

# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA CHEMICKÁ  
ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

FACULTY OF CHEMISTRY  
INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

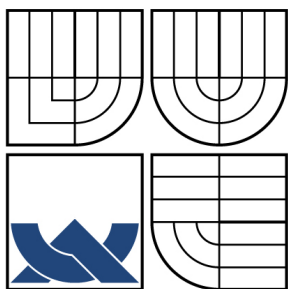
BIOLOGICKY VÝZNAMNÉ LÁTKY V CEREÁLNÍCH PRODUKTECH

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

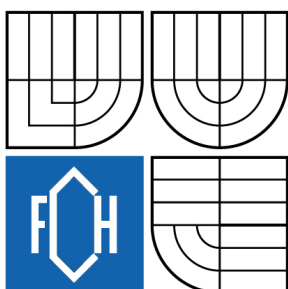
HEDVIKA VONDRÁČKOVÁ

BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ

ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

FACULTY OF CHEMISTRY

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

## BIOLOGICKY VÝZNAMNÉ LÁTKY V CEREÁLNÍCH PRODUKTECH

BIOLOGICALLY SIGNIFICANT SUBSTANCES IN CEREAL PRODUCTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

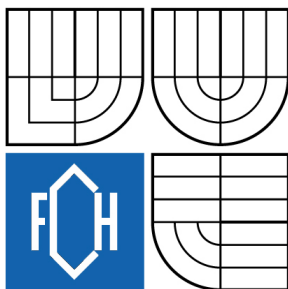
HEDVIKA VONDRÁČKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. RNDr. IVANA MÁROVÁ, CSc.

BRNO 2008



## Zadání bakalářské práce

Číslo bakalářské práce	<b>FCH-BAK0198/2007</b>	Akademický rok: <b>2007/2008</b>
Ústav	Ústav chemie potravin a biotechnologií	
Student(ka)	<b>Vondráčková Hedvika</b>	
Studijní program	Chemie a technologie potravin (B2901)	
Studijní obor	Potravinářská chemie (2901R021)	
Vedoucí bakalářské práce	<b>doc. RNDr. Ivana Márová, CSc.</b>	
Konzultanti bakalářské práce		

### Název bakalářské práce:

Biologicky významné látky v cereálních produktech

### Zadání bakalářské práce:

1. Přehled biologicky aktivních látek ve vybraných cereálních produktech (př. müsli, vločky, tyčinky).
2. Přehled metod izolace a analýzy vybraných vitaminů, provitaminů a dalších biologicky aktivních látek v cereálních produktech.
3. Stanovení vybraných aktivních látek v müsli tyčinkách.

### Termín odevzdání bakalářské práce: 30.5.2008

Bakalářská práce se odevzdává ve třech exemplářích na sekretariát ústavu a v elektronické formě vedoucímu bakalářské práce. Toto zadání je přílohou bakalářské práce.

---

Hedvika Vondráčková  
student(ka)

---

doc. RNDr. Ivana Márová, CSc.  
Vedoucí práce

---

Ředitel ústavu

V Brně, dne 1.12.2007

---

doc. Ing. Jaromír Havlica, CSc.  
Děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Předložená práce se zabývala studiem biologicky významných látek v cereálních produktech. V praktické části byly stanoveny vybrané aktivní látky v müsli tyčinkách. Nejvyšší obsah celkových polyfenolů, celkových flavonoidů, antioxidační aktivity, procyanidinu B2 a kyseliny chlorogenové byl naměřen u tyčinek s příchutí švestkovou a borůvkovou. Nejvyšší obsah redukujících cukrů v analyzovaných müsli tyčinkách byl naměřen u malinové a cereální tyčinky. Z jednoduchých cukrů byla v tyčinkách detekována přítomnost zejména maltosy, glukosy a fruktosy.

## **ABSTRACT**

Presented work was focused on study of biologically significant substances in cereal products. In experimental part selected active substances in cereal bars were analyzed. The highest content of total phenolics, total flavonoids, total antioxidant capacity, procyanidin B2 and chlorogenic acid was measured in plums and blueberry bars. The highest level of reduced saccharides was evaluated in raspberry and cereal bars. Presence of main simple sugars - maltose, glucose and fructose was detected in all bar samples.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Celkové fenoly, celkové flavonoidy, antioxidační aktivita, HPLC, redukující cukry.

## **KEYWORDS**

Total phenolics, total flavonoids, antioxidant activity, HPLC, reduced saccharides.

Vondráčková, H. *Biologicky významné látky v cereálních produktech*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2008. 46 s. Vedoucí bakalářské práce doc. RNDr. Ivana Márová, CSc.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citovala. Bakalářská práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího bakalářské práce a děkana FCH VUT.

.....  
podpis bakaláře

*Poděkování:*

*Děkuji vedoucí bakalářské práce doc. RNDr. Ivaně Márové, CSc. za pomoc při psaní práce. Dále bych ráda poděkovala Ing. Katce Duroňové za pomoc při stanovení vybraných obsahových látek u müsli tyčinek.*

## OBSAH

1	Úvod.....	7
2	Teoretická část.....	8
2.1	Cereální suroviny .....	8
2.2	Chemické složení .....	8
2.3	Bílkoviny obilovin.....	9
2.4	Volné aminokyseliny v cereáliích.....	10
2.4.1	Obsah aminokyselin v cereálních frakcích a produktech.....	11
2.5	Sacharidy obilovin.....	11
2.5.1	Monosacharidy .....	11
2.5.2	Oligosacharidy .....	11
2.5.3	Polysacharidy .....	11
2.5.3.1	Škrob .....	12
2.5.3.2	Enzymové odbourávání škrobu.....	12
2.5.3.3	Neškrobové polysacharidy .....	13
2.6	Lipidy obilovin.....	14
2.7	Minerály v rostlinném materiálu.....	14
2.8	Polyfenolické látky a antioxidační vlastnosti rostlin.....	15
2.8.1	Polyfenolické antioxidanty.....	15
2.8.2	Flavonoidy.....	16
2.8.2.1	Anthokyany .....	16
2.8.2.2	Flavanony a flavanonoly .....	16
2.8.2.3	Flavony a flavonoly.....	16
2.8.3	Prokyanidiny .....	17
2.8.4	Kumariny.....	17
2.8.4.1	Isokumariny, furanokumariny a pyranokumariny.....	17
2.8.4.2	Biologické účinky kumarinů .....	18
2.8.5	Antioxidanty v cereáliích .....	18
2.8.5.1	Antioxidanty v pohance .....	18
2.8.5.2	Antioxidanty v ovsu .....	19
2.8.6	Antioxidanty v ovoci.....	19
2.9	Vitaminy v obilovinách.....	20
2.10	Minoritní aktivní složky obilovin.....	20
3	Praktická část.....	21
3.1	Použité chemikálie, přístroje a materiál .....	21
3.1.1	Použité chemikálie .....	21
3.1.2	Přístroje .....	21
3.1.3	Materiál .....	21
3.2	Příprava vzorků .....	24
3.3	Analýza celkových polyfenolů .....	24
3.4	Analýza celkových flavonoidů.....	24
3.5	Stanovení antioxidační aktivity metodou ABTS.....	24
3.6	Stanovení katechinů metodou HPLC .....	25
3.7	Stanovení redukujících cukrů dle Somogyi-Nelsona .....	25
3.8	Stanovení sacharidů tenkovrstevnou chromatografií .....	25
4	Výsledky.....	26

4.1	Analýza celkových polyfenolů.....	26
4.2	Analýza celkových flavonoidů.....	27
4.3	Stanovení celkové antioxidační aktivity metodou ABTS .....	29
4.4	Stanovení katechinů pomocí HPLC .....	30
4.5	Stanovení redukujících cukrů dle Somogyi-Nelsona .....	32
4.6	Stanovení sacharidů tenkovrstvou chromatografií.....	34
4.7	Spotřebitelský dotazník.....	34
5	Diskuse.....	37
6	Závěry.....	39
7	Seznam použité literatury.....	40
8	Seznam použitých zkratk a symbolů .....	42
9	Seznam příloh.....	43
10	Přílohy .....	44

# 1 ÚVOD

Obilí a celozrnné potravinové výrobky představují důležitou součást lidské stravy. Poskytují vysoké podíly sacharidů, proteinů, tuků, potravní vlákniny, vitamínů skupiny B a minerálů. V mnoha zemích nalézáme vzrůstající využívání cereálií v dietních preparátech pro léčbu a prevenci diabetu, kardiovaskulárních onemocnění, rakoviny tlustého střeva a snižování hladiny cholesterolu v krvi, které signalizují jejich potenciální léčebnou hodnotu pro lidi. Jsou esenciálními pro moderní potravinářský průmysl při výrobě funkčních potravinových přísad [1].

