

# Tuky a jejich výskyt v obilovinách

Tereza Staňková

---

Bakalářská práce  
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav technologie a mikrobiologie potravin  
akademický rok: 2010/2011

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tereza STAŇKOVÁ**  
Osobní číslo: **T08713**  
Studijní program: **B 2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**

Téma práce: **Stanovení tuků v obilovinách**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Charakterizovat obiloviny, včetně těch méně tradičních.
2. Problematika lipidů v obilovinách a jejich možné chemické či enzymatické změny způsobené vlivem vnějších podmínek.

### II. Praktická část

1. Experimentální stanovení obsahu tuku ve vybraných vzorcích obilovin a výrobků z nich vyrobených.
2. Formulace závěrů práce.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] VELÍŠEK, J., HAJŠLOVÁ, J. Chemie potravin I. Tábor: OSSIS, 2009.

[2] MECELKA, M. Antioxidant properties of the unsaponifiable matter isolated from tomato seeds, oat grains and wheat germ oil. Food Chemistry, 2002, VOL. 79, 327-330.

[3] VISCIDI, A., DOUGHERTY, M. P., BRIGGS, J., CAMIRE, M., E. Complex phenolic compounds reduce lipid oxidation in extruded oat cereals. Lebensm.-Wiss. u.-Technol., 2004, VOL. 37, 789-796.

[4] CAMPANELLA, L., FAVERO, G., PASTORINO, M., TOMASSETTI, M. Monitoring the rancidification process in olive oils using a biosensor operating in organic solvents. Biosensors & Bioelectronics, 1999, VOL. 14, 179-186.

[5] YANISHLIEVA, N., V., MARINOVA, E., M., GORDON, M., H., RANEVA, V. G. Antioxidant activity and mechanism of action of thymol and carvacrol in two lipid systems. Food Chemistry, 1999, VOL. 64, 59-66.

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Daniela Sumczynski, Ph.D.**

Ústav biochemie a analýzy potravin

Datum zadání bakalářské práce:

**11. února 2011**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**30. května 2011**

Ve Zlině dne 12. dubna 2011



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.  
*děkan*



doc. Ing. Jan Hrabě, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

Příjmení a jméno: Staňková Tereza

Obor: Chemie a technologie potravin

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 24.5.2011

  
.....

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpirá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce je zaměřena na stanovení obsahu tuku v jednotlivých druzích obilovin. Teoretická část obsahuje charakteristiky vybraných druhů obilovin, popis anatomické stavby a chemického složení obilného zrna. V experimentální části je uvedeno stanovení obsahu sušiny a tuku u jednotlivých druhů obilovin.

Klíčová slova: obiloviny, tuk, sušina

## **ABSTRACT**

The bachelor thesis is focused on determination of fat content in individual kinds of cereals. The theoretical part contains characteristic of selected species of cereals, a description of anatomical and chemical structure of grains. In experimental part the determination dry matter content and fat content in an individual kinds of cereals are presented.

Keywords: cereals, fat, dry matter

## Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucí mé bakalářské práce Ing. Daniele Sumczynski, Ph.D. za odborné rady, poskytnuté informace a materiály, velkou ochotu a také podporu při sepisování mé bakalářské práce. Mé díky patří také mé rodině a blízkým přátelům za jejich podporu v průběhu celého studia.

## Prohlášení

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

Ve Zlíně

.....

Podpis studenta



# OBSAH

ÚVOD.....	11
<b>I</b> <b>TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>12</b>
<b>1</b> <b>OBILOVINY</b> .....	<b>13</b>
1.1    ANATOMICKÁ STAVBA OBILNÉHO ZRNA .....	13
1.1.1    Obalové vrstvy .....	13
1.1.2    Aleuronová vrstva .....	13
1.1.3    Endosperm.....	14
1.1.4    Klíček .....	14
1.2    JEDNOTLIVÉ DRUHY OBILOVIN .....	15
1.2.1    Pšenice.....	15
1.2.1.1    Špalda.....	16
1.2.1.2    Kamut.....	16
1.2.2    Ječmen.....	17
1.2.3    Žito .....	17
1.2.4    Oves.....	18
1.2.5    Proso.....	18
1.2.6    Rýže.....	19
1.2.7    Kukuřice .....	19
1.2.8    Čirok.....	19
1.2.9    Žitovec.....	20
1.2.10    Amarant ( <i>Amaranthus</i> ssp.) .....	20
1.2.11    Pohanka ( <i>Fagopyrum vulgare</i> ) .....	21
1.2.12    Quinoa ( <i>Quinoa</i> ssp.) .....	22
<b>2</b> <b>LIPIDY</b> .....	<b>24</b>
2.1    LIPIDY V POTRAVINÁCH .....	24
2.2    LIPIDY V OBILOVINÁCH.....	25
2.3    CHEMICKÉ REAKCE LIPIDŮ .....	27
2.3.1    Oxidace .....	27
2.3.2    Žluknutí .....	29
2.3.2.1    Žluknutí hydrolytické .....	29
2.3.2.2    Žluknutí oxidační.....	29
2.3.2.3    Žluknutí ketonové .....	29
2.3.2.4    Chuťová reverze.....	30
<b>3</b> <b>ZÁKLADNÍ PRINCIPY METOD POUŽITÝCH PŘI ANALÝZÁCH</b> <b>OBILOVIN</b> .....	<b>31</b>
3.1    STANOVENÍ SUŠINY .....	31
3.2    STANOVENÍ TUKŮ .....	31
3.2.1    Stanovení tuků přímou extrakcí .....	32
<b>II</b> <b>PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>33</b>
<b>4</b> <b>METODIKA PRÁCE</b> .....	<b>34</b>

4.1	POUŽITÉ PŘÍSTROJE, POMŮCKY A CHEMIKÁLIE .....	34
4.2	VYBRANÉ VZORKY OBILOVIN .....	34
4.3	STANOVENÍ OBSAHU SUŠINY .....	35
	Výpočet obsahu sušiny v % .....	35
4.4	STANOVENÍ OBSAHU TUKU .....	36
	Výpočet obsahu tuku v % .....	36
	Obsah tuku v sušině v % .....	36
<b>5</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUZE.....</b>	<b>37</b>
5.1	STANOVENÍ SUŠINY .....	37
5.2	STANOVENÍ TUKU .....	37
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>40</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>41</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>48</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>49</b>

## ÚVOD

Cereálie provázejí lidskou společnost od nepaměti. Na základě historických poznatků se předpokládá, že náznaky pěstování obilovin se datují od 12. až 10. tisíciletí před naším letopočtem. Obiloviny si udržely v průběhu tisíciletí výlučné postavení základní potraviny, a to jak v uplatnění pro přímou lidskou výživu, tak i jako krmné obilí pro výživu hospodářských zvířat, kde nepřímo ovlivňují produkci masa, mléka a do značné míry i tuků v nich obsažených [1,2].

K nezanedbatelným přednostem obilí patří vysoký obsah sušiny, tudíž je dobře skladovatelné (údržné) [2].

Podle údajů FAO (Organizace pro výživu a zemědělství – Food and Agriculture Organization) dodávají obiloviny lidstvu téměř polovinu energetické hodnoty ve stravě a polovinu konzumovaných bílkovin. Zvláště vysoký podíl na příjmu energie ve stravě je v rozvojových zemích (Asie kolem 70 %, Afrika asi 56 %). V České republice jsou obiloviny nejdůležitější zemědělskou plodinou, jsou základní surovinou pro výrobu řady potravinářských výrobků, slouží k výrobě průmyslových surovin a také jako krmivo. Jako potravina kryjí asi 33 % energetické hodnoty, zajišťují 30 % konzumovaných bílkovin, 56 % sacharidů a 10 % tuku [2].

Tato bakalářská práce je zaměřena na stanovení obsahu tuku, který je v obilovinách zastoupen pouze z 1 – 6 %. Extrakce byla prováděna Twiselmannovým přístrojem, pro niž byly vybrány následující vzorky obilovin: pšenice červená bio, kamut, oves bezpluchý, žito ozimé bio, pšenično-žitná mouka v poměrech 90:10, 10:90 a 50:50, dále grünkern, špaldové kernoto a špalda loupaná.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 OBILOVINY

Obiloviny patří mezi nejvýznamnější skupinu potravinářských plodin. Botanicky jsou řazeny mezi traviny a jsou to jednoděložné rostliny. Většina obilovin patří do čeledi lipnicovité, výjimkou je pohanka, která patří do čeledi rdesnovité. V lidské stravě patří již po tisíciletí pokrmy z obilovin k nezákladnějším. Podíl obilnin na celkové spotřebě energie v potravě je u obyvatel vyspělých zemí mnohem menší, a to 30 – 40 %, ale v rozvojových zemích dosahuje až 90 %. Obilná zrna obsahují bílkoviny, tuky a sacharidy, které jsou pro člověka důležité k růstu a vývoji. Obiloviny obecně zlepšují zdraví a snižují rizika onemocnění. Tradičními evropskými obilovinami jsou pšenice, žito, ječmen a oves, na jihu k nim patří také kukuřice. Obiloviny jsou výborným zdrojem  $\beta$ -glukanů, minerálních látek, vitaminů B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> a B<sub>6</sub>, dále potom rostlinných bílkovin. Bílkoviny obsažené v obilovinách nedosahují takových nutričních hodnot jako je tomu u bílkovin živočišných, a to díky omezení množství esenciálních aminokyselin, zvláště lyzinu. Z minerálních látek jsou to především: zinek, měď, mangan, molybden, bór a také vysoké množství železa, dále jsou vynikajícím zdrojem fosforu, draslíku, vápníku, hořčíku a dusíku [3,5,6,7,8].

### 1.1 Anatomická stavba obilného zrna

Morfologická skladba zrna je u všech obilovin přibližně shodná. Zrna obilovin se liší zejména svým tvarem, velikostí a podílem jednotlivých vrstev [4].

#### 1.1.1 Obalové vrstvy

Slouží jako ochrana endospermu a klíčku před vysycháním a mechanickým poškozením. Obaly představují 8 – 14 % hmotnosti zrna a jsou tvořeny několika vrstvami buněk. Svrchní vrstvy obilného zrna se nazývají oplodí, jejich úkolem je chránit zrno před mechanickým poškozením a krátkodobými účinky vody a škodlivých látek, proto jsou tvořeny celulórou, která špatně bobtná. Pod povrchem se nachází osemení, v jehož buňkách je barvivo, které určuje barevný vzhled obilného zrna. Obalové vrstvy obsahují minerální látky [1,4].

