

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chemie



Vitaminy v obilovinách

Bakalářská práce

Autor práce: Markéta Cirusová

Obor studia: Kvalita produkce

Vedoucí práce: doc. Ing. Alena Hejtmánková, CSc.

© 2017 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vitaminy v obilovinách" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské 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 bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 18. 4. 2017

Poděkování

Ráda bych poděkovala doc. Ing. Aleně Hejtmánkové, CSc. za odborné vedení bakalářské práce a Ing. Marku Popovovi za pomoc při laboratorním měření.

Vitaminy v obilovinách

Souhrn

Obiloviny jsou bohatým zdrojem vitaminů skupiny B a vitaminu E. Největší množství vitaminů je obsaženo v klíčku a aleuronové vrstvě, ale velké množství vitaminů bývá odstraněno během mlýnského zpracování zrna.

Největší obsah vitaminů skupiny B a E má pohanka, ječmen a pšenice. Kukuřice obsahuje největší množství vitaminu E, ale malé množství vitaminů skupiny B. Rýže má naopak velké množství vitaminů B komplexu, ale nejnižší obsah vitaminu E. Nejméně vitaminů mají žito a oves. Z vitaminů skupiny B je v obilovinách nejvíce zastoupen niacin a pantotenová kyselina. Nejvíce zastoupenými formami vitaminu E jsou α -T a β -T3.

Látkové složení obilného zrna včetně vitaminů ovlivňuje celá řada faktorů. Během růstu je to počasí, předplodina, způsob založení porostu a jeho regulace, výživa a ochrana proti plevelům, chorobám a škůdcům, stanoviště, výživa porostu, sklizeň a uskladnění. Ke ztrátám dochází i během kuchyňské úpravy. Pokud jsou obiloviny příliš dlouho ve vodě, přechází do ní látky rozpustné ve vodě, včetně vitaminů skupiny B. Ke ztrátám vitaminů dochází také při tepelné úpravě (pečení) nebo účinkem světelného záření (denní světlo). Záření způsobuje žluknutí tuků a dochází tak ke znehodnocení látek v tuku obsažených.

V 13 vzorcích jarní pšenice a ve 4 vzorcích ozimé pšenice s barevným zrnem byl stanoven obsah vitamérů vitaminu E. Analýza byla provedena metodou vysokoúčinné kapalinové chromatografie (HPLC). Stanoveny byly pouze vitamery α -T3, β -T3, α -T, β -T, δ -T, ostatní vitamery byly pod mezí detekce. Nejvíce byl zastoupen β -tokotrienol a α - tokoferol. Celkové množství vitaminu E se pohybovalo v rozmezí od 27,5 mg.kg⁻¹ (AOI YO) do 41,98 mg.kg⁻¹ (ANK-28) u jarní formy pšenice a od 37,37 mg.kg⁻¹ (Citrus) do 47,24 mg.kg⁻¹ (Rebell) u ozimé formy pšenice. V ozimé formě pšenice je obsaženo vyšší množství tokolů než v jarní formě pšenice.

Klíčová slova: Obiloviny, vitaminy, vitaminy skupiny B, vitamin E, kapalinová chromatografie

Vitamins in cereals

Summary

Cereals are a rich source of vitamins B complex and vitamin E. The biggest amount of vitamins is found in sprout and aleurone layer, but a large number of vitamins is eliminated during grain processing.

The largest amount of vitamins B complex and vitamin E is found in buckwheat, barley and wheat. Corn contains the largest amount of vitamin E, but only a small amount of vitamin B complex. Rice, contrarily, contains a lot of vitamins B complex, but the smallest amount of vitamin E. The smallest amount of vitamins is found in rye and oat. Considering vitamins B complex, the most frequent vitamin in cereal is niacin and pantothenic acid. The most frequent forms of vitamin E are α -T and β -T3.

Cereal grain material composition including vitamins is influenced by a number of factors. During the growth, the most important factors are weather, pre-crop, the way of stand establishment and its regulation, nutrition and protection against weeds, diseases and pests, location, food crops, harvest and storage. There are some losses during the cooking process. In case that cereals are in a water for a longer period of time, the water soluble substances may become a part of the cereal, including the B complex vitamins. There are also losses during heat treatment (baking) or as a result of light radiation (daylight). The radiation causes fat to become rancid and it leads to devaluation of the substances contained in fat.

The number of vitamers of vitamin E was defined in 13 samples of spring wheat and 4 samples of winter wheat with coloured grain. The analysis was implemented by a method of highly effective liquid chromatography (HPLC). Only the vitamers α -T3, β -T3, α -T, β -T, δ -T were defined, other vitamers were below the detection limit. The most frequent ones were β -tocotrienol and α -tocopherol. The total amount of vitamin E was between 27,5 mg.kg⁻¹ (AOI YO) to 41,98 mg.kg⁻¹ (ANK-28) in spring wheat and between 37,37 mg.kg⁻¹ (Citrus) to 47,24 mg.kg⁻¹ (Rebell) in winter wheat. The winter wheat contains higher amount of tocols than the spring wheat.

Key words: Cereal, vitamins, vitamins B complex, vitamin E, liquid chromatography

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Hypotéza a cíl práce	2
3. Literární rešerše.....	3
3.1 Obiloviny	3
3.1.1 Charakteristika.....	3
3.1.2 Stavba obilného zrna.....	3
3.1.3 Látkové složení obilného zrna.....	5
3.1.4 Pšenice (<i>Triticum aestivum</i>).....	6
3.1.5 Žito (<i>Secale cereale</i>).....	7
3.1.6 Tritikale (<i>Triticosecale</i>)	8
3.1.7 Ječmen (<i>Hordeum sativum</i>).....	8
3.1.8 Oves (<i>Avena sativa, Avena nuda</i>).....	9
3.1.9 Kukuřice (<i>Zea Mays</i>)	9
3.1.10 Proso (<i>Panicum miliaceum</i>).....	10
3.1.11 Rýže (<i>Oryzae</i>).....	11
3.1.12 Pohanka (<i>Fagopyrum esculentum</i>)	12
3.1.13 Obiloviny s barevným zrnem	13
3.1.13.1 Barviva v zrně.....	13
3.2 Vitaminy	15
3.2.1 Obecná charakteristika.....	15
3.2.2 Vitaminy skupiny B.....	16
3.2.2.1 Vitamin B ₁ (Thiamin).....	16
3.2.2.2 Vitamin B ₂ (Riboflavin)	18
3.2.2.3 Vitamin B ₃ (Niacin, PP vitamin)	19
3.2.2.4 Vitamin B ₅ (Pantothénová kyselina)	20
3.2.2.5 Vitamin B ₆ (Pyridoxin)	22

3.2.2.6	Vitamin B ₇ (Biotin, Vitamin H).....	23
3.2.2.7	Vitamin B ₉ (Listová kyselina, folacin).....	24
3.2.3	Vitamin E	25
3.3	Obsah vitaminů v obilovinách	28
3.4	Kapalinová chromatografie.....	31
3.4.1	Princip chromatografie.....	31
3.4.2	Kapalinová chromatografie (HPLC).....	32
4.	Experimentální část	33
4.1	Materiál a metodika.....	33
4.1.1	Rostlinný materiál.....	33
4.1.2	Pomůcky.....	34
4.1.3	Přístroje	34
4.1.4	Příprava vzorků	34
4.1.5	Podmínky stanovení.....	34
4.2	Výsledky a diskuze	35
4.2.1	Meze detekce.....	35
4.2.2	Hodnocení tokolů	35
4.2.2.1	Jarní pšenice.....	35
4.2.2.2	Ozimá pšenice.....	36
5.	Závěr.....	38
6.	Použitá literatura	39

1. Úvod

Obilniny patří mezi traviny z čeledi lipnicovitých (Poaceae). Traviny se označují jako obilniny, zrno jako obiloviny. Obiloviny neboli cereálie jsou důležitou složkou lidské výživy, protože jsou významným zdrojem energie (sacharidy), bílkovin, vlákniny, vitamínů a minerálních látek. Vitaminy se nacházejí především v aleuronové vrstvě a v klíčku.

Cereálie obsahují v hojném množství především vitaminy skupiny B a E (tokoferol, tokotrienol), v menším množství vitamin C a β -karoten (provitamin vitaminu A)

Vitamin E patří do skupiny vitamínů rozpustných v tucích (do této skupiny patří i vitaminy A, D a K). Je významným antioxidantem, který chrání nenasycené lipidy před poškozením volnými radikály. S β -karotenem a ubichinony chrání strukturu a integritu biomembrán.

Vitaminy skupiny B jsou rozpustné ve vodě. Do skupiny vitamínů B patří thiamin, riboflavin, niacin, pyridoxin, pantotenová kyselina, listová kyselina (folát), biotin, kobalamin.

Obsah vitamínů v jednotlivých rodech obilnin se liší. Látkové složení obilného zrna ovlivňuje celá řada faktorů. Během růstu je to počasí, předplodina, způsob založení porostu a jeho regulace, výživa a ochrana proti plevelům, chorobám a škůdcům, stanoviště, výživa porostu, sklizeň a uskladnění.

2. Hypotéza a cíl práce

Obsahy jednotlivých vitaminů v zrnech obilnin jsou závislé na druhu obilniny a odrůdě.

Cílem práce je zpracovat ucelený přehled o obsahu jednotlivých lipofilních a hydrofilních vitaminů v jednotlivých druzích obilovin a popsat faktory, které mohou množství vitaminů v obilovinách a výrobcích z nich ovlivnit.

3. Literární rešerše

3.1 Obiloviny

3.1.1 Charakteristika

Obilniny jsou považovány za nejstarší kulturní plodiny pěstované lidmi. Botanicky jsou řazeny k zušlechtěným travinám (*Poaceae*). Výjimku tvoří pohanka, která patří do čeledi rdesnovité (*Polygonaceae*) a amarant, který patří do čeledi laskavcovité (*Amaranthaceae*). Obě čeledi jsou řazeny mezi pseudocereálie. Jako pseudocereálie jsou označovány plodiny, které nepatří mezi obilniny, ale mají stejné využití jako obilniny. Rostliny jsou jednoleté a mají formy ozimé, jarní a přesívkové (jsou vysévány na jaře i na podzim). Obilky mohou být pluchaté (mají obilku pevně obalenou pluchami), nebo nahé. Pluchaté obilky má ječmen, oves, proso, rýže, čumíza a čirok, nahé obilky má pšenice, žito, kukuřice a oves nahý. Mezi obilniny, kterým vyhovuje mírné klimatické pásmo, patří: pšenice, žito, oves a ječmen. Mezi obilniny, které vyžadují teplé klimatické podmínky, patří kukuřice, proso, rýže, čirok, čumíza a mohár. Na světové výživě lidí má největší podíl pšenice, rýže a kukuřice. Podle jednotlivých rodů se obilniny řadí do dvou skupin. Mezi obilniny první skupiny patří rody *Triticum* – pšenice, *Secale* – žito, *Hordeum* – ječmen, *Avena* – oves a *Triticale* – žitovec. Do druhé skupiny patří rody *Zea* – kukuřice, *Panicum* – proso, *Sorghum* – čirok, *Oryza* – rýže, *Sateria* – mohár a čumíza a *Fagopyrum* – pohanka. Charakteristické vlastnosti obou skupin jsou uvedeny v tabulce č. 1 uvedené na str. 4 (Moudrý, 1998; Bulková, 2011).

3.1.2 Stavba obilného zrna

Obilka je složena z obalových vrstev, endospermu (jádra) a klíčku. Obal zrna zabírá až 14 % hmotnosti zrna. Je tvořen z několika vrstev a chrání endosperm a klíček před vysycháním a před mechanickým poškozením. Nejvrchnější vrstvou je oplodí (perikarp), které je tvořeno třemi vrstvami: pokožkou (epidermis), vrstvou podélných buněk (epikarpium) a vrstvou příčných buněk (endokarpium). Další vrstvou je osemení (testa). V této vrstvě jsou obsažena barviva určující vnější zbarvení zrna. Osemení je tvořeno vnější barevnou vrstvou a vnitřní skelnou vrstvou (hyalinní vrstva). Pluchy nejsou řazeny mezi vlastní obaly. V dalších vrstvách jsou obsaženy polysacharidické látky, které se podílejí na udržení rovnováhy vlhkosti zrna. Při mletí pšenice a žita jsou obalové vrstvy převedeny do otrub, které jsou používány jako krmivo (především žitné otruby) a pšeničné otruby, zbavené nečistot a prachu, jsou dodávány do obchodů se zdravou výživou. Otruby jsou v lidské výživě uplatňovány při redukční dietě a v prevenci obstitpace (zácpy). Endosperm je

jádrem obilky a tvoří až 86 % hmotnosti. Je tvořen dvěma částmi: vrchní aleuronovou vrstvou a vnitřní částí (vlastní endosperm). Obilky pšenice jsou tvořeny jednou vrstvou aleuronových buněk, obilky ječmene mají až tři vrstvy.

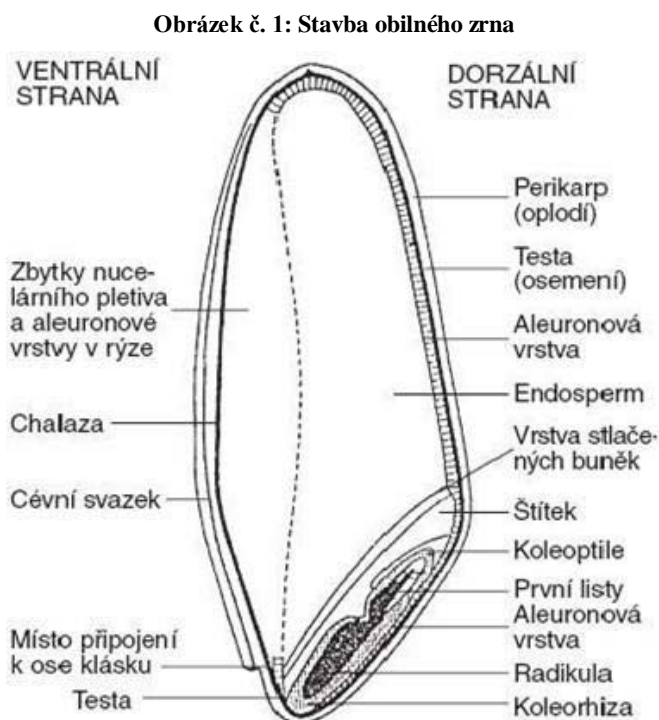
Tabulka č. 1: Charakteristické znaky obou skupin obilovin

I. Skupina	II. skupina
Obilky mají rýhu na spodní straně	Obilky nemají rýhu na spodní straně
Během klíčení vzniká současně více zárodečných kořínků	Tvoří se pouze jeden zárodečný kořínek
Stéblo je duté	Stéblo je vyplněné dřevem
Nejplodnější jsou dolní kvítky v klásku	Nejplodnější jsou horní kvítky v klásku
Jsou méně náročné na teplo, ale více náročné na vláhu	Jsou náročnější na teplo, ale méně na vláhu
Ozimé, jarní i přesívkové formy	Pouze jarní formy
Vyžadují při jarovizaci nižší teploty	Při jarovizaci jim stačí vyšší teploty
Podle fotoperiodické reakce jsou to rostliny dlouhodenní	Krátkodenní rostliny
V počátku vegetace mají rychlejší vývin (tvoří odnože při 2 – 3 listu)	Mají pomalejší vývin (tvoří odnože při 4 – 8 listu)

(Moudrý et Jůza, 1998)

V aleuronové vrstvě je obsaženo větší množství bílkovin, minerálních látek a vitaminů než ve vlastním endospermu. V endospermu jsou ukládány rezervní látky. Jsou zde obsaženy především sacharidy (nejvíce škrob) a v menší míře také bílkoviny. Endosperm slouží k výživě zárodka a je nejdůležitější částí zrna při zpracování mouky, škrobu a dalších výrobků. Klíček je nezbytným pro vznik nové rostliny jsou v něm proto obsaženy všechny potřebné látky pro její počáteční růst – bílkoviny, lipidy, nenasycené mastné kyseliny, sacharidy, minerální látky včetně stopových prvků, enzymy a vitaminy. V klíčku jsou obsaženy vitaminy skupiny B, především vitamin B₁ (thiamin), niacin a vitamin E. K endospermu je připojen štítkem (scutelum), který zajišťuje transport rezervních látek. Klíček je uložen v základu (spodní část zrna) obilky na straně, na které není rýha. Obilky každého druhu obilnin jsou charakteristické svým složením, pluchatostí, tvarem a barvou.