Na trh byly uvedeny probiotické mléčné potraviny obsahující odvozené směsi laktobacilů a bifidobakterií a prebiotické prepatáty potravin obsahující příměsi, které jsou pro člověka nestravitelné v horní části trávicího traktu a mohou selektivně stimulovat vegetaci jednoho nebo omezeného počtu bakterií. Cílem těchto výrobků je prospěšně ovlivnit střevní mikroflóru a její činnost. Prospěšné účinky obilovin mohou být využívány různým způsobem, mimo jiné v podobě nových cereálních potravin nebo obilných přísad, často zaměřených na specifickou populaci. Cereálie mohou být používány jako zkvasitelné substráty pro růst probiotických mikroorganismů. Hlavní parametry, které musí být zvažovány, jsou složení a zpracování obilných zrn, schopnost růstu a výkonnost původní kultury, stabilita probiotických účinků během skladování, organoleptické vlastnosti a nutriční hodnota konečného výrobku.

Obiloviny mohou být používány jako zdroje nestravitelných sacharidů, které ještě navíc podporují různé fyziologické účinky, mohou selektivně stimulovat růst laktobacilů a bifidobakterií přítomných v tlustém střevu a působit jako prebiotika. Cereálie také obsahují ve vodě rozpustnou vlákninu, např.  $\beta$ -glukan a arabinoxylan; oligosacharidy, např. galakto- a frukto-oligosacharidy a nestravitelnou vlákninu, která je vhodná k naplnění prebiotického konceptu. Separace specifických frakcí vlákniny z různých obilných odrůd nebo vedlejších cereálních výrobků založená na znalosti rozmístění vlákniny v obilných zrnech je dosažitelná s využitím výrobních technologií jako je mletí, prosívání a výroba krup [2].

Obiloviny jsou hlavními kulturními plodinami v mnoha zemích, kde slouží buď přímo jako lidská potrava nebo nepřímo jako krmivo pro zvířata. Navíc mohou být hlavním zdrojem energie, zejména ve formě sacharidů, ale cereálie obsahují též proteiny s důležitými funkčními vlastnostmi a vysokými nutričními podíly. Nicméně cereálie neobsahují optimální zastoupení aminokyselin, poněvadž neobsahují dostatečné množství určitých esenciálních aminokyselin, například lysinu [3].

V současné době patří cereálie k doporučovaným a velmi populárním výrobkům, jsou základem řady potravin, potravinových doplňků a pochutin. Vybrané cereálie jsou součástí výrobků obsahujících tzv. „pomalé glycidy“, tedy komplexní sacharidy, které jsou tráveny postupně a představují zdroj energie pro delší časový úsek. K podobným typům výrobků patří mimo jiné různé typy müsli, které jsou dodávány ve formě sypkých směsí s různými druhy příchutí a doplňkových látek, jako jsou ořechy, kokos, čokoláda, sušené ovoce, semena apod. Další formou müsli výrobků jsou müsli tyčinky, které představují koncentrovanou formu energie a současně zdravou pochutinu.

Předložená práce je zaměřena na analýzu obsahu vybraných biologicky aktivních látek v müsli tyčinkách s přídavkem různých druhů sušeného ovoce.



## 2 TEORETICKÁ ČÁST

### 2.1 Cereální suroviny

Pro lidskou výživu se přímo (bez např. chemického zpracování) používá z obilovin výhradně zrna. Obiloviny patří botanicky mezi traviny - lat. *Gramineae*. Téměř všechny známé obiloviny patří do čeledi lipnicovité, lat. *Poaceae*. Výjimku tvoří pohanka, patřící do čeledi rdesnovité (*Polygonaceae*). V posledních letech se také porůznu začala uplatňovat další semena např. amarant, patřící do čeledi amarantovité (*Amaranthaceae*). Společný botanický původ obilovin čeledi lipnicovité předurčuje jejich značnou vzájemnou podobnost jak ve struktuře a tvorbě zrna, tak v jeho chemickém složení, tj. např. v uspořádání obalových a podobalových vrstev zrna, nebo v zastoupení jednotlivých aminokyselin v obilné bílkovině nebo mastných kyselin v tukových složkách. Vlivem různých klimatických podmínek a během staletí šlechtění a pěstování se však současně vytvořily odlišnosti mezi jednotlivými botanickými rody a druhy obilovin i mezi jednotlivými odrůdami téhož druhu. Možnosti a výsledky šlechtění posledních desetiletí rozčlenily v mnoha případech i odrůdy stejné obiloviny pro určitá speciální použití. Další teoretickou možností ovlivnění specifických zpracovatelských vlastností dávají metody genové manipulace [4].

### 2.2 Chemické složení

Chemické složení většiny obilovin se příliš neliší. Daleko větší variabilita je ve složení mezi odrůdami jednoho druhu obilí. Také půdní, klimatické a agrotechnické podmínky mají velmi výrazný vliv na chemické složení zrna a v některých případech i na vlastnosti jednotlivých složek. Názornou ukázkou je tabulka 2.1, která uvádí rozmezí obsahů pro každou z hlavních složek tak, jak je uvádí různí autoři. Příčinou variability není chyba stanovení, ale skutečné kolísání obsahů složek [5].

Tab. 2.1 Rozmezí uváděných obsahů hlavních složek obilného zrna [5]

složka	pšenice	žito
bílkoviny	9,0 – 15,5	8,5 – 13,5
sacharidy	75 – 82	78 – 86
vláknina	1,9 – 3,2	1,9 – 3,2
lipidy	2,0 – 2,8	1,6 – 2,7
minerálie	2,0 – 3,0	1,8 – 2,3

Hlavní složení živin (škrob, proteiny, popel a tuk) pšeničné mouky a celých obilných zrn je uvedeno v tab. 2.2. Je zřejmé, že rafinované mouky z tvrdé a měkké pšenice mají vyšší obsah škrobu, což je způsobeno odstraněním vláknitých vnějších obalových vrstev během mlecího procesu. Ječmen a žito obsahují v celých obilných zrnech relativně méně škrobu ve srovnání s prosem a čirokem. Škrob, hlavní zdroj energie v rostlinné stravě, je dále rozdělován na rychle stravitelný škrob, pozvolna stravitelný škrob a odolný škrob na základě stravitelnosti. Tyto výživné frakce škrobu jsou různé v obilných zrnech a závisí na odrůdě, přípravě mouky a výrobních podmínkách.

Tab. 2.2 Chemické složení (% suchého podílu) pšeničné mouky a celých obilných zrn [6]

cereálie	škrob	proteiny	celkový popel	hrubý tuk
tvrdá pšenice	77,4 ± 1,7	13,5 ± 0,3	0,56 ± 0,01	0,98 ± 0,03
měkká pšenice	77,9 ± 1,8	11,0 ± 0,2	0,71 ± 0,01	0,86 ± 0,03
ječmen	53,6 ± 1,0	19,4 ± 0,4	2,88 ± 0,04	2,31 ± 0,1
proso	67,4 ± 1,3	8,8 ± 0,1	1,82 ± 0,03	4,22 ± 0,2
žito	58,0 ± 1,0	13,3 ± 0,2	1,96 ± 0,03	2,53 ± 0,1
čirok	67,7 ± 1,2	12,1 ± 0,1	1,87 ± 0,03	3,32 ± 0,1

Obsah proteinů v obilovinách je značně rozmanitý, liší se u celých obilných zrn a u různých druhů pšeničné mouky. Zrna ječmene mají nejvyšší obsah proteinů, přibližně 19,4 %, žito a tvrdá pšeničná mouka obsahuje střední množství, přibližně 13,4 %. Zrna prosa obsahují nejméně proteinů (8,8 %), zatímco měkká pšeničná mouka má 11,0 % a čirok 12,1 %.

Celozrnná strava má vysoký obsah celkového popelu i minerálů ve srovnání s rafinovanou pšeničnou moukou (tab. 2.2). Zrna ječmene mají nejvíce celkového popelu (2,9 %) mezi obilninami, následuje žito, proso a čirok (1,8 - 1,9 %).

Hrubé tuky se pohybují v rozmezí od 0,9 % v měkké pšeničné mouce do 4,2 % v zrně prosa. Vysoké koncentrace v celozrnných produktech jsou způsobeny přítomností zárodku, ve kterém je olej koncentrován. Zrna ječmene a žito obsahují relativně malé množství tuků v porovnání s čírokiem a prosem. Vysoký obsah tuku v prosu (4,2 %) musí být brán do úvahy během skladování a zpracování.

V krupkách prosa jsou lipidy rozděleny na volné lipidy (extrahovatelné v petroletheru, v rozsahu 5,6 % až 7,1 %) a vázané lipidy (extrahovatelné v nasyceném vodném butanolu, v rozsahu 0,6 % až 0,9 %). Nenasycené mastné kyseliny tvoří průměrně 70,3 % volných lipidů. Hlavními složkami lipidů v prosu jsou triacylglyceroly, zbytek tvoří steroly, estery, uhlovodíky a volné mastné kyseliny. V oleji z prosa je přibližně 84 % nenasycených zbytků mastných kyselin. V číroku jsou 2,0 - 4,1 % volných lipidů a 0,1 - 0,56 % vázaných lipidů, hlavní část lipidů nalezneme v klíčku. Lipidy v číroku jsou vysoce nenasycené, kyselina olejová a linoleová tvoří nejméně 76 % z celkových mastných kyselin. Největší část lipidů v ječmenu tvoří triacylglyceroly, které jsou primárně zastoupeny palmitovou, olejovou, linoleovou a linolenovou kyselinou [6].

