 ± 0,00 | 0,07 ± 0,00 | 0,05 ± 0,00 | 0,07 ± 0,01 |
| <b>C24:0</b>                    | 0,29 ± 0,01 | 0,30 ± 0,04 | 0,35 ± 0,06 | 0,30 ± 0,03 | 0,37 ± 0,05 |
| <b>C24:1</b>                    | 0,18 ± 0,01 | 0,17 ± 0,01 | 0,18 ± 0,01 | 0,16 ± 0,01 | 0,20 ± 0,02 |

V Grafu 7 je znázorněný profil mastných kyselin dle stupně nasycení jednotlivých odrůd tritordea. Z grafu lze vyhodnotit, že jednotlivé odrůdy tritordea se odlišovaly v obsahu mastných kyselin. Odrůda Bulel obsahovala nejnižší hodnotu SFA (18,98 %), naopak odrůda HT444 nejvyšší obsah (20,04 %). Z hlediska obsahu MUFA odrůda HT444 taktéž vykazovala nejvyšší hodnotu (17,45 %), nejnižší poté Coique (14,91 %). V případě obsahu PUFA, odrůda Coique vynikala s nejvyšší hodnotou (61,50 %). Nejnižší hodnoty PUFA byly stanoveny u odrůdy Bulel (60,43 %). Jednotlivé zastoupení n-3 a n-6 mastných kyselin je poté doplněno v tabulce 31. Celkově lze vyhodnotit, že odrůda Coique značila vysokým obsahem n-3 mastných kyselin (4,23 %). Odrůda Coique měla rovněž vysoký obsah n-6 mastných kyselin (57,27 %).



**Graf 7:** Profil mastných kyselin odrůd tritordea [%]

**Tabulka 31:** Obsah n-3 a n-6 mastných kyselin u odrůd tritordea [%]

|            | <b>Aucan</b> | <b>Bulel</b> | <b>Coique</b> | <b>HT444</b> |
|------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| <b>n-3</b> | 4,18         | 4,15         | 4,23          | 3,25         |
| <b>n-6</b> | 56,27        | 56,28        | 57,27         | 55,75        |



### 5.3.4 Profil mastných kyselin jednotlivých obilovin

Profil mastných kyselin jednotlivých obilovin je uvedený v Tabulce 32. Grafické zpracování je doplněno v Příloze 1. Z výsledků analýzy vyplývá, že největší podíl na celkovém obsahu mastných kyselin měla u všech tradičních obilovin linolová kyselina (C18:2). Nejvyšší obsah byl vyhodnocen u pšenice seté ozimé ( $56,68 \pm 2,31$ ). Naopak nejnižší hodnota byla stanovena u jednozrnky ( $48,32 \pm 0,20$ ). Dále v pořadí byla téměř u všech tradičních obilovin zastoupená olejová kyselina (C18:1) a palmitová kyselina (C16:0). Nejvyšší obsah kyseliny olejové byl u pšenice jednozrnky ( $25,77 \pm 0,25$ ), v případě kyseliny palmitové poté u pšenice seté ozimé ( $16,31 \pm 0,95$ ). Důležité bylo zjištění, že oproti ostatním obilovinám tritordeum a pšenice setá ozimá obsahovaly větší množství kyseliny palmitové a kyselina olejová dominovala až na třetím místě.

Při srovnání mezi jednotlivými tradičními druhy obilovin bylo také důležité věnovat pozornost obsahu kyseliny  $\alpha$ -linolenové (C18:3). Pšenice setá ozimá, špalda, jednozrnka a tritordeum obsahovaly podobné hodnoty  $\alpha$ -linolenové kyseliny v rozmezí 3,00–3,64 %. Pšenice dvouzrnka poté obsahovala značně rozdílnou hodnotu, a to  $0,02 \pm 0,00$  %. Důležité je také zmínit, že na rozdíl od ostatních obilovin u pšenice dvouzrnky nebyla identifikována stearová kyselina (C18:0).

Dále byl porovnán rozdíl mezi pšenicí setou ozimou a Kernzou. Bylo zjištěno, že Kernza obsahovala výrazně vyšší množství kyseliny olejové (C18:1), a to s rozdílem 3,23 %. Také u kernzy byl zjištěný vyšší obsah kyseliny  $\alpha$ -linolenové (C18:3), kde byl v obsahu rozdíl 1,23 %. Naopak, pšenice setá ozimá vykazovala vyšší obsah kyseliny linolové (C18:2), konkrétně s rozdílem 2,61 %. Dále kyseliny palmitové (C16:0) s významným rozdílem 6,3 %.

**Tabulka 32:** Profil mastných kyselin jednotlivých obilovin (NI= nelze identifikovat) [%]

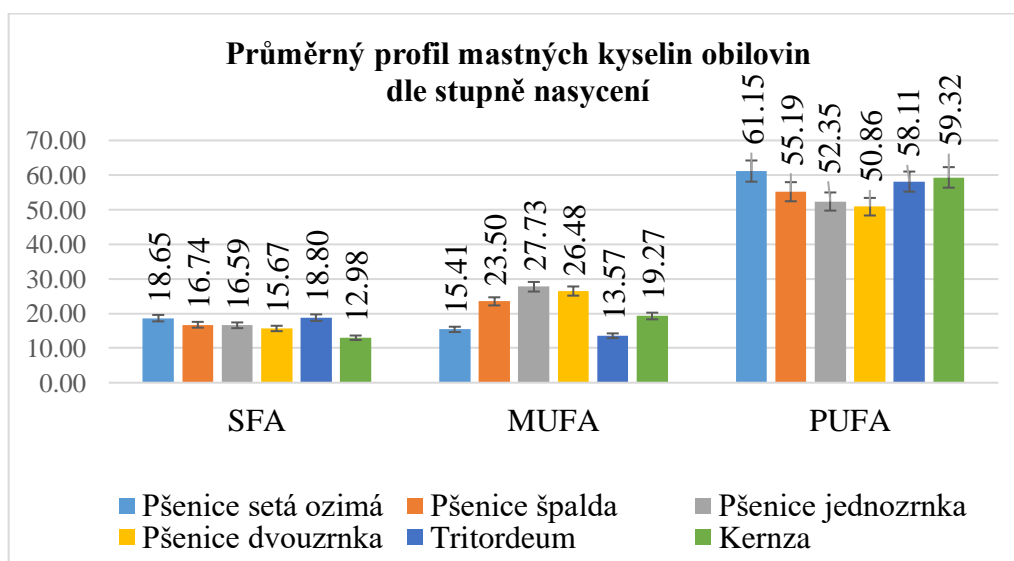
| Mastné kyseliny          | Pšenice setá ozimá  | Pšenice špalda      | Pšenice jednozrnka  | Pšenice dvouzrnka   | Tritordeum          | Kernza              |
|--------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| C14:0                    | 0,10 ± 0,02         | 0,06 ± 0,01         | 0,09 ± 0,00         | 0,06 ± 0,00         | 0,10 ± 0,01         | 0,07 ± 0,00         |
| C15:0                    | 0,09 ± 0,01         | 0,06 ± 0,01         | 0,06 ± 0,00         | 0,08 ± 0,00         | 0,08 ± 0,01         | 0,05 ± 0,00         |
| C16:0                    | 16,31 ± 0,95        | 14,57 ± 0,27        | 13,76 ± 0,04        | 14,21 ± 0,02        | 16,13 ± 0,27        | 10,01 ± 0,03        |
| C17:0                    | 0,09 ± 0,01         | 0,08 ± 0,01         | 0,11 ± 0,01         | 0,08 ± 0,00         | 0,09 ± 0,01         | 0,08 ± 0,01         |
| C17:1 (cis-10)           | 0,05 ± 0,01         | 0,06 ± 0,01         | 0,08 ± 0,00         | 0,06 ± 0,00         | 0,05 ± 0,01         | 0,07 ± 0,00         |
| C18:0                    | 1,00 ± 0,09         | 0,90 ± 0,06         | 0,92 ± 0,03         | NI                  | 1,01 ± 0,06         | 0,67 ± 0,00         |
| C18:1 (cis-9)            | 14,40 ± 0,82        | 22,18 ± 1,22        | 25,77 ± 0,25        | 24,74 ± 0,07        | 12,32 ± 1,22        | 17,63 ± 0,04        |
| C18:2 (cis-9,12)         | <b>56,68 ± 2,31</b> | <b>51,87 ± 1,16</b> | <b>48,32 ± 0,20</b> | <b>50,42 ± 0,04</b> | <b>54,52 ± 1,16</b> | <b>54,07 ± 0,11</b> |
| C18:3 (cis-9,12,15)      | 3,64 ± 0,33         | 3,00 ± 0,32         | 3,38 ± 0,03         | 0,02 ± 0,00         | 3,06 ± 0,32         | 4,87 ± 0,02         |
| C20:0                    | 0,17 ± 0,02         | 0,18 ± 0,02         | 0,21 ± 0,01         | 0,19 ± 0,01         | 0,17 ± 0,02         | 0,18 ± 0,01         |
| C20:1 (cis-11)           | 0,73 ± 0,12         | 1,02 ± 0,11         | 1,58 ± 0,01         | 1,40 ± 0,01         | 0,88 ± 0,11         | 1,07 ± 0,02         |
| C20:2 (cis-11,14)        | 0,12 ± 0,05         | 0,08 ± 0,01         | 0,08 ± 0,00         | 0,09 ± 0,01         | 0,09 ± 0,01         | 0,09 ± 0,01         |
| C20:5 (cis-5,8,11,14,17) | 0,15 ± 0,03         | 0,09 ± 0,02         | 0,36 ± 0,15         | 0,16 ± 0,01         | 0,13 ± 0,02         | 0,22 ± 0,00         |
| C22:0                    | 0,17 ± 0,04         | 0,17 ± 0,01         | 0,22 ± 0,00         | 0,24 ± 0,02         | 0,17 ± 0,01         | 0,25 ± 0,03         |

Pokračování:

|                          |             |             |             |             |             |             |
|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>C22:1 (cis-13)</b>    | 0,09 ± 0,02 | 0,12 ± 0,02 | 0,05 ± 0,00 | 0,11 ± 0,02 | 0,14 ± 0,02 | 0,22 ± 0,01 |
| <b>C22:2 (cis-13,16)</b> | 0,57 ± 0,62 | 0,16 ± 0,02 | 0,22 ± 0,02 | 0,17 ± 0,02 | 0,31 ± 0,02 | 0,07 ± 0,01 |
| <b>C23:0</b>             | 0,04 ± 0,01 | 0,05 ± 0,00 | 0,07 ± 0,00 | 0,05 ± 0,00 | 0,06 ± 0,01 | 0,09 ± 0,00 |
| <b>C24:0</b>             | 0,21 ± 0,04 | 0,21 ± 0,02 | 0,32 ± 0,02 | 0,20 ± 0,03 | 0,32 ± 0,02 | 0,50 ± 0,00 |
| <b>C24:1</b>             | 0,14 ± 0,04 | 0,13 ± 0,01 | 0,25 ± 0,01 | 0,18 ± 0,01 | 0,18 ± 0,01 | 0,29 ± 0,01 |

V Grafu 8 je znázorněný profil mastných kyselin dle stupně nasycení jednotlivých druhů obilovin a kernzy. Na základě grafu bylo vyhodnoceno, že se jednotlivé obiloviny výrazně lišily v obsahu těchto mastných kyselin. Tritordeum vykazovalo nejvyšší obsah SFA (18,80 %), zatímco v rámci tradičních obilovin nejnižší hodnotu měla pšenice dvouzrnka (15,67 %). Nejnižší hodnotu celkově obsahovala ovšem Kernza (12,98 %). Z hlediska obsahu MUFA pšenice jednozrnka vynikala nejvyšší hodnotou (27,73 %), naopak tritordeum obsahovalo značně nejnižší hodnotu (13,57 %). V případě obsahu PUFA pšenice setá ozimá obsahovala nejvyšší hodnotu (61,15 %), v opačném případě pšenice dvouzrnka nejnižší hodnotu (50,86 %).