Žito, pšenice a triticales jsou bezpluché, ječmen a oves jsou pluchaté i bezpluché. U ječmene srůstají pluchy s oplodím, u ovsu pouze obalují zrna. Na obrázku č. 1 je znázorněna stavba obilného zrna (Moudrý, 1998; Bulková, 2011).



3.1.3 Látkové složení obilného zrna

Jednotlivé části zrna jsou rozdílného chemického složení. Látkové složení obilnin je ovlivněno např. půdou, odrůdou, hnojením, klimatickými podmínkami, dobou setí atd.

Nejdůležitější zásobní látkou jsou sacharidy. V obilce jsou obsaženy ve formě škrobu, dextrinů, celulózy, hemicelulózy, cukrů a pentozanů. Cukry jsou zastoupeny v klíčku a okrajových vrstvách endospermu ve formě pentóz a hexóz. Z hexóz je zastoupena glukóza, která tvoří základ pro tvorbu škrobu a celulózy. Největší část zrna je složena ze škrobu (v pšenici až 76 %). Škrob je tvořen převážně amylosem a amylopektinem. Amylose je nevětveným polymerem, složeným z velkého množství glukózových jednotek (200 až 1000). Amylopektin je složen ze 40 až 70 krátkých řetězců α -D-glukózových jednotek. Jakost pečiva je ovlivněna složením škrobu, frakcemi bílkovin a enzymovou aktivitou amyláz. Těmito složkami jsou ovlivněny zbarvení kůrky, struktura, pórovitost a elasticita střídky, výraznost vůně a prodloužení čerstvosti hotových výrobků.

Bílkoviny jsou v obilce rozloženy nerovnoměrně. Nejvíce bílkovin je zastoupeno v klíčku (34 %) a v aleuronové vrstvě (32 %). Obiloviny mají nejnižší biologickou hodnotu

bílkovin, protože mají nedostatečné množství lyzinu, histidinu, methioninu, tryptofanu a threoninu. Nejvíce bílkovin je obsaženo v obilkách pšenice a ova.

Obilky mají nízký obsah tuků (1,5 – 2,5 %), mimo semen čiroku, kukuřice a ova. Nejvíce tuků je obsaženo v klíčku a aleuronové vrstvě. Tuky jsou složeny z mastných kyselin a glycerolu. Z toho největší část je tvořena nenasycenými mastnými kyselinami (linolová kyselina 55 %), z nasycených je nejvíce zastoupena palmitová, nepatrně stearová a myristová kyselina. Tuky jsou na vzduchu a světle vystaveny oxidaci a enzymatické hydrolyze a v důsledku toho získávají obiloviny hořkou chuť.

Obiloviny jsou zdrojem 1,5 až 3 % minerálních látek. V pluchatých obilovinách je přítomno více minerálních látek než v bezpluchých obilovinách. Největší množství minerálních látek je zastoupeno v klíčku a aleuronové vrstvě. Nejmenší obsah je obsažen ve střední části endospermu, ale k okrajovým vrstvám se jejich obsah zvyšuje. Z minerálních látek je v obilovinách nejvíce přítomen draslík, fosfor a hořčík, ze stopových prvků brom, hliník, jód, mangan, měď, nikl, kobalt, zinek a železo.

Vitaminy jsou v obilce rozloženy nepravidelně. Nejvíce vitaminů je obsaženo v klíčku, zejména ve štítku, a v aleuronové vrstvě. Obiloviny jsou zdrojem především vitaminů skupiny B. Je v nich obsažen thiamin (ve volné formě), riboflavin, niacin (hlavně v pšenici). Pyridoxin je v obilovinách přítomen ve volné formě a také ve formě pyridoxalu vázaného na D-glukózu a biotin. Obiloviny jsou také dobrým zdrojem vitaminu E. Karotenoidy jsou přítomny v malé míře (Bulková, 2011).

3.1.4 Pšenice (*Triticum aestivum*)

V rodu pšenice (*Triticum*) je zahrnuto velké množství druhů. Nejdůležitějšími druhy jsou pšenice obecná (*Triticum aestivum*) a pšenice tvrdá (*Triticum durum*). Obilka pšenice je nepluchatá, pouze pšenice špalda (*Triticum spelta*) má pluchatou obilku. Pšenice je formy ozimé i jarní a obě formy mají osinaté nebo bezosinaté klasy. Optimální doba sklizně je na přechodu žluté a plné zralosti a při nižší vlhkosti zrna. Při opožděné sklizni dochází ke snížení množství a kvality lepku.

Pšenice je využívána jako surovinou pro výrobu mouky, krupice, pšeničných vloček, škrobu, pšeničných otrub. Pšeničné vločky se vyrábí podobným způsobem jako ovesné.

Pšenice je dělena podle užitného směru na několik kategorií (skupin kvality): potravinářská pšenice s pekárenskou jakostí (kynutá těsta), potravinářská pšenice s pečivářskou jakostí (sušenky a keksy), krmná pšenice, surovina pro výrobu škrobu, surovina pro výrobu bioethanolu). Pro zařazení do kategorie je hodnoceno šest základních

parametrů: měrný objem pečiva, hodnota sedimentačního testu podle Zelenyho, číslo poklesu, obsah N-látek, vaznost mouky a objemová hmotnost. Kategorie E (elitní pšenice) je nejlepší ve všech faktorech, kategorie A (kvalitní pšenice) vyhovuje ve všech faktorech, u kategorie B (chlebová pšenice) může být některý z faktorů na hranici a kategorie C (zahrnuje odrůdy nevhodné pro pekárenské využití). Na obrázcích č. 2 a 3 je znázorněno zrno a klas pšenice (Prugar, 2008; Bulková, 2011).



Obrázek č. 2: Zrno pšenice



Obrázek č. 3: Klasy pšenice

3.1.5 Žito (*Secale cereale*)

Žito je považováno na území ČR k nejstarším kulturním plodinám využívaným k lidské výživě. Je více odolné vůči chorobám, zaplevelení a škůdcům. Je méně náročné na půdu a teplotu než pšenice (vydrží teplota až do $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$). V České republice je pěstováno jako ozimá forma a slouží hlavně k potravinářskému využití. V menší míře je využíváno ke krmení, příp. k lihovarskému využití. Na povrchu obilky je přítomna ochranná vrstva vosku. Oproti ostatním druhům obilnin se žito vyznačuje cizosprašností (alogamií). Tzn., že při kvetení je opylováno převážně cizím pylem.

Z žita je vyráběna chlebová mouka, která je používána k výrobě chleba a je vhodná i pro přípravu perníků. Chléb z žita má delší trvanlivost a příjemnou vůni. Dále je žito využíváno k výrobě náhražek kávy (Melta), vloček, lihu a destilátů. Je také využíváno ve farmakologii, kde se umělou infekcí námelem získávají námelové alkaloidy pro farmaceutický průmysl.

Pekařská hodnota žita je tvořena škrobo-amylázovým komplexem, jehož součástí jsou pentozany, které mohou vázat vodu a další látky. Zrno a klas žita jsou znázorněny na obrázcích č. 4 a 5 (Prugar, 2008, Bulková, 2011).



Obrázek č. 4: Zrno žita



Obrázek č. 5: Klas žita

3.1.6 Tritikale (*Triticosecale*)

Tritikale je mezidruhovým křížencem pšenice a žita a českým názvem je žitovec. V ČR je pěstováno jako ozimá odrůda, která má dobré výnosy i za horších pěstitelských podmínek. Povrch zrna je zvrásněn a na aleuronové vrstvě jsou záhyby.

Je řazeno spíše k hodnotným krmným obilovinám, protože jeho využití v lidské výživě je znesnadněno nízkým obsahem nekvalitního lepku a především vysokou amylolytickou aktivitou. Tritikale je využíváno k výrobě celozrnného a trvanlivého pečiva, těstovin a extrudovaných výrobků. Je uplatňováno také v lihovarnictví, sladovnictví, pivovarnictví. Zrno a klas tritikale jsou zobrazeny na obrázcích č. 6 a 7 (Prugar, 2008; Bulková, 2011).



Obrázek č. 6: Zrno tritikale



Obrázek č. 7: Klas tritikale

3.1.7 Ječmen (*Hordeum sativum*)

Ječmen je řazen mezi nejstarší kulturní rostliny. Jsou rozlišovány formy bezpluché, dvouřadé (se srostlou obilku s pluchou), čtyřřadé se šesti řadami zrn, které jsou seskupené zdánlivě ve čtyřech řadách a šestiřadé, které mají srostlou obilku s pluchou. Jednotlivé formy jsou odlišné i složením. Obilka ječmene je od obilky pšenice a žita odlišena tím, že má dvou až šestiřadou aleuronovou vrstvu s tenčími stěnami.

Ječmen je využíván k výrobě ječných vloček, krup a otrub. Ječné otruby jsou vyráběny získávány z bezpluchého ječmene a jsou přidávány do cereálních výrobků a sušenek. Kroupy se dělají z ječmene nahého a mohou být dále zpracovávány na ječné vločky, ze kterých jsou připravovány kaše nebo jsou přidávány do pečiva, cereálních směsí atd. V ČR je pěstován světoznámý sladovnický ječmen s nízkým obsahem bílkovin a s vysokým extraktem. Tento

ječmen pro výrobu piva je řazen k nejlepším na světě. Slad a sladové výtažky jsou využívány k výrobě cukrovinek a náhražek kávy Na obrázcích č. 8 a 9 jsou znázorněny zrna a klasy ječmene (Bulková, 2011).



Obrázek č. 8: Zrno ječmene



Obrázek č. 9: Klasy ječmene

3.1.8 Oves (*Avena sativa*, *Avena nuda*)

Zpočátku byl oves považován za rostlinu plevelnatou. Oves setý je obilninou tvořící latu. Lata je od klasu odlišena tak, že se sice skládá z klásků, ale má delší stopky, které nevznikají v hlavní ose, ale v osách vedlejších. Na obrázcích č. 10 a 11 jsou znázorněny zrna a laty ovsa.

Oves je využíván k výrobě ovesných vloček, krup, mouky, otrub, celozrnných snídaňových směsí, je přidáván do pšeničného chleba a jiných pečárenských produktů (krekrů, tyčinek, sušenek, keksů atd.). Ovesný olej má pozitivní účinky na zvětšení objemu pečiva, kyprost, pružnost a uniformitu těsta.

Oves má vysokou výživovou hodnotu, hlavně díky vysokému obsahu bílkovin je řazen mezi tzv. funkční potraviny. Tyto potraviny poskytují konzumentovi nejen živiny, ale zlepšují i jeho zdravotní stav. Pomáhá předcházet některým chorobám a zmírňuje jejich průběh (snižování hladiny plasmového cholesterolu, regulace hladiny glukosy v krvi, příznivě působí na gastrointestinální funkce (Havrlentová, 2007; Prugar, 2008; Bulková, 2011).



Obrázek č. 10: Zrno ovsa



Obrázek č. 11: Lata ovsa

3.1.9 Kukuřice (*Zea Mays*)

Kukuřice má původ v Střední a Jižní Americe. Na vrcholu rostliny se nachází samčí květenství a samičí květenství tvoří palice rostoucí v úžlabí listů. Je pěstováno mnoho odrůd,

hlavně kukuřice obecná (tvrdá), koňský zub, kukuřice pukancová, kukuřice škrobová a kukuřice cukrová, která se využívá jako zelenina.

Kukuřice je zpracovávána ve mlýnech obdobně jako žito. Je používána k výrobě mouky, krupice, škrobu (základní surovina pro zpracování glukózy a sirupů) a klíčků. Při pražení v normální atmosféře zrna pukancové kukuřice praskají a pražená zrna se označují Pop corn. Kukuřičná krupice je základní surovina pro extrudované výrobky (Corn flakes). Klíčky jsou využívány k lisování velmi kvalitního oleje. Veškeré výrobky z kukuřice jsou vhodné pro osoby s celiakií. Zrno a klas kukuřice jsou znázorněny na obrázcích č. 12 a 13 (Bulková, 2011).



Obrázek č. 12: Zrno kukuřice



Obrázek č. 13: Klas kukuřice

3.1.10 Proso (*Panicum miliaceum*)

Proso je starou kulturní plodinou pocházející z Číny. Patřilo k nejdůležitějším obilninám Slovanů, kteří z něj dělali kaše, polévky a placky. Květenstvím je rozkladitá nebo kompaktní lata. Zrno je kulovitého, vejčitého nebo podlouhlého tvaru a je celé obalené pluchou a pluškou, které nepřirůstají. Obilky mají širokou škálu barev, od bílé přes žlutou, červenou, hnědou až k černé.

Z prosa jsou loupáním připravovány jáhly, které jsou dobře stravitelné, mají vysokou výživovou hodnotu a hodí se pro bezlepkovou dietu. Jáhly mají široké využití. Z jáhel se připravuje jáhelná mouka, ze které se dělají chlebové placky, těstoviny nebo se přidává do jiných potravinářských a pekárenských výrobků (chléb, pečivo, sušenky). V prosu se nevyskytuje lepek a může být přidáváno do dietních potravin. Proso je možné využít i jako krmivo pro zvířata. Na obrázcích č. 14 a 15 jsou vyobrazena zrna a rostliny prosa (Janovská 2006; Bulková, 2011).



Obrázek č. 14: Zrno prosa



Obrázek č. 15: Rostlina prosa

3.1.11 Rýže (*Oryzeae*)

Rýže je kulturní travina, která je dlouhodobě považována za základní potravinu. Je jednou z nejstarších obilnin. Pochází z Indie a Číny. Rýže je pěstována po celém světě, ale 90 % produkce pochází z Číny. V Evropě a Americe je rýže konzumována jako příloha k pokrmům, v Asii je to však stěžejní potravina. Rýže má jako základní potravina nezastupitelný význam v tropických a subtropických oblastech Asie, zejména v Číně, Japonsku a Indii. Na obrázcích č. 16 a 17 jsou ukázány různé druhy zrna a rostlina rýže.