#### 1.1.2 Aleuronová vrstva

Na rozhraní mezi obalovými vrstvami a endospermem je aleuronová vrstva. Vzhledem k její blízkosti k endospermu je také označována jako vnější endosperm. Je tvořena

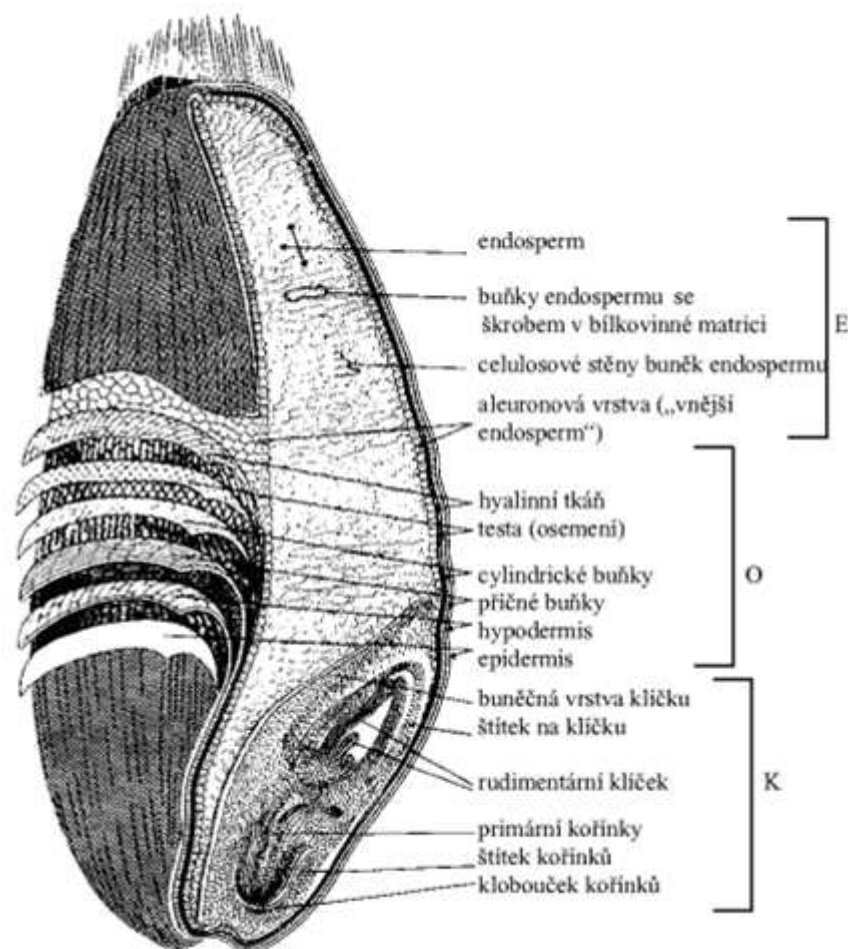
velkými parenchymatickými buňkami, které mají tvar kvádrů nebo krychle v jedné nebo více vrstvách. Jejich buňky jsou vyplněny aleurony, což jsou drobná a kulatá zrna. Ty obsahují přibližně 30 % bílkovin, což je skoro třikrát více než v endospermu. Tyto buňky obsahují také nejvíce minerálních látek ze všech buněk zrna, dále také tuky a vitaminy [4,5].

### **1.1.3 Endosperm**

Endosperm tvoří 84 – 86 % hmotnosti zrna, který je tvořen velkými hranolovitými buňkami. Endosperm slouží k výživě zárodku a je důležitý při zpracování na mouku a škroby. Je hlavním zdrojem energie a bílkovin, obsahuje zejména škrob, a to z 55 – 69 %, ale také tuky a minerální látky [1,4,5]

### **1.1.4 Klíček**

Klíček neboli embryo tvoří nejmenší část obilky, obsahuje mnoho živin, protože slouží jako zárodek nové rostliny. V klíčku se nevyskytuje škrob, jsou v něm ale obsaženy jednoduché cukry, bílkoviny, aminokyseliny, vitaminy rozpustné ve vodě, a to převážně vitamin B<sub>1</sub> a velké množství vitamínu E. V klíčku je také tuk, jehož obsah je 10 – 15 %. Nejvíce jsou zastoupeny kyselina palmitová a stearová, ale také eruková, např. u ovsa. Pro obsah tuku jsou klíčky vždy před mlýnským zpracováním odstraňovány, protože velmi rychle podléhají oxidaci a enzymovým změnám. Tyto změny by způsobovaly žluklou chuť výrobku. Klíčky jsou po odstranění používány k výrobě olejů. Velmi kvalitním je například kukuřičný olej [1,4,5].



Obrázek 1 – Anatomická stavba obilného zrna [8]

## 1.2 Jednotlivé druhy obilovin

### 1.2.1 Pšenice

Pšenice je členem skupiny obilovin *Triticeae* a bezesporu je jednou z hlavních potravinářských plodin světa a základem lidské výživy na celé Zemi. Pro potravinářské využití se pěstují dva botanicky rozdílné druhy, pšenice obecná (*Triticum aestivum*), pšenice tvrdá (*Triticum durum*) a pšenice špaldá (*Triticum spelta*). Pšenice se pěstuje na přibližně 17 % obdělávané půdy (více než 200 milionů hektarů) a je jedním z nejdůležitějších zdrojů vlákniny a bílkovin v lidské stravě. Pšenice je důležitým zdrojem vitaminů, jako jsou vitamin B a E. Dále jsou zdrojem minerálních látek, hořčiku a fosforu. Je to jediná obilovina, ze které se průmyslově vyrábí lepek, který umožňuje výrobu kvašeného chleba a je přísadou do jiných výrobků, jako jsou sušenky a koláče, těstoviny

a nudle. Kromě toho se pšeničné přísady přidávají do celé řady zpracovaných potravin. Nižší průmyslové třídy pšenice jsou používány ke krmení zvířat [2,9,10].



Obrázek 2 – Pšenice [11]

#### **1.2.1.1 Špalda**

Pšenice špalda (*Triticum spelta*) je jednou z nejstarších kulturních obilovin. Špalda patří do skupiny tzv. pluchatých pšenic. Její zrna jsou uzavřena v tzv. pluchách, které chrání zrno před vnějšími vlivy, především před napadením škůdci a plísněmi [12,13].

Pšenice špalda je surovinou pro potravinářské produkty s vysokým obsahem vlákniny. Vyrábějí se z ní základy nebo přísady do těstovin a chleba, tvoří přísadu müsli i vánočního pečiva. Zrna špaldy se dále zpracovávají na kroupy, krupici či vločky vhodné do kaší nebo polévek. Konzumují se i zelená zrna (grünkern), jejichž speciální přípravou se získává tzv. zelený kaviár. Známé je také špaldové pivo a špaldová káva [12].

Pšenice špalda obsahuje téměř všechny základní složky důležité pro zdravý lidský organizmus. Ve srovnání s běžnou pšenicí obsahuje špalda více bílkovin, minerálních látek, vitaminů skupiny B a je lépe stravitelná [13].

#### **1.2.1.2 Kamut**

Kamut patří ke starým neprošlechtěným předchůdcům dnešní pšenice. Jedná se o *Triticum turgidum* spp. *turanicum*, která má nejbližší k pšenicí tvrdé (*Triticum durum*) [14].

Zrna kamutu mají stejný tvar jako běžné druhy pšenice, jsou však minimálně dvakrát tak velká. Mají v průměru o 30 % více proteinu a zvýšený obsah vitaminů E, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, fosforu, hořčíku, zinku, kyseliny pantotenové, mědi a komplexních sacharidů [14].



### 1.2.2 Ječmen

Ječmen (*Hordeum sativum*) je jedna z nejstarších obilovin. Zrna ječmene se ve starověku používala převážně jako krmivo a k výrobě sladu. Dnes je ječmen zpracováván hlavně na kroupy, krupky, ječnou mouku, ječnou krupici a ječné vločky. Dále slouží k výrobě sladu, k jehož získání se používá výhradně sladovnický ječmen. Pro přípravu pivovarského sladu jsou využívány převážně odrůdy jarního ječmene setého dvouřadého variety (*Hordeum Bulhare* L. convar. *distichon* var. *nutans*) [4,15,16,17,18].

Ječmen je bohatým zdrojem vitamínu E a  $\beta$ -glukanů, které snižují hodnotu LDL cholesterolu. Obilky ječmene jsou baculaté, lehce loupateľné, středně tvrdé, jejich barva je jasně žluto-bílá. Pro potravinářské využití se pěstuje ječmen víceřadý (*Hordeum vulgare*) a ječmen dvouřadý (*Hordeum distichum*). Celé ječné zrno se skládá zhruba z 65 – 68 % škrobu, 10 – 17 % bílkovin, 4 – 9 %  $\beta$ -glukanů, 2 – 3 % tuků a 1,5 – 2,5 % minerálních látek. Celé zrno ječmene obsahuje 11 – 20 % celkové vlákniny, 11 – 14 % nerozpustné vlákniny a 3 – 10 % vlákniny rozpustné [4,15].



Obrázek 3 – Ječmen [19]

### 1.2.3 Žito

Žito je široce pěstovaná obilnina v severní, střední a východní Evropě. Pro potravinářské účely je pěstováno žito seté (*Secale cereale*). Jeho produkce je podstatně menší než u pšenice, nejvíce je využíváno k výrobě chleba, kde je ho použito více než 3 milióny tun ročně. Dále je používáno ke krmení zvířat. Je to nejdůležitější obilovina po pšenici, rýži a kukuřici. Mezi běžně pěstovanými obilovinami obsahuje obilka žita nejvíce vlákniny, a to mezi 13 – 17 %. Žito může být pěstováno i v oblastech, které obecně nejsou vhodné

pro jiné obiloviny, žito nemá velké požadavky na hnojení ani kvalitu půdy a má relativně dobré přezimovací schopnosti [4,20,21,22].