Jednotlivé zastoupení n-3 a n-6 mastných kyselin je poté doplněno v Tabulce 33. Bylo vyhodnoceno, že pšenice dvouzrnka obsahovala výrazně nižší množství n-3 mastných kyselin (0,18 %). U ostatních tradičních obilovin bylo pozorováno rozmezí 3,09–3,79 %. Celkově nejvyšší obsah n-3 mastných kyselin bylo ovšem u Kernzy (5,09 %). Z hlediska obsahu n-6 mastných kyselin dominovala jasně pšenice setá ozimá (57,37 %).



**Graf 8:** Průměrný profil mastných kyselin jednotlivých obilovin a kernzy [%]

**Tabulka 33:** Obsah n-3 a n-6 mastných kyselin v obilovinách a kernze [%]

|            | P. setá ozimá | Špalda | Jednozrnka | Dvouzrnka | Tritordeum | Kernza |
|------------|---------------|--------|------------|-----------|------------|--------|
| <b>n-3</b> | 3,79          | 3,09   | 3,73       | 0,18      | 3,19       | 5,09   |
| <b>n-6</b> | 57,37         | 52,10  | 48,62      | 50,68     | 54,92      | 54,23  |

## 5.4 Statistická analýza

V rámci analýzy byla vyhodnocena statistická významnost rozdílu profilu mastných kyselin obilovin a jejich odrůd. Na základě výsledků analýzy dvoufaktorové ANOVY bylo zjištěno, že testované hodnoty p byly ve všech případech menší než hladina významnosti alfa  $\alpha = 0,05$ . Test interceptu ukazoval, že existuje statisticky významný rozdíl ( $p = 0,00$ ) v celkovém obsahu mastných kyselin mezi různými skupinami odrůd.

Z Obrázku 12 vyplývá, že test efektu botanického druhu (F1) ukazoval, že existuje statisticky významný rozdíl v obsahu mastných kyselin mezi různými botanickými druhy. Hodnota  $p = 0,00$  značila statistickou významnost tohoto efektu. Test efektu odrůdy (F2) v rámci Botanického druhu (F1) vykazoval, že existoval statisticky významný rozdíl v obsahu mastných kyselin mezi různými odrůdami uvnitř stejného botanického druhu. Hodnota  $p = 0,00$  naznačovala statistickou významnost tohoto efektu. Celkově lze tedy vyhodnotit, že oba faktory (Botanický druh a Odrůda) mají statisticky významnou odlišnost ve zkoumaném profilu mastných kyselin.

| <b>Multivariate Tests of Significance</b>   |       |          |          |           |          |      |
|---|-------|----------|----------|-----------|----------|------|
| (Data 2f-GLM Botanický druh # Odrůda in 2f-GLM+HCA Trojice dat, Statistika A. Šafránková (L. Jurkaninová). stw) |       |          |          |           |          |      |
| Over-parameterized model  |       |          |          |           |          |      |
| Type III decomposition  |       |          |          |           |          |      |
| Effect  | Test  | Value    | F        | Effect df | Error df | p    |
| Intercept   | Wilks | 0,000018 | 76743,31 | 19        | 26,0000  | 0,00 |
| F1 Botanický druh   | Wilks | 0,000000 | 342,97   | 95        | 131,1060 | 0,00 |
| F2 Odrůda (F1 Botanický druh)   | Wilks | 0,000000 | 17,09    | 304       | 365,1046 | 0,00 |

**Obrázek 12:** Multivariační testy významnosti (Value= hodnota, F= hodnota F-testu, df= stupně volnosti, Effect df= počet stupňů volnosti pro efekt, Error df= počet stupňů volnosti pro chybu, p= pravděpodobnostní hodnota)

Obrázek 13 obsahuje test součtu čtverců celkového modelu oproti součtu čtverců reziduí. Tento statistický test prováděl analýzu profilu mastných kyselin vybraných obilovin a jejich odrůd. Výsledky testu naznačovaly, jaký vliv má kombinace botanického druhu a odrůdy na obsah jednotlivých mastných kyselin v analyzovaných vzorcích. Zároveň také jejich obsah SFA, MUFA a PUFA. Každý řádek tabulky představoval jednu mastnou kyselinu, například C14:0, C15:0, atd. Ve všech případech byla hodnota  $p < 0,05$ , což indikuje statisticky významný vliv kombinace botanického druhu a odrůdy na obsah dané mastné kyseliny v obilovinách. Na základě výše uvedených informací bylo vyhodnoceno, že existuje statisticky významný rozdíl v profilu mastných kyselin v obilovinách a jejich odrůdách pro každou jednotlivou mastnou kyselinu. Zároveň existuje statisticky významný rozdíl mezi jejich obsahy SFA, MUFA a PUFA.

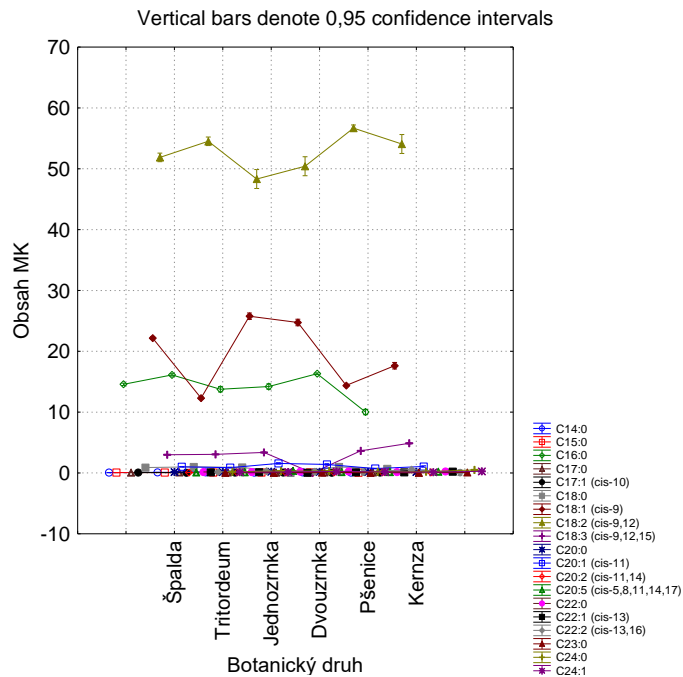
| <b>Test of Sum of Squares Whole Model vs. Sum of Squares Residual</b><br>(Data 2f-GLM Botanický druh # Odrůda in 2f-GLM+HCA Trojice dat, Statistika A. Šafránková (L. Jurkaninová).stw) |            |             |             |          |          |          |             |             |             |          |          |
|---|------------|-------------|-------------|----------|----------|----------|-------------|-------------|-------------|----------|----------|
| Dependent Variable  | Multiple R | Multiple R2 | Adjusted R2 | SS Model | df Model | MS Model | SS Residual | df Residual | MS Residual | F        | p        |
| C14:0   | 0,944691   | 0,892440    | 0,841105    | 0,029    | 21       | 0,00140  | 0,00353     | 44          | 0,000080    | 17,3845  | 0,000000 |
| C15:0   | 0,971667   | 0,944137    | 0,917475    | 0,012    | 21       | 0,00059  | 0,00073     | 44          | 0,000017    | 35,4113  | 0,000000 |
| C16:0   | 0,982936   | 0,966164    | 0,950015    | 174,042  | 21       | 8,28770  | 6,09513     | 44          | 0,138526    | 59,8279  | 0,000000 |
| C17:0   | 0,843591   | 0,711646    | 0,574022    | 0,010    | 21       | 0,00048  | 0,00407     | 44          | 0,000092    | 5,1710   | 0,000002 |
| C17:1 (cis-10)  | 0,914400   | 0,836127    | 0,757914    | 0,005    | 21       | 0,00026  | 0,00107     | 44          | 0,000024    | 10,6905  | 0,000000 |
| C18:0   | 0,976885   | 0,954305    | 0,932495    | 7,119    | 21       | 0,33898  | 0,34087     | 44          | 0,007747    | 43,7570  | 0,000000 |
| C18:1 (cis-9)   | 0,997375   | 0,994756    | 0,992254    | 1768,554 | 21       | 84,21685 | 9,32280     | 44          | 0,211882    | 397,4708 | 0,000000 |
| C18:2 (cis-9,12)  | 0,947354   | 0,897480    | 0,848551    | 693,906  | 21       | 33,04315 | 79,26527    | 44          | 1,801483    | 18,3422  | 0,000000 |
| C18:3 (cis-9,12,15)   | 0,997983   | 0,995970    | 0,994046    | 85,602   | 21       | 4,07631  | 0,34640     | 44          | 0,007873    | 517,7760 | 0,000000 |
| C20:0   | 0,924035   | 0,853841    | 0,784083    | 0,038    | 21       | 0,00180  | 0,00647     | 44          | 0,000147    | 12,2401  | 0,000000 |
| C20:1 (cis-11)  | 0,943463   | 0,890122    | 0,837680    | 3,774    | 21       | 0,17971  | 0,46587     | 44          | 0,010588    | 16,9735  | 0,000000 |
| C20:2 (cis-11,14)   | 0,838936   | 0,703814    | 0,562452    | 0,100    | 21       | 0,00478  | 0,04227     | 44          | 0,000961    | 4,9788   | 0,000004 |
| C20:5 (cis-5,8,11,14,17)  | 0,909085   | 0,826435    | 0,743598    | 0,240    | 21       | 0,01143  | 0,05040     | 44          | 0,001145    | 9,9766   | 0,000000 |
| C22:0   | 0,982039   | 0,964401    | 0,947411    | 0,173    | 21       | 0,00826  | 0,00640     | 44          | 0,000145    | 56,7619  | 0,000000 |
| C22:1 (cis-13)  | 0,925394   | 0,856354    | 0,787795    | 0,120    | 21       | 0,00572  | 0,02013     | 44          | 0,000458    | 12,4909  | 0,000000 |
| C22:2 (cis-13,16)   | 0,791230   | 0,626044    | 0,447565    | 12,990   | 21       | 0,61856  | 7,75913     | 44          | 0,176344    | 3,5077   | 0,000223 |
| C23:0   | 0,903679   | 0,816635    | 0,729120    | 0,029    | 21       | 0,00136  | 0,00640     | 44          | 0,000145    | 9,3313   | 0,000000 |
| C24:0   | 0,968577   | 0,938142    | 0,908619    | 0,425    | 21       | 0,02022  | 0,02800     | 44          | 0,000636    | 31,7764  | 0,000000 |
| C24:1   | 0,954528   | 0,911124    | 0,868706    | 0,161    | 21       | 0,00768  | 0,01573     | 44          | 0,000358    | 21,4796  | 0,000000 |
| Suma SF   | 0,981536   | 0,963412    | 0,945950    | 187,866  | 21       | 8,94598  | 7,13467     | 44          | 0,162152    | 55,1705  | 0,000000 |
| Suma MUFA   | 0,997022   | 0,994053    | 0,991215    | 1880,491 | 21       | 89,54719 | 11,25007    | 44          | 0,255683    | 350,2269 | 0,000000 |
| Suma PUFA   | 0,979023   | 0,958486    | 0,938672    | 1068,267 | 21       | 50,86987 | 46,26887    | 44          | 1,051565    | 48,3754  | 0,000000 |

**Obrázek 13:** Test součtu čtverců celkového modelu oproti součtu čtverců reziduí (Multiple R a Multiple R2 = míry síly vztahu mezi nezávislými a závislými proměnnými, Adjusted R2= korigovaná verze R2, která bere v úvahu počet nezávislých proměnných v modelu, SS Model a SS Residual= součty čtverců pro celkový model a zbytkový model, df Model a df Residual= stupně volnosti pro celkový model a zbytkový model, MS Model a MS Residual= průměrné čtverce pro celkový model a zbytkový model, F= hodnota F-testu pro celkový model, p= pravděpodobnostní hodnota).