Rýže je zpracovávána různými způsoby: loupání, mletí nebo jinými způsoby podle místních zvyklostí. Je konzumována jako příloha k pokrmům, jako hlavní jídlo nebo jako zavářka do polévky. Obilky jsou také mlety na mouku, která slouží k výrobě těstovin, omáček, dětské stravy, sladkostí a kosmetiky. Rýžový škrob je používán v potravinářském, ale i v textilním průmyslu. Z rýže je také připravovány různé nápoje, např. pivo, víno (saké) a destiláty (arak). Otruby z rýže jsou využívány ke zkrmování a k výrobě oleje. Sláma z rýže je používána k výrobě papíru, rohoží a klobouků. Rýže je velmi dobře stravitelná a je kaloricky bohatou rostlinou.

Během tisíciletí byly vyvinuty dvě hlavní linie lišící se v nárocích na zavlažování: rýže vodní (bažinná) a rýže suchá (horská). Bažinná rýže je pěstována v nížinách, bažinách a deltách řek s vysokou teplotou vody, vzduchu a s velkým množstvím slunečního svitu. Vyžaduje rýžoviště zaplavené vodou. V méně vyvinutých zemích je pěstována zahradnickým způsobem, který zahrnuje předpěstování sazenic nebo přímý výsev osiva, periodické zaplavení pozemku a ruční sklizeň. Horská rýže je pěstován na terasovitých políčkách bez zaplavování až do výšky 2800 m n. m. a její pěstování je jednodušší, ale je vyžadováno větší množství srážek (Hlásná Čepková, 2007; Hamr, 2008).



Obrázek č. 16: Zrna různých druhů rýže



Obrázek č. 17: Rostlina rýže

3.1.12 Pohanka (*Fagopyrum esculentum*)

Je jednoletou teplomilnou rostlinou původem z Číny. Je náchylnou na nízké teploty a pozdní jarní mrazíky. Plodem jsou trojboké hladké nažky, které bývají hnědé, šedé nebo černé. Má vynikající výživovou hodnotu, podmíněnou příznivým složením bílkovinného komplexu a obsahem vlákniny. Pohanka je vhodná pro pacienty s celiakií, pro diabetiky, jako dieta při onemocnění zažívacího ústrojí, protože neobsahuje žádnou prolaminovou frakci.

Nažky jsou v potravinářství loupány a používány buď celé, nebo drcené na kroupy, krupky a mouku. Pohanka má vysokou výživnou a dietetickou hodnotu. Má až čtyřikrát vyšší obsah lyzinu oproti ostatním obilovinám.

Pohanka je významným zdrojem přírodního bioflavonoidu rutinu, jenž má posilující účinek na imunitní systém, zvýšení pružnosti cévních stěn, regulaci srážlivosti krve a obsahu cholesterolu v krvi. Má také protirakovinný účinek proti rakovině střeva a dalších orgánů. Chrání před UV zářením. Fenolové sloučeniny rutinu mohou snižovat hladinu krevního cukru a lipidů a napomáhat tak hypocholesterolemickému účinku. Největší množství rutinu je koncentrováno v listech těsně před kvetením. Na obrázcích č. 18 a 19 jsou zobrazeny nažky a rostliny pohanky (Janovská, 2006).



Obrázek č. 18: Nažky pohanky



Obrázek č. 19: Rostlina pohanky

3.1.13 Obiloviny s barevným zrnem

Charakteristická barva zrna je způsobena řadou látek ze skupiny flavonoidů. Obsah těchto látek souvisí s adaptačními reakcemi na vlivy prostředí. Většina odrůd pšenice je červeného zabarvení zrna, ale většinou se jedná o různé odstíny okrového zabarvení. Méně časté je bílé zabarvení zrna. V pšenici je zbarvení zrna řízeno odlišnými geny na různých chromozomech.

3.1.13.1 Barviva v zrně

Anthokyany

Anthokyany jsou skupinou rostlinných barviv. Název je složen z řeckých slov anthos (květ) a kyanos (modrý). Anthokyany jsou řazeny mezi fenolové látky patřící mezi flavonoidy, které zabarvují květy, plody, pletiva a listy rostlin. V plodech jsou přítomny ve vnějších částech hypodermis (ve slupkách), v rostlinných buňkách jsou obsaženy ve vakuolách a tvoří různé barevné odstíny od oranžové po červenou, fialovou a modrou. Např. pelargonidin barví zrno červeně, kyanidin purpurově až červeně a delphinidin modře. Kratší vlnové délky slunečního spektra mohou být intenzivněji pohlcovány některými barvami, které mohou být nápomocné k ochraně rostlin před poškozením ultrafialovým zářením. Anthokyany jsou významnou skupinou potravinových barviv (označovány jako E 163) (Hrnčířová et al., 2011; Bartl, 2013).

β -karoten

Je řazen do skupiny izoprenoidů tvořených čtyřmi izoprenoidními jednotkami, které se nazývají tetraterpeny. V listech zelených rostlin je přítomen většinou volný, v ovocných plodech je obsažen ve formě esterů vyšších mastných kyselin. V živočišných potravinách jsou karotenoidní látky zastoupeny ve vaječném žloutku, syrovém kravském mléce, v másle a v mase. Nejlepšími zdroji karotenoidů jsou tmavě žluto oranžové zeleniny a ovoce, např. meruňky, nektarinky, žlutomasé broskve a tmavě zelené listové zeleniny, špenát, brokolice a rajčata. V organismu vykonává β -karoten mnoho činností. Působí jako provitamin A, chrání před oxidací, zejména volnými kyslíkovými radikály a chrání před působením světla, působí stimulačně na imunitní systém. Potlačuje také vývoj zánětu oka. Při současném podávání β – karotenu, vitamínu E a selenu dochází ke snížení výskytu zánětu oka. Působí také proti poruchám z ozáření. Vyšší příjem β -karotenu je nezbytný v období těhotenství a kojení. Rostoucí organismus také vyžaduje vyšší příjem. Vyšší množství je také vyžadováno osobami s poruchami metabolismu, s nadváhou a kuřáky (Blatná, 2001 (f); Straka, 2005).

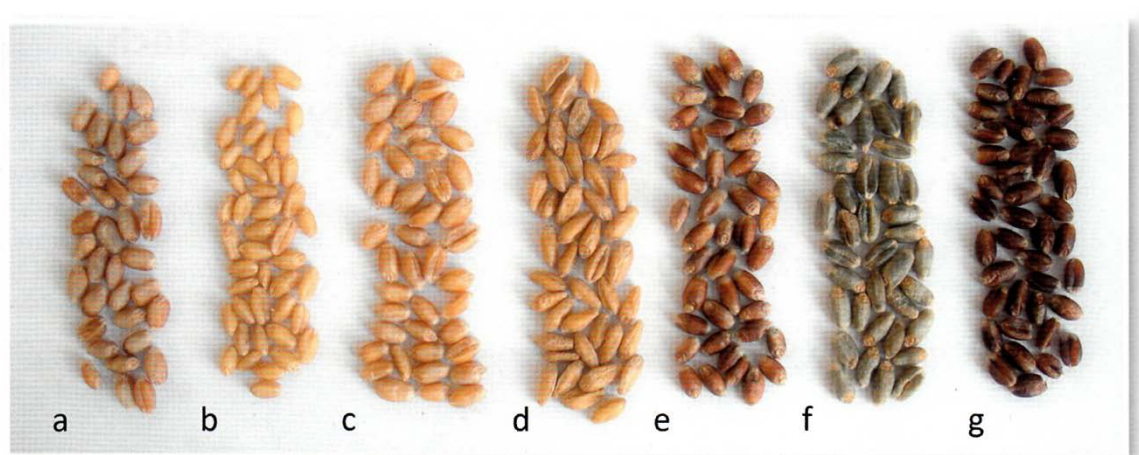
Červené zbarvení zrna je způsobeno obsahem polyfenolických látek, především taninů. Jsou to hořké látky, které do určité míry podmiňují vyšší odolnost červeně zbarvených zrn pšenice k porůstání. Otruby z červeno-zrných pšenic obsahují vyšší koncentrace ferulové kyseliny v porovnání s otrubami z bílozrné pšenice. Červené zbarvení zrna je geneticky řízeno jedním až třemi dominantními geny nacházejícími se na dlouhých ramenech třetí skupiny homeologických chromozomů. Mezi pšenice s červeným zrnem patří např. odrůdy Bohemia.

Žluté zbarvení je dáno přítomností žlutých pigmentů karotenoidů ze skupiny tetraterpenů. V pšenici je nejvíce zastoupen lutein, v menší míře zeaxantin, který je ve větším množství obsažen v kukuřici. Obě látky mají významné antioxidační účinky. Zrna se žlutým zbarvením jsou využívána pro výrobu žlutě zbarvených těstovin a pro žlutě zbarvené pečivo se zajímavými nutričními a senzoryckými vlastnostmi. Odrůdy se žlutým zbarvením zrna mají menší výnosy v porovnání s běžnými odrůdami. Mají však pozitivní vliv na barvu žloutku při zkrmování zrna nosnicím. Žlutou barva zrna je podmiňována řadou genů, které se vyskytují na páté a sedmé skupině homologických chromozomů. Mezi odrůdy se žlutým zbarvením zrna patří ozimá odrůda Citrus a jarní odrůda Luteus.

Tritordeum je nově vytvořená obilnina. Tritordeum bylo získáno křížením planého diploidního ječmene čilského (*Hordeum chilense*) s pšenicí. Má vysoký obsah luteinu a mouka se sytě žlutým zbarvením je vhodná k výrobě potravin s pozitivním vlivem na člověka.

Purpurové zbarvení zrna je určeno geny Pp pro purpurový perikarp, které byly do pšenice seté přeneseny z tetraploidní pšenice *T. turgidum* L. subsp. *abyssinicum* Vavilov, která pochází z abyssinské oblasti v Etiopii. Geny pro purpurové zbarvení jsou přítomny na sedmé homologické skupině chromozomů. Anthokyany jsou soustředěny v povrchové vrstvě (perikarpu) zrna. Odrůdami s purpurovým perikarpem jsou např. Indigo, Rosso. Protože se barevné pigmenty nacházejí především v povrchových vrstvách zrna, je vhodné je zpracovávat na celozrné pečivo. V Rakousku jsou takto zbarvená zrna využívána pro pečení chleba s názvem Pur Pur Wizenbrot.

Modré zbarvení zrna je tvořeno geny Ba pro modrý aleuron. Pšenice s modrým zrnem obvykle mívají vyšší obsah anthokyanů oproti pšenicím s purpurovým perikarpem. Na obrázku č. 20 jsou znázorněna zrna s různým zbarvením (Martinek, et al., 2014).



Barvy zrna vybraných vzorků obilovin: a - červené zrna (odrůda Bohemia), b - bílé zrna (odrůda Heroldo), c - zrna se žlutým endospermem (odrůda Citrus), d - tritordeum (odrůda JBI), e - purpurový perikarp (odrůda Indigo), f - modrý aleuron (odrůda Skorpion), g - tmavé zbarvení vlivem kombinace barev
Foto Petr Martinek

Obrázek č. 20: Pšenice s barevným zrnem

3.2 Vitaminy

3.2.1 Obecná charakteristika

Vitaminy jsou organickými nízkomolekulárními sloučeninami. Jsou součástí katalyzátorů biochemických reakcí a jsou označovány jako exogenní esenciální biokatalyzátory.

Vitaminy jsou využívány pro výstavbu nových tkání a pro udržení tělesných funkcí, podílí se na ochraně organismu. Dále působí jako antioxidanty, které chrání tělo před volnými radikály, posilují imunitní systém a napomáhají vstřebávání řady látek z potravy např. vápníku. Mají také preventivní účinek proti onemocněním, chrání před vznikem osteoporózy, kardiovaskulárních a nádorových onemocnění. Člověk není schopen vitaminy syntetizovat, a proto musí být přijímány v potravě. Vitaminy jsou však přítomny téměř ve všech potravinách v různém množství a formě. Potřeba jednotlivých vitaminů je dána druhem vitamínu, věkem, tělesnou aktivitou, pohlavím a celkovým tělesným stavem. Je doporučeno konzumovat větší množství vitaminů v zimním období a časně na jaře. Zásobu vitaminů si lze vytvořit pouze u některých vitaminů.

Podle rozpustnosti jsou vitaminy děleny na hydrofilní vitaminy - rozpustné ve vodě, a lipofilní vitaminy - rozpustné v tucích a nerozpustné ve vodě. Mezi vitaminy rozpustné ve vodě patří vitaminy skupiny B a vitamin C. Vitaminy rozpustnými v tucích jsou A, D, E, K.

Mírný nedostatek vitamínu (hypovitaminóza) či úplný nedostatek (avitaminóza) může způsobit poruchy funkcí organismu nebo velmi vážná onemocnění. Nedostatek vitamínu je

způsoben např. nedostatkem vitaminů v potravě (vliv uskladnění), nedostatečnou resorpcí vitaminů v zažívací soustavě (při onemocnění zažívací soustavy), zvýšenou potřebou vitaminů (gravidita, rekonvalescence) nebo působením antivitaminů. I nadbytečný příjem vitaminů (hypervitaminóza) způsobuje problémy.

Antioxidanty jsou látkami, které tělo využívá k ochraně před volnými radikály a jejich oxidačním účinkům, protože dokážou volné radikály neutralizovat a pomáhají udržet buňky zdravé a nepoškozené. Nejdůležitějšími antioxidanty jsou vitamin C (askorbová kyselina), vitamin E, selen, β -karoten (provitamin vitaminu A), měď, mangan a zinek, koenzym Q10, ginko biloba, flavonoidy a karotenoidy.

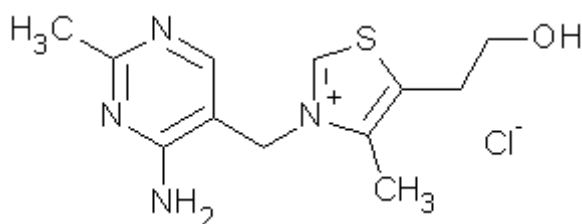
Volné radikály jsou nestálé radikální částice, které mají značnou oxidační účinnost. Ta při jejich nadbytku působí toxicky na složky buněk. Typickým příkladem volných radikálů jsou hydroxylové radikály ($\cdot\text{OH}$). Volné radikály jsou tvořeny v lidském organismu jako vedlejší produkt látkové výměny. Účastní se biosyntézy látek nezbytných pro organismus, např. bílkovin, hormonů nebo nukleových kyselin. Jsou také součástí přirozené obrany proti (mikrobům), virům a parazitům, kteří napadají lidský organismus. Pokud jsou v těle tvořeny v nadbytečném množství, nebo pokud nejsou dostatečně rychle odstraňovány, dochází k narušení buněčné membrány a ničení kyseliny deoxyribonukleonové (DNK), což vede k urychlení procesu degradace a stárnutí buněk, k narušení obranyschopnosti organismu a případně i k poškození genetického vybavení buňky. Jsou to atomy (nebo molekuly), které mají alespoň jeden orbital obsahující pouze jeden nepárový elektron. Volné radikály jsou tvořeny třemi způsoby, nejčastěji homolytickým štěpením kovalentní vazby, kdy každá část získá jeden nepárový elektron. K homolytickému štěpení je zapotřebné velké množství energie, například vysoká teplota, ultrafialové nebo ionizační záření. Dalšími způsoby vzniku je redukce – přidání jednoho elektronu k molekule, nebo oxidace – odebrání jednoho elektronu z molekuly. V biologických systémech vznikají oxidací nebo redukcí. V těle působí tak, že vytrhují elektrony z tělesných buněk. Vznik volných radikálů je vyvoláván také vnějšími vlivy, např. toxickými sloučeninami, napadením mikroorganismy, cigaretovým kouřem či UV zářením (Šícho, et al., 1981; Štípek, et al., 2000; Vitaminy – biologické „koření“ stravy. 2007).