## 2.3 Bílkoviny obilovin

Z technologického hlediska mají zvláštní význam bílkoviny zrna, a to zejména v pšenici. Největší podíl technologicky významné bílkoviny je v endospermu uvnitř obilného zrna. Její podíl v mouce po vymletí se pohybuje přibližně ve stejných hodnotách jako v zrně. V některých zemích je zvykem charakterizovat pšenici a mouku obsahem této bílkoviny. V našich zemích se dosud k charakterizaci pekařské kvality mouky používá obsah mokrého lepku. Ten se vytvoří v těstě při smíchání a prohnětení mouky s vodou. Je význačnou vlastností pšeničné bílkoviny, že je schopna vytvořit pružný a tažný hydratovaný gel, který je možné izolovat z těsta opatrným propíráním za stálého prohněťování pod proudem vody. Takto lze získat šedožlutou kaučukovitou hmotu, která je z 80 až 95 % v sušině tvořena bílkovinou. Mokrý lepek obsahuje asi 66 % hm. vody. Po vysušení se z něj získá suchý lepek, který představuje hmotnostně asi 1/3 mokrého [5].

Obsah mokrého lepku je hlavním jakostním kritériem pekařské kvality pšeničné mouky. Jako charakteristiky kvality lepku se používá stanovení jeho pružnosti, tažnosti do přetržení a bobtnavosti ve slabém roztoku kyseliny mléčné. Tím je do určité míry charakterizováno chování lepku při fermentaci v těstě.

Lepek není jednotná bílkovina. Klasickým postupem podle Osborna ji lze rozdělit na základě rozpustnosti na gliadin, jednoduchou (ovšem vysokomolekulární) bílkovinu rozpustnou ve zředěném etanolu a glutenin, rozpustný v 0,2% roztoku hydroxidu draselného. Gliadin má charakter roztékavé sirupovité hmoty a dodává lepkovému komplexu tažnost. Glutenin má vláknitou strukturu a je nositelem pružnosti [5].

Primární struktura obilních bílkovin není známa natolik, abychom s její pomocí mohli identifikovat jednotlivé obiloviny a charakterizovali tak jejich vlastnosti. Je však známo průměrné zastoupení jednotlivých aminokyselin v lepkové bílkovině. Ta je charakterizována především vysokým obsahem kyseliny glutamové, resp. glutaminu. Jejich obsah představuje až 35 % ze všech aminokyselin obilného zrna. Vysoký je též obsah prolinu (mírně přes 10 %). Naproti tomu je v lepkové bílkovině nízký obsah esenciálního lysinu (1 až 2 %).

Podle představ o tvorbě těsta vytvářejí se z bílkovinných helixů (hlavně s vodíkovými vazbami) destičky, pospojované dalšími vazebnými můstky a dosti pevnou disulfidickou vazbou -S-S- mezi aminokyselinami obsahujícími síru. Destička obsahuje uvnitř vrstvičku lipoproteinu, která tvoří kluznou vrstvu pro tečení těsta. Příčnými vazbami se destičky spojují a vytvářejí tak vlákna, která jsou základem sítě trojrozměrných makromolekul. Tyto vazby se významně mění a jsou ovlivňovány při tvorbě těsta (zejména oxidačními látkami) i během dalšího zpracování těsta. Velký vliv mohou mít také redukční činidla. Obsah mokrého lepku je obvykle základní charakteristikou pro rozřazení pšenic na potravinářské a ostatní [5].

Bílkoviny žita patří sice do stejných skupin jednoduchých bílkovin jako pšeničné, nicméně nemohou vytvořit souvislý a jen omezeně bobtnatelný lepek jako pšeničné mouky. Přítomnost pentosanových polysacharidů vysoce aktivních ve vázání vody znemožňuje souvislé spojení žitné bílkoviny a ta je proto na rozdíl od pšeničné neomezeně bobtnatelná. Charakter tvorby struktury žitného těsta je odlišný od pšeničného a je založen na vysoce koncentrovaném gelu z polysacharidu. Gel je také neomezeně rozpustný, ale v těstě nemá dostatek vody na to, aby se mohl dále ředit. Za těchto podmínek jsou schopny všechny složky žitného těsta udržet strukturu i bez souvislé sítě bílkoviny.

Vlastnosti těsta i pekařských výrobků silně ovlivňují i další složky obilného zrna, především lipidy, a to hlavně zásluhou tvorby komplexu s bílkovinami a škrobem. Moderní poznatky naznačují, že právě tvorba těchto komplexů má velký vliv na charakteristické vlastnosti těst [5].

## 2.4 Volné aminokyseliny v cereáliích

Cereálie a cereální produkty obsahují proměnlivá množství volných aminokyselin, která závisí převážně na odrůdě, kultivaru a podmínkách během růstu. Aminokyseliny slouží jako důležité substráty pro růst mikroorganismů a jsou významné pro senzorické vlastnosti, které přispívají k chuti chleba. Volné aminokyseliny v syrových materiálech zahříváných jídel hrají úlohu v Maillardových reakcích, které jsou důležité pro kvalitu cereálních potravin [7].

### 2.4.1 Obsah aminokyselin v cereálních frakcích a produktech

Obsah jednotlivých aminokyselin je pestrý, závisí na typu cereálie a jeho frakce. Pšeničné frakce obsahují jako hlavní aminokyseliny Ala, Ser, Asn, Asp a Glu. Existují odlišnosti v obsahu aminokyselin v cereálních frakcích, s otrubami mají větší koncentraci, zatímco prosívaná mouka vykazuje nižší koncentrace, shodný charakter vidíme u všech aminokyselin. Tato rozdílnost je velice zřejmá u pšenice, kvůli výrazné separaci, která se odehrává během mletí pšenice, ale je méně patrná u žita, což je způsobeno tím, že je zde více vnějších částí zrn v prosívaných frakcích. Vzorky žita jsou bohatší na jednotlivé aminokyseliny, ačkoli existují rozdíly. Tyto výsledky ukazují, že vzorky žita mají vyšší obsah volného Asn než vzorky pšenice a volný Asn je koncentrován ve vnějších částech zrna. Oves je bohatší na volné aminokyseliny než ovesné kroupy a málo vláknitá ovesná mouka [7].

## 2.5 Sacharidy obilovin

V obilném zrně lze nalézt pestrou paletu sacharidů od jednoduchých cukrů až po vysokomolekulární polysacharidy. Některé z nich jsou ovšem obsaženy v mikromnožství, zatímco jiné představují desítky procent z obsahu zrna. Obdobně jako u bílkovin platí i pro sacharidy, že jejich obsahy v jednotlivých odrůdách se mohou významně lišit a jsou ovlivňovány lokálními klimatickými a půdními podmínkami v daném roce a dodržováním agrotechnických opatření [8].

### 2.5.1 Monosacharidy

Monosacharidy jsou základními stavebními jednotkami oligo- a polysacharidů. Volné se vyskytují ve zralých obilných zrnech pouze v nepatrném množství, a to především v klíčku. Do mouky se jich dostává jen málo (max. 1 - 3 % z hmotnosti mouky). Nejdůležitějšími monosacharidy v obilovinách jsou: pentosy – arabinosa, xylosa, ribulosa; hexosy – glukosa, fruktosa, galaktosa, manosa. Vedle uvedených existuje ještě celá řada dalších, méně často se vyskytujících pentos a hexos.

### 2.5.2 Oligosacharidy

Příklady pro nás významných oligosacharidů jsou maltosa (složená ze dvou molekul glukosy vazbou  $\alpha$ -1,4), isomaltosa (složená ze dvou molekul glukosy vazbou  $\alpha$ -1,6), sacharosa (řepný cukr tvořený molekulou glukosy a fruktosy). Sacharosa sama není přímo zkvasitelná kvasinkami alkoholového kvašení, ale po hydrolýze poskytuje směs glukosy a fruktosy, kterou nazýváme invertní cukr. Ve zralém, neporušeném a suchém zrně se oligosacharidy vyskytují ve velmi nízkých koncentracích [4].

### 2.5.3 Polysacharidy

Z technologického hlediska jsou vedle bílkovin nejvýznamnější skupinou biopolymerů obilovin polysacharidy. Zásobní polysacharidy, jejichž typickým představitelem je škrob, jsou pro organismy zdrojem či rezervoárem energie. Jejich štěpením a biochemickým "spalováním" pokrývají živé systémy značnou část svých energetických potřeb v období začátku růstu nové rostlinky. Stavební (strukturní) polysacharidy jsou základem buněčných stěn rostlin a tudíž vlastně nosným skeletem rostlinných pletiv. Jejich představiteli jsou např.

celulosa, hemicelulosa, lignin aj. Jsou to látky vesměs nerozpustné ve vodě. Dále je přítomna skupina rozpustných nebo ve vodě bobtnajících polysacharidů, které jsou schopny vytvářet vysoko viskózní a vysokovazné koloidní systémy. Patří sem např. žitné pentosany, ječné a ovesné  $\beta$ -glukany. Z hlediska lidské výživy tvoří tyto látky podstatnou část vlákniny potravy. Polysacharidy obilných zrn dělíme zpravidla na škrob a skupinu neškrobových polysacharidů [4].