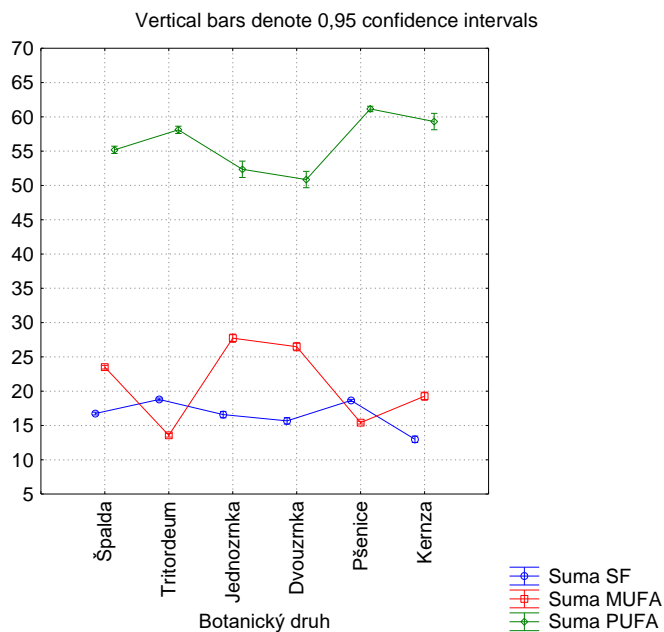
Dále byly doplněny příslušné statistické grafy pro jednotlivé faktory. Označení „vertical bars denote 0.95 confidence intervals“ znamenalo, že pravděpodobnost, že skutečná hodnota byla uvnitř daného intervalu, je 95%. Na grafu jsou zobrazeny údaje o průměrné hodnotě opakování měření (mean) a jejím rozptýlení. Všechny uvedené komentáře vyhodnocení statistických grafů zcela odpovídají komentářům vyhodnocení vlastního měření (kapitola 5.3 Stanovení profilu mastných kyselin). Na Obrázku 14 je znázorněný statistický graf faktoru F1 – Botanický druh, ve kterém je uvedeno porovnání obsahu jednotlivých MK. Z grafu jasně vyplývá, že nejvíce zastoupenou mastnou kyselinou v rámci botanického druhu byla kyselina linolová (C18:2 cis-9,12), dále v pořadí následovala kyselina olejová (C18:1 cis-9) a palmitová (C16:0). Kyselina linolová dominovala u pšenice seté ozimé, kyselina olejová u pšenice jednozrnky a palmitová u pšenice seté ozimé. Na Obrázku 15 je poté znázorněný statistický graf faktoru F1 – Botanický druh, ve kterém je uvedeno porovnání obsahu součtů SF, MUFA, PUFA. Z grafu jasně vyplývá, že největší podíl mastných kyselin v obilovinách tvořily polynenasycené mastné kyseliny. Největší obsah PUFA v rámci botanického druhu obsahovala pšenice setá ozimá. Největší obsah MUFA měla pšenice jednozrnka, dále obsah SFA dominoval u tritordea.

Na Obrázku 16 je znázorněný statistický graf faktoru F2 – Odrůda, ve kterém je uvedeno porovnání obsahu jednotlivých MK. Z grafu jasně vyplývá, že nejvíce zastoupenou mastnou

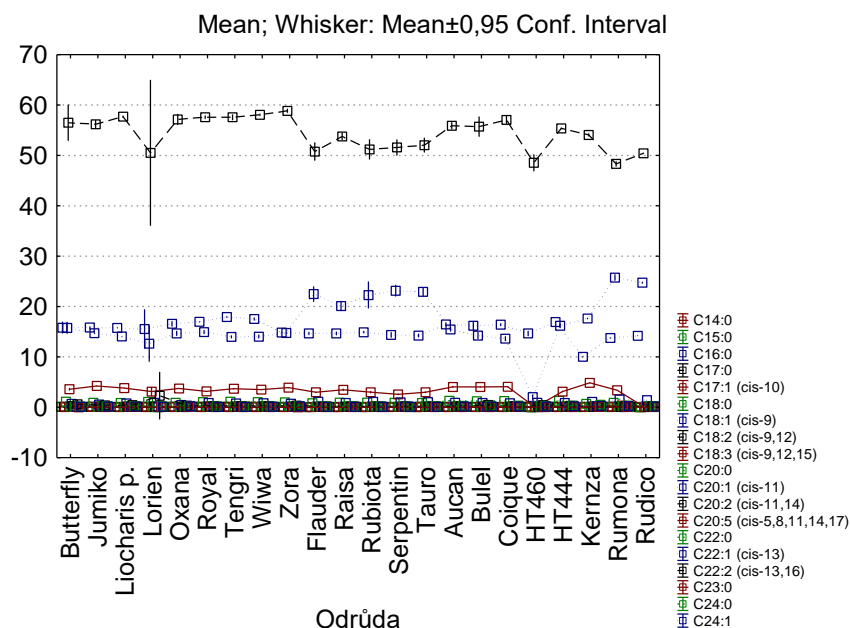
kyselinu linolovou v rámci odrůd měla Zora (pšenice setá ozimá), dále v pořadí kyselinu olejovou odrůda Rumona (pšenice jednozrnka) a palmitovou odrůda Tengri (pšenice setá ozimá). Na Obrázku 17 je poté znázorněný statistický graf faktoru F1 – Odrůda, ve kterém je uvedeno porovnání obsahu součtů SFA, MUFA, PUFA. Z grafu jasně vyplývá, že největší podíl mastných kyselin v obilovinách tvořily polynenasycené mastné kyseliny. Největší obsah PUFA v rámci odrůd obsahovala Zora (pšenice setá ozimá). Největší obsah MUFA měla odrůda Rumona (pšenice jednozrnka), obsah SFA dominoval u odrůdy Tengri (pšenice setá ozimá).



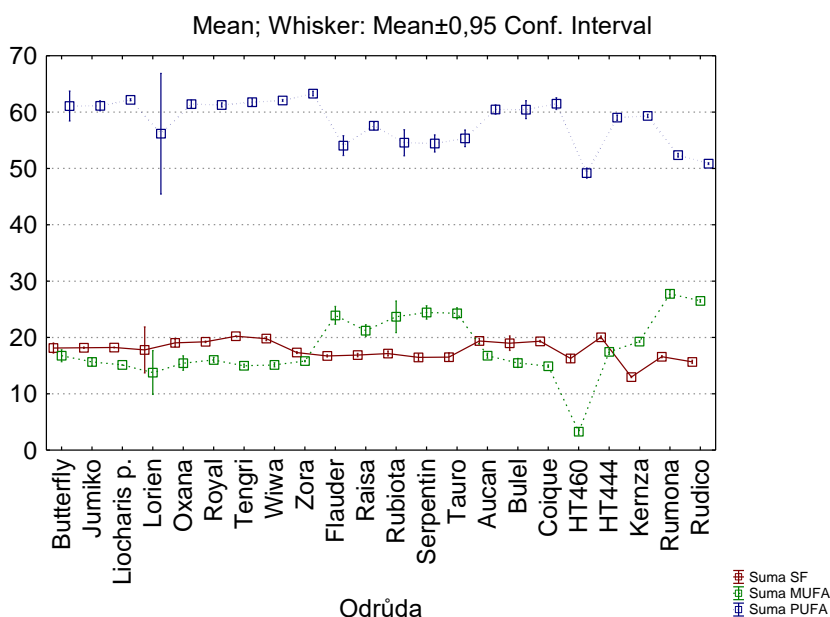
**Obrázek 14:** Graf faktoru F1 – Botanický druh na profil mastných kyselin



**Obrázek 15:** Graf faktoru F1 – Botanický druh porovnání součtů SF, MUFA, PUFA



**Obrázek 16:** Graf faktoru F2 – Odrůda na profil mastných kyselin



**Obrázek 17:** Faktor F2 – porovnání součtů SFA, MUFA, PUFA

Na základě celkového vyhodnocení dvoufaktorové ANOVY pro opakovaná měření na obvyklé hladině  $P = 95\%$ , rozšířené o data pomocí multivariačního testu významnosti a testu součtu čtverců celkového modelu vs. součtu čtverců reziduí a dále následných grafů byla nulová hypotéza ( $H_0$ ), že existuje statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými obilovinami (i jejich odrůdami) potvrzena. Mezi testovanými obilovinami a jejich odrůdami existuje statisticky významný rozdíl v profilu mastných kyselin na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ .

## 6 Diskuze

Znalost profilu mastných kyselin v obilovinách a jejich odrůdách je důležitá pro pochopení jejich nutriční hodnoty a následných zdravotních účinků. Tato diplomová práce poskytuje ucelený pohled na nutriční hodnotu různých obilovin a jejich odrůd z hlediska obsahu lipidů a stanovení profilu mastných kyselin. Mastné kyseliny jsou základními složkami tuků, které zastávají v organismu důležité funkce. Nenasycené mastné kyseliny jsou důležité pro zdravé srdce a céva a mohou vykazovat protizánětlivé účinky. Oproti tomu nasycené a trans mastné kyseliny jsou ve vyšším přijatém množství zdraví škodlivé a mohou způsobit nárůst hladiny cholesterolu v krvi ve spojení se vznikem kardiovaskulárních onemocnění (Karupaiah et al. 2005, Leray 2014).

V rámci této diplomové práce byl zkoumán obsah tuku a profil mastných kyselin u devíti vzorků odrůd pšenice seté ozimé (*Triticum aestivum*), pěti pšenice špaldy (*Triticum spelta*) a pěti tritordea (*Tritordeum martinii*). K vyhodnocení rozdílnosti mezi tradičními obilovinami byly také doplněny vzorky pšenice jednozrnky (*Triticum monococcum*) odrůdy Rumona a dvouzrnky (*Triticum dicoccum*) odrůdy Rudico. Kompletní seznam zkoumaných odrůd je uveden v kapitole 4.1 Materiál.

Chemické složení obilných zrn z hlediska obsahu lipidů se v rámci různých druhů obilovin a odrůd může značně lišit (Gordon et al. 2018). V praktické části této diplomové práce bylo zjištěno, že různé druhy obilovin jsou zřetelně odlišné v obsahu tuku. Obsahy tuku tradičních obilovin se pohybovaly v rozmezí 1,36–2,02 %. Okkyung & Ohm (2000) ve své publikaci uvádí shodné hodnoty rozmezí lipidů u základních cereálií, a to 1,5–2 %.