Obrázek 4 - Žito [23]

#### 1.2.4 Oves

Je známo několik druhů ovsa, oves setá *Avena sativa*, která převládá v Evropě a oves byzantský *Avena byzantina*. Zrna ovsa jsou pluchatá, podlouhlá a tenká, proto při loupání vznikají velké ztráty. Výjimku tvoří oves nahý, *Avena nuda*, který má pluchu přirostlou, a proto ji při sklizni a mláčení ztrácí, což je jeho velká výhoda. Ovšem vykazuje horší odolnost proti mechanickému poškození a je tedy mnohem méně stabilní při skladování. Oves je využíván především pro krmení. Menší část ovsa a to hlavně ovsa nahého se používá v potravinářství, zejména pro výrobu ovesných vloček. Oves obsahuje bílkoviny, které mají vhodné aminokyselinové složení a svou biologickou hodnotou se blíží luštěninám. Obilky mohou obsahovat až 7 % tuku [2,4].

#### 1.2.5 Proso

Pod obvykle používaným souhrnným názvem proso se skrývá několik botanických rodů a druhů s podobnými vlastnostmi. Neznámější je proso seté (*Panicum miliaceum*), pěstované nejvíce v Rusku, Číně a v USA. V současné době má proso hlavní podíl ve výživě řady afrických národů [4,24].

Většina prosa je zpracována na jáhly, které mají žlutou barvu, z nichž se připravují nejvíce jáhlové kaše a nákypy. Vedle toho se používá mouky z prosa na pečení plochých chlebů. Dále se přidává do pšeničné mouky pro výrobu pekařských výrobků, těstovin a sušenek. Jáhly jsou bohaté na bílkoviny, minerální látky (železo) a vitaminy (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, karotenoidy),

poměr bílkovin, sacharidů a tuků je optimální. Díky své snadné stravitelnosti jsou vhodnou potravinou pro dětskou výživu [4,24].

Proso neobsahuje lepek a je tudíž vhodné pro bezlepkovou dietu celiaků. Díky své nutriční hodnotě, která převyšuje všechny ostatní běžné cereálie, je stále více vyhledávanou obilovinou [24].

### 1.2.6 Rýže

Rýže má velký počet odrůd, všechny patří pod jeden druh *Oryza sativa*. Rýže patří k nejstarším pěstovaným obilovinám na světě. Je využívána nejen jako potravinu, ale i ke krmení zvířat. Přestože největší výnosy rýže byly získány v mírných oblastech Austrálie, USA, Číně a Japonska, rýže je převládající plodinou tropů a subtropů. Nejvíce je pěstována v Asii, Africe, částečně v Americe. Má spoustu tvarů a barev. Podle nároků na zavlažování se rozlišuje rýže vodní (bažinná), pěstovaná v nížinách, kde je hodně tepla a světla. Rýže suchá (horská), která má menší zrna, je pěstovaná bez zaplavování políček [4,25,26].

Rýže je velmi dobře stravitelná a hypoalergenní, obsahuje zejména škroby (60 – 80 %), poměrně málo bílkovin, téměř žádný tuk. Loupaná rýže je vhodnou součástí diet, druhy se slupkou jsou zdrojem nejen škrobů, ale i nerozpustné vlákniny a vitaminů skupiny B a E a některých minerálních látek [26].

Podle konzistence lze rýži rozdělit na u nás obvyklejší sklovitou (lesklé sklovité obilky) a na moučnatou (obvykle kulatozrné druhy), která se při vaření rozpadává a zrna se slepují (vhodná na kaše, nákypy, pudinky, sushi, cukrářské výrobky) [26].

### 1.2.7 Kukuřice

Kukuřice pochází z Mexika, dnes je jejím největším producentem Amerika. Ve světové produkci, je kukuřice hodnocena jako třetí hlavní obilnina po pšenici a rýži. Pro potravinářské využití je pěstována kukuřice setá (*Zea mays*). Kukuřice je používána pro humánní výživu, pro průmyslovou výrobu škrobu a používá se jako píce ke krmení zvířat. Je to rychle rostoucí plodina s vysokým obsahem sušiny a vysokou nutriční hodnotou [4,27].

### 1.2.8 Čirok

Je pátou nejvýznamnější obilovinou pěstovanou na celém světě. Pro potravinářské využití se nejvíce pěstuje čirok cukrový (*Sorghum saccharatum*). Čirok je jedním z nejvšestran-

nějších plodin pěstovaných v USA. Dobře roste i za nepříznivých podmínek jako jsou půdy bohaté na sůl, podmáčené nebo suché. I za těchto podmínek pěstování jsou získány vysoké výnosy. Je vhodnou obilovinou pro pěstování v tropických a subtropických oblastech světa, kde je obtížné pěstovat jiné obiloviny. Stejně jako kukuřice se používá pro krmení hospodářských zvířat. Je významným zdrojem antioxidantů, snižuje cholesterol a riziko některých typů rakoviny, podporuje kardiovaskulární systém [4,28,29,30,31,32,33].



Obrázek 5 – Čirok [34]

### 1.2.9 Žitovec

Žitovec (*Triticale*) je uměle vytvořený mezidruhový kříženec pšenice seté a žita setého. Rodové označení *Triticosecale* je složeninou latinského označení pšenice (*Triticum*) a žita (*Secale*). Odrůdy mají vysokou výnosnost, jsou tolerantnější k horším pěstivelským podmínkám. Zrno má nápadně velkou obilku, některé odrůdy mají svařtělý povrch. Potravinářské využití je především pro výrobu mouky na chléb. Zrno má vyšší obsah bílkovin a vhodnou skladbu aminokyselin, zejména s vyšším obsahem lyzinu [35].

### 1.2.10 Amarant (*Amaranthus* ssp.)

Amarant neboli laskavec se řadí mezi nejstarší kulturní plodiny, které staří Inkové a Aztékové pěstovali již před 5 – 8 tisíci lety. Patří do skupiny pseudocereálií [4,36].

Jedná se o jednoletou rostlinu, která produkuje drobná šedo zelená semena bohatá na bílkoviny. Vysokou nutriční hodnotu mají ale i listy amarantu, které se upravují jako salát nebo jako špenát [4,36].

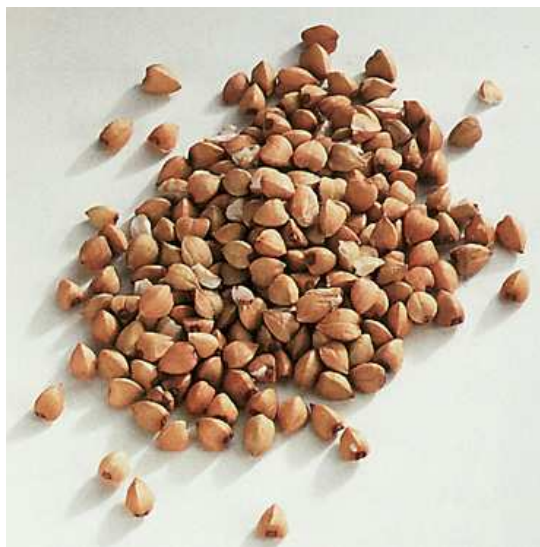
Bílkoviny amarantu se aminokyselinovým složením blíží bílkovinám živočišným (vysoký obsah lyzinu a siřných aminokyselin), a proto by amarantu měli věnovat pozornost

především vegetariáni. Amarantová semena jsou hodnotným zdrojem vitaminů a minerálních látek, obsahují značné množství vápníku, hořčíku, draslíku, železa, vitamínu B<sub>2</sub> a antioxidačního vitamínu E. Semena amarantu neobsahují lepek, a proto se amarantová mouka může používat při bezlepkové dietě u celiaků. Amarantový tuk obsahuje hlavně nenasycené mastné kyseliny (kyselina linolová, olejová, linolenová), které příznivě ovlivňují zdravotní stav člověka. V jeho tuku je navíc obsažen skvalen (7 – 8 % z celkového množství tuku), který brání nadbytečné syntéze cholesterolu v organismu, a tím snižuje hladinu cholesterolu v krvi [36].

### 1.2.11 Pohanka (*Fagopyrum vulgare*)

Pohanka (*Fagopyrum* sp.) je vysoce výživná pseudocelálie, patřící do čeledi rdesnovitých. Nejběžnějšími pěstovanými druhy jsou pohanka obecná (*F. esculentum*), pohanka tatarská (*F. tataricum*) a pohanka střelovitá (*F. sagittatum*). Ekonomicky nejdůležitější je pohanka obecná, která tvoří zhruba 90 % světové produkce. Její plody jsou trojboké nažky s tvrdou tenkou plochou. Oloupaná a obroušená zrnka se podobají ječným kroupám. Pohanka je prodávána ve zdravé výživě. Jsou z ní vyráběny jáhly (krupky) a používá se jako příloha k jídlům, zavářka do polévek a na přípravu kaší. Vyrábí se z ní mouka, která se směšuje s pšeničnou, žitnou, kukuřičnou nebo rýžovou a ze získaných směsí se připravují speciální druhy chleba, pečiva, sušenek, těstovin apod. Pohankové slupky slouží jako náplně do zdravotních polštářů nebo k přípravě různých čajů a odvarů [2,4,37].

Obsahuje velké množství bílkovin, minerálních látek, antioxidantů a také vlákniny. Má vysokou nutriční, dietetickou a agronomickou hodnotu. Pohanka je také významným zdrojem přírodního rutinu. Ten má posilující účinek na imunitní systém, zvyšuje pružnost cévních stěn, reguluje krevní srážlivost, reguluje obsah cholesterolu v krvi. Pohanka je vhodná pro diabetiky a pacienty trpící celiakií, doporučuje se při onemocnění zažívacího ústrojí. Ovšem při její nadměrné konzumaci se může vyskytnout fotocitlivost kůže, která vede k jejímu poškození. Ta je způsobena antrachinonovou sloučeninou fagopyrinem, který je obsažen především v obalových vrstvách [4,37,38].