Nestravitelné součásti rostlinných buněčných stěn, které se skládají z polysacharidů, ligninu a dalších materiálů, jako jsou vosky, kutin a korkovina, bývají nazývány jako potravní vláknina. Podle rozpustnosti ve vodě je potravní vláknina rozdělována do dvou tříd – na rozpustnou a nerozpustnou potravní vlákninu. Je známo, že rozpustná a nerozpustná vláknina mají odlišné fyziologické funkce pro zdraví člověka [9].

### **2.5.3.1 Škrob**

Škrob je obsažen v zrnech obilovin v endospermu. Jeho obsah tvoří přibližně 60 - 75 % sušiny obilky a kolísá zhruba v uvedeném rozmezí podle druhu a odrůd. Jeho obsah v mouce, která je tvořena převážně endospermem, je ještě vyšší - cca 80 %. Škrob není sám o sobě chemickým individuem, neboť sestává ze dvou frakcí - amylosy a amylopektinu. Obě frakce jsou tvořeny jednotkami glukosy, které jsou však v případě amylosy spojeny  $\alpha$ -1,4 glykosidickou vazbou, zatímco v molekulách amylopektinu se častěji vyskytují i vazby  $\alpha$ -1,6 [4].

Amylosa a amylopektin se liší i relativní molekulovou hmotností (amylosa řádově  $10^6$ , amylopektin  $10^7 - 10^8$ ), přičemž v obou frakcích se vyskytují molekuly různých molekulových hmotností. U většiny obilovin v původních odrůdách značně převažuje podíl amylopektinu. U našich tradičních obilovin se uvádí poměr cca 25 % amylosy a 75 % amylopektinu. Obě frakce se díky různé struktuře liší též svými chemickými a fyzikálními vlastnostmi. Amylosa je rozpustná ve vodě, amylopektin pouze bobtná a není schopen vytvořit roztok. Celkově vytváří škrob s vodou za tepla gelovitý maz. Teploty mazovatění jsou u různých škrobů rozdílné. Zpravidla se pohybují mezi 55 a 70°C. Mezi škroby s nejnižšími teplotami mazovatění patří žitný škrob.

Po ochlazení dojde k vytvoření pružného škrobového gelu, který je hlavním nositelem vláčnosti a obsažené vody ve střídaném výrobku. V tom spočívá jeden ze dvou hlavních významů škrobu pro pekařský výrobek. Druhý význam představuje škrob jako zdroj zkrasitelných cukrů pro kvasinky při kypření těsta [4].

### **2.5.3.2 Enzymové odbourávání škrobu**

Škrob může být biochemicky hydrolyzován tzv. amylolytickými enzymy, amylasami. Jde o enzymy třídy hydrolas, které katalyzují hydrolytické štěpení glykosidových vazeb mezi molekulami glukosy v polymerních řetězcích molekul amylosy a amylopektinu.

$\alpha$ -amylasa je enzym, který způsobuje štěpení molekul amylosy i amylopektinu v libovolném místě řetězce. V případě amylopektinu může odštěpovat monomerní jednotky jak z volných koncových řetězců, tak i dále ve větvené struktuře za vazbami  $\alpha$ -1,6. Její aktivita je ve zralých neporušených obilkách dosti nízká. Pokud však dojde k naklíčení zrna, ať již na poli během sklizně (tzv. porostlé obilí), nebo v důsledku chybného režimu skladování zrna, její aktivita silně vzroste. Obilí s narušeným škrobem, resp. z něho vymletá

mouka, mohou být pro zpracování zcela nevhodné, pokud poškození škrobu dosáhlo významného podílu. Pokud jsou v mouce již narušena zrna škrobu a vysoká aktivita  $\alpha$ -amylasy, dochází rychleji k hydrolyze škrobu již během fermentace v těstě, což má za následek příliš rychlou tvorbu nízkomolekulárních cukrů a lepivost těsta. Při pečícím procesu pak  $\alpha$ -amylasa, která má optimum aktivity při vyšších teplotách, silně naruší strukturu těsta, neboť narušený škrob nemá kapacitu k udržení dostatečného množství vody ve střídě. Pečivo má pak nekvalitní střídu (mazlavou či drobivou podle stupně poškození).

$\beta$ -amylasa působí naopak z vnějšku makromolekul amylosy a amylopektinu. Způsobuje proto postupné odštěpování molekul maltosy od konce polymerních řetězců. Při hydrolyze amylopektinu však  $\beta$ -amylasa není schopna překročit vazby  $\alpha$ -1,6, to znamená, že jej není schopna hydrolyzovat úplně a zbývá dále tímto enzymem nehydrolyzovatelný tzv.  $\beta$ -limitní dextrin [4].

### 2.5.3.3 Neškrobové polysacharidy

Celulosa je podobně jako škrob vybudována z polymerů tvořených řetězci glukosových jednotek, které jsou však spojeny vazbou  $\beta$ -1,4. Celulosa je zcela nerozpustná a za normálních teplot ani výrazně nebobtná. Pokud je v různě drcené nebo rozemleté formě (upravené otruby) přidávána do těsta, snižuje vaznost vody a pevnost a pružnost těsta. Pro takové výrobky se většinou do mouky přidávají zlepšovací prostředky k posílení lepkové struktury, např. sušený lepek a kyselina askorbová. Mezi zlepšovacími prostředky se také nabízí celá řada derivátů a modifikátů celulosy, které mohou např. pevně vázat vodu i během zpracování těst a hmot za různých teplot, nebo vykazují vlastnosti podobně tukům a mohou být v těstech a hmotách použity jako jejich náhrada [4].

Pentosany jsou definovány jako polymery obsahující v molekulách podstatný podíl pentos (nejvíce arabinosy a xylosy), vedle kterých však obsahují i jiné sloučeniny. Jde o pestrou skupinu látek, které lze v zásadě rozdělit na pentosany nerozpustné ve vodě - tzv. hemicelulosa, jež doprovázejí celulosu v buněčných stěnách a na rozpustné pentosany, neboli slizy. Obsah pentosanu v obilovinách je velmi rozdílný. Obzvláště bohaté jsou na ně žitné mouky (4 - 7 %), ve srovnání např. s pšeničnými (1 - 3 %).

Strukturně jde hlavně o polysacharid arabinoxylan s lineárním základním řetězcem tvořeným jednotkami monosacharidu xylosy vázaných  $\beta$ -1,4 vazbami s odvětvenými krátkými řetězci arabinosy. Rozpustné pentosany, přestože v moukách nejsou zastoupeny ve vysokých koncentracích, mají svůj technologický význam. V těstě vytvářejí glykoproteiny, tedy sloučeniny sacharidů a bílkovin a mohou tak přispívat k tvorbě prostorové struktury žitných těst. Samotné žitné pentosany tvoří s vodou vysoce viskózní koloidní roztoky. Jsou schopny vázat na svůj hmotnostní podíl několikanásobné množství vody ve srovnání s lepkovými bílkoviny. Spolu se škrobem tvoří základ struktury žitných těst [4].

$\beta$ -glukany jsou rozpustné polysacharidy obsažené ve větší míře v ječmeni a ovsu. Jejich dnes již všeobecně rozšířený název nebyl zvolen šťastně, neboť přesný význam tohoto termínu znamená jakýkoliv polysacharid tvořený glukosovými jednotkami spojenými  $\beta$ -vazbami. Obecně vzato tedy zahrnuje i celulosu.

Ovesné a ječné rozpustné  $\beta$ -glukany se liší od celulosy tím, že přibližně 1/4 jednotek není připojena svým prvním uhlíkem v molekule na 4. uhlík sousední glukosové jednotky, ale je připojena na její 3. uhlík. Podíl vazeb  $\beta$ -1,4 a  $\beta$ -1,3 je tedy přibližně 3:1. To způsobuje, že tyto  $\beta$ -glukany mohou vytvářet vysoce viskózní gely. Hydrokoloidním vlastnostem  $\beta$ -glukanů

se přičítá mnoho pozitivních efektů ječných a ovesných mlýnských produktů. Efekty se projevují jednak na zvyšování a prodloužení vláčnosti výrobku s ječnou nebo ovesnou složkou, jednak v příznivém fyziologickém působení při trávení výrobku, obdobně jako vykazují žitné pentosany [4].

## 2.6 Lipidy obilovin

Obilná zrna jsou na lipidy poměrně chudá. Vyšší výskyt tuku je patrný v klíčcích. Z některých z nich se lisují oleje (kukuřičný olej), které jsou ceněny pro vysoký podíl nenasycených mastných kyselin [4].