Nejnižší hodnota obsahu tuku z obilovin byla stanovena u pšenice seté ozimé s průměrným obsahem  $1,36 \pm 0,07$  %. Nejvyšší hodnotu vykazovala pšenice jednozrnka s průměrným obsahem  $2,02 \pm 0,01$  %. Rozdíl mezi nejnižším a nejvyšším obsahem tuku činil 0,66 %. V publikaci Sluková et al. (2017) uvádějí vyšší obsah lipidů za celkový druh pšenice (*Triticum spp.*), který se pohyboval v rozmezí 1,5–3,3 %. Naopak studie Eliasson (2003) uvádějí podobné hodnoty obsahu lipidů v pšenici seté ozimé, konkrétně 1,1–1,2 %. V rámci hodnocení odrůd nejvyšší obsah tuku pšenice seté ozimé obsahovala odrůda Butterfly ( $1,60 \pm 0,11$ ), pšenice špaldy odrůda Flauder ( $1,63 \pm 0,04$ ) a tritordea odrůda HT460 ( $1,99 \pm 0,03$ ). Naopak nejnižší hodnoty v rámci pšenice seté ozimé vykazovala odrůda Royal ( $1,21 \pm 0,09$ ), pšenice špaldy odrůda Raisa ( $1,29 \pm 0,05$ ) a tritordea odrůda Coique ( $1,55 \pm 0,03$ ).

Podstatou této práce bylo stanovení profilu mastných kyselin vybraných obilovin a jejich odrůd. Všechny analyzované tradiční obiloviny a jejich odrůdy obsahovaly převážné množství polynenasycených mastných kyselin, a to 50,86–61,15 %, kdy nejvyšší obsah PUFA byl naměřený u pšenice seté ozimé. Zmíněné tvrzení potvrzuje publikace Arendt & Zannini (2013). Studie Wantg et al. (2021) uvádí shodné rozmezí PUFA u analyzovaných druhů obilovin, konkrétně 43,9–64,9 %. Dále bylo v rámci této práce stanoveno, že nejnižší obsah v lipidech zastupovaly nasycené mastné kyseliny, konkrétně 15,67–18,80 %. Uvedený obsah SFA potvrzuje studie Kan (2015), zabývající se stanovením profilu MK pšenice, ječmene, ova a triticales, kdy uvádí hodnoty SFA 17,08–22,26 %. Naopak Arendt & Zannini (2013) uvádí mírně

vyšší hodnoty, a to 20–25 %. Je důležité zmínit, že uvedená studie analyzovala odlišný soubor obilovin, konkrétně pšenice, kukuřice a rýže. Tímto lze odůvodnit odlišnost stanovených hodnot v porovnání s touto diplomovou prací.

Bylo zjištěno, že vybraný soubor obilovin obsahoval nejvíce zastoupenou mastnou kyselinu linolovou (C18:2 cis-9,12) (48,32–56,68 %), dále téměř u všech obilovin následovala kyselina olejová (C18:1 cis-9) (12,32–25,77 %) a palmitová (C16:0) (13,76–16,31 %). Okkyung & Ohm (2000) uvádí stejné pořadí zastoupení mastných kyselin v obilovinách. Stejně zjištění pořadí zastoupení MK uvádí taktéž Gabrovská et al. (2019). Příhoda et al. (2004) zmiňuje konkrétní procentuální zastoupení, a to 41–59 % kyseliny linolové, 16–35 % kyseliny olejové a 14–22 % kyseliny palmitové. Hodnoty jsou mírně v rozporu s touto prací a odůvodněním je opět odlišný soubor obilovin oproti této diplomové práci. Ze souboru analyzovaných obilovin dominoval nejvyšší obsah kyseliny linolové u pšenice seté ozimé ( $56,68 \pm 2,31$ ), kyseliny olejové u pšenice jednozrnky ( $25,77 \pm 0,25$ ) a palmitové u pšenice seté ozimé ( $16,31 \pm 0,95$ ). Poznatky zmíněných výsledků podporuje studie Wang et al. (2021), která uvádí rozmezí hodnot za celkový druh pšenice (*Triticum spp.*), a to obsah kyseliny linolové 49,0–60,0 %, olejové 14,0–25,0 % a palmitové 11,0–17,0 %.

Důležité bylo zjištění, že oproti ostatním obilovinám tritordeum a pšenice setá ozimá obsahovaly větší množství kyseliny palmitové a kyselina olejová dominovala až na třetím místě.

V rámci porovnání odrůd jednotlivých obilovin obsahovala nejvyšší množství kyseliny linolové u pšenice seté ozimé odrůda Zora ( $58,87 \pm 0,15$ ), pšenice špaldy odrůda Raisa ( $53,77 \pm 0,28$ ) a tritordea odrůda Coique ( $57,07 \pm 0,32$ ). Z hlediska obsahu kyseliny olejové dominovala u pšenice seté ozimé odrůda Butterfly ( $15,78 \pm 0,47$ ), pšenice špaldy odrůda Serpentin ( $23,16 \pm 0,46$ ) a tritordea odrůda HT444 ( $16,19 \pm 0,17$ ). Nejvyšší obsah kyseliny palmitové byl poté vyhodnocen za pšenici setou ozimou u odrůdy Tengri ( $17,94 \pm 0,06$ ), pšenici špaldu odrůdy Rubiota ( $14,92 \pm 0,09$ ) a tritordea odrůdy HT444 ( $16,93 \pm 0,02$ ). Tyto výsledky nejsou podloženy žádnou studií, protože nebyl nalezen dostatek volně dostupných studií zabývajících se stanovením profilu mastných kyselin jednotlivých odrůd. Většina dostupných studií a publikací se zaměřuje na stanovení profilu mastných kyselin v rámci jednotlivých botanických druhů.

Pro nutriční porovnání jednotlivých obilovin a odrůd byly stanoveny obsahy mastných kyselin dle stupně nasycení (SFA, MUFA a PUFA) a bylo vyhodnoceno jejich procentuální zastoupení. U stanovení obsahu PUFA byl také kladen důraz na obsah nutričně cenných n-3 a n-6 mastných kyselin. V rámci nutričního zhodnocení obilovin lze usoudit následující. Obsah SFA vykazovaly vyšší hodnoty obiloviny tritordeum (18,80 %) a pšenice setá ozimá (18,65 %). Naopak pšenice dvouzrnka obsahovala nižší množství SFA (15,67 %), což je pozitivní z hlediska omezení příjmu nasycených tuků. Pšenice jednozrnka vynikala jako nejbohatší zdroj MUFA (27,73 %). V případě PUFA byly hodnoty tritordea (58,11 %) a pšenice seté ozimé (61,15 %) nejvyšší. V rámci vyhodnocení poměru n-6 a n-3 mastných kyselin, pšenice jednozrnka vykazovala nejvhodnější obsah n-6 (48,62 %) a n-3 (3,73 %) mastných kyselin s poměrem 13,04:1. Stejně zjištění vyplývá i ze studie Wang et al. (2021), který uvádí poměr za celkový



druh pšenice (*Triticum spp.*) 4,9–15,0:1. Ze zmíněných výsledků vyplývalo, že pšenice jednozrnka byla nutričně nejvýhodnější obilovinou, protože kombinovala vyšší obsah MUFA, vyvážený poměr PUFA a nejlepší poměr n-6 k n-3 mastným kyselinám. Tato kombinace vlastností ji činila atraktivní volbou z hlediska nutričního zhodnocení profilu mastných kyselin vybraného souboru obilovin.

V rámci nutričního hodnocení jednotlivých odrůd pšenice seté ozimé lze říci, že odrůda Zora byla nejvýznamnější z hlediska nutričního příjmu, protože obsahovala v rámci analyzovaných odrůd nejnižší obsah SFA (17,31 %). Naopak vykazovala relativně vysoký obsah MUFA (15,80 %) a obsahovala nejvyšší množství PUFA (63,29 %), z toho 59,31 % n-6 a 3,98 % n-3. U pšenice špaldy dominovala odrůda Serpentin. Vykazovala nejnižší obsah SFA (16,46 %) a nejvyšší obsah MUFA (24,44 %). Obsahovala také přiměřené množství PUFA (54,43 %), konkrétně 2,64 % n-3 a 51,79 % n-6. Odrůda HT444 v rámci odrůd tritordea byla nejvýznamnější z hlediska nutričního příjmu, protože obsahovala nejnižší obsah SFA (18,98 %), vyšší obsah MUFA (15,47 %) a průměrný obsah PUFA (60,43 %), z toho 55,75 % n-6 a 3,25 % n-3. Pro porovnání výsledků ohledně nutričního doporučení jednotlivých odrůd obilovin není dostatek volně dostupných studií a literatury týkajících se této konkrétní problematiky.

Soubor analyzovaných odrůd pšenice seté ozimé zahrnoval taktéž barevné odrůdy, zbarvené díky vyššímu obsahu antokyanů. Zahrnutí barevných odrůd pšenice seté ozimé, jako Jumiko (purpurová), Oxana (modrá) a Zora (černá) do analýzy profilu mastných kyselin vybraných odrůd je významné z několika důvodů. Tyto odrůdy byly registrovány relativně nedávno, konkrétně v letech 2019, 2020 a 2021, což znamená, že představují nové přírůstky na trhu s obilovinami. Jejich zařazení do analýzy umožňovalo zkoumání jejich nutriční hodnoty mastných kyselin v porovnání s tradičními odrůdami pšenice seté ozimé. Taková analýza může pomoci lépe pochopit potenciál těchto nových odrůd a jejich efektivnější využití ve stravě a potravinářském průmyslu (Martínek & Kotíková 2021). V rámci této diplomové práce bylo zjištěno, že barevné odrůdy vykazují ve většině případů nižší obsah SFA než odrůdy tradiční. Nejvýraznější rozdíl byl pozorován u odrůdy Zora, která měla nejnižší obsah SFA 17,31 %, zatímco tradiční odrůdy obsahovaly až 20,21 % (Tengri). Většina barevných odrůd obsahovala podobné nebo mírně nižší hodnoty MUFA než tradiční odrůdy. Naopak, v obsahu PUFA dominovala ze všech odrůd opět Zora (63,29 %). Lze tedy konstatovat, že barevné odrůdy pšenice seté ozimé vykazují tendenci k nižšímu obsahu SFA a vyššímu PUFA, což může být přínosné z hlediska nutričního doporučení. Toto zjištění podporuje studie Saini et al. (2021). V rámci studie je ovšem hodnocen celkový nutriční pohled na barevné odrůdy, jejich celkový obsah, antioxidační aktivitu a technologické vlastnosti.

Do analýzy profilu mastných kyselin byl rovněž zahrnutý vzorek Kernzy. Kernza byla záměrně vyšlechtěna ze střední pšeničné trávy (*Thinopyrum intermedium*) za účelem zlepšení výnosu a kvality zrna. I když tato rostlina nepatří mezi tradiční obilniny je svými vlastnostmi a využitím podobná pšenici seté. Zahrnutí Kernzy do vybraného souboru obilovin bylo důležité z toho důvodů, že se stává stále více populární alternativou k tradičním obilovinám. Její výhodou je odolnost vůči extrémním povětrnostním podmínkám a schopnost růst na půdách, které by jinak nebyly vhodné pro pěstování tradičních obilovin (Tautges et. al 2023).