Obrázek 6 – Pohanka [39]

### 1.2.12 Quinoa (*Quinoa ssp.*)

Quinoa je pseudocereálie, patřící do čeledi merlíkovitých, je základní potravinou andských oblastí. Hlavním vývozcem semen na světě jsou Bolívie a Peru. Je to nenáročná rostlina, odolná proti mrazu, suchým i slaným půdám. Může být pěstována až po nadmořskou výšku 3800 m. Tvar semen Quinoi je kuželovitý, válcovitý nebo elipsoidní a jejich barva je buď růžová, oranžová, červená, fialová, světle hnědá nebo černá. Povrch semen pokrývají látky terpenoidního charakteru, hořké chuti. Tyto látky jsou odstraňovány namočením semen, zbylá voda je používána k výrobě šampónů. Její semena obsahují vitaminy, antioxidanty, oleje, vysoký obsah bílkovin, sacharidů, škrobu a esenciálních aminokyselin, a to hlavně lyzinu, tryptofanu a cysteinu. Semena mají nejvyšší nutriční hodnotu a obsah minerálních látek ze všech obilovin, mezi něž patří zejména vápník, železo, mangan, hořčík, měď a draslík. Quinoa má velké využití, listy mohou být použity do salátů, semena jsou konzumována celá nebo je z nich vyráběna mouka. Obsahuje arginin a histidin, a proto je používána pro výživu kojenců. Listy, kořeny a stonky mohou být použity jako krmivo pro hospodářská zvířata [40,41,42,43,44,46].



Obrázek 7 – Quinoa [47]

## 2 LIPIDY

Lipidy patří k významným složkám potravin, tvoří jednu z hlavních živin, která je ve výživě člověka nezbytná pro jeho zdravý vývoj. Lipidy se vyskytují téměř ve všech živočišných i rostlinných buňkách a mikroorganizmech, a také i ve všech surovinách potravinářského průmyslu. Lipidy patří mezi látky biologického původu, jsou rozpustné v organických rozpouštědlech, jako jsou chloroform, éter, benzen, aceton, toluen aj. Jsou jen částečně rozpustné nebo úplně nerozpustné ve vodě. Tuk (ester mastných kyselin s glycerolem) je vnímán jako ideální výplň, je měkký, široce dostupný a snadno shromažditelný. Tuk jako součást potravin přispívá k lepšímu vnímání chuti, konzistenci a vzhledu, zvyšuje pocit sytosti. Z fyziologického hlediska je tuk zdrojem esenciálních mastných kyselin a představuje nejkoncentrovanější zdroj energie ve stravě ( $9 \text{ kcal.g}^{-1}$ ) [4,48,49,50,51].

Lipidy je možné rozdělit podle chemického složení na:

- Homolipidy,
- Heterolipidy,
- Komplexní lipidy,
- Doprovodné látky lipidů [49].

V homolipidech jsou obsaženy mastné kyseliny a alkoholy. Heterolipidy jsou sloučeniny, které ve své molekule mimo mastnou kyselinu a alkohol obsahují další kovalentně vázané sloučeniny, jako jsou kyselina fosforečná a D-galaktóza. Komplexní lipidy mají ve své molekule homolipidy i heterolipidy, ale vedle kovalentních vazeb se zde vyskytují i složky vázané pomocí vodíkových vazeb nebo pomocí hydrofobních interakcí [49].

### 2.1 Lipidy v potravinách

V některých živočišných tkáních a rostlinných pletivech se vyskytuje vysoké procento lipidů, jejichž hlavním úkolem je sloužit jako rezerva energie pro organismus. Příkladem toho může být podkožní tuková tkáň savců, která obsahuje až 90 % lipidů v sušině, v níž jsou mastné kyseliny vázány převážně jako triacylglyceroly. Velké množství lipidů obsahují semena a oplodí některých rostlin, které jsou zpracovávány v tukovém průmyslu např. mák, kukuřice a oves [8,48].



Stejně jako v přírodních surovinách, tak i v potravinách se obsah lipidů mění. Poměrně chudý na lipidy je vaječný bílek, ovocné šťávy, brambory apod. Výrobky z obilovin, většina luštěnin a zelenina obsahují kolem 1 až 5 % lipidů. Vyšší přítomnost lipidů je v mase, mléce, vaječném žloutku a ve výrobcích z těchto surovin. Velké množství lipidů je obsaženo v ořechách, máku, slanine a přirozeně i v jedlých tucích [48].

Tabulka 1: Obsah lipidů v jednotlivých druzích potravin (v %) [8,52]

Druh potraviny	lipidy
Brambory	0,1
Ořechy	až 60,0
Dužnaté ovoce	0,1 – 0,5
Čočka	2,1
Sója	18,0
Sladká a kysaná smetana	12,0
Smetana ke šlehání	33,0
Hovězí maso	3,1 – 11,5
Králíčí maso	8,0
Vepřové maso	18,2 – 41,3
Skopové maso	23,0
Kuřecí maso	0,2 – 3,3
Ryby	1,0 – 35,0
Žloutek	33,0

## 2.2 Lipidy v obilovinách

Tabulka 2: Obsah lipidů v jednotlivých obilovinách (v % hmot. při 15% vlhkosti obilí)

[8,15,20]

Obiloviny, zrniny	minerální látky	bílkoviny	lipidy	sacharidy	vláknina
Žito	1,7	9,0	<b>1,7</b>	70,7	13 – 17
Pšenice durum	1,7	13,2	<b>2,4</b>	65,0	2,5
Ječmen s pluchami	1,5 – 2,5	10 – 17	<b>2 – 3</b>	67,0	11 – 20
Oves s pluchami	3,2	10,3	<b>4,8 – 7</b>	56,4	10,3
Kukuřice	1,5	11,0	<b>4,4</b>	67,2	2,2
Proso loupané	1,8	11,5	<b>3,9</b>	68,1	2,3
Rýže Paddy	4,0	6,9	<b>1,6</b>	68,4	8,9

Tuky se v obilném zrně vyskytují jen v malém množství, a to především v klíčku a v aleuronové vrstvě. Po extrakci éterem se obsahy lipidů, které byly zjištěny v obilném

zrnu, pohybují asi kolem 1,9 %, po extrakci polárním rozpouštědlem, jako je vodou nasycený butanol, bylo získáno přibližně 2,2 % a po kyselé hydrolyze kolem 2,5 % tuků. Výjimkou je oves, jehož průměrný obsah tuku v celém zrnu je asi 6 %. V chlebových obilovinách jsou tuky nažloutlé olejovité kapaliny, v nichž obsah nasycených mastných kyselin je 18 – 25 %, dále potom obsahují kyselinu olejovou, která činí 16 – 18 %, kyselina linolová se vyskytuje ze 48 – 57 % a kyselina linolenová asi z 5 %. Podíl esenciální mastné kyseliny linolové je velmi vysoký a tvoří minimálně 55 %. V lipidech obilovin jsou obsaženy především kyseliny olejová a linolová. Protože je spotřeba obilovin vysoká, patří k významnému zdroji esenciálních mastných kyselin [8,16,48].

Tabulka 3: Složení mastných kyselin lipidů obilovin [48]

Mastná kyselina	Obsah (% veškerých mastných kyselin)				
	Pšenice	Žito	Ječmen	Oves	Rýže
<b>Palmitová</b>	14 – 17	2 – 6	9	10	13 – 16
<b>Stearová</b>	1 – 3	3 – 8	3	2	1 – 2
<b>Olejová</b>	20 – 45	18 – 35	33	59	42 – 52
<b>Linolová</b>	40 – 50	48 – 61	54	31	29 – 40
<b>Linolenová</b>	2 – 3	1 – 2	stopy	0	stopy

Vyšší výskyt tuků je obsažen hlavně v klíčcích. Hmotnostní podíl klíčku je asi 2,54 % zrna, je v něm obsaženo asi kolem 64 % lipidů. Ovšem v endospermu, jež tvoří více než 80 % z celého zrna, je podíl lipidů v něm obsažených přibližně 3,3 %. Lipidů obsažených ve světlé mouce je asi 1,5 %, do 2 % lipidů je v tmavších moukách. Výjimku tvoří ovesné produkty, které mají podíl lipidů vyšší. Z výživového hlediska jsou tuky obsažené v klíčcích velmi cenné, proto se z některých získávají lisováním. Například kukuřičný olej patří k nejhodnotnějším stolním olejům. Ovšem tuk, který obsahuje obilka, nemá velký technologický význam, protože klíčky, ve kterých se tuk vyskytuje nejvíce, jsou před mletím odstraňovány. Pokud je ovšem mouka nevhodně skladována, podléhá snadno oxidaci (hlavně její složky, a to kyselina linolová a linolenová), což má za následek žluknutí. Zvýšenou kyselost mouky způsobuje hydrolytické žluknutí tuku v mouce, toto žluknutí je katalyzováno *lipázou*, která je v ní obsažena. K žluknutí dochází především při zvýšené vlhkosti obilí a při rozvoji plísň produkujících *lipázy* [4, 8].

V obilném zrnu se vyskytují také fosfolipidy v množství 15 – 20 %, svým složením se podobají tukům, jejich molekula však obsahuje ještě kyselinu fosforečnou a organickou bázi. V obilí se z fosfatidů vyskytují především fosfatidylcholin a fosfatidyletanolamin. Při

skladování vlhkého obilí dochází k uvolňování kyseliny fosforečné z fosfatidů za pomoci působení enzymu *glycerofosfatázy*, tím se zvyšuje kyselost. Velké množství fosforu v zrně představuje fyтин, což je vápenato-hořečnatá sůl kyseliny inozito-hexafosforečné (kyseliny fytové). Fyтин slouží jako zdroj kyseliny fosforečné, která po mineralizaci způsobuje zvyšování kyselosti. Kyselina fytová je považována ve fyziologii výživy za nežádoucí, protože může být v organismu příčinou špatného vstřebávání vápníku [8,16].

Dalšími doprovodnými látkami lipidů v cereáliích jsou lipofilní barviva, mezi ně se řadí karotenoidy, žlutá a oranžová barviva, v nichž nejvýznamnější je xantofyl a lutein, který se vyskytuje v pšenici *Triticum durum*, z níž se připravuje krupice pro výrobu italských těstovin. V pšeničné mouce, ze které se vyrábí bílé pečivo, je zvýšený výskyt lipofilních barviv nežádoucí [4,8,16].

Lipidy v mouce jsou důležité při výrobě těsta. Velká část lipidů, a to především polárních, kterých je například v pšenici asi 30 %, se při hnětení těsta váže do struktury pšeničného lepku. Lepek je protein složený převážně z bílkoviny gliadinu a gluteninu. Glutenin je odpovědný za elasticitu a vaznost, tvoří gel. Součástí lepku je také vláknina, škrob, cukry, kyselina fosforečná a minerální látky [4,8,53].