Endosperm a tím i mouky chlebových obilovin obsahují maximálně do 2 % lipidů, především triacylglycerolů. Přes nízký obsah hrají lipidy zřejmě poměrně důležitou úlohu při tvorbě těsta. Bylo prokázáno, že zvyšující se podíl polárních lipidů má zlepšující vliv na objem pšeničného pečiva, zatímco při stoupajícím podílu nepolárních lipidů se objem snižuje. Závislosti ale nejsou lineární a zejména v nízkých množstvích původně přítomných lipidů (řádově  $10^{-1}$  %) tyto vztahy zcela neplatí. Značná část lipidů se při hnětení váže do struktury pšeničného lepku.

Kyseliny linolová, olejová a linolenová patří k těm nenasyceným mastným kyselinám, které podléhají velmi snadno oxidaci, což má za následek žluknutí mouky při delším skladování. Hydrolytické žluknutí tuku v mouce, které je katalyzováno přítomnou lipasou, se projevuje zvýšením kyselosti. Dochází k tomu i během dlouhodobého skladování mouk.

Z dalších lipidů je třeba zmínit lipofilní pigmenty. V obilovinách se vyskytují zejména karotenoidy, žlutá a oranžová barviva. Vyšší obsah těchto látek vykazují zejména pšenice *Triticum durum*, z níž se připravuje semolina - krupice pro výrobu těstovin. V pšeničné mouce pro výrobu bílého pečiva je vyšší obsah karotenoidu nežádoucí [4].

## 2.7 Minerály v rostlinném materiálu

Souhrnně označujeme minerální látky jako "popel", to znamená anorganický zbytek po spálení rostlinného materiálu. Tímto způsobem se souhrn minerálních složek obilovin také stanovuje. Obsah popela se v celých zrnech různých obilovin pohybuje v rozmezí cca 1,25 - 2,5 %, přičemž jeho koncentrace je nejvyšší v obalových vrstvách a nejnižší v endospermu. V běžně komerčně pěstované pšenici obecné se obsahy popela pohybují kolem 2 %. Obsah popela v mouce vzrůstá se stupněm vymletí (tj. s větším podílem podobalových případně obalových vrstev zrna v mouce) a je základem pro klasifikaci mouk a jejich označení typovým číslem, které je 1000 násobkem průměrného obsahu popela (např. mouka T 530 obsahuje 0,53 % popela, mouka T 1050 pak 1,05 %, přičemž se připouští vždy určité rozpětí obsahu kolem této hodnoty) [4].

Celé obilné zrna obsahuje větší množství minerálů v porovnání s pšeničnou moukou, což je způsobeno přítomností vnějších obalových vrstev, kde jsou minerály koncentrovány (tab. 2.3). Mezi obilnými moučnými produkty má ječmen největší obsah fosforu, vápníku, draslíku, hořčíku, sodíku, mědi, zinku a druhé místo v obsahu železa po prosu. Žito je bohaté na železo a mangan, zatímco proso má nejvyšší obsah železa, kobaltu, chrómu a druhé místo v obsahu vápníku. Čirok obsahuje nejnižší koncentrace všech minerálů, je malým zdrojem minerálů v porovnání s ječmenem a žitem [6].

Tab. 2.3 Složení minerálů (mg/kg) pšeničné mouky a celých obilných zrn [6]

minerál	tvrdá pšenice	měkká pšenice	ječmen	proso	žito	čirok
P	3 498	977,6	4 570	2 879	3 620	349,9
K	826,2	1 225	4 572	2 798	3 570	239,9
Mg	301,2	306,5	1 971	1 488	1 328	187,7
Ca	159,5	202,2	736,2	508,6	348,7	27,3
Na	46,0	38,4	238,4	60,89	67,2	4,6
Zn	30,8	7,6	74,2	65,9	30,6	3,1
Fe	13,2	13,9	128,4	199,8	44,0	10,6
Mn	5,2	8,1	9,2	8,1	24,4	1,2
Cu	1,4	1,6	5,7	3,4	2,9	0,2
Cr	0,1	0,001	0,9	7,7	0,7	0,8

## 2.8 Polyfenolické látky a antioxidační vlastnosti rostlin

### 2.8.1 Polyfenolické antioxidanty

Fenolické sloučeniny hodně rozšířené v léčivých rostlinách, koření, zelenině, ovoci, zrnech, luštěninách a dalších semenech jsou důležitou skupinou přírodních antioxidantů s potenciálním prospěšným účinkem na lidské zdraví. Mohou se účastnit ochrany před škodlivým působením reaktivních kyslíkových skupin, hlavně volných kyslíkových radikálů. Třebaže některé rostliny obsahující fenolické sloučeniny s důležitým příznivým zdravotním účinkem jsou využívány komerčně, je jejich konzumace dosti vzácná. Obvykle konzumovaná rostlinná strava, jako je zelenina, ovoce, cereálie a nápoje s nízkým (nebo žádným) obsahem alkoholu jsou nejdůležitějšími zdroji fenolických sloučenin z hlediska zdraví a ze strany konzumace celou populací [10].

V rostlinách se vyskytují strukturně velmi různorodé fenolové sloučeniny. Nejběžnějšími rostlinnými polyfenoly jsou flavonoidy, fenolové kyseliny a ligniny. V současnosti roste zájem o studium těchto přírodních látek, protože jejich příjem v potravě je dáván do souvislosti se snížením výskytu závažných degenerativních nemocí, jako je rakovina a kardiovaskulární choroby [11].

Polyfenoly lze rozdělit na fenolové kyseliny (kyselina benzoová a její deriváty, kyselina gallová a allagová), flavonoidy, stilbeny (resveratrol), lignany (matairesinol, sekoisolariciresinol).

Předpokládá se, že na protektivním účinku se podílí schopnost rostlinných polyfenolů zhaset reaktivní kyslíkové radikály a omezovat jejich tvorbu chelatací iontů přechodných kovů, především kationtů železa, které jsou schopny generovat vysoce reaktivní hydroxylové radikály. Polyfenoly chrání lipoproteiny o nízké hustotě před oxidační modifikací, která je považována za jeden z klíčových dějů při rozvoji aterosklerózy. Mohou také působit proti vzniku krevních sraženin a tímto způsobem snižovat riziko infarktu myokardu nebo mozkové mrtvice. Byla navržena řada mechanismů, kterými mohou polyfenoly přítomné v potravě člověka chránit před vznikem rakoviny. Tyto mechanismy zahrnují řadu účinků na úrovni přenosu signálů, které se uplatňují při kontrole buněčného cyklu, apoptózy a angiogeneze. Mohou se uplatnit také antiestrogenní účinky některých tříd polyfenolů, především isoflavonů, lignanů a stilbenů [11].



## 2.8.2 Flavonoidy

Flavonoidní látky neboli flavonoidy (Obr. 2.8, [9]) jsou velice rozsáhlou skupinou rostlinných fenolů obsahujících v molekule 2 benzenové kruhy spojené tříuhlíkovým řetězcem. Jedná se o uspořádání C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>. U většiny flavonoidů je C<sub>3</sub> řetězec součástí heterocyklického (pyrazolového) kruhu. Flavonoidy jsou tedy odvozeny od kyslíkaté heterocyklické sloučeniny 2H-chromenu, substituovaného v poloze C-2 fenylovou skupinou, který se nazývá flavan.

Běžně bývají všechny 3 kruhy substituovány hydroxyskupinami nebo methoxyskupinami a jednotlivé deriváty se liší pouze stupněm substituce a oxidace. Vyskytují se jako volné látky nebo častěji jako glykosidy. Podle stupně oxidace řetězce se rozeznávají následující základní struktury flavonoidů: katechiny (3-flavanoly), leukoanthokyanidiny (3,4-flavandioly), flavanony, flavanonoly, flavony, flavonoly a anthokyanidiny.

Ze strukturně příbuzných sloučenin (vesměs produktů biosyntézy a katabolismu flavonoidů) se dále rozeznávají: chalkony, dihydrochalkony a aurory [12].

### 2.8.2.1 Anthokyaniny

Anthokyaniny též nazývané anthokyaniny jsou nejrozšířenější a početně velice rozsáhlou skupinou rostlinných barviv. Mnoho druhů ovoce, zeleniny a květin vděčí za svoji atraktivní oranžovou, červenou, fialovou a modrou barvu, která zvyšuje jejich spotřebitelskou oblibu, právě této skupině ve vodě rozpustných barviv.

V potravinách má význam pouze 6 anthokyanidinů s hydroxyskupinou v poloze C-3. V sestupném pořadí podle četnosti výskytu to jsou kyanidin, pelargonidin, peonidin, delphinidin, petunidin a malvidin [12].

### 2.8.2.2 Flavanony a flavanonoly

Bezbarvé a světle žluté flavanony jsou v potravinách rozšířeny poměrně málo a jako barviva nemají téměř žádný význam. Ve vyšších koncentracích se nacházejí pouze v citrusovém ovoci (naringenin a hesperetin).