Při srovnání pšenice seté ozimé a Kernzy byly zjištěny zajímavé rozdíly ve složení mastných kyselin. Kernza obsahovala větší množství kyseliny olejové (C18:1) o 3,23 % a také více kyseliny  $\alpha$ -linolenové (C18:3) o 1,23 %. Naopak pšenice setá ozimá měla vyšší obsah kyseliny linolové (C18:2) o 2,61 % a kyseliny palmitové (C16:0) o 6,3 %. Při porovnání všech analyzovaných tradičních obilovin a Kernzy bylo zjištěno, že Kernza obsahovala druhé největší množství PUFA (59,32 %) a nejmenší obsah SFA (12,98 %). Všechny tyto poznatky ji činí potenciálně nejlepší volbou, pokud jde o nutriční hodnotu mezi zkoumanými druhy obilovin. Bharathi et al. (2022) taktéž vyzdvihuje pozitiva Kernzy vzhledem k jejím komplexním nutričním vlastnostem. Zdůrazňoval ovšem velmi důležitý fakt, že informace z hlediska výživy (obsah minerálů, vitamínů, lipidů a stravitelnost bílkovin) nebyly dosud řádně prozkoumány a bude třeba doplnění v budoucích studiích.

## 7 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo provést stanovení profilu mastných kyselin vybraného souboru obilovin a jejich odrůd pomocí plynové chromatografie. Zjištěné rozdíly v profilu mastných kyselin, ale také v samotném obsahu tuků mohou mít významné důsledky pro různé aplikace týkající se kvality a nutriční hodnoty obilovin, například při vývoji nových potravinářských výrobků, dietetice a výzkumu v oblasti výživy a zdraví. Porovnání nutričních hodnot mezi obilovinami a jejich odrůdami na základě obsahu nasycených (SFA), mononenasycených (MUFA) a polynenasycených (PUFA) mastných kyselin poskytovaly důležité informace o jejich potenciálním vlivu na zdraví.

Obsah lipidů v tradičních obilovinách se průměrně pohyboval v rozmezí 1,36–2,02 %. Výzkum odhalil významné rozdíly v obsahu tuku mezi jednotlivými druhy obilovin, přičemž pšenice jednozrnka vykazovala nejvyšší hodnotu a pšenice setá ozimá obsahovala nejnižší množství, s rozdílem 0,66 %.

Tato diplomová práce přinesla důležité poznatky o stanoveném profilu mastných kyselin a následné nutriční hodnotě analyzovaných obilovin a jejich odrůd. V obilovinách a jejich odrůdách převažovaly nenasycené mastné kyseliny, zejména polynenasycené mastné kyseliny, včetně esenciálních mastných kyselin kyseliny linolové a  $\alpha$ -linolenové. V obilovinách dominovala kyselina linolová, tvořící 48,32–56,68 % celkového obsahu mastných kyselin. Hlavními nasycenými mastnými kyselinami byly poté kyselina palmitová a stearová, zatímco mezi mononenasycenými dominovala kyselina olejová. Zajímavým zjištěním bylo, že tritordeum a pšenice setá ozimá obsahovaly na druhém místě větší množství kyseliny palmitové narozdíl od ostatních obilovin, u kterých převládal obsah kyseliny olejové.

Pro posouzení nutriční hodnoty jednotlivých obilovin a jejich odrůd byl porovnán obsah mastných kyselin podle stupně nasycení (SFA, MUFA a PUFA) a zhodnoceno jejich procentuální zastoupení. V rámci hodnocení obsahu PUFA byl taktéž kladen důraz na obsah důležitých n-6 a n-3 mastných kyselin. Na základě nutričního porovnání obilovin bylo zjištěno, že pšenice jednozrnka byla nutričně nejvýhodnější obilovinou, protože kombinovala vyšší obsah MUFA, vyvážený poměr PUFA a nejlepší poměr n-6 k n-3 mastným kyselinám. V rámci odrůd na základě zmíněných aspektů dominovala u pšenice seté ozimé odrůda Zora, pšenice špaldy Serpentin a tritordea HT444. Barevné odrůdy pšenice seté ozimé (Oxana, Jumiko, Zora), které jsou relativně novým přírůstkem na trhu s obilovinami, vykazovaly nižší obsah nasycených mastných kyselin a vyšší obsah polynenasycených mastných kyselin, což představovalo pozitivní zjištění z hlediska nutričního doporučení.

Důležitým bodem bylo také zařazení vzorku Kernzy do analýzy, která je považována za novou alternativa k tradičním obilovinám. Kernza vykazovala vyšší obsah mastných kyselin olejové a  $\alpha$ -linolenové ve srovnání s pšenicí setou ozimou, což ji rovněž činilo zajímavou volbou z hlediska nutriční hodnoty.

Na základě zjištěných výsledků této diplomové práce lze vyhodnotit, že mezi testovanými obilovinami a jejich odrůdami existoval statisticky významný rozdíl v profilu

mastných kyselin, což značně ovlivňuje jejich nutriční hodnotu. Nulová hypotéza této práce byla tedy ve výsledku potvrzena.

Celkově lze konstatovat, že tato diplomová práce poskytla ucelený pohled na profil mastných kyselin v různých obilovinách a jejich odrůdách. Tyto poznatky jsou relevantní nejen pro výživovou vědu, ale mohou také přispět k lepšímu porozumění vlivu stravy na lidské zdraví. Díky tomu mohou být výsledky stanovení profilu mastných kyselin užitečné pro tvorbu vyvážených stravovacích režimů, zejména pro jedince s různými dietními potřebami.

## 8 Literatura

- Agregán R, Popova T, Lopéz-Pedrouso M, Cantalapiedra J, Lorenzo JM, Franco D. 2022. Fatty acids. Pages 257–286 in Lorenzo JM, Munekata PES, Pateiro M, Barba FJ, Domínguez R, editors. *Food Lipids: Sources, Health Implications, and Future Trends*. Elsevier Science & Technology, Amsterdam.
- Ahmad A, Liaqat Ch, Nayik GA, Farooq U. 2023. Chemical Composition of Cereal Grains. Pages 49–76 in Nayik G A, Tufail T, Anjum FM, Ansari MJ. *Cereal Grains: Composition, Nutritional Attributes, and Potential Application*. CRC Press, Boca Raton. DOI: 10.1201/9781003252023.
- Arendt EK, Zannini E. 2013. Wheat and other Triticum grains. Pages 1–67 in Arendt EK, Zannini E, editors. *Cereal Grains for the Food and Beverage Industries*. Woodhead Publishing Limited, Philadelphia. DOI: 10.1533/9780857098924.1.
- Bernaciková M, et al. 2020. Regenerace a výživa ve sportu. Masarykova univerzita, Brno.
- Burešová I, Lorencová E. 2013. Výroba potravin rostlinného původu: Zpracování obilovin. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Zlín.
- Bharathi R, Muljadi T, Tyl C, Annor GA. 2022. Progress on breeding and food processing efforts to improve chemical composition and functionality of intermediate wheatgrass (*Thinopyrum intermedium*) for the food industry. *Cereal Chemistry* **99**(2): 235–252. DOI: 10.1002/cche.10482.
- Capouchová I, Kouřimská L, Pazderů K, Škvorová P, Božik M, Konvalina P, Dvořák P, Dvořáček V. 2021. Fatty acid profile of new oat cultivars grown via organic and conventional farming. *Journal of Cereal Science* **98** (103180). DOI: 10.1016/j.jcs.2021.103180.
- Clark N. 2020. Sportovní výživa: stravovací plán, potravinové doplňky, strava před výkonem i po něm, specifické výživové potřeby, hubnutí bez hladovění, recepty. 4. vydání. Grada Publishing, Praha.
- Cornell HJ, Hoveling AW. 2019. *Wheat chemistry and utilization*. CRC Press, Boca Raton. DOI: 10.1201/9780367812713.
- Český statistický úřad. 2023. Spotřeba potravin – 2022. Český statistický úřad, Praha. Available from <https://www.czso.cz/csu/czso/spotreba-potravin-2022> (accessed March 2024).
- Český statistický úřad. 2024. Definitivní údaje o sklizni zemědělských plodin – 2023. Český statistický úřad, Praha. Available from <https://www.czso.cz/csu/czso/definitivni-udaje-o-sklizni-zemedelskych-plodin-2023> (accessed March 2024).
- ČSN EN ISO 22000 (569600). 2019. Systémy managementu bezpečnosti potravin – Požadavky na organizaci v potravinovém řetězci. Český normalizační institut, Praha.
- Dhull SB, Punia S. 2021. Essential Fatty Acids: Introduction. Pages 1–19 in Dhull SB, Punia S, Sandhu KS, editors. *Essential Fatty Acids: Sources, Processing Effects, and Health Benefits*. CRC Press, Boca Raton. DOI: 10.1016/j.jcs.2022.103580.
- Doppenberg J, Van der Aar PJ. 2023. Facts about Fats: A Review of the Feeding Value of Fats and Oils in Feeds for Swine and Poultry. Wageningen Academic Publishers, Wageningen.

- Echegaray N, Pateiro M, Nieto G, Rosmini MR, Munekata PES, Sosa-Morales ME, Lorenzo JM. 2022. Lipid oxidation of vegetable oils. Pages 127–148 in Lorenzo JM, Munekata PES, Pateiro M, Barba FJ, Domínguez R, editors. *Food Lipids: Sources, Health Implications, and Future Trends*. Elsevier Science & Technology, Amsterdam.
- Eliasson A. 2003. Utilization of Thermal Properties for Understanding Baking and Staling Processes. Pages 65–115 in Kaletunç G, Breslauer KJ, editors. *Characterization of Cereals and Flours*. CRC Press, Boca Raton. DOI: 10.1201/9780203911785.
- Elleuch M, Bedigian D, Roiseux O, Besbes S, Blecker Ch. 2011. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications. *Food Chemistry* **124**: 411–421. DOI: 0.1016/j.foodchem.2010.06.077.
- F & Z Dottenfelder Hof. 2021. Dottenfelderhof: Biodynamic breeding research at Dottenfelderhof. F & Z Dottenfelder Hof, Bad Vilben. Available from <https://www.dottenfelderhof.de/dottenfelderhof/uebersicht/> (accessed February 2024).
- Gabrovská D, Jurkaninová L, Matějová H, Sluková M, Skřivan P, Šárka E. 2019. Chemické složení obilovin, výživový a zdravotní pohled na obiloviny, technologie a zpracování obilovin. Pages 28–65 in Blažková L, et al. *Obiloviny v lidské výživě: slovníček pojmů z cereální oblasti*. Potravinářská komora České republiky, Česká technologická platforma pro potraviny, Praha.
- Gebauer S, Harris SW, Kris-Etherton PM, Etherton TD. 2005. Dietary n-6: n-3 Fatty Acid Ratio and Health. Pages 221–248 in Akoh CC, Lai OM, editors. *Healthful Lipids*. AOCS Publishing, New York. DOI: 10.1201/9780429104497.
- Goesaert H, Brijs K, Veraverbeke WS, Courtin CM, Gebruers K, Delcour JA. 2005. Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. *Trends in Food Science & Technology* **16** (1–3): 12–30. DOI: 10.1016/j.tifs.2004.02.011.
- Gordon R, Chapman J, Power A, Chandra S, Roberts J, Cozzolino D. 2018. Comparison of Ultrasound-Assisted Extraction with Static Extraction as Pre-Processing Method Before Gas Chromatography Analysis of Cereal Lipids. *Food Analytical Methods* **11**(11): 3276–3281. DOI:10.1007/s12161-018-1304-0.
- Gropper SAS. 2000. *The biochemistry of human nutrition: a desk reference*. 2nd edition. Wadsworth/Thomson Learning, Belmont, Calif.
- Hidalgo FJ, Zamora R. 2015. Fatty acids. Pages 413–430 in Nollet LML, Toldra F, editors. *Handbook of Food Analysis—Two Volume Set*. CRC Press, Boca Raton. DOI: 10.1201/b18668.
- Jones HD. 2016. Introduction: Biotechnology of Major Cereals. Pages 1–4. Jones HD, editor. *Biotechnology of Major Cereals*. CAB International, Boston.
- Jones MJ. 2023. Role of cereals in nutrition and health. Pages 31–42 in in Shewry PR, Koksels H, Taylor J, editors. *ICC Handbook of 21st Century Cereal Science and Technology*. Elsevier Science & Technology, Amsterdam.