## 2.3 Chemické reakce lipidů

Jedlé tuky a oleje, jakož i mastné výrobky jsou citlivé na vnější faktory, jako je teplota, světlo, vlhkost, které stimulují průběh nežádoucích procesů, mimo jiné i oxidaci. Spontánní řetězová reakce atmosférického kyslíku s organickými sloučeninami vede k řadě změn, které snižují životnost mnoha potravinářských produktů [54].

### 2.3.1 Oxidace

Obsah a složení lipidů v potravinách, zejména stupeň nenasycenosti a obsah kyseliny linolenové, jsou důležité faktory pro určení pravděpodobnosti oxidace. Autooxidace je již dlouho považována za hlavní proces ovlivňující zhoršování sensorické a nutriční kvality potravin [55,56].

Za nejběžnější typ oxidace je považována autooxidace mastných kyselin, která probíhá za běžných podmínek zpracování a skladování potravin. Volné, neesterifikované mastné kyseliny se oxidují při běžných teplotách vzdušným kyslíkem. K oxidaci esterifikovaných mastných kyselin dochází při vyšších teplotách, například při pečení, smažení, fritování a pražení. Autooxidace uhlovodíkového řetězce mastných kyselin probíhá radikálovým

mechanizmem. Prvním stupněm radikálového mechanismu je iniciace, při níž dochází k homolytickému štěpení kovalentní vazby C–H, což je způsobeno ozářením ultrafialovými paprsky nebo viditelného světla a vlivem tepla. Druhým stádiem autooxidační reakce radikálového mechanismu je propagace, kdy vzniklý volný vodíkový radikál a volný radikál mastné kyseliny jsou velmi reaktivní a snadno se sloučí s molekulou kyslíku. Tím vzniká peroxylový radikál. Peroxyly jsou typické produkty oxidace mastných kyselin. Vzniklý reaktivní radikál reaguje s další molekulou mastné kyseliny, vznikne hydroperoxyl mastné kyseliny a další volný radikál. Celý tento pochod se může několikrát opakovat. Poté nastává třetí fáze radikálového mechanismu, která se nazývá terminace. Při ní spolu mohou dále reagovat hydroxyly mastných kyselin a jejich radikály. Výsledkem těchto reakcí jsou další, sekundární produkty oxidace, hydroxykyseliny a oxokyseliny, štěpením jejich molekul mohou vznikat aldehydy nebo uhlovodíky [57,58,59].

Tyto produkty oxidace lipidů jsou odpovědné za zápach a chuť, proto je tuk, který je obsahuje nepoživatelný. Autooxidace lipidů může být příčinou rakoviny, zánětlivých onemocnění a stárnutí, protože při ní může docházet k poškození tkání *in vivo* [49,58,60].

Rychlost oxidace závisí na:

- vrstvě tuku – slabá vrstva umožňuje rychlejší oxidaci,
- přítomnosti světla a tepla,
- složení tuku (čím více nenasycených mastných kyselin tuk obsahuje, tím je rychlejší oxidace),
- upravené (rafinované) tuky a oleje podléhají zkáze rychleji než surové tuky (jsou méně odolné), protože rafinací se odstraňují tzv. přírodní antioxidační látky,
- styku s kovem – urychluje oxidaci (kromě nerez. oceli),
- druhu obalu – průsvitný obal propouští světlo, tím je splněna podmínka pro autooxidaci [58].

Výrobci zajišťují vysokou oxidační stabilitu lipidů tím, že do výrobků přidávají antioxidační látky (polyfenoly, deriváty kyseliny askorbové, tokoferoly), které jsou důležité pro ochranu zdraví a ekonomické důvody, ovšem ne všechny antioxidy jsou pro zdraví neškodné. Přírodní antioxidy mají schopnost chránit organismy a buňky před poškozením vyvolaným oxidačním stresem, to může být příčinou stárnutí, degenerativních onemocnění a rakoviny. Byliny a koření jsou neškodné zdroje pro získávání přírodních

antioxidantů, také přírodní polyfenolové sloučeniny mají velmi silné antioxidační vlastnosti [49,56,57,58].

### 2.3.2 Žluknutí

Během skladování tuků se zhoršuje sensorická jakost, protože dochází k oxidačním reakcím. Tento proces se nazývá žluknutí. Žluknutí, ale nezpůsobuje jen oxidace mastných kyselin, ale také jiné reakce, proto rozeznáváme několik typů žluknutí:

- hydrolytické,
- oxidační,
- ketonové,
- chuťovou reverzi [59].

#### 2.3.2.1 Žluknutí hydrolytické

Hydrolytické žluknutí může být jen chemického rázu, k čemuž dochází například při dlouhém vaření potravin nebo je v častějším případě hydrolýza katalyzována enzymy, a to především *lipázami* a *fosfolipázami*. Hydrolýza, která je katalyzována enzymy, se nazývá enzymatická hydrolýza. Ta probíhá již při skladovacích teplotách a v případě, že je přítomno dostatečné množství vody. Při hydrolýze tuků dochází k rozkladu na glycerol a mastné kyseliny. Ty ovšem u většiny tuků nezpůsobí žluknutí, nejsou totiž postřehnutelné smysly. Výjimku tvoří tuky, které obsahují vázané mastné kyseliny s kratším řetězcem (od 4 do 10 uhlíků) [48,58,59]. Hydrolytickému žluknutí snadno podléhají i některá semena, například obilné klíčky, jejichž lipidy jsou po rozemletí až z 50 % hydrolyzovány na mastné kyseliny. Žluknutí se u nich projeví zhořknutím [48].

#### 2.3.2.2 Žluknutí oxidační

Žluknutí oxidační neboli autooxidace, je způsobováno produkty oxidace tuků a olejů. Rozkladem primárních produktů při oxidačním žluknutí vznikají těkavé látky, především aldehydy, které způsobují žluklou chuť [61].

#### 2.3.2.3 Žluknutí ketonové

Příčinou tohoto žluknutí je činnost mikroorganismů, jež přeměňují nižší mastné kyseliny na 2-alkanony (metylketony). Je typické pro mléčné produkty nebo kokosový tuk.

Nejčastějšími metylketony jsou 2-pentanon, 2-heptanon a 2-nonanon. Jejich parfémová příchut' připomíná květiny a sama o sobě není nepříjemná [48,59].

Hydrolytické žluknutí je typické pro fosfolipidy, které v důsledku toho mění barvu a chuť. Při záhřevu produkty žluknutí mohou buď vytěkat, nebo přejít vzájemnými reakcemi nebo reakcemi s bílkovinami na produkty, jež jsou sice nutričně méně hodnotné, ale sensoricky neaktivní, takže žluklost pak není jasně patrná [48].

#### **2.3.2.4 Chuťová reverze**

Chuťová reverze má charakteristický zápach po trávě a fazolích, který je způsobován různými sloučeninami vznikajícími rozkladem hydroperoxidů. Tento rozklad je způsobován enzymem *lipoxygenázou*. Chuťová reverze je typická pro sójový olej a pro oleje, obsahující linolenovou kyselinu, např. pro řepkový olej. Projevuje se v době, kdy olej obsahuje ještě poměrně málo hydroperoxidů mastných kyselin. Tato vada se nazývá reverze, protože olej, u kterého se zápach objevil, je možné tento odstranit rafinací. Po určité době se bohužel zápach opět objeví [48,58,59].

### 3 ZÁKLADNÍ PRINCIPY METOD POUŽITÝCH PŘI ANALÝZÁCH OBILOVIN

#### 3.1 Stanovení sušiny

Odvážené množství vzorku se suší v elektrické sušárně. Podstatou stanovení sušiny je rozemletí vzorku (pokud je potřebné) a jeho sušení při teplotě 105 °C do konstantní hmotnosti úbytku vody [62].



Obrázek 8 - Sušárna Venticell 111 comfort [63]

#### 3.2 Stanovení tuků

Tuk, který byl extrahován z potravin, se obvykle označuje jako souhrn všech látek získaných izolací vhodným rozpouštědlem z analyzovaného materiálu. Jeho hlavní složkou jsou triacylglyceroly [64].

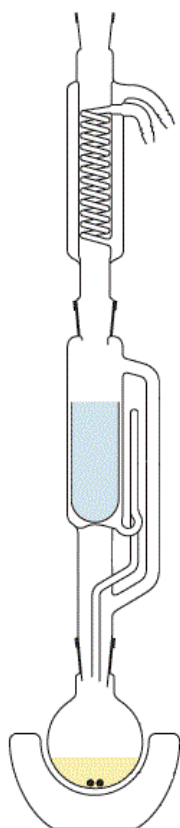
Nejrozšířenější metody pro stanovení tuku v potravinářství jsou extrakční metody, jejichž pracovní postupy se liší podle povahy vzorku. Rozdílnosti záleží nejen na podmínkách extrakce, ale i na druhu použitých extrakčních činidel [64].

Nejčastěji se extrahuje až do téměř úplného vyextrahování tuku ze vzorku. Po odstranění rozpouštědla se veškerý vyextrahovaný tuk zváží [64].

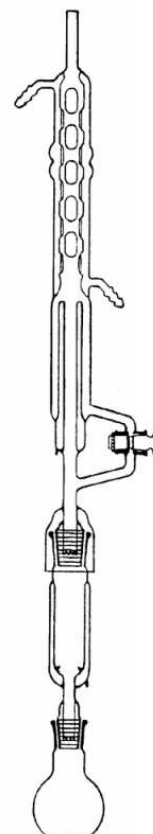
### 3.2.1 Stanovení tuků přímou extrakcí

Nejpoužívanější metoda, která je vhodná pro vzorky s nižším obsahem vody a tehdy, jestliže v lipidech vzorku převažují triacylglyceroly. Nejčastěji je využívána klasická Soxhletova metoda využívající Soxhletovu extrakční aparaturu. Místo Soxhletova přístroje je ovšem často používán i extrakční přístroj Twiselmannův, kterého bylo použito i pro naše stanovení. Na rozdíl od Soxhletova extraktoru má tu výhodu, že je doba extrakce kratší. To je dáno intenzivnější cirkulací extrakčního rozpouštědla. Práce je jednodušší i v tom, že se rozpouštědlo po skončené extrakci a uzavření kohoutu nahromadí v extrakčním prostoru a může být znovu použito [64].

Podstata stanovení je ta, že homogenizovaný, rozemletý vzorek se extrahuje lipofilním rozpouštědlem (v našem případě hexanem). Po odstranění rozpouštědla a po vysušení se hmotnost tuku zjistí vážením [64].