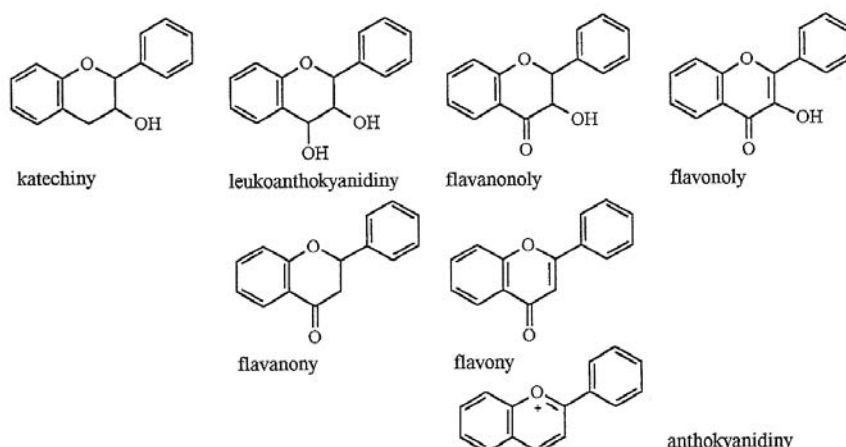
Flavanonoly ani jejich glykosidy nejsou příliš významné, neboť se v rostlinných materiálech nenacházejí ve vyšších koncentracích. Příkladem je taxifolin, který se ve větším množství vyskytuje v oříšcích podzemnice, jako složka pylů a spolu s dalšími flavanonoly dosti běžně v dalších rostlinách [12].

### 2.8.2.3 Flavony a flavonoly

Flavony jsou spolu s flavonoly nejrozšířenějšími žlutými pigmenty rostlin. Běžnými sloučeninami. Častými flavony jsou především apigenin a luteolin. Příkladem flavonů s methylovanými hydroxyskupinami je světle žlutý nibiletin vyskytující se u některých druhů mandarinek. Nejběžnější z C-glykosidů jsou isovitexin a orientin nacházející se např. v rýžových otrubách.

Téměř univerzálními flavonoly jsou kemferol, kvercetin a myricetin, které se vyskytují hlavně jako glykosidy a jako kopigmenty doprovázejí anthokyaniny. Mezi další významné flavonoly patří galangin, datiscetin, fisetin, robinetin, morin, herbacetin a gosypetin [12].

Obr. 2.8 Obecná struktura flavonoidních látek



### 2.8.3 Prokyanidiny

Prokyanidiny jsou široce zastoupeny v potravě, např. v ovoci, kakau a čaji. Vykazují rozmanité biologické aktivity jako např. antioxidační, protizánětlivé, antiaterosklerotické a antialergické účinky. Tudíž strava obsahující prokyanidiny je důležitá pro udržení a zlepšení zdraví. Přírodně se vyskytující prokyanidiny se skládají z komplexu směsí od dimerů po asi 15-merní sloučeniny s různými vazbami a stereochemickými rozdíly. Prokyanidiny jsou vysoce senzitivní na vzduch a izolace každé složky je tedy obtížná [13].

### 2.8.4 Kumariny

Kumarinů se v přírodních materiálech nachází více než 600. Vyskytují se nejčastěji jako směsi 10-20 příbuzných sloučenin zhruba ve 100 čeledích rostlin. Téměř všechny kumariny obsahují hydroxylovou skupinu v poloze C-7. Ostatní polohy mohou být rovněž oxidovány a hydroxylové skupiny bývají chráněny methylací nebo isoprenylací. V rostlinách se kumariny nejčastěji vyskytují jako glykosidy.

Typickým zástupcem kumarinů je umbelliferon (7-hydroxykumarin), eskuletin (6,7-dihydroxykumarin), skopoletin (7-hydroxy-6-methoxy-kumarin) a isofraxidin (6,8-dimethoxy-7-hydroxykumarin) [12].

#### 2.8.4.1 Isokumariny, furanokumariny a pyranokumariny

Vzácněji se v rostlinných materiálech vyskytují isokumariny (3,4-benzo-2-pyrony). Dihydroisokumariny jsou např. hydrangenol a fyllodulcin.

Poměrně běžně se v rostlinách vyskytují také furanokumariny. Rozlišují se dva základní typy: lineární (6,7-furanokumariny) a angulární (7,8-furanokumariny). Mezi lineární, tzv. psoralenový typ patří např. psoralen, bergaptol, bergapten, xanthotoxin, isopimpinellin. Mezi angulární, tzv. angelicinový typ řadíme angelicin, isobergapten, sfondin a pimpinellin.

V malém množství se vyskytují v rostlinné říši rovněž pyranokumariny jak lineárního (xanthiletin, xanthoxylethin, lukangetin a trachyfyllin), tak i angulárního typu (allowanthoxylethin, dipetalin a aviceunin).

#### 2.8.4.2 *Biologické účinky kumarinů*

Kumariny vykazují široké spektrum různých biologických účinků. Působí zejména jako vazodilatancia a antikoagulanty. Furanokumariny vykazují spasmolytické a vazodilatační účinky, mají estrogenní účinky, působí jako fotosenzibilizátory a vykazují tedy fototoxické účinky [12].

#### 2.8.5 *Antioxidanty v cereáliích*

Celá zrna a pšeničné mouky se významně liší v obsahu celkových fenolů v rozmezí od 501 do 562  $\mu\text{g/g}$  v pšeničných moukách a 879 až 4128  $\mu\text{g/g}$  v celých zrnech (tab. 2.7.4). Čirok má nejvyšší obsah celkových fenolů, zatímco ječmen nejnižší. Proso a žito jsou uprostřed v celkových fenolech ve srovnání s čirokem. Obsah celkových fenolů v zrnech ječmene a ovsu se nachází vyšší než v pšenici a žitu a nižší než v pohance [6].

Antioxidační vlastnosti celých zrn a pšeničných mouk byly vyhodnoceny na základě měření schopnosti antioxidační aktivity DPPH radikálů a ABTS radikálových kationů v methanolových extraktech zrn.

DPPH antioxidační aktivita po 10 minutách reakce byla podobná pro mouku z tvrdé a měkké pšenice – přibližně 4,3  $\mu\text{g/g}$  vzorku. Čirok byl mimořádně silný v testu s využitím DPPH radikálů (195,8  $\mu\text{g/g}$ ), následovalo proso a ječmen (23,8 a 21,0  $\mu\text{g/g}$ ). Žito mělo nejnižší antioxidační aktivitu mezi ostatními studovanými celými obilnými zrny (12,2  $\mu\text{g/g}$ ) [6].

Tab. 2.7.4 *Obsah celkových fenolů a antioxidační vlastnosti pšeničné mouky a celých obilných zrn [6]*

cereálie	celkové fenoly jako ekvivalent kyseliny gallové ( $\mu\text{g/g}$ )	DPPH antioxidační kapacita v 10 min ( $\mu\text{mol/g}$ )	ABTS antioxidační kapacita v 3 min ( $\mu\text{mol/g}$ )
tvrdá pšenice	562 $\pm$ 28,8	4,33 $\pm$ 0,17	8,8 $\pm$ 0,39
měkká pšenice	501 $\pm$ 25,5	4,17 $\pm$ 0,17	8,3 $\pm$ 0,31
ječmen	879 $\pm$ 24,0	21,00 $\pm$ 0,83	14,9 $\pm$ 0,61
proso	1 387 $\pm$ 13,3	23,83 $\pm$ 0,67	21,4 $\pm$ 0,43
žito	1 026 $\pm$ 16,9	12,17 $\pm$ 0,50	13,0 $\pm$ 0,48
čirok	4 128 $\pm$ 9,3	195,8 $\pm$ 8,82	51,7 $\pm$ 0,57

##### 2.8.5.1 *Antioxidanty v pohance*

Celá zrna pohanky byla mleta na 16 frakcí mouky použitím postupného mlecího zařízení a byl stanoven obsah fenolických sloučenin a antioxidační kapacita (DPPH antioxidační kapacita a ABTS antioxidační kapacita) každé frakce mouky. Obsah fenolů a flavonoidů ve volných a vázaných fenolických extraktech pohankových frakcí mouky se významně zvyšuje v pořadí od frakce s číslem 1 do frakce číslo 16.

Fenolické sloučeniny v pohance existují primárně ve volné formě, zatímco flavonoidy bývají v zrnech v nerozpustně vázané formě, vázané na buněčné stěny materiálů. Množství kyseliny ferulové a rutinu narůstá od 2,5 a 2,5  $\mu\text{g/g}$  mouky ve frakcích méně bohaté na fenoly do 609,5 a 389,9  $\mu\text{g/g}$  mouky fenolicky bohatších frakcí. Vyšší obsah fenolů u fenolicky bohatších frakcí vykazuje silnější antioxidační kapacitu než frakce méně bohaté na fenoly.

Mouka mletá z vnějších vrstev pohankových zrn s větším množstvím fenolických sloučenin a antioxidační kapacity mohou mít podstatné zdravotní výhody [14].