3.2.2 Vitaminy skupiny B

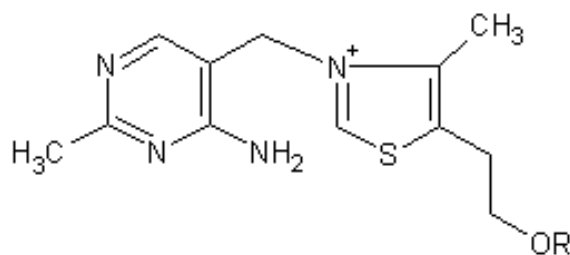
3.2.2.1 Vitamin B₁ (Thiamin)

Thiamin je tvořen pyrimidinovým cyklem (4-amino-2-methyl-pyrimidin) spojeným methylovou skupinou s thiazolovým cyklem (5-(2-hydroxyethyl)-4-methyl-thiazol). Thiamin

je přítomen zejména jako volná látka nebo ve formě fosforečných esterů (monofosfát, difosfát, trifosfát). Na obrázku č. 21 je znázorněna volná báze thiaminu a na obrázku č. 22 je fosforečnan thiaminu.



Obrázek č. 21: Thiamin (volná báze)



Obrázek č. 22: Fosforečnan thiaminu

Vitamin B₁ je nezbytný pro metabolismus sacharidů díky jeho funkci jako koenzymu, který je klíčem pro mnoho reakcí souvisejících s přeměnou glukózy na energii. Podílí se také na vedení nervových impulsů mezi mozkiem a míchou. Zlepšuje činnost nervů, hojení ran, trávení a činnost žaludečních šťáv. Podporuje růst, potlačuje bolesti zubů a pomáhá při pásovém oparu. Reguluje důležité funkce, např. svalové kontrakce a srdeční činnost. Pomáhá při mořské nemoci (kinetóza). Je nezbytný pro výměnu živin. V kombinaci s cholinem (vitamin B₈) a kyselinou panthotenovou (vitamin B₅) může podporovat trávení a klidnit tak trávicí potíže.

Při dlouhodobém užívání antacid a při pití alkoholu je snižována hladina vitamínu B₁ v těle. Kofein v kávě, tanin v čaji a oxid siřičitý používaný při sušení ovoce mají nepříznivý vliv na vstřebávání thiaminu. Při pravidelné konzumaci suši může být obsah thiaminu snižen, protože syrové ryby obsahují enzymy rozkládající thiamin. Jednorázové vysoké dávky vitamínu jsou tělem špatně vstřebávány.

Nedostatek thiaminu může být způsoben alkoholismem. Projevem je svalová únava, nechutenství, hubnutí, podrážděnost, zapomnětlivost, ztráta koncentrace. Při nedostatku dochází k poruchám metabolismu sacharidů. Objevují se poruchy spánku, svědění a píchání v dolních končetinách a pažích, chabé nervy, poruchy srdečního rytmu a depresivní stavy. V zemích, kde je hlavní složkou potravy loupaná rýže, způsobuje avitaminóza neurologické onemocnění beri-beri, které se vyznačuje neurologickými výpadky, úbytkem kosterní svaloviny, slabostí srdečního svalu a otoky.

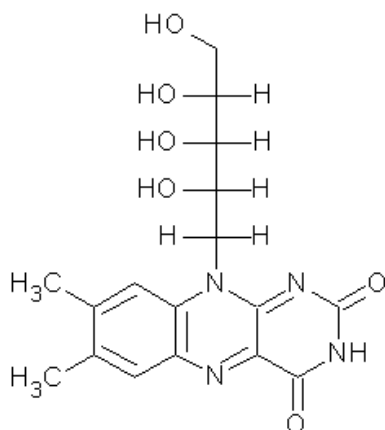
Ve větších dávkách nepůsobí toxicky. V případě přebytku je vyloučen močí.

Průměrná doporučená denní dávka pro dospělého je 1 – 1,5 mg. Děti by měly v závislosti na věku přijímat 0,3 – 1,4 mg.den⁻¹. Během těhotenství a při kojení se zvyšuje na 1,6 – 1,8 mg. Zvýšená potřeba je při nemoci, při stresu a při operačních zákrocích. Jeho účinnost se zvyšuje, pokud je přijímán s ostatními vitaminy B-komplexu. Vyšší potřebu mají

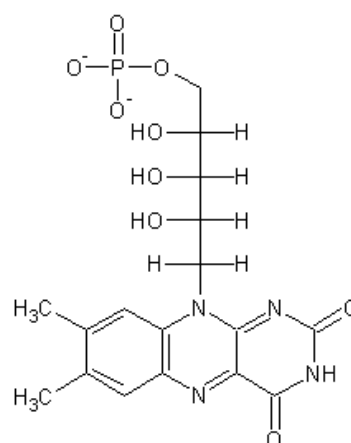
kuřáci, alkoholici a osoby živící se hlavně sacharidy (Blatná, 2000 (a), Jordán, 2001; Velíšek, 2002; Ursellová, 2004).

3.2.2.2 Vitamin B₂ (Riboflavin)

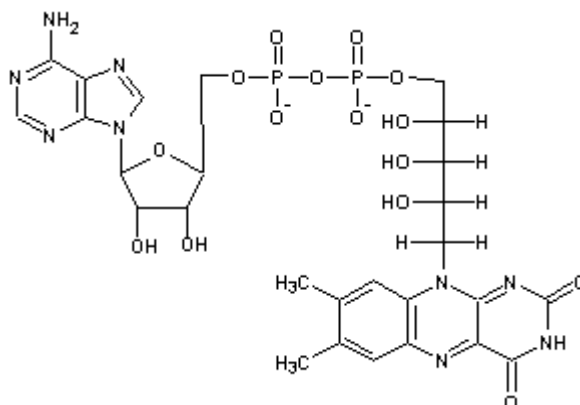
Základem struktury je isoalloxazinové jádro, na kterém je v poloze N-10 navázán ribitol. Riboflavin je přítomen jako volná látka, nebo ve formě riboflavin-5'-fosfátu (flavinmononukleotidu, FMN), flavinadenindinukleotidu (FAD) a kovalentně vázaného riboflavinu. Tyto látky jsou kofaktory enzymů. Na obrázku č. 23 je znázorněna oxidovaná forma riboflavinu, FMN je znázorněn na obrázku č. 24, FAD na obrázku č. 25.



Obrázek č. 23: Riboflavin (oxidovaná forma)



Obrázek č. 24: Flavinmononukleotid (FMN)



Obrázek č. 25: Flavinadenindinukleotid (FAD)

Vitamin B₂ je nepostradatelný pro některé fáze intermediálního metabolismu. Má životně důležitou roli při tvorbě hormonu štítné žlázy, který urychluje metabolismus a pomáhá zajišťovat energetickou potřebu všech tělesných orgánů. Je nezbytný pro růst vlasů, kůže, nehtů a dělení buněk. Podílí se na metabolických proměnách sacharidů, tuků a bílkovin a na tvorbě energie prostřednictvím dýchacích řetězců. Koenzymy riboflavinu jsou nezbytné

pro přeměnu riboflavinu (vitamin B₆) a kyseliny listové (vitamin B₉) na jejich koenzymové formy. Je nezbytný pro správnou funkci některých částí kůže a sliznic (ústa, oči) a periferních nervů. Léčí defekty sliznice ústní dutiny. Má příznivé účinky na zrak a ulevuje od únavy očí. Podporuje tvorbu imunitních buněk a společně s železem se podílí na tvorbě červených krvinek. Je významný v prevenci šedého zákalu – katarakty (mléčný zákal čočky).

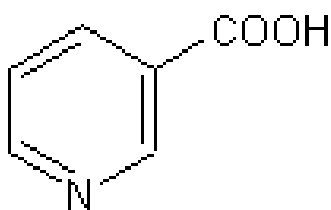
Nejlépe je vstřebáván v přítomnosti ostatních vitaminů skupiny B a selenu. Vstřebávání vitamínu B₂ může být sníženo vysokým množstvím alkoholu, antidepresivy (imipramin a amitriptylin), lékem adriamycinem užívaným v chemoterapii a antimalarikem quinakrinem. Podobný účinek má i velké množství železa, zinku, mědi nebo manganu. Při vystavení potravin slunečnímu záření dochází ke zničení vitamínu.

Nedostatek samotného riboflavinu je vzácný. Většinou dochází i k nedostatku vitamínu B₁ a dalších vitaminů skupiny B. Pokud k nedostatku vitamínu dojde, projevuje se především záněty sliznic a kůže. Mezi příznaky nedostatku patří popraskání pokožky v koutcích úst, zánícení sliznice na jazyku a v krku, záněty spojivek a světloplachost a mohou se objevit i poruchy krvetvorby. Příčinami nedostatku vitamínu v organismu mohou být nedostatek vitamínu ve stravě, porucha vstřebávání živin nebo alkoholismus. Zvýšené riziko nedostatku vitamínu B₂ je u lidí se speciální dietou (diabetes melitus), kuřáků a těžkých alkoholiků. Zvýšená potřeba vitamínu je při léčbě antibiotiky, kdy dochází k zahubení střevních bakterií, které vitamin B₂ produkuje.

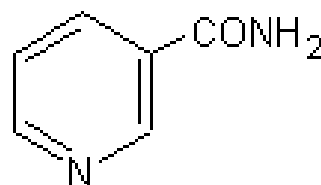
Doporučená denní dávka pro dospělého je 1,2 – 1,7 mg denně. Děti by měly přijímat 0,3 – 1,5 mg podle věku. Během těhotenství a kojení se potřeba zvyšuje na 2 mg. Zvýšená potřeba je také při stresu. Vitamin je účinnější spolu s vitaminem B₆, vitaminem C a niacinem (Žamboch, 1996; Blatná, 2000 (b); Jordán, 2001; Velíšek, 2002 Ursellová, 2004; Škrovánková, et al., 2010).

3.2.2.3 Vitamin B₃ (Niacin, PP vitamin)

Niacin je společným názvem pro nikotinovou kyselinu (3-pyridinkarboxylová kyselina) (obrázek č. 26) a její amid nikotinamid (obrázek č. 27). Tyto látky mají stejnou biologickou účinnost. Má dvě aktivní formy: NAD (nikotinamidadeninukleotid) a NADP (nikotinamidadeninukleotidfosfát).



Obrázek č. 26: Nikotinová kyselíkyselina



Obrázek č. 27: Nikotinamid

Je nutný pro tvorbu pohlavních hormonů (estrogen, progesteron, testosteron) a dále je nezbytný pro správnou funkci centrálního i periferního nervového systému. Snižuje hladinu cholesterolu a triacylglycerolů v krvi. Pomáhá při metabolismu tuků a zajišťuje dobrou funkci zažívacího traktu. Má preventivní účinek při bolestech hlavy a pomáhá předcházet migréně. NAD i NADP se podílejí na přenosu elektronů v dýchacím řetězci, ale i na tvorbě cukrů, tuků, aminokyselin, cholesterolu a dalších látek. Jsou využívány i při odbourávání mnoha látek.

Vstřebávání niacinu mohou zlepšit ostatní vitaminy skupiny B nebo chrom. Snížit hladinu niacinu v těle mohou např. antibiotika používaná k léčení bakteriálních infekcí, lék L-dopamin užívaný lidmi s Parkinsonovou chorobou, alkohol, antikoncepce, káva a čaj.

Nedostatek vitamínu PP se projevuje jako onemocnění nazývané pelagra. Nejvýraznějšími projevy nemoci jsou zarudnutí až zhnědnutí kůže (průjem a ztráta rozumových schopností). Pelagra je také označována jako „nemoc tří D“, protože příznaky se odborně označují jako dermatitis, diarrhoea a demence. Nedostatek vitamínu postihuje i lidi trpící Hartnupovou chorobou (dědičná porucha metabolismu některých aminokyselin), při které dochází k porušení vstřebávání aminokyseliny tryptofanu, ze které část vitamínu PP vzniká.

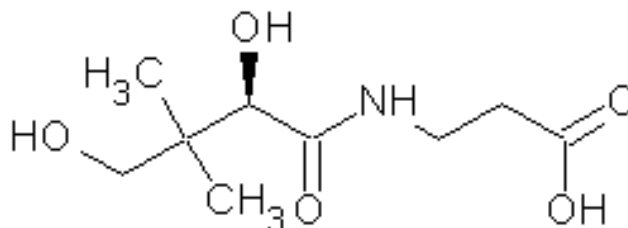
Při extrémně vysokých dávkách niacinu se může zvýšit hladina močové kyseliny a vyvolat také záchvat dny u osob trpících touto chorobou. Může dojít i k poruše ukládání glukózy u osob s diabetem. Niacin přechodně poškozuje některé jaterní funkce.

Doporučená denní dávka pro dospělého je 13 – 19 mg. Děti by měly přijímat 5 – 17 mg podle věku. Doporučená denní dávka pro těhotné ženy je 17 mg.den⁻¹. Pokud má tělo k dispozici aminokyselinu tryptofan, je schopno si tento vitamin vytvořit samo, ale musí mít dostatek ostatních vitaminů skupiny B, především B₁, B₂, B₆ (Žamboch, 1996; Blatná, 2000 (c); Jordán, 2001; Velíšek, 2002 Ursellová, 2004).

3.2.2.4 Vitamin B₅ (Pantothénová kyselina)

V přírodě je přítomna pouze D-(+)-forma (R-enantiomer) pantothénové kyseliny, která je složena z (R) - pantoové kyseliny (2,4-dihydroxy-3,3-dimethylbutanové kyseliny) vázané amidovou vazbou na 3-aminopropionovou kyselinu (β-alanin). (S)-enantiomer pantothénové

kyseliny (L-(-)-forma), je biologicky neaktivní a je antimetabolitem (R)-pantotenové kyseliny. Struktura pantotenové kyseliny je znázorněna na obrázku č. 28.



Obrázek č. 28: Pantotenová kyselina

Nejlépe je panthotenová kyselina vstřebávána společně s ostatními vitaminy skupiny B. Listová kyselina a biotin významně zlepšují její vstřebávání. Nepříznivý vliv na vstřebávání kyseliny panthotenové může mít stres, velké množství alkoholu, čaje a kávy. Pře tepelném opracování potravin je snižováno množství vitamínu v nich obsažené.

V organismu se účastní metabolismu sacharidů, tuků a bílkovin a podílí se na všech reakcích tvorby i odbourávání buněk a tkání. Podílí se na acylaci karnitinu, a tím na energetickém využití mastných kyselin. Je nezbytná pro syntézu sterolů (cholesterolu, žlučových kyselin, provitaminu D a některých hormonů), porfyrinu (je součástí hemoglobinu, myoglobinu a cytochromů dýchacího řetězce). Má význam při tvorbě protilátek a dalších imunitních procesech. Podporuje využití a odbourávání tuků, obranu proti stresu a zásobuje nervy důležitými živinami. Zlepšuje schopnost koncentrace a prokrvení končetin. Bez přítomnosti panthotenové kyseliny by nemohla být využita para-amino-benzoová kyselina (PABA, vitamin B₁₀) a cholin (vitamin B₈). Udržuje zdravý nervový systém, množství a barvu vlasů a jejich zdraví, zdravou kůži a zabraňuje předčasnému stárnutí.