- Joye IJ, Lagrain B, Delcour JA. 2009. Use of chemical redox agents and exogenous enzymes to modify the protein network during breadmaking – A review. *Journal of Cereal Science* **50**(1): 11–21. DOI: 10.1016/j.jcs.2009.04.001.
- Jurkaninová L. 2017. Obiloviny a sacharidy. Pages 6–7 in Blažková L, et al. *Obiloviny v lidské výživě: shrnutí poznatků o obilovinách se zaměřením na problematiku sacharidů obilovin*. Potravinářská komora České republiky, Česká technologická platforma pro potraviny, Praha.
- Kakabouki I, Beslemes DF, Tigka EL, Folina A, Karydogianni S, Zisi C, Papastylianou P. 2020. Performance of Six Genotypes of Tritordeum Compare to Bread Wheat under East Mediterranean Condition. *Sustainability* **12**(22). DOI: 10.3390/su12229700.
- Karupaiah T, Noor MI, Sundram K. 2005. Dietary Fatty Acids and Their Influence on Blood Lipids and Lipoproteins. Pages 171–203. in Akoh C.C, Lai O.M, editors. *Healthful Lipids*. AOCS Publishing, New York. DOI: 10.1201/9780429104497.
- Kasper H. 2015. *Výživa v medicíně a dietetika*. Procházka Karel (překl.). 11. vydání. Grada Publishing, a. s., Praha.
- Kan A. 2015. Characterization of the Fatty Acid and Mineral Compositions of Selected Cereal Cultivars from Turkey. *Records of Natural Products* **9**: 124–134.
- Kaur G, Priya R, Singh S. 2022. Utilization of Pseudoocereals in Bakery Products and Healthcare. Pages 101–122 in Goyal MR, Kaur K, Kaur J, editors. *Cereals and cereal-based foods: Functional Benefits and Technological Advances for Nutrition and Healthcare*. CRC Press, Boca Raton.
- Kaur N, Chugh V, Gupta AK. 2014. Essential fatty acids as functional components of foods: a review. *Journal of Food Science and Technology* **51**(10): 2289–2303. DOI: 10.1007/s13197-012-0677-0.
- Kaur P, Kaur J, Kaur K, Bohra J. 2022. Barley-Based Functional Foods. Pages 3–18 in Goyal MR, Kaur K, Kaur J, editors. *Cereals and cereal-based foods: Functional Benefits and Technological Advances for Nutrition and Healthcare*. CRC Press, Boca Raton.
- Khan AI. 2013. A GC-FID Method for the Comparison of Acid – and Base-Catalyzed Derivatization of Fatty Acids to FAMES in Three Edible Oils. Thermo Fisher Scientific, Runcorn.
- Klouda P. 2016. *Biochemie zblízka*. Pavko, Ostrava.
- Kodali DR. 2019. Trans Fats Chemistry, Occurrence, Functional Need in Foods and Potential Solutions. Pages 14–25 in Kodali DR, List GR, editors. *Trans Fat Alternative*. AOCS Publishing, New York. DOI: 10.1201/9780429104503.
- Konvalinka P, Capouchová I, Stehno Z, Káš M, Janovská D, Škeříková A, Moudrý J. 2012. *Pěstování a využití pšenice špaldy v ekologickém zemědělství*. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha.
- Kouřimská L, Pokhrel K, Božik M, Tilami S. K, Horčíčka P. 2021. Fat content and fatty acid profiles of recently registered varieties of naked and hulled oats with and without husks. *Journal of Cereal Science* **99** (103216). DOI: 10.1016/j.jcs.2021.103216.

- Kouřimská L, Sabolová M, Horčíčka P, Rys S, Božik M. 2018. Lipid content, fatty acid profile, and nutritional value of new oat cultivars. *Journal of Cereal Science* **84**: 44–48. DOI: 10.1016/j.jcs.2018.09.012.
- Kučerová J. 2016. *Technologie cereálií*. 2. vydání. MENDELU, Brno.
- Kunová V. 2018. Žluknutí. Společnost pro výživu, Z.S. Available from <https://www.vyzivaspol.cz/zluknuti/> (accessed February 2024).
- Kunová V. 2011. *Zdravá Výživa*. 2. vydání. Grada Publishing, a. s., Praha.
- Ledvina T, Stoklasová A, Cerman J. 2020. *Biochemie pro studující medicíny I*. 3. vydání. Karolinum, Praha.
- Leray C. 2014. *Lipids*. CRC Press, Boca Raton. DOI: 10.1201/b17656.
- Li Y, Watkins BA. 2004. Analysis of Fatty Acids in Food Lipids. Pages 437–422 in Wrolstad RE, Acree TE, Decker EA, Penner MH, Reid DS, Schwartz SJ, Shoemaker ChF, Smith D, Sporns P, editors. *Handbook of Food Analytical Chemistry: Water, Proteins, Enzymes, Lipids, and Carbohydrates*. John & Wiley Sons, Inc., Hoboken. DOI: 10.1002/0471709085.part4.
- MacRitchie F. 2010. *Concepts in Cereal Chemistry*. CRC Press, Boca Raton. DOI: 10.1201/b15112.
- Marion D, Dubreil L, Douliez JP. 2003. Functionality of lipids and lipid-protein interactions in cereal-derived food products. *Oléagineux, Corps Gras, Lipides* **10**(1): 47–56. DOI: 10.1051/ocl.2003.0047.
- Martínek P, Kotíková Z. 2021. „Barevné pšenice“ jsou odrůdy pšenice s lepší nutriční kvalitou zrna. Česká technologická platforma rostlinných biotechnologií, Klado. Available from <http://www.rostlinyprobudoucnost.eu/ctprb/novinky/zajimavosti/217-barevne-psenice-jsou-odrudy-psenice-s-lepsi-nutricni-kvalitou-zrna.html> (accessed February 2024).
- Mills CE, Hall WL, Berry SEE. 2017. What are interesterified fats and should we be worried about them in our diet? *Nutrition Bulletin* **42**(2): 153–158. DOI: 10.1111/nbu.12264.
- Mir SA, Manickavasagan A, Bosco SJD, Shah MA. 2019. *Whole Grains*. CRC Press, Boca Raton. DOI: 10.1201/9781351104760.
- Moazzami AA, Lampi A. M, Kamal-Eldin A. Bioactive Lipids in Cereals and Cereal Products. 2011. Pages 229–252 in Tokusoglu Ö, Hall III C. A, editors. *Fruit and Cereal Bioactives*. CRC Press. DOI: 10.1201/b10786.
- Národní zdravotnický informační portál. 2024. Transmastné kyseliny. Ministerstvo zdravotnictví ČR a Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR, Praha. Available from <https://www.nzip.cz/rejstrikovy-pojem/224> (accessed February 2024).
- Nesvadba Z. 2021. Tritordeum – nová obilnina v kolekci Genové banky v Ruzyni. *Úroda* **9**: 30–34.
- Newby P. 2018. *Food and Nutrition: What Everyone Needs to Know?* Oxford University Press, Oxford.
- Nielsen SS, Qian MC. 2017. Gas Chromatography. Pages 87–97 in Nielsen SS, editor. *Food Analysis Laboratory Manual*. 3rd edition. Springer International Publishing AG, Cham. DOI: 10.1007/978-3-319-44127-6\_32.



- O'Keefe SF. 2008. Nomenclature and Classification of Lipids. Pages 3–38 in Akoh CC, Min DB, editors. Food Lipids: Chemistry, Nutrition, and Biotechnology. 3rd edition. CRC Press, Boca Raton. DOI: 10.1201/9781420046649.
- Okkyung KCH, Ohm JB. 2000. Lipids. Pages 417–477 in Kulp K, editor. 2nd edition. Handbook of Cereal Science and Technology, Revised and Expanded. CRC Press, Boca Raton.
- Ohwoavworhua FO, James W. 2019. Rice husk as a sustainable source of microcrystalline cellulose: Pharmacopoeial, crystalline and spectroscopic characteristics. Drug Discovery **13**: 79–87.
- Pokhrel K, Kouřimská L, Pazderů K, Capouchová I, Božik M. 2022. Lipid content and fatty acid profile of various European and Canadian hulled and naked oat genotypes. Journal of Cereal Science **108** (103580). DOI: 10.1016/j.jcs.2022.103580.
- Pokorný J. 2006. Nasycené mastné kyseliny v tucích: nepůsobí všechny stejně. Společnost pro výživu, Z.S. Available from <https://www.vyzivaspol.cz/nasycene-mastne-kyseliny-v-tucich-nepusobi-vsechny-stejne/> (accessed February 2024).
- Poušek L, Bindzar J, Zimová J. 2008. Přehled biochemie člověka. České vysoké učení technické v Praze, Praha.
- PRO-BIO. 2021. Pšenice ozimá – *Triticum aestivum* L. PRO-BIO, obchodní společnost s.r.o. Available from <https://www.bioosiva.cz/kopie-p%C5%A1enice-ozim%C3%A1-2020-1> (accessed February 2024).
- PRO-BIO. 2022. Pšenice dvouzrnka – *Triticum dicocum* Schrank. PRO-BIO, obchodní společnost s.r.o. Available from <https://www.bioosiva.cz/kopie-p%C5%A1enice-dvouzrnka-2022-2> (accessed March 2024).
- PRO-BIO. 2022. Pšenice jednozrnka – *Triticum monococum*. PRO-BIO, obchodní společnost s.r.o. Available from <https://www.bioosiva.cz/kopie-p%C5%A1enice-jednozrnka-2022> (accessed March 2024).
- PRO-BIO. 2022. Pšenice špalda – *Triticum spelta* L. PRO-BIO, obchodní společnost s.r.o. Available from <https://www.bioosiva.cz/kopie-p%C5%A1enice-ozim%C3%A1-%C5%A1palda-2022> (accessed February 2024).
- Příhoda J, Skřivan P, Hrušková M. 2004. Cereální chemie a technologie I: Cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha.
- Roubík L, et al. 2018. Moderní výživa ve fitness a silových sportech. Erasport, s. r. o., Praha
- Saini P, et al. 2021. Bioactive compounds, nutritional benefits and food applications of colored wheat: a comprehensive review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition **61** (19): 3197–3210. DOI: 10.1080/10408398.2020.1793727.
- Selgen. 2020. Podzim: Odrůdový katalog 2020. Selgen Slovakia s.r.o. Available from [https://selgen.cz/wp-content/uploads/2021/07/katalog\\_PODZIM\\_2020\\_nOVY.pdf](https://selgen.cz/wp-content/uploads/2021/07/katalog_PODZIM_2020_nOVY.pdf) (accessed February 2024).
- Seppänen-Laakso T, Laakso I, Hiltunen R. 2002. Analysis of fatty acids by gas chromatography, and its relevance to research on health and nutrition. Analytica Chimica Acta **465**(1–2): 39–62. DOI: 10.1016/S0003-2670(02)00397-5.