### 2.8.5.2 Antioxidanty v ovsu

Ovesné otruby poskytují širokou paletu výhod pro lidské zdraví, například jako sérum ke snížení cholesterolu, snížení koronárních srdečních onemocnění, snížení příznaků diabetu, snížení krevního tlaku, prevence rakoviny a obezity. Primární složky ovesných otrub pro zlepšení zdraví jsou  $\beta$ -glukany, avšak ovesné fenoly a ostatní antioxidanty také poskytují zdravotní užitek. Antioxidační kapacita ovsu je převážně způsobena přítomností tokoferolů, tokotrienolů, kyseliny fytové, flavonoidů a neflavonoidních fenolických sloučenin [15].

### 2.8.6 Antioxidanty v ovoci

Ovoce obsahuje různé antioxidační sloučeniny, např. vitamin C, vitamin E a karotenoidy. Vysokou antioxidační aktivitu získanou metodou ABTS (vyjádřeno jako  $\mu\text{mol Trolox ekvivalentů g}^{-1}$ ) jako mají vzorky ostružin (192  $\mu\text{mol/g}$ ) a borůvek (187  $\mu\text{mol/g}$ ). Naopak velice nízkou antioxidační aktivitu vykazuje avokádo (1  $\mu\text{mol/g}$ ), zelené fíky (3  $\mu\text{mol/g}$ ) a hrušky (4  $\mu\text{mol/g}$ ) [16].

Na ukázkou jsou v tabulce 2.7.5.1 uvedeny obsahy flavanolů a v tabulce 2.7.5.2 obsahy antokyaninů v některých druzích ovoce.

Tab. 2.7.5.1 Celkový obsah flavanolů [16]

vzorek	(mg/ 100 g suché váhy)
avokádo	0,24
meruňka	4,65
borůvka	44,46
švestka, Claudia	366
malina	69,1
jablko, Golden	39
jablko, Granny Smith	153
jablko, Renette	211
jablko, Red Delicious	251
hruška, blanquilla	3,54
hruška, conferencia	14,1
banán	0,26
bílé hrozny	4,99
červené hrozny	9,79

Tab. 2.7.5.2 Obsah antokyaninů [17]

vzorek	(mg/g hmotnosti)
borůvka	4,0 – 9,8
černý rybíz	0,3 – 4,0
červené hrozny	0,3 – 7,5
jahoda	0,2 – 0,9
brusinka	0,6 – 2,0

## 2.9 Vitaminy v obilovinách

Obecně je třeba říci, že endosperm obilovin je na vitaminy chudý. Vitaminy se vyskytují v jiných anatomických částech, zejména v obalových vrstvách a klíčku, v podstatně větším množství. Obiloviny je možno považovat za zdroj vitaminů skupiny B. Thiamin a riboflavin se vyskytují v obalových vrstvách většiny obilovin a v klíčcích. V moukách zbývá podle stupně vymletí jen cca 10 – 40 % původního obsahu vitaminů B skupiny v zrně. Kyselina nikotinová a nikotinamid, další z vitaminů skupiny B jsou ve vyšších množstvích přítomny v pšenici a ječmeni. Z ječného sladu se dostávají do piva, které je jejich bohatým zdrojem. Z lipofilních vitaminů, které řadíme též mezi lipidy, je třeba se zmínit o vitaminu E – tokoferolu, který se ve vysoké koncentraci vyskytuje v pšeničných klíčcích, z nichž se dokonce izoluje při výrobě vitaminových preparátů ve farmaceutickém průmyslu [4].

## 2.10 Minoritní aktivní složky obilovin

Obiloviny obsahují některé další složky v minimálním množství. Tři z těchto složek mohou být přesto významné. Cholin má velký význam pro neuromotorickou činnost našeho organismu. Jeho výhodným zdrojem je i nízkovymletá mouka, neboť je v obilném zrně rozložen dosti rovnoměrně. Kyselina para-aminobenzoová je významným růstovým faktorem a je obsažena nejvíce v obalových vrstvách [18].

Kyselina fytová jako hexafosforečný ester šestisytého cyklického alkoholu inositolu (přítomna spíše ve formě solí - fytátů hlavně v obalových vrstvách) má schopnost vázat na 1 svou molekulu 6 atomů vápníku, hořčíku či dvojmocného železa. Tyto sloučeniny nejsou v lidském organismu rozložitelné, a tudíž takto vázané kovy nejsou již využitelné. V posledních letech se objevily zprávy o jejím ochranném účinku proti rakovině [18].

Kyselina fytová byla určena v cereáliích (otrubách, moukách a mletých pšeničných produktech). Metoda byla založena na komplexometrické titraci zbylého železa (III) po srážení kyselinou fytovou. Obilné mouky vykazují hodnoty v rozsahu 3 – 4 mg/g pro měkkou pšenici, 9 mg/g pro tvrdou pšenici a 22 mg/g u celé pšenice. Mouky z kukuřice, prosa a čiroku obsahují průměrně 10 mg/g a oves, rýže, žito a ječmen mezi 4 a 7 mg/g. Pšeničné otruby mají široký rozsah (25 – 58 mg/g). Obsah kyseliny fytové v ovesných otrubách byl poloviční než u pšeničných otrub a vyšší než u rýžových otrub [19].

## 3 PRAKTICKÁ ČÁST

### 3.1 Použité chemikálie, přístroje a materiál

#### 3.1.1 Použité chemikálie

Folin-Ciocalteuovo činidlo (Vitrum)

uhličitan sodný, p.a. (Vitrum)

dusitan sodný, p.a. (Vitrum)

chlorid hlinitý, p.a. (Vitrum)

hydroxid sodný, p.a. (Vitrum)

methanol pro HPLC (Sigma, Riedel-de-Haen)

„Total antioxidant status kit“ (Randox Laboratories, USA)

Somogyi-Nelsonovo činidlo I, II a III

n-butanol, p.a. (Sigma)

kyselina octová, p.a. (Vitrum)

roztoky standardů mono- a oligosacharidů (Sigma; 3 - 5% roztoky konzervované CHCl<sub>3</sub>)

#### 3.1.2 Přístroje

Sestava HPLC (firma ECOM, spol s r.o., ČR):

- programátor gradientu GP5
- vysokotlaké čerpadlo LCP 4020
- dávkovací analytický ventil smyčkový C R54157
- termostat kolon LCO 101
- spektrofotometrický detektor LCD 2084
- integrátor DataApex CSW verze 1.7

UV/VIS spektrofotometr Helios α, (Unicam, GB)

Analytické váhy BOECO (SRN)

Centrifuga U-32R BOECO (SRN)

Předvážky Kern 440-43, Kern & Sohn GmbH (SRN)

Ultrazvuková lázeň PS02000 (Powersonic s r.o., SR)

#### 3.1.3 Materiál

Na stanovení byly použity myslí tyčinky značky FIT. Výrobce: ÚSOVSKO a.s., Klopina č. 33, 789 73, Česká republika.

##### ▪ Müsli tyčinka se švestkami

- Složení: škrobový sirup, ovesné a pšeničné vločky, švestky 12,5 %, jablka, extrudované obilniny (rýže, pšenice), ztužený rostlinný tuk, lískové ořechy, emulgátor sojový lecitin E322, přírodně identické aroma.
- 100 g výrobku obsahuje: energetická hodnota 1 666 kJ (395 kcal), bílkoviny 6,3 g, sacharidy 69,3 g a tuky 10,3 g.

- Müsli tyčinka šťavnatá
  - Složení: škrobový sirup, ovesné a pšeničné vločky 22 %, jablka 13 %, rozinky 13 %, ztužený rostlinný tuk, extrudovaná kukuřice, lískové oříšky, meruňky, emulgátor sojový lecitin, aroma.  
Může obsahovat stopy kešu oříšků.
  - Průměrné výživové hodnoty ve 100 g výrobku: energetická hodnota 1 740 kJ (412 kcal), bílkoviny 5,9 g, sacharidy 68,0 g a tuky 13,0 g.
  
- Müsli tyčinka s meruňkami
  - Složení: škrobový sirup, ovesné, pšeničné a sójové vločky, meruňky 14 %, jablka, ztužený rostlinný tuk, extrudovaná kukuřice, emulgátor sojový lecitin, aroma.  
Může obsahovat stopy lískových a kešu oříšků.
  - 100 g výrobku obsahuje: energetická hodnota 1 462 kJ (346 kcal), bílkoviny 5,4 g, sacharidy 62,7 g a tuky 8,2 g.
  
- Müsli tyčinka s chutí malin
  - Složení: škrobový sirup, ovesné a pšeničné vločky, rozinky, extrudovaná kukuřice, malinový granulát 5,9 % (glukózový sirup, cukr, maliny, zahušřovadlo E401), ztužený rostlinný tuk, jablka, sójová krupice, emulgátor sojový lecitin, aroma.  
Může obsahovat stopy lískových a kešu oříšků.
  - 100 g výrobku obsahuje: energetická hodnota 1 510 kJ (358 kcal), bílkoviny 5,8 g, sacharidy 64,3 g a tuky 8,6 g.
  
- Müsli tyčinka s tropickým ovocem
  - Složení: škrobový sirup, ovesné a pšeničné vločky, jablka, směs tropického ovoce 16,7 % (papaja, ananas, fíky), extrudovaná rýže a kukuřice, ztužený rostlinný tuk, emulgátor sojový lecitin, aroma.  
Může obsahovat stopy lískových a kešu oříšků.
  - 100 g výrobku obsahuje: energetická hodnota 1 513 kJ (358 kcal), bílkoviny 4,2 g, sacharidy 70,2 g a tuky 6,7 g.
  