Při nedostatku vitamínu dochází k různým alergiím, infekcím horních cest dýchacích, bolestem hlavy, kloubů a svalovým křečím. Má také vliv na deprese, nespavost, podrážděnost, tuhost a křeče v rukou a nohách a slabost.

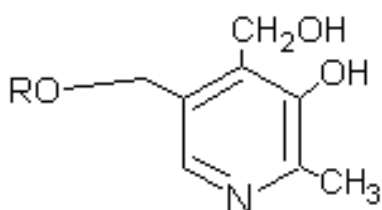
Při užívání velkých dávek samotné panthotenové kyseliny může dojít ke zvýšené potřebě vitamínu B₁, což může způsobit neuritidu (zánět nervů).

V rostlinách a některých mikroorganismech se pantotenová kyselina syntetizuje z pantoové kyseliny a β-alaninu. Živočichové panthotenovou kyselinu nesyntetizují a musí ji přijímat v potravě.

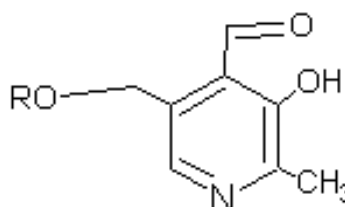
Potřeba kyseliny panthotenové stoupá při stresu, vyčerpání a nemoci. Denní dávka pro dospělé je 4 – 7 mg. Děti by měly přijímat 2 – 6 mg.den⁻¹ podle věku. Těhotné ženy by měly přijímat 6 mg/den (Blatná, 2000 (d); Jordán, 2001; Velíšek, 2002, Ursellová 2004).

3.2.2.5 Vitamin B₆ (Pyridoxin)

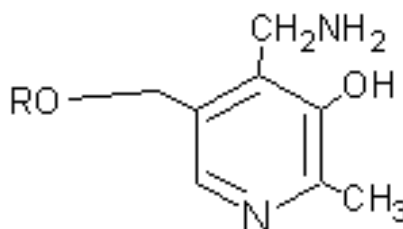
Název pyridoxin označuje tři strukturně příbuzné, biologicky aktivní deriváty 3-hydroxy-5-hydromethyl-2-methylpyridinu, které se liší substitucí v poloze 4 pyrimidinového kruhu a tři příslušné 5'-fosfáty. Jsou to pyridoxol (obrázek č. 29), pyridoxal (obrázek č. 30) a pyridoxamin (obrázek č. 31).



Obrázek č. 29: R = H pyridoxal
R = PO₃H₂ pyridoxol-5'-fosfát



Obrázek č. 30: R = H pyridoxal
R = PO₃H₂ pyridoxal-5'-fosfát



Obrázek č. 31: R = H pyridoxamin
R = PO₃H₂ pyridoxamin-5'-fosfát

Vstřebávání pyridoxinu napomáhají ostatní vitaminy skupiny B a minerální látky hořčík a zinek. Omezit vstřebávání může penicilin, který váže vitamin B₆. Množství vitamínu v těle může snižovat alkohol, antikoncepce a kouření. Výrazný nedostatek pyridoxinu mohou způsobit diety a odtučňovací kúry.

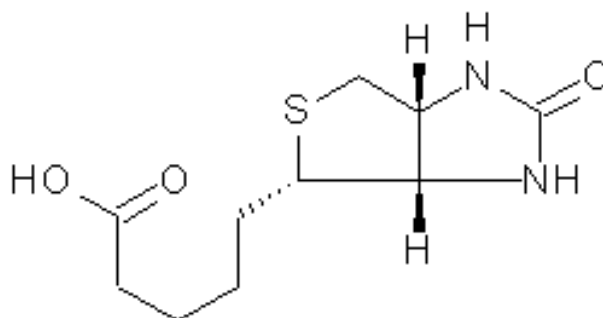
Podílí se na udržení rovnováhy sodíku a draslíku v tělesných tekutinách, na vestavbě genotypu do jádra buňky, pomáhá při vzniku červených krvinek a hemoglobinu. V těle působí jako koenzym (urychluje chemické reakce v buňkách). Je nezbytný pro udržení správné hladiny hořčíku v krvi a tkáních. Je potřebný pro zužitkování nenasycených mastných kyselin a mnoha bílkovin. Bez něj by nemohly být tvořeny tkáně, vyráběn lecitin a krevní cholesterol udržován v normální hladině. Podporuje metabolismus cukrů a tuků. Je důležitý pro využití vitamínu B₁₂ (kyanokobalamin). Podporuje imunitní systém, svalovou činnost, výkon srdce, krevní oběh a účinek vitaminů B₁ a B₂. Podporuje také zpracování bílkovin, reguluje tvorbu žaludečních šťáv, podporuje vidění, růst vlasů a působí jako přirozený močopudný prostředek.

Při nedostatku vitamínu B₆ dochází k poruchám nervů v oblasti zakončení, k poruše tvorby červených krvinek a podrážděnosti. Kromě nedostatečného příjmu vitamínu v potravě může být jeho nedostatek způsoben léky, které brání správnému fungování vitamínu nebo zvyšují jeho vylučování. K nedostatku může vést i nadměrný příjem stravy bohaté na bílkoviny a chudé na pyridoxin. Nedostatek způsobený léky nebo vysokým příjmem bílkovin se nazývá relativní nedostatek. Příjem pyridoxinu by byl za běžných podmínek dostačující, ale v dané situaci je vyžadováno vyšší množství pyridoxinu. Pokud se do těla dostane méně vitamínu, než je potřeba, jde o nedostatek absolutní. K této možnosti dochází, pokud je málo vitamínu ve stravě nebo při poruchách jeho vstřebávání. K tomuto typu nedostatku může dojít u chronických alkoholiků a u lidí s poruchou vstřebávání střevního obsahu (malabsorpční syndrom).

Dospělí lidé by měli přijímat 1,6 – 2,1 mg.den⁻¹. Děti by měly v závislosti na věku přijímat 0,3 – 1,8 mg/den. Zvýšená potřeba je u těhotných žen (2,6 mg.den⁻¹) (Žamboch, 1996; Jordán, 2001; Velíšek, 2002, Ursellová 2004).

3.2.2.6 Vitamin B₇ (Biotin, Vitamin H)

Jako biotin je označována kyselina [3aS-(3aα, 4β, 6aα)]hexahydro-2-oxo-1-H-thieno[3,4-d]imidazol-4-pantotenová. Je označována také jako vitamin H, a v minulosti byla označována jako bios II či faktor X. V živých buňkách se vyskytuje pouze jeden z osmi izomerů (3aS, 4S, 6aR izomer), který je jako jediný biologicky aktivní. Vyskytuje se také jako prostetická skupina mnoha enzymů známých jako karboxylázy, transkarboxylázy a dekarboxylázy, které katalyzují přenos oxidu uhličitého. Na obrázku č. 32 je znázorněna struktura biotinu.



Obrázek č. 32: Biotin

Ke vstřebávání biotinu napomáhají ostatní vitamíny skupiny B a minerální látky hořčík a mangan. Vstřebávání zhoršuje avidin obsažený v syrovém vaječném bílku, ale během vaření avidin denaturuje a denaturovaná bílkovina s biotinem nereaguje. Avidin tvoří s biotinem

komplex, ve kterém je biotin vázán pevnými nekovalentními vazbami. Takto vázaný biotin je nevyužitelný. Vstřebávání je také zhoršeno pravidelnou konzumací alkoholu.

Biotin je uplatňován jako protetická skupina mnoha enzymů katalyzujících přenos oxidu uhličitého. Je nepostradatelný pro normální růst a funkce organismu. Má klíčovou roli v metabolismu sacharidů, tuků a bílkovin. Pracuje jako spojovací článek mezi látkovou výměnou cukrů a tuků, při syntéze glukózy při nízkém přívodu sacharidů ve stravě, podporuje vstřebávání tuků a udržuje hladinu krevního cukru v normě. Nehty a vlasy udržuje zdravé, podporuje pružnost kůže a zmírňuje bolest ve svalech.

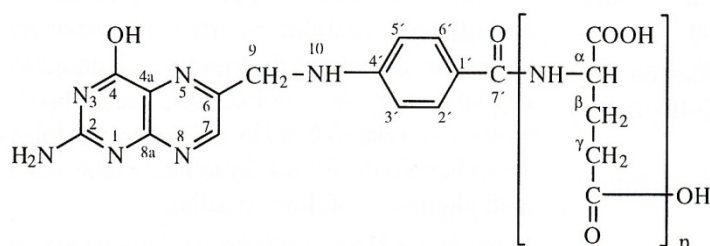
Z potravy je vstřebáván pouze volný biotin. Biotin, který je navázaný na bílkoviny musí být nejdříve hydrolyzován biotinidázou. Pokud je volný biotin v nadbytku, je spolu s metabolity vylučován močí. Vázané formy biotinu jsou vyloučeny se stolicí.

Nedostatek biotinu v organismu člověka je ojedinělý. Způsobuje depresivní nálady, podrážděnost, nervozitu, malátnost, bolesti u srdce, nevolnost, kožní problémy (suchou, šedivou loupající se kůži a její záněty).

Denní potřeba biotinu pro dospělého člověka je 0,03 – 1 mg a je kryta příjmem z potravy a činností střevní mikroflóry. Pro děti je denní dávka 0,01 – 0,1 podle věku (Blatná, 2001 (e); Jordán, 2001; Velíšek, 2002; Ursellová, 2004, Velíšek et Cejpek, 2008).

3.2.2.7 Vitamin B₉ (Listová kyselina, folacin)

Folacin je společným názvem pro biologicky aktivní deriváty folové kyseliny. Aktivní formou folátů je 5,6,7,8-tetrahydrofolová (tetrahydropteroylglutamová kyselina) s redukováným pteridinovým cyklem.



Obrázek č. 33: Folová kyselina

Vstřebávání folátu pomáhají ostatní vitaminy skupiny B, především vitamin B₁₂. Hladina listové kyseliny v těle je snižována velkými a pravidelnými dávkami alkoholu, acylpyrinem, antikoncepcí a lékem metforminem používaným k léčbě diabetu 2. typu.

V metabolismu člověka přenáší atom uhlíku z jedné sloučeniny na druhou, proto je součástí důležitých enzymů. Listová kyselina je důležitá pro tvorbu hormonů serotoninu a noradrenalinu. Serotonin má tlumivé a uklidňující účinky, noradrenalin navozuje radost. Je

nezbytná pro správnou činnost žaludku, střev a mozku, podporuje funkci jater, chuť, tělesný růst, odolnost nervů a zdravý nervový systém. Je nezbytná pro vstřebávání tuků, bílkovin a sacharidů, pro produkci tvorby nukleových kyselin, bílkovin a aminokyselin. Je významná pro tvorbu červených krvinek (erytrocytů), prevenci degenerovaných buněk a pro zdravé vlasy. Má významnou roli při prevenci rakoviny děložního krčku, plic, tlustého střeva a konečníku. Je nezbytná pro tvorbu DNA a RNA.

Nedostatek listové kyseliny se projevuje anémií (především během těhotenství a u starších osob), způsobuje duševní deprese, ztráty životní radosti, neklid, malomyslnost a slabost, roztržitost, podrážděnost, únavu, poruchy trávení a nechutenství. Během těhotenství může způsobit krvácení, předčasný nebo obtížný porod a kojeneckou úmrtnost. Může vést k poruchám u novorozenců, např. otevřené páteři. Avitaminóza se projevuje degradací nervového systému, vedoucí k poruchám hybnosti a řeči.

Nadbytečné dávky listové kyseliny mohou být nebezpečné lidem s rakovinou vázanou na hormony (např. rakovina prostaty nebo prsu), nebo mohou vyvolat záchvaty u epileptiků.

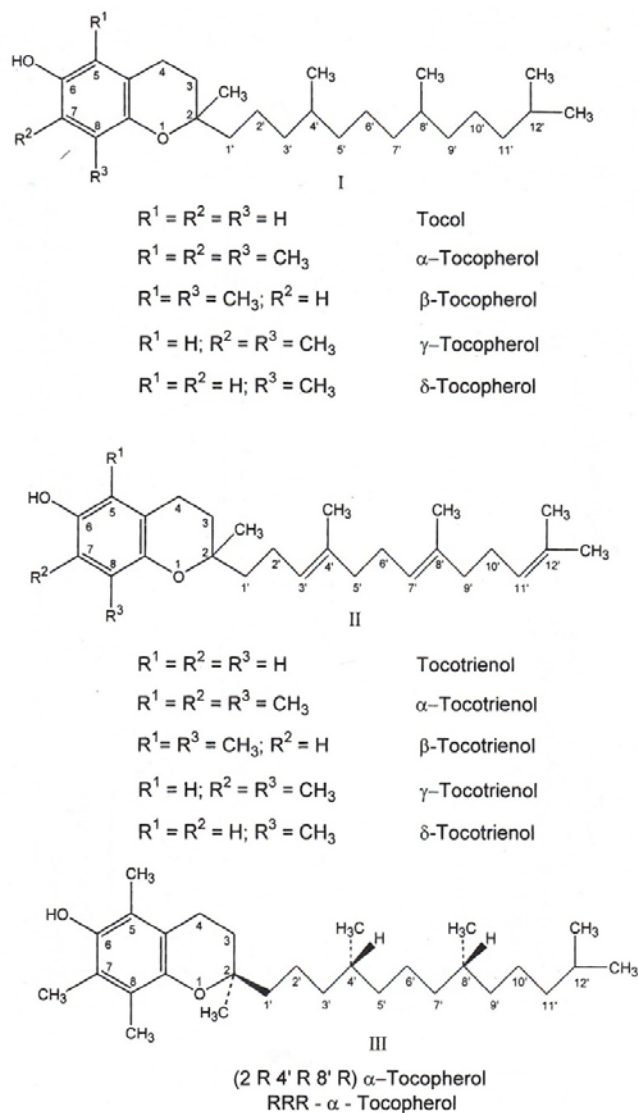
Doporučený denní příjem je 0,3 mg pro dospělého člověka. Děti by měly přijímat 0,08-0,3 mg v závislosti na věku. Vyšší množství je potřebné pro těhotné ženy (0,4 – 0,6 mg), u kterých může nedostatek kyseliny listové vést ke vzniku poruch plodu. Ve výživě většinou bývá nedostatkovým vitamínem (Pokorný, 1997; Jordán, 2001; Velíšek, 2002, Ursellová 2004).

3.2.3 Vitamin E

Vitamin E je souhrnným názvem pro sloučeniny 6-hydrohychromanu rozpustné v tucích. Strukturálním základem, který je společný pro všechny sloučeniny vykazující aktivitu vitamínu E (tyto sloučeniny se nazývají vitageny E), jsou tokol (2-methyl-2-(4, 8, 12-trimethyltridecyl)-chroman-6-ol) a tokotrienol (2-methyl-2-(4, 8, 12-trimethyltrideka-3, 7, 11-trien-1-yl)chroman-6-ol). Tokoly i tokotrienoly obsahují chromanový kruh s nasyceným (tokoferoly) nebo nenasyceným (tokotrienoly) isoprenoidním postranním řetězcem. V přírodě se vitamin E vyskytuje v osmi formách: α -, β -, γ - a δ -tokoferol a α -, β -, γ - a δ -tokotrienol. Jednotlivé tokoferoly a tokotrienoly se od sebe odlišují polohou a počtem methylových skupin v chromanovém kruhu. Biologicky neaktivnější formou vitamínu E je α -tokoferol. Na obrázku č. 34 jsou znázorněny struktury tokoferolů a tokotrienolů.