- Serna-Saldivar SO. 2010. *Cereal Grains: Properties, Processing, and Nutritional Attributes*. CRC Press, Boca Raton. DOI: 10.1201/9781439882092.
- Shahidi F, Wanasundara UN. 2008. Methods for Measuring Oxidative Rancidity in Fats and Oils. Pages 387–408 in Akoh CC, Min DB, editors. *Food Lipids: Chemistry, Nutrition, and Biotechnology*. 3rd edition. CRC Press, Boca Raton. DOI: 10.1201/9781420046649.
- Shewry PR, Mantila UH, Serna-Saldivar SO. Structure and development of cereal grains. 2023. Pages 17–30 in Shewry PR, Koxsel H, Taylor J, editors. *ICC Handbook of 21st Century Cereal Science and Technology*. Elsevier Science & Technology, Amsterdam.
- Schreiner M. 2006. Principles for the Analysis of Omega-3 Fatty Acids. Pages 1–25 in Tiele MC, editor. *Omega-3 Fatty Acid Research*. Nova Science Publishers, Inc., New York.
- Skřivan P, Sluková M, Hradecká B, Jurkaninová L, Švec I. 2022. *Cereální chemie a technologie II: Sekundární zpracování obilovin – pekárenská technologie*. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha.
- Skřivan P, Sluková M. 2017. Pšenice a její vliv na zdraví člověka. Pages 8–13 in Blažková L, et al. *Obiloviny v lidské výživě: shrnutí poznatků o obilovinách se zaměřením na problematiku sacharidů obilovin*. Potravinářská komora České republiky, Česká technologická platforma pro potraviny, Praha.
- Skřivan P. 2015. Úvod. Pages 6–7 in Gabrovská D, Hálová I, Chrpová D, Ouhrabková J, Sluková M, Vavrejinová S, Faměra O, Kohout P, Pánek J, Skřivan P. *Obiloviny v lidské výživě: stručné shrnutí poznatků se zvýšeným zaměřením na problematiku lepku*. Potravinářská komora České republiky, Česká technologická platforma pro potraviny, Praha.
- Sluková M, Skřivan P, Hrušková M. 2017. *Cereální chemie a technologie: Zpracování obilovin – mlýnská a těstářenská výroba*. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha.
- Společnost pro výživu. 2015. *Tuky (lipidy)*. Společnost pro výživu, Z.S. Available from <https://www.vyzivaspol.cz/tuky-lipidy/> (accessed February 2024).
- Světová zdravotnická organizace. 2023. Saturated fatty acid and trans-fatty acid intake for adults and children: WHO guideline. World Health Organization, Geneva.
- Tautges N, Detjens A, Jungers J. 2023. *Kernza grower guide*. Kernza CAP.
- Tufail T, Ul Ain MB, Hussain M, Farooq MA, Nayik GA, Ansari MJ. 2023. Cereals: An Overview. Pages 1–14 in Nayik G A, Tufail T, Anjum FM, Ansari MJ. *Cereal Grains: Composition, Nutritional Attributes, and Potential Application*. CRC Press, Boca Raton. DOI: 10.1201/9781003252023.
- ÚKZÚZ (Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský). 2017. *Obilniny 2017*. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský se sídlem v Brně, Národní odrůdový úřad, Brno.
- ÚKZÚZ (Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský). 2024. *Seznam doporučených odrůd pro ekologické zemědělství 2024: ječmen jarní, pšenice jarní, pšenice ozimá*. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský se sídlem v Brně, Národní odrůdový úřad, Brno.
- Vaculová K, Faměra O. 2019. *Agrobiologie*. Pages 6–27 in Gabrovská D, Jurkaninová L, Matějová H, Sluková M, Vaculová K, Faměra O, Martinek P, Skřivan P, Šárka E. *Obiloviny v lidské výživě: slovníček pojmů z cereální oblasti*. Potravinářská komora České republiky, Česká technologická platforma pro potraviny, Praha.

- Vader LW, Stepniak DT, Bunnik EM, Kooy YMC, de Haan W, Drijfhout JW, van Veelen PA, Koning F. 2003. Characterization of cereal toxicity for celiac disease patients based on protein homology in grains. *Gastroenterology* **125**(4): 1105–1113. DOI: 10.1016/S0016-5085(03)01204-6.
- Van Boxtael F, Aerts H, Linssen S, Latré J, Christiaens A, Haesaert G, Dierickx I, Brusselle J, de Keyser W. 2020. A comparison of the nutritional value of Einkorn, Emmer, Khorasan and modern wheat: whole grains, processed in bread, and population-level intake implications. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **100**(11): 4108–4118. DOI: 10.1002/jsfa.10402.
- Velíšek J, Hajšlová J. 2009. *Chemie potravin I*. 3. vydání. OSSIS, Tábor.
- Velíšek J. 2014. *The Chemistry of Food*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken.
- Vymlátilová L. 2021. Kompletní přehled o tucích ve výživě a při hubnutí. Available from <http://www.vymlatilova.cz/data/editor/V%C3%BD%C5%BEiva%20a%20hubnut%C3%AD%20Lenka%20Vyml%C3%A1tilov%C3%A1%20vzorec%20tuk.png> (accessed February 2024).
- Wang J, Tang J, Ruan S, Lv R, Zhou J, Tian J, Cheng H, Xu E, Liu D. 2021. A comprehensive review of cereal germ and its lipids: Chemical composition, multi-objective process and functional application. *Food Chemistry* **362** (130066). DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.130066.
- Zákon č. 92/1996 Sb. ze dne 15. března 1996 o odrůdách, osivu a sadbě pěstovaných rostlin. Sbírka zákonů České republiky. Available from <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1996-92> (accessed March 2024).
- Zhang H, Wang Z, Liu O. 2015. Development and validation of a GC-FID method for quantitative analysis of oleic acid and related fatty acids. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, **5**(4): 223–230. DOI: 10.1016/j.jpha.2015.01.005.
- Zhang X, Apples R. 2023. Genome Sequence – Based Features of Wheat Genetic Diversity. Pages 93–112 in Appels R, Eversole K, Feuillet C, Gallagher D, editors. *The Wheat Genome: Compendium of Plant Genomes Series*. Springer International Publishing AG, Cham.

## 9 Seznam použitých zkratek a symbolů

|                   |  |
|-------------------|--|
| AA:               | arachidonová kyselina                          |
| ALA:              | $\alpha$ -linolenová kyselina                  |
| BF <sub>3</sub> : | boron trifluorid                               |
| ČSÚ:              | Český statistický úřad                         |
| DGLA:             | dihomo- $\gamma$ -linolenová kyselina          |
| DHA:              | dokosahexaenová kyselina                       |
| EPA:              | eikosapentaenová kyselina                      |
| FAME:             | methylester mastné kyseliny                    |
| GC:               | plynová chromatografie                         |
| GC-MS:            | plynová chromatografie s hmotnostní detekcí    |
| GLA:              | $\gamma$ -linolenová kyselina                  |
| HDL:              | vysokohustotní lipoprotein                     |
| IE:               | interesterifikované tuky                       |
| kcal:             | kalorie  |
| kJ:               | kilojoule                                      |
| LA:               | linolová kyselina                              |
| LDL:              | nízkohustotní lipoprotein                      |
| MK:               | mastná kyselina                                |
| MUFA:             | mononenasyčené mastné kyseliny                 |
| NaOH:             | hydroxid sodný                                 |
| PUFA:             | polynenasycené mastné kyseliny                 |
| SDA:              | stearidonová kyselina                          |
| SFA:              | nasyčené mastné kyseliny                       |
| SFC:              | obsah tuhého tuku                              |
| TAG:              | triacylglycerol                                |
| TFA:              | trans-nenasycená mastná kyselina               |
| UFA:              | nenasyčené mastné kyseliny                     |
| ÚKZÚZ:            | Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský |
| WHO:              | Světová zdravotnická organizace                |

## 10 Seznam obrázků

|  |    |
|--|----|
| <b>Obrázek 1:</b> Schéma TAG (na levé straně glycerol, na který jsou navázány obecné vzorce mastné kyseliny-fatty acids) (Mills et al. 2017) .....   | 13 |
| <b>Obrázek 2:</b> Znázornění vazeb v molekule lipidu (Vymlátílová 2021) .....  | 14 |
| <b>Obrázek 3:</b> Znázornění izomerie cis a trans na dvojně vazbě mezi atomy uhlíků (O'Keefe 2008).<br>.....   | 17 |
| <b>Obrázek 4:</b> Obsah SFA, MUFA a PUFA v potravinách (Vymlátílová 2021) .....  | 20 |
| <b>Obrázek 5:</b> Zrno pšenice seté s měřítkem ( <i>Triticum aestivum</i> L.)<br>( <a href="https://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/psenice.htm">https://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/psenice.htm</a> ) .....   | 23 |
| <b>Obrázek 6:</b> Zrno žita setého s měřítkem ( <i>Secale cereale</i> L.)<br>( <a href="https://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/zito.jpg">https://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/zito.jpg</a> ) .....   | 24 |
| <b>Obrázek 7:</b> Zrno ječmene s měřítkem ( <i>Hordeum</i> spp.)<br>( <a href="https://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/Jecmen.jpg">https://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/Jecmen.jpg</a> ) .....  | 25 |
| <b>Obrázek 8:</b> Zrno ovsa setého s měřítkem ( <i>Avena sativa</i> L.) ( <a href="http://www.cit.vfu.cz">www.cit.vfu.cz</a> ) .....   | 25 |
| <b>Obrázek 9:</b> Zrno triticales s měřítkem ( <i>Triticosecale</i> Wittmack),<br>( <a href="https://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/Triticale.jpg">https://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/Triticale.jpg</a> ) .....  | 26 |
| <b>Obrázek 10:</b> Podélný, detailní řez zrnem pšenice (Sluková et al. 2017).....  | 29 |
| <b>Obrázek 11:</b> Závislost objemu bochníku chleba na procentu přidávaných lipidů do odtučněné mouky odrůdy Jagger (MacRitchie 2010). .....   | 34 |
| <b>Obrázek 12:</b> Multivariační testy významnosti (Value= hodnota, F= hodnota F-testu, df= stupně volnosti, Effect df= počet stupňů volnosti pro efekt, Error df= počet stupňů volnosti pro chybu, p= pravděpodobnostní hodnota).....   | 59 |
| <b>Obrázek 13:</b> Test součtu čtverců celkového modelu oproti součtu čtverců reziduí (Multiple R a Multiple R <sup>2</sup> = míry síly vztahu mezi nezávislými a závislými proměnnými, Adjusted R <sup>2</sup> = korigovaná verze R <sup>2</sup> , která bere v úvahu počet nezávislých proměnných v modelu, SS Model a SS Residual= součty čtverců pro celkový model a zbytkový model, df Model a df Residual= stupně volnosti pro celkový model a zbytkový model, MS Model a MS Residual= průměrné čtverce pro celkový model a zbytkový model, F= hodnota F-testu pro celkový model, p= pravděpodobnostní hodnota)..... | 60 |
| <b>Obrázek 14:</b> Graf faktoru F1 – Botanický druh na profil mastných kyselin.....  | 61 |
| <b>Obrázek 15:</b> Graf faktoru F1 – Botanický druh porovnání součtů SF, MUFA, PUFA .....  | 61 |
| <b>Obrázek 17:</b> Faktor F2 – porovnání součtů SFA, MUFA, PUFA.....   | 62 |
| <b>Obrázek 16:</b> Graf faktoru F2 – Odrůda na profil mastných kyselin .....   | 62 |