Obrázek 9 – Soxhletův přístroj [65]



Obrázek 10 – Twiselmannův přístroj [66]



## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 METODIKA PRÁCE

### 4.1 Použité přístroje, pomůcky a chemikálie

varné baňky

varné kuličky

extrakční přístroj podle Twiselmana

analytické váhy (Adam, AFA – 210 LC, Schoeller instruments, ČR)

sušárna Venticell 111 comfort

exsikátor

odměrný válec

lžička

kádinky

hexan

vata

extrakční patrony

vyhřívací zařízení

hliníkové vysoušečky

### 4.2 Vybrané vzorky obilovin

Pro analýzu byly použity vzorky pšenice bio červená, kamut, oves bezpluchý, žito ozimé bio, grünkern, špaldové kernoto, špalda loupaná, směsi mouky pšenice:žito (v poměrech 10:90, 90:10, 50:50 - jedná se o žitnou mouku chlebovou, datum výroby 13.12.2011 a pšeničnou mouku T 530, datum výroby 8.1.2011. Výrobce Penam a.s., Brno, mlýn Kroměříž, Vzorky obilovin byly zakoupeny přímo u firmy ProBio, zabaleny a zaslány na univerzitu 25.10.2010. Byla zakoupena jednotlivá maloobchodní balení s gramáží 350 g až 1 kg. Oves a žito byly zakoupeny v prodejně se zdravou výživou ve Zlíně, výrobky pocházejí od firmy Country life. Všechny vzorky byly skladovány v temnu v klimatizované laboratoři, kde byla teplota nastavena na 23 °C. Před zahájením analýzy byly vzorky rozemlety na laboratorním mlýnku. Jednotlivé zkratky obilovin jsou uvedeny v tabulce č. 5.

Tabulka 4: Seznam a charakteristiky použitých vzorků obilovin

Vzorek	Výrobce	Země původu
<b>Pšenice červená bio</b>	Eko farma p. Hlaváč	ČR
<b>Kamut</b>	Pro Bio řada Harmonie	Slovensko
<b>Oves bezpluchý</b>	Country life	ČR
<b>Žito ozimé bio</b>	Country life	ČR
<b>Pšenice:žito 10:90</b>	Penam, a.s.	Brno – mlýn Kroměříž
<b>Pšenice:žito 90:10</b>	Penam, a.s.	Brno – mlýn Kroměříž
<b>Pšenice:žito 50:50</b>	Penam, a.s.	Brno – mlýn Kroměříž
<b>Grünkern</b>	Pro Bio řada Harmonie	Rakousko
<b>Špaldové kernoto</b>	Pro Bio řada Harmonie	ČR
<b>Špalda loupaná</b>	Pro Bio řada Harmonie	Slovensko

Tabulka 5: Seznam zkratk u jednotlivých druhů obilovin

Druh obiloviny	zkratka
<b>Pšenice červená bio</b>	PČ
<b>Kamut</b>	K
<b>Oves bezpluchý</b>	OB
<b>Žito ozimé bio</b>	ŽO
<b>Pšenice:žito 10:90</b>	10:90
<b>Pšenice:žito 90:10</b>	90:10
<b>Pšenice:žito 50:50</b>	50:50
<b>Grünkern</b>	G
<b>Špaldové kernoto</b>	ŠK
<b>Špalda loupaná</b>	ŠL

### 4.3 Stanovení obsahu sušiny

Hliníkové misky se předem vysuší v sušárně, vyhřáté na teplotu 105 °C, po dobu jedné hodiny. Poté se nechají vychládnout v exsikátoru. Následně zvaží na analytických vahách. Do takto zvážených hliníkových misek se naváží 1 g vzorku s přesností na 0,0001 g. Navážení každého vzorku se opakuje celkem třikrát. Vzorek je rozprostřen pomocí skleněné tyčinky do stejnoměrné vrstvy, poté se miska umístí do sušárny, kde se vzorek suší do konstantního úbytku hmotnosti při teplotě 105 °C. Následně se misky zvaží na analytických vahách.

#### Výpočet obsahu sušiny v %

$$S = \frac{m_{12} - m_{11}}{m_{11}} \cdot 100 \quad (1)$$

$m$  – hmotnost navážky vzorku [g]

$m_1$  – hmotnost misky se vzorkem po sušení při 105 °C [g]

$m_2$  – hmotnost vysušené prázdné misky [g].

#### 4.4 Stanovení obsahu tuku

Do extrakční patrony se naváží s přesností na 0,001 g asi 5 g vzorku. Extrakční patrona se vzorkem se uzavře malým smotkem vaty a vloží do střední části extrakčního přístroje. Na spodní zábrus extrakčního přístroje se nasadí předem vysušená a s přesností na 0,001 g zvážená extrakční baňka se třemi skleněnými kuličkami. Do této baňky se přilije 100 ml extrakčního činidla – hexanu, baňka se umístí na vyhřívací zařízení, napojí na extraktor s chladičem a extrahuje se 5 hodin. Po uplynutí této doby se extrakce přeruší, uzavře kohout, oddestiluje se většina extrakčního činidla, střední část přístroje se opatrně oddělí a oddestilovaný hexan se slije do láhve. Baňka s tukem a zbylým hexanem se nechá volně odpařit v digestoři. Poté se baňka s tukem dosuší v sušárně po dobu asi půl hodiny při teplotě 105 °C. Poté se nechá vychladnout v exsikátoru a zváží.

#### Výpočet obsahu tuku v %

$$p_t = \frac{m_b - m_a}{m_n} \cdot 100 \quad (2)$$

$m_a$  – hmotnost prázdné baňky [g]

$m_b$  – hmotnost baňky s tukem [g]

$m_n$  – hmotnost navážky vzorku [g].

#### Obsah tuku v sušině v %

$$p_{tS} = \frac{p_t}{S} \quad (3)$$

$S$  – obsah sušiny v % .

## 5 VÝSLEDKY A DISKUZE

### 5.1 Stanovení sušiny

Stanovení sušiny bylo provedeno podle pracovního postupu, který je uveden v kapitole 4.3. Výsledné hodnoty byly vypočteny podle vzorce 1. Tyto hodnoty jsou průměrem ze tří stanovení, u nichž byla následně vypočtena směrodatná odchylka.

*Tabulka 6: Obsah sušiny a vody u jednotlivých druhů obilovin (v %)*

Druh obiloviny	Obsah sušiny $\pm$ S.D.	Obsah vody
<b>PČ</b>	87,65 $\pm$ 0,0026	12,35
<b>K</b>	90,63 $\pm$ 0,0005	9,37
<b>OB</b>	88,97 $\pm$ 0,0033	11,03
<b>ŽO</b>	89,81 $\pm$ 0,0025	10,19
<b>10:90</b>	93,95 $\pm$ 0,0012	6,05
<b>90:10</b>	93,98 $\pm$ 0,0025	6,02
<b>50:50</b>	93,99 $\pm$ 0,0011	6,01
<b>G</b>	91,40 $\pm$ 0,0014	8,6
<b>ŠK</b>	90,04 $\pm$ 0,0013	9,96
<b>ŠL</b>	89,57 $\pm$ 0,0021	10,43

S.D. – směrodatná odchylka,

U stanovení obsahu sušiny se hodnoty pohybovaly v rozmezí 87,65 – 93,99 %. Množství vody ve vzorku se pohybovalo v rozmezí 6,01 – 12,35 %. Výsledky odpovídají požadavkům na vlhkost u obilovin, která může být nejvýše 15 %.

### 5.2 Stanovení tuku

Stanovení tuku bylo provedeno podle pracovního postupu, který je uveden v kapitole 4.4. Výsledné hodnoty byly vypočteny podle vzorce 2. Tyto hodnoty jsou průměrem tří měření, u nichž byla následně vypočtena směrodatná odchylka. Stanovení tuku v sušině vzorku bylo provedeno podle pracovního postupu, který je uveden v kapitole 4.4. Výsledné hodnoty byly vypočteny podle vzorce 3.

U vzorku pšenice červené bio byl stanoven obsah tuku, který se pohyboval kolem 2,10 % ( $\pm$  0,041). Množství tuku u vzorku kamutu bylo 2,19 % ( $\pm$  0,031). Nejvíce tuku bylo vyextrahováno ze vzorku ovsa bezpluchého, jehož hodnota činila 6,88 % ( $\pm$  0,020). U vzorku žita ozimého bio byl obsah tuku 2,07 % ( $\pm$  0,017). U vzorků pšenično-žitné mouky v poměru 10:90 byl obsah tuku 3,16 % ( $\pm$  0,056), v poměru 90:10 byl obsah tuku 4,11 % ( $\pm$  0,061) a v poměru 50:50 byl obsah tuku 2,99 % ( $\pm$  0,038). U vzorku grünkernu

byl obsah tuku 4,02 % ( $\pm 0,058$ ). Špaldové kernoto obsahovalo 2,76 % ( $\pm 0,035$ ) tuku. Vzorek špalda loupaná obsahovala 2,75 % ( $\pm 0,040$ ) tuku.