Vstřebávání vitamínu E podporuje vitamin C a selen. Vstřebávání je omezeno cholestyraminem (lék užívaný ke snížení vysoké hladiny cholesterolu). Snižovat množství vitamínu E mohou vysoké dávky železa, mědi a hořčiku a tuky v některých margarinech

a konzervovaných potravinách. Vitamin E není v těle vstřebáván bez přítomnosti tuku a žluči ve střevě.



Obrázek č. 34: Struktury tokoferolu a tokotrienolu

Hlavní funkcí vitamínu E je ochrana membránových fosfolipidů před oxidací a zamezení poškození buněčných stěn. Vitamin E předchází poruchám prokrvení, protože zabraňuje srážení krve a tvorbě krevních sraženin v krvi. Je potřebný pro tvorbu buněčného jádra každé buňky a výrazně snižuje potřebu kyslíku a vitamínu A v organismu. Zabraňuje tvorbě křečových žil, flebitidě (zánět žil), srdečním a mozkovým mrtvicím. Podporuje hojení pooperačních ran (brání tvorbě hrubých strupů a velkých pooperačních jizev), spálenin a nefritidy (zánět ledvin). Udržuje zdravé buněčné membrány a krevní buňky. Pomáhá při léčbě bércových vředů, roztahování cév a onemocnění plic. Pomáhá oslabenému organismu

po nemoci a zvyšuje odolnost proti infekcím (především starších osob). Podporuje činnost svalů a nervů, správné srážení krve, krevní oběh, zabraňuje srdečním a svalovým potížím. Má vliv i při léčbě Parkinsonovy choroby a revmatických chorob srdce. Omlazuje kůži, udržuje zdravé vlasy a má diuretické vlastnosti. Má význam při léčbě neplodnosti žen. Zabraňuje opakovaným potratům. Během těhotenství je nezbytný vyšší příjem vitamínu pro zdravý vývoj plodu.

Nedostatek vitamínu E způsobuje kýlu, poruchy zraku, kornatění cév, revmatismus, zvyšuje únavu a nervovou dráždivost. Dochází k oslabení koncentrace, klesá výkonnost, rány se špatně hojí, kůže je ochablá a suchá, více se mastí vlasy. U těhotných žen může jeho nedostatek způsobit potrat, těžký porod, případně poškození mozku dítěte.

Dlouhodobé užívání vysokých dávek vitamínu může způsobit zhoršení vstřebávání vitamínu K.

Potřeba vitamínu E je závislá na příjmu polyenových mastných kyselin potravou. Pro osoby přijímající 14 – 19 g těchto kyselin denně je doporučován denní příjem 15 mg vitamínu E. U těhotných žen by měl být příjem vitamínu E o 2 mg vyšší a u kojících žen o 5 mg vyšší. Potřeba vitamínu E je zvýšena při stresu, rychlém růstu, v době menopauzy a při užívání sexuálních hormonů. Potřeba vitamínu E stoupá také ve středním a starším věku; vlivem nedostatku se objevují hnědé skvrny na vrchní straně rukou (Jordán, 2001; Velíšek, 2002; Etenmiller, 2004; Ursellová, 2004, Hosmanová, 2007; Preedy et Watson, 2007).

3.3 Obsah vitaminů v obilovinách

Tabulka č. 2: Obsah vitaminů skupiny B v obilovinách v mg.100 g⁻¹⁽¹⁾

	Pšenice	Žito	Ječmen	Oves	Kukuřice	Rýže neloupaná	Pohanka
Thiamin	0,43 0,41 0,45	0,36	0,417	0,51 0,50	0,42	0,41	0,31
Riboflavin	0,11 0,15	0,16	0,15	0,16 0,14	0,16	0,091	0,15
Niacin	5,43 7,9 5,0	1,65	5,26	2,14 1,3	1,5	5,2	2,9
Pantothénová kyselina	1,12 1,0	1,22	0,63	0,71	0,7	1,7	1,2
Pyridoxin	0,37 0,40 0,4	0,27	0,63	0,81	0,66	0,67	-
Listová kyselina	0,059	0,042	0,054	0,03	0,02	0,016	-
Biotin	0,193	0,005	0,012	0,013	-	0,012	-

Nejbohatší obilovinou na vitaminy skupiny B je pšenice, která obsahuje průměrně 8,37 mg.100 g⁻¹ g vitaminů skupiny B. Za pšenicí následuje rýže (8,1 mg.100 g⁻¹) a ječmen (7,15 mg.100 g⁻¹). Střední průměrný obsah vitaminů B komplexu má pohanka (4,56 mg.100 g⁻¹). Nejnižší průměrný obsah vitaminů má oves (3,9 mg.100 g⁻¹), žito (3,7 mg.100 g⁻¹) a kukuřice (3,46 mg.100 g⁻¹). Nejvíce je v obilovinách zastoupen niacin v rozmezí od 1,5 mg.100 g⁻¹ (kukuřice) do 5,43 mg.100 g⁻¹ (pšenice). Obiloviny obsahují také velké množství pantotenové kyseliny v rozmezí od 0,63 mg.100 g⁻¹ (ječmen) do 1,22 mg.100 g⁻¹ (žito). Listová kyselina a biotin se v obilovinách vyskytují v ultrastopovém množství. Obsahy jednotlivých vitaminů skupiny B jsou uvedeny v tabulce č. 2.

¹ Butt, M., S., et al. 2008. Oat: Unique among the cereals. *European journal of nutrition*. 47 (2). 68 – 79.

Laknerová, I., et al. 2014. Utilisation of Non-Traditional Forms of Cereals in Bakery Production. *Czech Journal of Food Science*. 32 (3). 296 – 301.

Prugar, J., et al. 2008. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. Praha. s. 327. ISBN 978-80-86576-28-2

Vojtaššáková, A., et al. 1999. Obilniny a strukoviny. Výzkumný ústav potravinářský. Bratislava. S. 268. ISBN 80-85330-62-8

Tabulka č. 3: Obsah jednotlivých forem tokoferolu v obilovinách v mg.kg⁻¹

	α -T	β -T	γ -T	δ -T	Celkem
Pšenice	6,06 ²	4,23	-	-	10,29
	5,25	7,8	5,0	0,25	18,3
	9,12	4,77	-	-	13,89
	10,0	4,4	0,2	< 0,3	14,6
Ječmen	3,84	-	-	-	3,84
	9,15	0,55	3,65	0,7	14,05
	8,14	8,59	0,4	0,1	17,23
	8,2	0,3	2,3	< 0,3	10,8
Žito	11,46	2,28	-	-	13,74
	13,05	3,55	0,35	-	8,5
	11,9	3,6	-	-	15,5
	11,5	2,5	0,4	< 0,3	14,4
Oves	0,85	0,78	-	-	1,63
	10,8	1,75	0,4	0,1	13,05
	9,71	0,8	-	-	10,51
Pohanka	0,85	-	51,42	2,35	54,62
	3,9	< 0,3	49,1	2,1	55,1
Rýže	7,4	-	-	-	7,4
	1,8	-	1,9	0,3	4,0
	2,5	< 0,3	< 0,3	< 0,3	2,5
Kukuřice	16,95	0,2	32,85	2,25	52,25
	11,72	-	44	-	55,72
	12,0	0,6	34,1	1,0	47,7

Nejbohatší obilovinou na tokoly je kukuřice (78,84 mg.kg⁻¹), ječmen (55,98 mg.kg⁻¹) a pohanka (54,86 mg.kg⁻¹). Střední obsah tokolů mají pšenice (46,08 mg.kg⁻¹), žito (39,14 mg.kg⁻¹) a oves (32,57 mg.kg⁻¹). Nejméně vitamínu E obsahuje rýže (13,73 mg.kg⁻¹). Nejvíce jsou v obilovinách zastoupeny α -tokoferol a β -tokotrienol. Pohanka a kukuřice obsahují oproti ostatním obilovinám velké množství γ -tokoferolu. δ -tokoferol se mimo pohanky a kukuřice vyskytuje v obilovinách v ultrastopovém množství. δ -tokotrienol je obsažen v obilovinách ve velmi malém množství. Ve většině obilovin se nachází pod mezí detekce. Obsahy jednotlivých tokolů jsou uvedeny v tabulkách č. 3 a 4.

- ² Zielinsky, H., et al. 2001. The Cereal Grains: Focus on Vitamin E. Czech Journal of Food Science. 19 (5), 182 – 188.
- Tiwari, U., Cummins, E. 2009. Nutritional importance and effect of processing on tocol in cereals. Trends in Food Science & Technology. 20 (11/12). 511 – 520.
- Vojtaššáková, A., et al. 1999. Obilniny a strukoviny. Výzkumný ústav potravinářský. Bratislava. 268 s. ISBN 80-85330-62-8
- Hosmanová, R et Douša, M. 2007. HPLC stanovení obsahu vitamínu E v krmných surovinách, krmivech a potravinách. Chemické listy. 101 (7). 578 – 583.

Tabulka č. 4: Obsah jednotlivých forem tokotrienolů v obilovinách v mg/kg⁻¹ (3)

	α -T3	β -T3	γ -T3	δ -T3	Celkem
Pšenice	1,05	23,68	-	-	24,73
	6,2	30,9	-	-	37,1
	6,0	27,6	< 0,3	< 0,3	33,6
Ječmen	17,09	1,32	4,73	-	23,14
	32,6	6,25	10,2	1,25	50,3
	42,1	5,5	12,5	< 0,3	60,1
Žito	5,94	8,19	-	-	14,13
	16,4	10,6	0,25	-	27,25
	19,4	13,5	4,0	< 0,3	36,9
Oves	2,68	10,8	-	-	13,48
	34,85	-	-	-	34,85
Pohanka	-	-	-	-	-
	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Rýže	4,65	-	6,8	-	11,45
	< 0,3	< 0,3	6,8	< 0,3	6,8
Kukuřice	5,3	-	11,3	0,4	17
	11,3	1,5	23,3	0,8	36,9

Největší obsah vitaminů skupiny B a E má pohanka, ječmen a pšenice. Kukuřice obsahuje největší množství vitaminu E, ale malé množství vitaminů skupiny B. Rýže má naopak velké množství vitaminů B komplexu, ale nejnižší obsah vitaminu E. Celkově nejméně vitaminů mají žito a oves.

Autoři se liší v názorech na množství a zastoupení jednotlivých vitaminů. Na množství vitaminů obsažených v obilovinách má však vliv odrůda, průběh počasí, pěstební technologie, lokalita, výživa porostu, sklizeň a uskladnění.

Průběh počasí během vegetace má vliv na všechny parametry nutriční i technologické kvality zrna. Při ideálním počasí je dostatečné množství srážek do fáze kvetení s následnou vyšší teplotou vzduchu bez větších výkyvů a s přiměřenou, ne příliš vysokou vlhkostí půdy. Důležité je také teplé a suché počasí ke konci období tvorby zrna. Důsledky počasí lze eliminovat např. respektováním podmínek lokality pěstování (oblastní rajonizace), správnou volbou odrůd.

Nutriční a technologickou kvalitu zrna také významně ovlivňuje předplodina, způsob založení porostu a jeho regulace, výživa a ochrana proti plevelům, chorobám a škůdcům.

- ³ Zielinsky, H., et al. 2001. The Cereal Grains: Focus on Vitamin E. Czech Journal of Food Science. 19 (5), 182 – 188.
- Tiwari, U., Cummins, E. 2009. Nutritional importance and effect of processing on tocol in cereals. Trends in Food Science & Technology. 20 (11/12). 511 – 520.
- Vojtaššáková, A., et al. 1999. Obilniny a strukoviny. Výzkumný ústav potravinářský. Bratislava. 268 s. ISBN 80-85330-62-8
- Hosmanová, R et Douša, M. 2007. HPLC stanovení obsahu vitaminu E v krmných surovinách, krmivech a potravinách. Chemické listy. 101 (7). 578 – 583.

Lokalita vyjadřuje umístění pozemku v příslušné zemědělské výrobní oblasti (případně podoblasti). Zemědělské výrobní oblasti a podoblasti udávají výrobní podmínky a využití zemědělského půdního fondu z pohledu půdně klimatických podmínek území. V kukuřičné a řepařské výrobní oblasti je pěstována pekárensky nejkvalitnější surovina.

Významný vliv na látkové složení zrna má i výživa porostu základními živinami (dusík, fosfor a draslík). Nejvýrazněji se projevuje vliv dusíku. Podvyživený porost nemá žádoucí výnos a především nemá potřebnou kvalitu produkce. Nedostatkové živiny jsou využity hlavně pro tvorbu výnosu a na podporu kvality jich je již méně.

Potravinářská pšenice by měla být sklizena před plochami pšenice pro ostatní účely produkce. Měl by se brát ohled na odolnost odrůd na porůstání v klase. Sklizeň by měla probíhat při nižší sklizňové vlhkosti zrna (pod 14% vlhkosti). Poté není nutné termické ošetření zrna.

Nejdříve je třeba uložit ke skladování zrno do 14 % vlhkosti, které je zbavené příměsí a nečistot. Skladované zrno by se mělo pravidelně kontrolovat, hlavně první týdny po uložení. Při kontrole by se měla především sledovat na teplota a rozvoj živočišných škůdců. Pro dlouhodobé skladování by se mělo zrno ukládat do skladů s možností provzdušňování.

K velkým ztrátám vitaminů z obilovin dochází při mlýnském zpracování.

Pokud jsou potraviny nechány delší dobu ve vodě, může dojít ke ztrátám výluhem. Jsou tak ztraceny všechny látky ve vodě rozpustné, kterých není málo. Jedná se např. o vitamin C, vitaminy skupiny B (thiamin, riboflavin, niacin, pyridoxin, atd.), některé vitageny (inositol, cholin), mnoho minerálních látek atd.

Obsah vitaminů a minerálních látek může být nepříznivě ovlivněn tepelnou úpravou. Týká se to např. vitaminu C (vyšší ztráty jsou při dlouhotrvajících delších teplotách), vitaminu K, listové kyseliny, pseudovitaminu U, vitagenu F atd.

Ke ztrátám dochází také působením denního světla. Záření způsobuje žluknutí tuků a to způsobuje znehodnocení vitaminů a vitagenů v tucích obsažených, dochází ke ztrátám vitaminu A, vitaminů B₂, B₆, B₁₂ a panthotenové kyseliny, listové kyseliny, vitaminu C, lipové kyseliny, vitaminu E atd. (Hrubý, 2007; Burešová et Palík, 2010).

3.4 Kapalinová chromatografie

3.4.1 Princip chromatografie

Chromatografické metody jsou vysoce účinné separační metody, které slouží k oddělení analyzovaných složek ze směsi a současně k jejich kvalitativní a kvantitativní analýze. Během chromatografické analýzy je mnohokrát ustavována rovnováha součástí analyzované směsi

mezi dvěma fázemi. Vzorek je vnášen mezi dvě fáze, které jsou vzájemně nemísitelné. Nepohyblivá (stacionární) fáze je schopna různou měrou zadržovat jednotlivé části analyzované směsi. Jednotlivé součásti směsi jsou pohyblivou (mobilní) fází vymývány (eluovány) z nepohyblivé fáze a odnášeny ve směru toku různou rychlostí, a tím dochází k jejich oddělení.