## 11 Seznam tabulek

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabulka 1:</b> Přehled nasycených mastných kyselin (Velíšek & Hajšlová 2009) .....                                    | 15 |
| <b>Tabulka 2:</b> Přehled vybraných mononenasycených mastných kyselin (Velíšek & Hajšlová 2009) .....                    | 16 |
| <b>Tabulka 3:</b> Přehled vybraných esenciálních mastných kyselin (Velíšek & Hajšlová 2009).....                         | 17 |
| <b>Tabulka 4:</b> Přehled nasycených MK v potravinách (Pokorný 2006).....  | 19 |
| <b>Tabulka 5:</b> Obsah trans-mastných kyselin v jednotlivých potravinách (Kunová 2011).....                             | 21 |
| <b>Tabulka 6:</b> Přehled základních druhů pšenice (Skřivan et al. 2022).....  | 23 |
| <b>Tabulka 7:</b> Chemické složení v jednotlivých částech zrna v % sušiny (Kučerová 2016) .....                          | 30 |
| <b>Tabulka 8:</b> Chemické složení zrna obilovin ječmene, pšenice, žita a triticales v hm. % (Sluková et al. 2017) ..... | 31 |
| <b>Tabulka 9:</b> Složení mastných kyselin v obilovinách (% ze všech MK) (Příhoda et al. 2004) .....                     | 33 |
| <b>Tabulka 10:</b> Odrůdy pšenice seté ozimé .....   | 37 |
| <b>Tabulka 11:</b> Odrůdy pšenice špaldy (Triticum spelta) .....   | 38 |
| <b>Tabulka 12:</b> Odrůdy tritordea.....   | 39 |
| <b>Tabulka 13:</b> Pšenice jednozrnka a dvouzrnka .....  | 40 |
| <b>Tabulka 14:</b> Obsah sušiny a vlhkosti odrůd pšenice seté ozimé .....  | 44 |
| <b>Tabulka 15:</b> Obsah sušiny a vlhkosti odrůd pšenice špaldy .....  | 44 |
| <b>Tabulka 16:</b> Obsah sušiny a vlhkosti pšenice jednozrnky a dvouzrnky .....  | 45 |
| <b>Tabulka 17:</b> Obsah sušiny a vlhkosti u odrůd tritordea.....  | 45 |
| <b>Tabulka 18:</b> Obsah sušiny a vlhkosti kernzy .....  | 45 |
| <b>Tabulka 19:</b> Obsah tuku a následný obsah tuku v sušině odrůd pšenice seté ozimé .....                              | 46 |
| <b>Tabulka 20:</b> Obsah tuku a následný obsah tuku v sušině odrůd pšenice špaldy .....                                  | 47 |
| <b>Tabulka 21:</b> Obsah tuku a následný obsah tuku v sušině odrůd tritordea.....  | 48 |
| <b>Tabulka 22:</b> Průměrný obsah tuku a následný obsah tuku v sušině u jednotlivých druhů obilovin .....                | 49 |
| <b>Tabulka 23:</b> Identifikované mastné kyseliny ve vzorcích obilovin a jejich odrůd .....                              | 50 |
| <b>Tabulka 24:</b> Rozdělení mastných kyselin do skupin SFA, MUFA, PUFA .....  | 50 |
| <b>Tabulka 25:</b> Rozdělení PUFA do skupin n-3, n-6.....  | 51 |
| <b>Tabulka 26:</b> Profil mastných kyselin odrůd pšenice seté ozimé (NI= neidentifikováno) .....                         | 51 |
| <b>Tabulka 27:</b> Obsah n-3 a n-6 mastných kyselin o odrůd pšenice seté ozimé.....                                      | 53 |
| <b>Tabulka 28:</b> Profil mastných kyselin odrůd pšenice špaldy .....  | 53 |
| <b>Tabulka 29:</b> Obsah n-3 a n-6 mastných kyselin u odrůd pšenice špaldy.....  | 55 |
| <b>Tabulka 30:</b> Profil mastných kyselin odrůd tritordea (NI= neidentifikováno).....                                   | 55 |
| <b>Tabulka 31:</b> Obsah n-3 a n-6 mastných kyselin u odrůd tritordea .....  | 56 |
| <b>Tabulka 32:</b> Profil mastných kyselin jednotlivých obilovin (NI= nelze identifikovat).....                          | 57 |
| <b>Tabulka 33:</b> Obsah n-3 a n-6 mastných kyselin v obilovinách a kernze .....   | 58 |

## 12 Seznam grafů

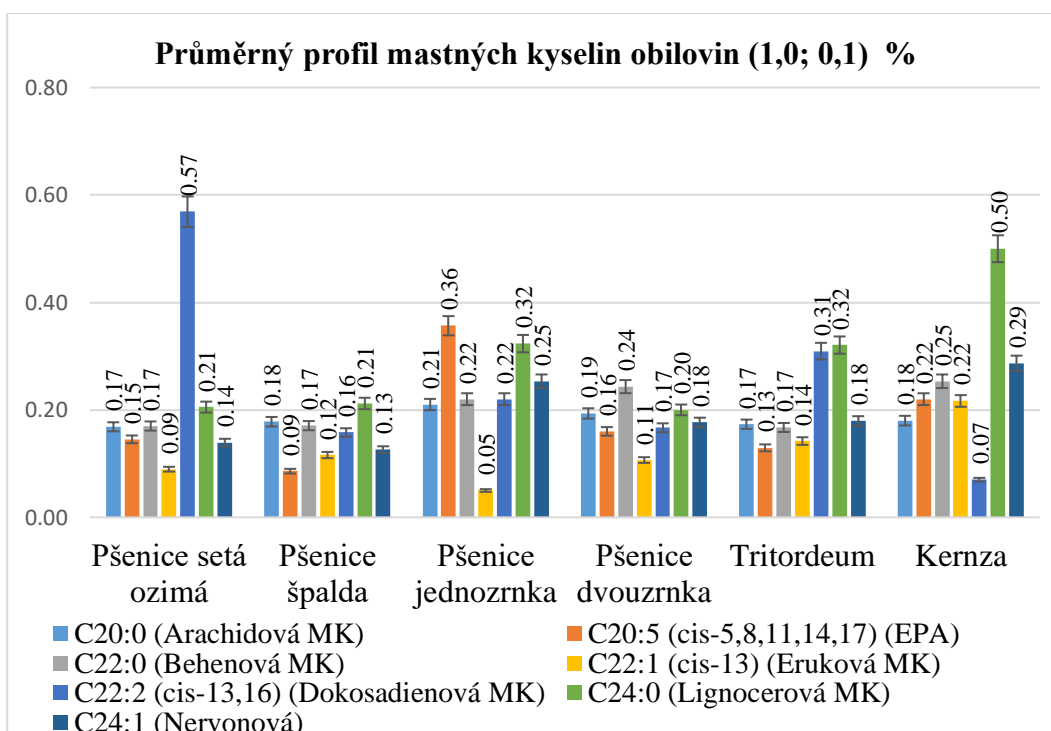
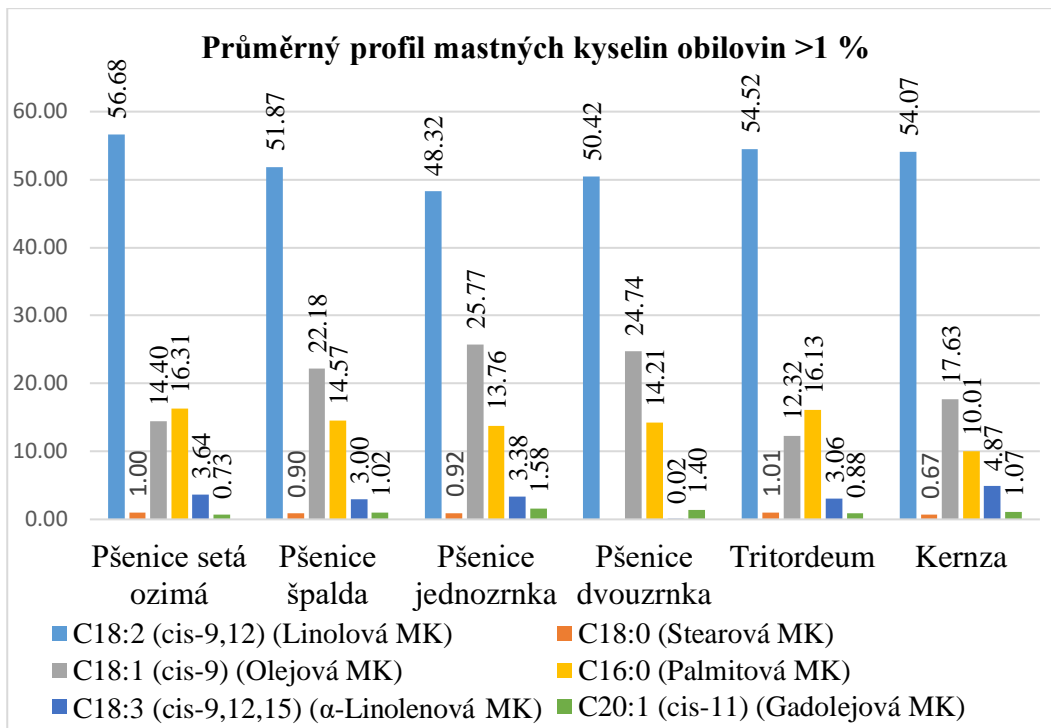
|  |    |
|--|----|
| <b>Graf 1:</b> Obsah tuku v sušině odrůd pšenice seté ozimé .....  | 46 |
| <b>Graf 2:</b> Obsah tuku v sušině odrůd pšenice špaldy.....   | 47 |
| <b>Graf 3:</b> Obsah tuku v sušině odrůd tritordea.....  | 48 |
| <b>Graf 4:</b> Průměrný obsah tuku v sušině v obilovinách a Kernze .....                                     | 49 |
| <b>Graf 5:</b> Obsah SFA, MUFA, PUFA odrůd pšenice seté ozimé (Liocharis p. = Liocharis population)<br>..... | 53 |
| <b>Graf 6:</b> Obsah SFA, MUFA, PUFA odrůd pšenice špaldy .....  | 54 |
| <b>Graf 7:</b> Profil mastných kyselin odrůd tritordea .....   | 56 |
| <b>Graf 8:</b> Průměrný profil mastných kyselin jednotlivých obilovin a kernzy .....                         | 58 |





### 13 Samostatné přílohy

Příloha 1: Průměrný profil mastných kyselin jednotlivých obilovin



### Průměrný profil mastných kyselin obilovin <0,1 %