Tabulka 7: Obsah tuku vyextrahovaný u jednotlivých druhů obilovin (v %)

Druh obiloviny	Obsah tuku	Obsah tuku v sušině x 10 <sup>-2</sup>
<b>PČ</b>	2,10 $\pm$ 0,041	2,40
<b>K</b>	2,19 $\pm$ 0,031	2,42
<b>OB</b>	6,88 $\pm$ 0,020	7,73
<b>ŽO</b>	2,07 $\pm$ 0,017	2,30
<b>10:90</b>	3,16 $\pm$ 0,056	3,36
<b>90:10</b>	4,11 $\pm$ 0,061	4,37
<b>50:50</b>	2,99 $\pm$ 0,038	3,18
<b>G</b>	4,02 $\pm$ 0,058	4,40
<b>ŠK</b>	2,76 $\pm$ 0,035	3,07
<b>ŠL</b>	2,75 $\pm$ 0,040	3,07

Naměřené výsledky hodnot tuků jsou uvedeny v tabulce č. 7. Hodnota pšenice červené bio zcela neodpovídá hodnotě uvedené výrobcem, výrobce uvádí 1,6 % tuku, výsledek stanovený v laboratoři je o 0,5 % vyšší. Hodnota tuku kamutu udávaná výrobcem je 2,8 %, stanovený výsledek je o 0,61 % nižší. Hodnota ovsa bezpluchého stanovená v laboratorních podmínkách je 2,88 %, což odpovídá hodnotě udávané výrobcem (2,9 %). U vzorku žita ozimého bio je hodnota udávaná výrobcem 2 %, tato hodnota se téměř shoduje se stanoveným výsledkem, který se liší pouze o 0,07 %. Hodnoty pšenično-žitné mouky se pohybují od 3,18 % do 4,37 %, což se s hodnotami udávanými výrobcem neshoduje, výrobce uvádí, že u pšenice je množství tuku 1,9 % a u žita 2 %. Proto by se naměřené hodnoty u pšenično-žitné mouky v poměru 10:90, 90:10 a 50:50 měly pohybovat kolem 2 %. Z grünkernu bylo vyextrahováno 4,02 %, výrobce uvádí 3 %, hodnota je o 1,02 % vyšší. Hodnota špaldového kernota se téměř shoduje s hodnotou udávanou výrobcem, která je 2,5 %, hodnota naměřená v laboratoři byla 2,76 %, tato hodnota je o 0,26 % vyšší. Hodnota špaldu loupané se také téměř shoduje s hodnotou udávanou výrobcem, která je 2,5 %. Hodnota vyextrahovaného tuku byla 2,75 %, tato hodnota se liší o 0,25 %. Nutno ovšem podotknout, že obiloviny vykazují značnou proměnlivost a variabilitu ve svém chemickém složení. Toto je závislé na podmínkách pěstování (agrotechnické obdělávání, příp. hnojení, teplota, vlhkost aj.), skladování atd. Výrobce udává na obale obvykle nějaké průměrné hodnoty, kterých lze u konkrétního výrobku dosáhnout. Obecně množství lipidů v jednotlivých obilovinách udává tabulka 2 v teoretické části.

Odchytky vzniklé při extrakci tuku u jednotlivých druhů obilovin mohly být způsobeny například i vysokou teplotou, kdy se vyextrahované složky obilovin mohly připéci na stěnu baňky, nebo mohly vzorky během manipulace přijmout vzdušnou vlhkost, což mohlo negativně ovlivnit výslednou hmotnost při vážení.

## ZÁVĚR

Cílem teoretické části bakalářské práce bylo shrnout základní údaje u obilovin, které se pěstují na území ČR, případně jsou k nám dováženy a běžně se objevují jako součást našeho jídelníčku. Dále jsou v teoretické části popsány nutriční hodnoty těchto obilovin či pseudocereálií. Hlavním úkolem bylo stanovit obsah tuku v obilovinách. Z tohoto důvodu je také v teoretické části pojednáno o lipidech jako takových, o jejich výskytu v obilovinách a jejich případných změnách, které probíhají v závislosti na skladovacích podmínkách.

Cílem experimentální části práce bylo stanovit množství tuku ve vybraných druzích obilovin a porovnat tyto výsledky s informacemi uváděnými výrobcem. Procentuální obsah tuku v obilovinách se pohybuje v rozmezí 2 – 7 %. Tuk je soustředěn především v klíčku a obsahuje důležité nenasycené mastné kyseliny. Hlavním zástupcem těchto nenasycených mastných kyselin je kyselina linolová, její obsah tvoří minimálně 55 % a kyselina olejová, která je zde zastoupena z 16 – 18 %.

Stanovení tuku bylo prováděno v laboratoři Twiselmanovým extrakčním přístrojem. Největší podíl tuku obsahoval vzorek mletého obilí ova bezpluchého, jehož hodnota se pohybovala kolem 6,88 %. Nejméně tuku bylo vyextrahováno ze vzorku žita ozimého bio, který obsahoval 2,07 % tuku.

Dále bylo v této práci stanoveno množství tuku v sušině vzorku. Získané hodnoty se shodují s obsahem tuku v obilovinách. Největší podíl tuku v sušině obsahoval oves bezpluchý, jehož hodnota činila 0,0773 % a nejméně žito ozimé bio, které obsahovalo 0,0230 % tuku v sušině.

Pro stanovení obsahu tuku v sušině bylo nutné stanovit i obsah sušiny v jednotlivých vzorcích vybraných pro stanovování tuku. Sušina se pohybovala v rozmezí 87,65 – 93,99 %. Tato hodnota odpovídá vlhkosti obilí, která se smí pohybovat do 15 %.



**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] HRABĚ, J., BUŇKA, F., HOZA, I.: *Technologie výroby potravin rostlinného původu*, 1. vyd., Zlín: UTB Zlín, 2007, 189 s. ISBN 978-80-7318-520-6.
- [2] PEŠEK, M. *Potravinářské zbožížnalství*, 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 2000, 175 s. ISBN 80-7040-399-3.
- [3] DEMIRBAS, A.  $\beta$ -Glucan and mineral nutrient contents of cereals grown in Turkey, *Food Chemistry*, 2005, Vol. 90, 773-777.
- [4] PŘÍHODA, J., HRUŠKOVÁ, M., SKŘIVAN, P.: *Cereální chemie a technologie I*, 1. vyd., Praha: VŠCHT Praha, 2003, 202 s. ISBN 80-7080-530-7.
- [5] BENDA, V., BABŮREK, I., ŽDÁRSKÝ, J.: *Biologie II Nauka o potravinářských surovinách*, Praha: VŠCHT, 2000, 195 s. [online]. [cit. 2009-11-07]. Dostupné na WWW: <<http://biomikro.vscht.cz/trp/documents/baburek/BII.pdf>>
- [6] TOPPING, D. Cereal complex carbohydrates and their contribution to human health, *Journal of Cereal Science*, 2007, Vol. 46, 220-229.
- [7] ČEPIČKA, J.: *Obecná potravinářská technologie*, 1. vyd., Praha: VŠCHT Praha, 1995, 246 s. ISBN 80-7080-239-1.
- [8] HRABĚ, J., ROP, O., HOZA, I.: *Technologie výroby potravin rostlinného původu*, 1. vyd., Zlín: UTB Zlín, 2006, 178 s. ISBN 80-7318- 372-2.
- [9] SAHRAWAT, A. K., BACKER, D., LÜTTICKE, S., LÖRZ, H. Genetic improvement of wheat via alien gene transfer, an assessment, *Plant Science*, 2003, Vol. 168, 1147-1168.
- [10] JONES, H. D. Wheat transformation current technology and applications to grain development and composition, *Journal of Cereal Science*, 2005, Vol. 41, 137-147.
- [11] *Pšenice*, [online]. [cit. 2011-04-02]. Dostupné na: WWW  
<[http://www.agropress.org.rs/files/psenica-klas-obilie\\_sccc.jpg&imgrefurl=http://](http://www.agropress.org.rs/files/psenica-klas-obilie_sccc.jpg&imgrefurl=http://)>
- [12] *Pšenice špalda*, [online]. [cit. 2011-03-03]. Dostupné na: WWW  
<<http://www.agronavigator.cz/az/vis.aspx?id=92237>>
- [13] *Špalda*, [online]. [cit. 2011-03-03]. Dostupné na: WWW  
<<http://www.probio.cz/vyrobky/obilniny/spalda>>

- [14] *Kamut*, [online]. [cit. 2011-03-03]. Dostupné na: WWW  
<<http://www.agronavigator.cz/az/vis.aspx?id=92219>>
- [15] BAIK, B. K., ULLRICH, S. K. Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest, *Journal of Cereal Science*, 2008, Vol. 48, 233-242.
- [16] KUČEROVÁ, J.: *Technologie cereálií*, 1. vyd., Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2004, 141 s. ISBN 80-7157-811-8.
- [17] HVÍZDALOVÁ, I. *Malá úroda sladovnického ječmene v Evropě v roce 2010*, [online]. [cit. 2011-03-03]. Dostupné na: WWW  
<<http://agronavigator.cz/default.asp?ch=1&typ=1&val=106849&ids=1460&cmo=3&cye=2011>>
- [18] *Ječmen jarní*, [online]. [cit. 2011-03-03]. Dostupné na: WWW  
<<http://www.agromanual.cz/cz/atlas/plodiny/plodina/jecmen-jarni.html>>
- [19] *BBC: Vědci hledají plodiny odolné vůči změnám klimatu*, [online]. [cit. 2011-04-02]. Dostupné na: WWW  
<[http://www.cizp.cz/1302\\_BBC-Vedci-hledaji-plodiny-odolne-vuci-zmenam-klimatu](http://www.cizp.cz/1302_BBC-Vedci-hledaji-plodiny-odolne-vuci-zmenam-klimatu)>
- [20] RAKHA, A., AMAN, P., ANDERSSON, R. Characterisation of dietary fibre components in rye products, *Food Chemistry*, 2010, Vol. 119, 859-867.
- [21] ANDELIS, M. D., CODA, R., SILANO, M., MINERVINI, F., RIZZELLO, C. G., CAGNO, R. D., VICENTINI, O., VINCENZI, M. D., GOBBETTI, M. Fermentation by selected sourdough lactic acid bacteria to decrease coeliac intolerance to rye flour, *Journal of Cereal Science*, 2006, Vol. 43, 301-314.
- [22] VERWIMP, T., VANDEPUTTE, G. E., MARRANT, K., DELCOUR, J. A. Isolation and characterisation of rye starch, *Journal of Cereal Science*, 2004, Vol. 39, 85-90.
- [23] *Ashes of a Rye Straw*, [online]. [cit. 2011-04-02]. Dostupné na: WWW  
<<http://probationarystate.blogspot.com/2010/12/ashes-of-rye-straw.html>>
- [24] *Proso*, [online]. [cit. 2011-04-03]. Dostupné na: WWW  
<<http://www.agronavigator.cz/az/vis.aspx?id=92236>>