Stacionární fáze může být tuhá (sorbet), nebo kapalná. Mobilní fáze je buď kapalná (eluent, eluční činidlo), nebo plynná (nosný plyn). Základem (hybnou silou) v chromatografii je tok mobilní fáze, která unáší ionty nebo molekuly. Dělení látek v systému závisí na brzdící síle (retenci), která působí selektivně (některé látky jsou brzděny více, ostatní méně). Během chromatografického procesu je ustanovována dynamická rovnováha mezi vratnou sorpcí na stacionární fázi a desorpcí do mobilní fáze. Rychlost postupu jednotlivých látek je závislá na sorpční rovnováze, tzn. čím pevněji je látka sorbována na stacionární fázi, tím pomaleji postupuje v chromatografickém systému (Klouda, 2003; Karlíček, 2009).

3.4.2 Kapalinová chromatografie (HPLC)

Účinnost separace kapalinové chromatografie je závislá na velikosti částic stacionární fáze. K dělení látek je možné využít všech vratných dvoufázových separačních mechanismů (adsorpce, rozdělování, iontový výměna, síťový efekt gelu) a proto je možné použít tuto metodu pro dělení směsi prakticky všech organických látek rozpustných ve vodě, zředěných kyselinách nebo organických rozpouštědlech. Vysokoúčinná kapalinová chromatografie oproti plynové chromatografii umožňuje analýzu netěkavých látek, tepelně nestálých látek a polymerů.

Mobilní fáze je čerpána vysokotlakým čerpadlem, které musí umožňovat konstantní tok mobilní fáze malou rychlostí ($0,1 - 10 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$) za vysokého tlaku až 40 MPa. Pokud je dělena směs látek, jejíž eluční parametry se příliš neliší, používá se izokratická eluce jednou mobilní fází, jejíž složení se příliš nemění. U některých směsí nelze tímto způsobem dosáhnout optimálního dělení, především pokud se jednotlivé složky směsi výrazně liší svými elučními parametry. V tomto případě je používána gradientová eluce, při které se k jedné mobilní fázi plynule přimíchává rostoucí množství druhé mobilní fáze s vyšším elučním účinkem (Klouda, 2003; Karlíček, 2009).

4. Experimentální část

4.1 Materiál a metodika

4.1.1 Rostlinný materiál

Ve vzorcích odrůd ozimé a jarní pšenice s barevným zrnem sklizené v roce 2016 byly stanoveny jednotlivé formy vitamínu E. Vzorky zrn vybraných obilovin, byly dodány společností Agrotest Fyto, s.r.o., Kroměříž, která je dceřinou společností Zemědělského výzkumného ústavu Kroměříž. Popis vzorků je uveden v tabulce č. 5 a 6.

Tabulka č. 5: Charakteristika analyzovaných vzorků pšenice, jarní forma

Plodina	Název	Barva
Jarní pšenice	Novosibirskaya 67	White
Jarní pšenice	ANK – 28A	Pp
Jarní pšenice	ANK - 28	Pp
Jarní pšenice	AOI YO	Ba
Jarní pšenice	EF02-54/9 (modrá)	Ba
Jarní pšenice	Xiao Yian	Ba
Jarní pšenice	H 90-15-2	Ba
Jarní pšenice	Tschermaks blaugorniger sommerweizen	Ba
Jarní pšenice	UC 66049	Ba
Jarní pšenice	Purple	Pp
Jarní pšenice	Purple Feed	Pp
Jarní pšenice	Konini	Pp
Jarní pšenice	RU 687-12	Pp

AOI YO – není to název, pouze označení genu

Tabulka č. 6: Charakteristika analyzovaných vzorků pšenice, ozimá forma

Plodina	Název	Barva
Ozimá pšenice	Rebell	R
Ozimá pšenice	Skorpion	Ba
Ozimá pšenice	KM 178 – 14 (Meritto/ANK – 28A)	Pp
Ozimá pšenice	Citrus	Ye

White – bílé zrn, Pp – purpurový perikarp, Ba – modrý aleuron, Ye – žluté zrn, R – červené zrn

4.1.2 Pomůcky

- Běžné laboratorní sklo
- Injekční stříkačka HSW (objem 3 ml)
- Membránový filtr (Nylon, 0,22 μm (Chemservis, ČR)
- Vialka pro HPLC s insertem, čirá, (objem 0,25 ml)
- Automatická pipeta Socorex Acura 835
- Zkumavka PP typ Falcon (50 ml)

4.1.3 Přístroje

- Kávomlýnek SMK 150 B (Gorenje, Slovinsko)
- Analytické váhy (Kern&Sohn GmbH, Německo)
- Ultrazvuková lázeň (Notus – Powersonic, Slovensko)
- Laboratorní odstředivka 5810 R (Eppendorf, SRN, Německo)
- Kapalinový chromatogram Ultimate 3000 RS (Dionex, USA) s fluorescenčním detektorem

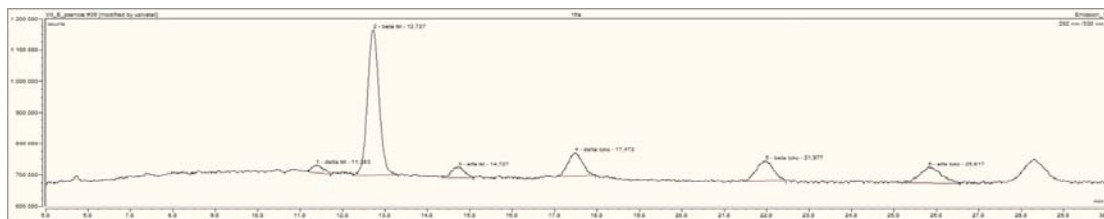
4.1.4 Příprava vzorků

Do plastové zkumavky s víčkem bylo odváženo 0,5 g vzorku a přidáno 10 ml propan-2-olu. Vzorky byly promíchány a 10 minut extrahovány v ultrazvukové lázni. Poté byly vzorky umístěny do odstředivky a centrifugovány 5 minut při 8000 otáčkách. m^{-1} . Po centrifugování byl kapalný podíl dekantován a k usazenině bylo přidáno 10 ml propan-2-olu a zkumavky byly znovu umístěny na 10 minut do ultrazvukové lázně a poté centrifugovány. Po promíchání obou kapalných podílů byly vzorky pomocí injekční stříkačky naplněny přes membránový filtr do vialek a analyzovány na chromatografu. Příklad chromatogramu analyzovaného vzorku pšenice KM 178-14 je znázorněn na obrázku č. 35 na straně č. 35.

4.1.5 Podmínky stanovení

- Analytická kolona: Develosil 5u RPAQUEOUS (250 x 4,5 mm) (Phenomenex, USA)
- Složení mobilní fáze: H_2O :metanol (3:97), (v/v)
- Průtok: $1\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$
- Teplota kolony: 30 °C
- Objem nástřiku: 10 μl
- Doba analýzy: 30 minut

- Podmínky detekce: fluorescenční detektor – excitační vlnová délka = 292 nm, emisní vlnová délka = 330 nm



Obrázek č. 35: Příklad chromatogramu, odrůda ozimé pšenice KM 178-14

4.2 Výsledky a diskuze

4.2.1 Meze detekce

Mez detekce vyjadřuje koncentraci, kdy látka vyvolá odezvu měřicího přístroje větší než je trojnásobek úrovně šumu pozadí. Meze detekce jednotlivých tokolů jsou uvedeny v tabulce č. 7.

Tabulka č. 7: Meze detekce jednotlivých tokolů

	δ -T3	γ -T3	β -T3	α -T3	δ -T	γ -T	β -T	α -T
Mez	0,056	0,111	0,111	0,167	0,056	0,111	0,111	0,167
detekce	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$

T3 – tokotrienol, T - tokoferol

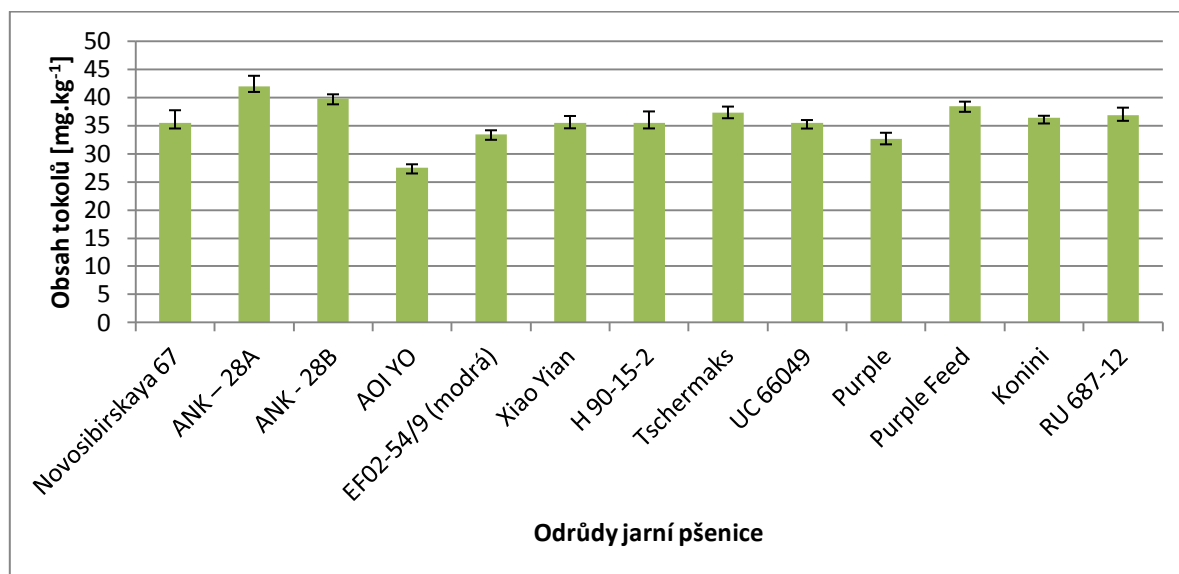
4.2.2 Hodnocení tokolů

4.2.2.1 Jarní pšenice

Bylo analyzováno 13 vzorků odrůd jarní pšenice s barevným zrnem ze sklizně 2016. Výsledky jednotlivých tokolů jsou uvedeny v tabulce č. 8 a celkové obsahy vitamínu E jsou znázorněny v grafu č. 1.

Stanovené celkové obsahy všech tokolů ve vzorcích jarní pšenice ze sklizně 2016 se pohybovaly v rozmezí od $27,5 \pm 0,66 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (AOI YO) do $41,98 \pm 2,09 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (ANK-28). Průměrná hodnota celkového obsahu tokolů ze všech analyzovaných jarních odrůd pšenice byla $35,88 \pm 1,3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Z osmi forem vitamínu E bylo kvantifikováno 5 forem α -T3, β -T3, α -T, β -T, δ -T. Ostatní formy byly pod mezí detekce. Nejvíce byl zastoupen β -T3 a α -T.

Graf č. 1: Celkový obsah tokolů v jarní pšenici, sklizeň 2016



Tabulka č. 8: Obsah jednotlivých tokolů v jarní pšenici v mg.kg⁻¹, sklizeň 2016

	δ -T3	γ -T3	β -T3	α -T3	δ -T	γ -T	β -T	α -T
Novos. ⁴	<MD	<MD	14,1 ± 0,67	2,9 ± 0,04	3,0 ± 0,13	<MD	4,3 ± 0,04	11,2 ± 1,49
ANK – 28A	<MD	<MD	17,7 ± 0,30	3,2 ± 0,20	3,2 ± 0,22	<MD	4,5 ± 0,04	13,3 ± 1,33
ANK – 28B	<MD	<MD	16,5 ± 0,05	2,7 ± 0,43	3,0 ± 0,04	<MD	4,0 ± 0,19	13,7 ± 0,11
AOI YO	<MD	<MD	11,4 ± 0,09	2,6 ± 0,17	2,4 ± 0,03	<MD	4,0 ± 0,20	7,1 ± 0,17
EF02-54/9 ⁵	<MD	<MD	14,3 ± 0,13	2,9 ± 0,36	3,1 ± 0,09	<MD	5,2 ± 0,09	8,0 ± 0,11
Xiao Yian	<MD	<MD	14,2 ± 0,08	3,0 ± 0,02	1,0 ± 0,05	<MD	6,1 ± 0,29	11,2 ± 0,80
H 90-15-2	<MD	<MD	13,9 ± 0,25	4,2 ± 0,08	3,2 ± 0,25	<MD	6,4 ± 0,59	7,8 ± 1,10
Tschermaks ⁶	<MD	<MD	14,1 ± 0,04	4,7 ± 0,17	3,4 ± 0,39	<MD	5,0 ± 0,14	10,2 ± 0,72
UC 66049	<MD	<MD	17,6 ± 0,04	3,7 ± 0,07	2,6 ± 0,04	<MD	4,9 ± 0,29	6,6 ± 0,11
Purple	<MD	<MD	16,8 ± 0,22	2,9 ± 0,58	2,9 ± 0,01	<MD	4,0 ± 0,23	6,1 ± 0,03
Purple Feed	<MD	<MD	16,8 ± 0,01	3,6 ± 0,28	2,6 ± 0,19	<MD	5,7 ± 0,09	9,8 ± 0,43
Konini	<MD	<MD	12,9 ± 0,01	2,4 ± 0,32	4,0 ± 0,28	<MD	5,8 ± 0,03	11,4 ± 0,01
RU 678-12	<MD	<MD	16,1 ± 0,15	3,8 ± 0,32	4,1 ± 0,58	<MD	5,8 ± 0,21	7,0 ± 0,66

AOI YO – není to název, pouze označení genu

4.2.2.2 Ozimá pšenice

Byly analyzovány 4 vzorky ozimé pšenice s barevným zrnem ze sklizně 2016. Výsledky jednotlivých tokolů jsou uvedeny v tabulce č. 9 a celkové obsahy vitamínu E znázorněny v grafu č. 2.

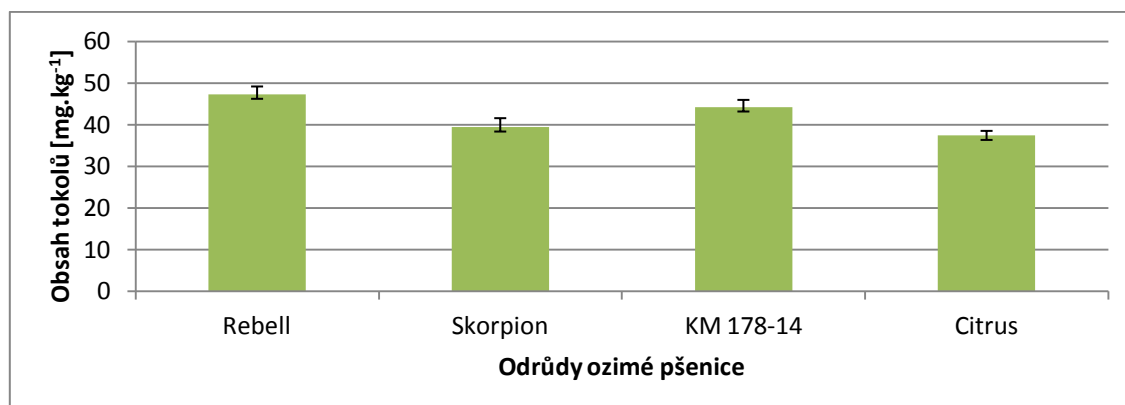
⁴ Novosibirskaya 67

⁵ EF02-54/9 modrá

⁶ Tschermaks blaukorniger Sommerweizen

Stanovené celkové obsahy všech tokolů ve vzorcích ozimé pšenice ze sklizně 2016 se pohybovaly v rozmezí od $37,37 \pm 1,17 \text{ mg.kg}^{-1}$ (Citrus) do $47,24 \pm 1,96 \text{ mg.kg}^{-1}$ (Rebell). Průměrná hodnota celkového obsahu tokolů ze všech analyzovaných ozimých odrůd pšenice byla $42,045 \pm 1,78 \text{ mg.kg}^{-1}$. Z osmi forem vitamínu E bylo kvantifikováno 5 forem: α -T3, β -T3, α -T, β -T, δ -T. Ostatní formy byly pod mezí detekce. Obdobně jako ve vzorcích jarní pšenice byl rovněž nejvíce zastoupen β -T3 a α -T.

Graf č. 2: Celkový obsah tokolů v ozimé pšenici, sklizeň 2016



Tabulka č. 9: Obsah jednotlivých tokolů v ozimé pšenici v mg.kg^{-1} , sklizeň 2016

	δ -T3	γ -T3	β -T3	α -T3	δ -T	γ -T	β -T	α -T
Rebell	<MD	<MD	$23,0 \pm 0,55$	$5,2 \pm 0,27$	$4,2 \pm 0,17$	<MD	$6,0 \pm 0,05$	$8,8 \pm 0,92$
Skorpion	<MD	<MD	$18,0 \pm 0,50$	$4,6 \pm 0,16$	$3,1 \pm 0,03$	<MD	$4,7 \pm 0,15$	$9,0 \pm 1,37$
KM 178-14	<MD	<MD	$21,5 \pm 0,59$	$5,7 \pm 0,41$	$4,2 \pm 0,24$	<MD	$4,2 \pm 0,01$	$8,6 \pm 0,54$
Citrus	<MD	<MD	$13,5 \pm 0,24$	$4,4 \pm 0,53$	$4,6 \pm 0,02$	<MD	$6,0 \pm 0,37$	$8,9 \pm 0,01$

V experimentální části byl zjištěn celkový obsah tokolů v rozmezí od $27,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ (AOI YO) do $47,24 \text{ mg.kg}^{-1}$ (Rebell). Průměrný celkový obsah je $38,97 \text{ mg.kg}^{-1}$. Literární zdroje uvádějí celkové množství tokolů v rozmezí od $10, 29 \text{ mg.kg}^{-1}$ (Zielinsky et al. 2001) do $37,1 \text{ mg.kg}^{-1}$. (Tiwari et Cummins, 2009.). Průměrný obsah tokolů je $19,06 \text{ mg.kg}^{-1}$. Výsledky analýzy jsou mírně vyšší, než jsou hodnoty uvedené v literárních zdrojích. To může být ovlivněno mnoha faktory, např. vlivem počasí, agrotechnikou, způsobem sklizně či uskladněním. Ozimé formy pšenice obsahují vyšší množství vitamínu E než jarní odrůdy pšenice.

5. Závěr

Největší obsah vitaminů skupiny B a E má pohanka, ječmen a pšenice. Kukuřice má největší množství vitaminu E, ale malé množství vitaminů skupiny B. Rýže má naopak velké množství vitaminů B komplexu, ale nejnižší obsah vitaminu E. Nejméně vitaminů mají žito a oves. Z vitaminů skupiny B je v obilovinách nejvíce zastoupen niacin a pantotenová kyselina. Nejvíce zastoupenými formami vitaminu E jsou α -tokoferol a β -tokotrienol. γ -tokoferol je nejvíce zastoupen v pohance a kukuřici, v ostatních obilovinách je v malém množství.

V analyzovaných vzorcích jarní a ozimé pšenice byl nejvíce zastoupen β -tokotrienol a α -tokoferol. Celkové množství vitaminu E se pohybovalo v rozmezí od 27,5 mg.kg⁻¹ (AOI YO) do 41,98 mg.kg⁻¹ (ANK-28) u jarní formy pšenice a od 37,37 mg.kg⁻¹ (Citrus) do 47,24 mg.kg⁻¹ (Rebell) u ozimé formy pšenice. V ozimé formě pšenice je obsaženo vyšší množství tokolů než v jarní formě pšenice.

6. Použitá literatura

- Bartl, P., Tremlová, B., Ošťádalová, M., Čáslavková, P., Eliášová, M., Žďárský, M. 2013. Stanovení anthokyanů v pšenících s purpurově a modře zabarveným zrnem. *Obilářské listy*. 21 (3 – 4). 75-77.
- Blattná, J. 2000 (a). Vitamin B₁. *Výživa a potraviny*. 55 (3). 77.
- Blattná, J. 2000 (b). Vitamin B₂. *Výživa a potraviny*. 55 (4). 110.
- Blattná, J. 2000 (c). Niacin. *Výživa a potraviny*. 55 (5). 142.
- Blattná, J. 2000 (d). Kyselina pantothenová. *Výživa a potraviny*. 55 (6). 169.
- Blattná, J. 2001 (e). Biotin. *Výživa a potraviny*. 56 (1). 14.
- Blattná, J. 2001 (f). Provitamin A. *Výživa a potraviny*. 56 (2). 46
- Bulková, V. 2011. Rostlinné potraviny. Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů. Brno. 162 s. ISBN 978-80-7013-532-7
- Burešová, I., Palík, S. 2010. Faktory ovlivňující pekárenskou kvalitu pšeničného zrna. 16 (6).; Speciál: Ozimé obiloviny č. 6. S. XIII-XV
- Butt, M., S., Tahir-Nadeem, M., Khan., M., K., I., Shabir, R. 2008. Oat: Unique among the cereals. *European Journal of Nutrition*. 47 (2). 68-79.
- Eitenmiller, R., Lee, J. 2004. Vitamin E: Food Chemistry, Composition, and Analysis. New York, Marcel Dekker, Inc. 530 p. ISBN 0-8247-0688-9
- Hamr, K. 2008. Rýže – druhy rýže a její jakost. *Výživa a potraviny*. 63 (3) 76-79
- Hlásná Čepková, P. 2007. Pěstování a využití rýže. *Farmář*. 13 (10). 14-15.
- Hosmanová, R., Douša, M. 2007. HPLC stanovení obsahu vitamínu E v krmných surovinách, krmivech a potravinách. *Chemické listy*. 101 (7). 578-583.
- Hrubý, S. 2007. Ztráty vitaminů a minerálních látek při kuchyňské úpravě. *Výživa a potraviny*. 62 (5). 125.
- Hrnčířová, K. 2011. Méně využívaná rostlinná barviva – chlorofyly a anthokyaniny. *Výživa a potraviny*. 66 (3). 63-65.

- Janovská, D. 2006. Alternativní plodiny pro rozšíření druhové diverzity – proso. *Farmář*. 12 (6). 28-29.
- Janovská, D. 2006. Alternativní plodiny pro rozšíření druhové diverzity – pohanka. *Farmář*. 12 (7) 16-17.
- Jordán, V., Hemzalová, M., 2001. Antioxidanty, zázračné zbraně: vitaminy, minerály, stopové prvky, aminokyseliny. JOTA. Brno. 153 s. ISBN 80-7217-156-9
- Karlíček, R., a kol. 2009. Analytická chemie pro farmaceuty. Karolinum. Praha. 259 s.
ISBN 978-80-246-1453-3
- Klouda, P., 2003. Moderní analytické metody. Ostrava. 132 s. ISBN 80-86369-07-2
- Laknerová, I., Holasová, M., Fiedlerová, V., Rysová, J., Vaculová, K., Mašková, E., Ehrenbergová, J., Winterová, R., Ouhračková, J., Dvořáček, V., Martinek, P. 2014. Utilisation of Non-Traditional Forms of Cereals in Bakery Production. *Czech Journal Food Science*. 32 (3). 296-301.
- Martinek, P., Vyhnánek, T. 2014. Barevné zrno pšenice jako zdroj antioxidantů. *Úroda* 62 (7). 68-70
- Moudrý, J., Jůza, J., 1998. Pěstování obilnin. České Budějovice. Jihočeská univerzita České Budějovice, Zemědělská fakulta. 90 s. ISBN 80-7271-162-8
- Preedy, V. R., Watson R. R. 2007. The Enyclopedia of Vitamin E. Trowbridge. Cromwell Press. 962 p. ISBN-13:978-1-84593-075-2
- Pokorný, J. 1997. Obsah kyseliny listové v potravinách. *Výživa a potraviny*. 52 (2). 59.
- Prugar, J., a kol. 2008. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. Praha. 327 s. ISBN 978-80-86576-28-2
- Straka, I. 2005. Karotenoidní látky v potravinových surovinách. *Kvalita potravin*. 5 (3). 19.
- Šícho, V., Vodrážka, Z., Králová, B. 1981. Potravinářská biochemie. Praha. SNTL/ALFA. 360 s. ISBN 04-815-81
- Štípek, S., a kol., 2000. Antioxidanty a volné radikály ve zdraví a nemoci. Grada Publishing. Praha. 314 s. ISBN 80-7169-704-4

- Škrovánková, S. Sikorová, P. 2010. Vitamin B₂ (riboflavin) content in cereal products. *Acta universitatis agriculture et silviculturae Mendeliana Brunensis*. 44 (5). 377-382.
- Tiwari, U., Cummins, E. 2009. Nutritional importance and effect of processing on tocol in cereals. *Trends in Food Science & Technology*. 20 (11/12). 511-520.
- Ursellová, A. 2004. *Vitaminy a minerály*. Bratislava. NOXI. 128 s. ISBN 80-89179-00
- Velíšek, J., 2002. *Chemie potravin*. 2. vydání. Tábor. Osis. 328 s. ISBN 80-86659-01-1
- Velíšek, J., Cejpek, K. 2008. *Biosynthesis of Food Components*. Tábor. OSSIS. 512 p. ISBN 978-80-86659-12-1
- Vitaminy – biologické „koření“ stravy. 2007. *Výživa a potraviny*. 62 (5). 113.
- Vojtaššáková, A., Holčíková, K., Kováčiková, E., Simonová, E. 1999. *Obilniny a strukoviny = Cereals and legumes : Potravinové tabulky*. Výzkumný ústav potravinársky. Bratislava. 268 s. ISBN 80-85330-62-8
- Zielinsky, H., Ciska, E., Kozłowska, H. 2001. The Cereal Grains: Focus on Vitamin E. *Czech Journal of Food Science*. 19 (5), 182-188.
- Žamboch, J., 1996. *Vitaminy*. Praha. Grada Publishing, spol. s.r.o. 80 s. ISBN 80-7169-322-7

Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Charakteristické znaky skupin obilovin

Tabulka č. 2: Obsah vitaminů skupiny B v obilovinách v mg.100g⁻¹ zrna

Tabulka č. 3: Obsah jednotlivých forem tokoferolu v obilovinách v mg.kg⁻¹

Tabulka č. 4: Obsah jednotlivých forem tokotriolu v obilovinách v mg.kg⁻¹

Tabulka č. 5: Vzorky pro stanovení vitamínu E, jarní forma

Tabulka č. 6: Vzorky pro stanovení vitamínu E, ozimá forma

Tabulka č. 7: Meze detekce jednotlivých tokolů

Tabulka č. 8: Obsah jednotlivých tokolů v jarní pšenici v mg.100g⁻¹, sklizeň 2016

Tabulka č. 9: Obsah jednotlivých tokolů v ozimé pšenici v mg.100g⁻¹, sklizeň 2016

Seznam grafů

Graf č. 1: Celkový obsah tokolů v ozimé pšenici, sklizeň 2016

Graf č. 2: Celkový obsah tokolů v jarní pšenici, sklizeň 2016

Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Stavba obilného zrna

<http://slideplayer.cz/slide/2841608/>

Obrázek č. 2: Zrno pšenice

<http://www.dvurkostomlaty.cz/>

Obrázek č. 3: Klas pšenice

<http://dvurkostomlaty.cz/produkty>

Obrázek č. 4: Zrno žita

<http://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/zito.htm>

Obrázek č. 5: Klas žita

<http://wiki.rvp.cz/Kabinet/Obrazky/P%C5%99%C3%ADroda/Obiloviny/%C5%BDito>

Obrázek č. 6: Zrno tritikale

http://web2.mendelu.cz/af_222_multitext/krmiva/page.php?lang=cze&id=16

Obrázek č. 7: Klas tritikale

<http://www.strube.cz/trikale/?n=5-74>

Obrázek č. 8: Zrno ječmene

<http://zivutek.cz/obilniny/392-jecmen>

Obrázek č. 9: Klas ječmene

http://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/jecmen_dvourady.jpg

Obrázek č. 10: Zrno ovsa

<http://abecedazahrady.dama.cz/katalog-rostlin/oves-sety>

Obrázek č. 11: Klas ovsa

<http://www.biolib.cz/cz/image/id89148/>

Obrázek č. 12: Zrno kukuřice

<http://www.elegantnibydleni.cz/kukurice/>

Obrázek č. 13: Klas kukuřice

http://web2.mendelu.cz/af_222_multitext/picniny/sklady.php?odkaz=kukurice_semena.html

Obrázek č. 14: Zrno prosa

<http://www.frumenta.cz/proso-cervene/>

Obrázek č. 15: Klas prosa

<http://www.biolib.cz/en/image/id170045/>

Obrázek č. 16: Zrno rýže

<http://www.magazinzdravi.cz/ryze-20090121>

Obrázek č. 17: Rostlina rýže

<http://www.rostliny-semena.cz/cz/clanky-semena-osiva-tropicke-a-subtropicke-rostliny/Vyzkousejte-si-vypestovat-vlastni-ryzi/>

Obrázek č. 18: Zrno pohanky

<http://www.rostliny.net/eshop.php?fEshop=32&fSkupina=1641&oldSkupina=&fOrderby=5&fTyp=&fNazev=#.WL0qhmczXDc>

Obrázek č. 19: Rostlina pohanky

<http://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/pohanka.jpg>

Obrázek č. 20: Pšenice s barevným zrnem

Martinek, P., Vyhnánek, T. 2014. Barevné zrno pšenice jako zdroj antioxidantů. *Úroda* 62 (7). 68-70

Obrázek č. 21: Thiamin (volná báze)

Obrázek č. 22: Fosforečnan thiaminu

Obrázek č. 23: Riboflavin (oxidovaná forma)

Obrázek č. 24: Flavinmononukleotid (FNM)

Obrázek č. 25: Flavinadeninukleotid (FAD)

Obrázek č. 26: Nikotinová kyselina

Obrázek č. 27: Nikotinamid

Obrázek č. 28: Pantothenová kyselina

Obrázek č. 29: R = H Pyridoxol, R = PO₃H₂ Pyridoxol -5'-fosfát

Obrázek č. 30: R = H Pyridoxal, R = PO₃H₂ Pyridoxal -5'-fosfát

Obrázek č. 31: R = H Pyridoxamin, R = PO₃H₂ Pyridoxamin -5'-fosfát

Obrázek č. 32: Biotin

Obrázek č. 33: Folová kyselina

Velíšek, J., 2002. Chemie potravin. 2. vydání. Tábor. Osis. 328 s. ISBN 80-902391-4-5

Obrázek č. 34: Struktura tokoferolu a tokotrienolu

Eitenmiller, R., Lee, J. 2004. Vitamin E: Food Chemistry, Composition, and Analysis. New York, Marcel Dekker, Inc. 530 p. ISBN 0-8247-0688-9

Obrázek č. 35: Příklad chromatogramu, odrůda ozimé pšenice KM 178-14

Chemické vzorce byly vytvořeny v programu Chems sketch