- [25] TIMSINA, J., CONNOR, D. J. Productivity and management of rice–wheat cropping systems: issues and challenges, *Field Crops Research*, 2001, Vol. 69, 93-132.
- [26] *Rýže a její druhy*, [online]. [cit. 2011-04-03]. Dostupné na: WWW  
<<http://www.agronavigator.cz/az/vis.aspx?id=92335>>
- [27] HASSAN, M. M. Effect of different nitrogen sources on growth, yield and quality of fodder maize (*Zea mays* L.), *J. Saudi Soc. Agric. Sci.*, 2011, Vol. 10, 17-23.
- [28] MULLET, J. E., KLEIN, R.R., KLEIN, P. E. Sorghum bicolor – an important species for comparative grass genomics and source of beneficial genes for agriculture, *Current Opinion in Plant Biology*, 2001, Vol. 5, 118-121.
- [29] MOORE, J. W., DITMORE, M., TEBEEST, D. O. The effects of cropping history on grain sorghum yields and anthracnose severity in Arkansas, *Crop Protection*, 2009, Vol. 28, 737-743.
- [30] WONG, J. H., MARX, D. B., WILSON, J. D., BACHNAN, B. B., LEMAUX, P. G. Principal component analysis and biochemical characterization of protein and starch reveal primary targets for improving sorghum grain, *Plant Science*, 2010, Vol. 179, 598-611.
- [31] SHEWALW, S. D., ANIRUDDHA, B. P. Enzymatic production of glucose from different qualities of grain sorghum and application of ultrasound to enhance the yield, *Carbohydrate Research*, 2009, Vol. 344, 52-60.
- [32] TAYLOR, J. R. N., SCHOBBER, T. J., BEAN, S. R. Novel food and non-food uses for sorghum and millets, *Journal of cereal Science*, 2006, Vol. 44, 252-271.
- [33] AWIKA, J. M., ROONEY, L. W. Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health, *Phytochemistry*, 2004, Vol. 65, 1199-1221.
- [34] *Čirok (Sorghum vulgare)*, [online]. [cit. 2011-04-02]. Dostupné na: WWW  
<<http://vfu-www.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/cirok.htm> dne 2.4.2011>
- [35] *Tritikale*, [online]. [cit. 2011-04-02]. Dostupné na: WWW  
<<http://www.agronavigator.cz/az/vis.aspx?id=92031>>

- [36] *Amarant*, [online]. [cit. 2011-04-03]. Dostupné na: WWW  
<<http://www.agronavigator.cz/az/vis.aspx?id=76533>>
- [37] *Pohanka*, [online]. [cit. 2011-04-02]. Dostupné na: WWW  
<<http://www.agronavigator.cz/az/vis.aspx?id=92029>>
- [38] CHOI, S. M., MINE, Y., MA, CH. Y. Characterization of heat-induced aggregates of globulin from common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench), *International Journal of Biological Macromolecules*, 2006, Vol. 39, 201-209.
- [39] *Pohanka-kroupy*, [online]. [cit. 2011-04-02]. Dostupné na: WWW  
<<http://skramlikova.files.wordpress.com/2011/03/pohanka-kroupy.jpg>>
- [40] MEDINA, W., OKURTYS, O., AGUILERA, J. M. Study on image analysis application for identification Quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd) geographical provenance, *LWT – Food Science and Technology*, 2010, Vol. 43, 238-246.
- [41] LETELIER, M. E., ROJAS, C. R., JOFRÉ, S. S., PARKS, P. A. Surfactant and antioxidant properties of an extract from *Chenopodium quinoa* Willd seed coats, *Journal of Cereal Science*, 2011, Vol. xxx, 1-5.
- [42] KULJANABHAGAVAD, T., THONGPHASUK, P., CHAMULITRAT, W., WINK, M. Triterpene saponins from *Chenopodium quinoa* Willd., *Phytochemistry*, 2008, Vol. 69, 1919-1926.
- [43] BHARGAVA, A., SHUKLA, S., OHRI, D. *Chenopodium quinoa* – An Indian perspective, *Industrial Crops and Products*, 2006, Vol. 23, 73-87.
- [44] BRADY, K., HO, CH. T., ROSEN, R. T., SANG, S., KERWE, M. V. Effects of processing on the nutraceutical profile of quinoa, *Food Chemistry*, 2007, Vol. 100, 1209-1216.
- [45] WARD, M. W. Response to selection for reduced grain saponins content in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), *Field Crops Research*, 2000, Vol. 68, 157-163.
- [46] JACOBSEN, S. E. Developmental stability of quinoa under European conditions, *Industrial Crops and Products*, 1988, Vol. 7, 169-174.

- [47] *Quinoa–Už jí znáte?*, [online]. [cit. 2011-04-02]. Dostupné na: WWW  
<<http://www.lucasinka.cz/2010/10/quinoa-uz-ji-znate/>>
- [48] DAVÍDEK, J., JANÍČEK, G., POKORNÝ, J. *Chemie potravin*, 1. vyd., Praha: SNTL, 1983, 629 s. ISBN-není uvedeno.
- [49] HOZA, I., KRAMÁŘOVÁ, D. *Potravinářská biochemie I*, 1. vyd., Zlín: UTB Zlín, 2005, ISBN 80-7318-295-5.
- [50] CHAN, C. W., MCCULLEY, S. J., MACMILLAN, R. D., Autologous fat transfer – a review of the literature with a focus on breast cancer surgery, *Journal of Plastic*, 2008, Vol. 61, 1438-1448.
- [51] GARCÍA, M. L., DOMINGUEZ, R., GALVEZ, M. D., CASAS, C., SELGAS, M. D. Utilization of cereal and fruit fibres in low fat dry fermented sausages, *Meat Science*, 2002, Vol. 60, 227-236.
- [52] HRABĚ, J., BŘEZINA, P., VALÁŠEK, P. *Technologie výroby potravin živočišného původu*, 1. vyd., Zlín: UTB Zlín, 2006, 180 s. ISBN 8073184052.
- [53] BAINY, E. M., CORREDIG, M., POYSA, V., WOODROW, L., TOSH, S. Assessment of the effects of soy protein isolates with different protein compositions on gluten thermosetting gelation, *Food Research International*, 2010, Vol. 43, 1684-1691
- [54] MALECKA, M. Antioxidant properties of the unsaponifiable matter isolated from tomato seeds, oat grains and wheat germ oil, *Food Chemistry*, 2002, Vol. 79, 327-330.
- [55] VISCIDI, K. A., DOUGHERTY, M. P., BRIGGS, J., CAMIRE, M. E. Complex phenolic compounds reduce lipid oxidation in extruded oat cereals, *Lebensm-Wiss. u.-Technol*, 2004, Vol. 37, 789-796.
- [56] YANISHLIEVA, N. V., MARINOVA, E. M., GORDON, M. H., RENEVA, V. G. Antioxidant activity and mechanism of action of thymol and carvacrol in two lipid systems, *Food Chemistry*, 1999, Vol. 64, 59-66.
- [57] CAMPANELLA, L., FAVERO, G., PASTORINO, M., TOMMASSETTI, M. Monitoring the rancidification process in olives using a biosensor operating in organic solvents, *Biosensors & Bioelectronics*, 1999, Vol. 14, 179-186.

- [58] ODSTRČIL, J., ODSTRČILOVÁ, M.: *Chemie potravin*, 1. vyd., Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2006. 164 s. ISBN 80-7013-435-6.
- [59] VELÍŠEK, J., HAJŠLOVÁ, J. *Chemie potravin*, 3. Vyd., Tábor: OSSIS, 2009. 602 s. ISBN 978-80-86659-17-6.
- [60] FAUSMAN, C., SUN, Q., MANCINI, R., SUMAN, S. P. Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control, *Meat Science*, 2010, Vol. 86, 86-94.
- [61] *Žluknutí*, [online]. [cit. 2010-11-21]. Dostupné na: WWW  
<<http://www.agronavigator.cz/az/vis.aspx?id=76817>>
- [62] NOVOTNÝ, F. *Metodiky chemických rozborů pro hodnocení kvality odrůd*, 2. vyd., Brno: ÚKZÚZ Brno, 2006, 173 s. ISBN 80-86548-81-3.
- [63] *Sušárny BMT*, [online]. [cit. 2011-05-12]. Dostupné na: WWW  
<<http://www.verkon.cz/susarny-bmt/>>
- [64] SKOUPIL, J., LECJAKSOVÁ, Z.: *Chemické kontrolní metody*, 1. vyd., Praha: SNTL, 1988, 279 s. ISBN-není uvedeno.
- [65] *Gewinnung von Duftstoffen*, [online]. [cit. 2011-05-12]. Dostupné na: WWW  
<[http://www.chemie.unibas.ch/~nachwuchs/chemie/modul\\_4.html](http://www.chemie.unibas.ch/~nachwuchs/chemie/modul_4.html)>
- [65] *Přístroj extrakční dle Twiselmanna, kompletní, nové provedení kohoutu*, [online]. [cit. 2011-05-12]. Dostupné na: WWW  
<<http://www.helago-cz.cz/product/pristroj-extrakcni-dle-twiselmanna-kompletni-nove-provedeni-kohoutu/>>

**SEZANM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

FAO Food and Agriculture Organization, Organizace pro výživu a zemědělství.

$P_t$  Obsah tuku.

$P_{tS}$  Obsah tuku v sušině.

S Obsah sušiny.

S.D. Směrodatná odchylka.

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 – Anatomická stavba obilného zrna [8].....	15
Obrázek 2 – Pšenice [11] .....	16
Obrázek 3 – Ječmen [19] .....	17
Obrázek 4 - Žito [23] .....	18
Obrázek 5 – Čirok [34] .....	20
Obrázek 6 – Pohanka [39] .....	22
Obrázek 7 – Quinoa [47] .....	23
Obrázek 8 - Sušárna Venticell 111 comfort [63].....	31
Obrázek 9 – Soxhletův přístroj [65] .....	32
Obrázek 10 – Twiselmannův přístroj [66].....	32



**SEZNAM TABULEK**

<i>Tabulka 1: Obsah lipidů v jednotlivých druzích potravin (v %) [8,52] .....</i>	<i>25</i>
<i>Tabulka 2: Obsah lipidů v jednotlivých obilovinách (v % hmot. při 15% vlhkosti obilí) [8,15,20] .....</i>	<i>25</i>
<i>Tabulka 3: Složení mastných kyselin lipidů obilovin [48].....</i>	<i>26</i>
<i>Tabulka 4: Seznam a charakteristiky použitých vzorků obilovin.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabulka 5: Seznam zkratek u jednotlivých druhů obilovin .....</i>	<i>35</i>
<i>Tabulka 6: Obsah sušiny a vody u jednotlivých druhů obilovin (v %).....</i>	<i>37</i>
<i>Tabulka 7: Obsah tuku vyextrahovaný u jednotlivých druhů obilovin (v %) .....</i>	<i>38</i>