- Müsli tyčinka s borůvkovými kostkami a polevou s chutí borůvek
  - Složení: škrobový sirup, poleva s chutí borůvek 23 % (cukr, ztužený rostlinný tuk, sušené mléko odtučněné, sušená syrovátka, emulgátor sojový lecitin a E476, aroma, kyselina citrónová, červené barvivo E124, modré barvivo E133, sůl), ovesné vločky 10,5 %, extrudovaná kukuřice, borůvky kostky 6,7 % (ovocný koncentrát 39 % /jablka, borůvky/, fruktoglukózový sirup, cukr, zvlhčovalo /glycerol/, pšeničná vláknina, rostlinný tuk, přírodní barvivo, želírující látka /pektin/, aroma), švestky, kukuřičné lupínky (kukuřice, cukr, sladový výtažek, sůl), sójová krupice, ztužený rostlinný tuk, aroma, emulgátor sojový lecitin, kyselina citrónová.  
Může obsahovat stopy lískových a kešu oříšků.
  - Průměrné výživové hodnoty ve 100 g výrobku: energetická hodnota 1 722 kJ (409 kcal), bílkoviny 5,4 g, sacharidy 67,7 g a tuky 12,9 g.
  
- Müsli tyčinka s hruškami
  - Složení: škrobový sirup, ovesné a pšeničné vločky 25,6 %, jablka, hrušky 8,5 %, extrudovaná kukuřice, ztužený rostlinný tuk, meruňky, rozinky, emulgátor sojový lecitin, aroma.

Může obsahovat stopy lískových a kešu oříšků.

- Průměrné výživové hodnoty ve 100 g výrobku: energetická hodnota 1 539 kJ (365 kcal), bílkoviny 4,5 g, sacharidy 66 g a tuky 9,2 g.

- Müsli tyčinka cereální

- Složení: škrobový sirup, ovesné a pšeničné vločky, rozinky, slunečnice, extrudovaná kukuřice, jablka, sójová drť, ztužený rostlinný tuk, emulgátor sojový lecitin E322.
- 100 g výrobku obsahuje: energetická hodnota 1 688 kJ (400 kcal), bílkoviny 8,3 g, sacharidy 66,2 g a tuky 11,4 g.

- Müsli tyčinka s pomerančovými kostkami

- Složení: škrobový sirup, papaja, extrudovaný amarant, sójové vločky, cornflakes, pomerančové kostky 8,7 %, ztužený rostlinný tuk, jablka, lískové oříšky, sojový lecitin E322, přírodní aroma, kyselina citronová E330.
- 100 g výrobku obsahuje: energetická hodnota 1 682 kJ (399 kcal), bílkoviny 5,9 g, sacharidy 70,4 g a tuky 10,4 g.





### 3.2 Příprava vzorků

Nejprve byla z borůvkové müsli tyčinky odstraněna poleva. Pak byly všechny tyčinky zpracovávány stejným způsobem. Vzorek müsli tyčinky byl pomocí tloučku v třecí misce rozetřen s vodou. Směs byla následně přefiltrována přes gázu a poté přes filtrační papír. Takto připravený filtrát byl následně použit ke stanovení celkových polyfenolů, celkových flavonoidů a celkové antioxidační kapacity, katechinů, redukujících cukrů a sacharidů.

### 3.3 Analýza celkových polyfenolů

Stanovení obsahu celkových polyfenolů bylo provedeno spektrofotometrickou metodou s Folin-Ciocaltauovým činidlem. Nejprve byl připraven roztok nasyceného uhličitanu sodného (7,5 g  $\text{NaCO}_3$  a 95 ml vody) a zředěný vodný roztok Folin-Ciocaltauova činidla v poměru 1:9.

Do zkumavky bylo napipetováno vždy 1 ml zředěného Folin-Ciocaltauova činidla, 1 ml destilované vody a 100  $\mu\text{l}$  vzorku. Roztok ve zkumavkách byl promíchán a ponechán stát. Po pěti minutách bylo do každé zkumavky k roztoku přidáno po 1 ml nasyceného roztoku uhličitanu sodného a opět bylo vše dobře promícháno. Po 15 minutách byla změřena absorbance pomocí UV/VIS spektrofotometru Helios při  $\lambda = 750 \text{ nm}$  proti slepému vzorku (kde namísto 100  $\mu\text{l}$  vzorku bylo použito 100  $\mu\text{l}$  destilované vody). Množství celkových polyfenolů (mg/ml) ve vzorku bylo vypočítáno dosazením získané absorbance vzorku do rovnice kalibrace, která byla sestrojena pro standardní roztok kyseliny gallové.

### 3.4 Analýza celkových flavonoidů

Celkové flavonoidy byly stanoveny spektrofotometricky reakcí s hlinitou solí a dusitanem. Před vlastním měřením byly připraveny roztoky 5% dusitanu sodného, 10% chloridu hlinitého a 1 mol/l hydroxidu sodného.

Do zkumavek bylo vždy napipetováno 1 ml vzorku a 1,5 ml destilované vody. Nyní byl ke každému vzorku přidán 5% roztok dusičnanu sodného a vše bylo důkladně promícháno a ponecháno 5 minut stát. Poté bylo přidáno 0,2 ml 10% roztoku chloridu hlinitého, opět bylo vše důkladně promícháno a ponecháno 5 minut stát. Nyní byl přidán 1,5 ml roztoku NaOH a 1 ml destilované vody. Po 15 minutách byla změřena absorbance pomocí UV/VIS spektrofotometru Helios při  $\lambda = 510 \text{ nm}$  proti slepému vzorku – fyziologickému roztoku.

### 3.5 Stanovení antioxidační aktivity metodou ABTS

Celková antioxidační kapacita byla změřena metodou ABTS a stanovena podle návodu kitu („Total antioxidant status“, TAS; diagnostická souprava firmy Randox, USA). Antioxidační kapacita zde byla stanovena na základě schopnosti vzorku vychytávat radikály  $\text{ABTS}^{\bullet+}$  (2,2'-azino-di-(3-ethylbenzthiazolin sulfonát)), které mají modro-zelené zbarvení přímo úměrné jejich koncentraci. Radikály vznikají reakcí ABTS s peroxidasou (metmyoglobin) a peroxidem vodíku. Koncentrace byla měřena spektrofotometricky vždy dvakrát, před zahájením vlastní reakce ( $A_1$ ) a přesně 3 minuty po zahájení reakce ( $A_2$ ) při vlnové délce  $\lambda = 600 \text{ nm}$ . Antioxidační kapacita vzorků byla poté porovnána s antioxidační kapacitou standardu (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-karboxylová kyselina - trolox) a slepého vzorku podle rovnice:

$$\Delta A = A_2 - A_1 \quad (3.1)$$

$$c = \frac{c_{st}}{(\Delta A_{slepý\ vzorek} - \Delta A_{standard})} \cdot (\Delta A_{slepý\ vzorek} - \Delta A_{vzorek}) \quad (3.2)$$

kde  $c_{st}$  je počáteční koncentrace standardu,  $c$  výsledná antioxidační kapacita v mmol/l,  $\Delta A$  rozdíl absorbancí vzorku, standardu nebo slepého vzorku [20].

### 3.6 Stanovení katechinů metodou HPLC

Müsli tyčinka byla rozetřena s vodou, směs byla zfiltrována a odstředěna. Vodný supernatant byl použit přímo jako vzorek pro HPLC analýzu. Chromatografie probíhala na nerezové koloně Nucleosil (250 x 4,6 mm) naplněné reversní fází C18 (5  $\mu$ m) při 30 °C. Izokratická eluce byla prováděna mobilní fází o složení 45 % methanol a 55 % voda při rychlosti průtoku 0,75 ml/min. Objem dávkovací smyčky byl 20  $\mu$ l a detekce byla prováděna spektrofotometricky při 280 nm.

### 3.7 Stanovení redukujících cukrů dle Somogyi-Nelsona

Redukující cukry byly stanoveny spektrofotometricky pomocí Somogyi-Nelsonových činidel. Nejprve bylo připraveno Somogyi-Nelsonovo činidlo I (Seignettova sůl: 24 g bezvodého  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ; 16 g  $\text{NaHCO}_3$ ; 12 g vlnanu sodno-draselného; 800 ml vody), Somogyi-Nelsonovo činidlo II (4 g  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ ; 24 g bezvodého  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ; 200 ml vody) a Somogyi-Nelsonovo činidlo III (25 g molybdenanu amonného ve 450 ml vody; 21 ml koncentrované  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; 3 g  $\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$  v 25 ml vody).

Do zkumavek bylo napipetováno vždy 1 ml vzorku a 1 ml směsi Somogyi-Nelsonova činidla I a II v poměru 4:1. Roztoky byly povařeny 10 minut ve vodní lázni, ochlazeny a přidáno 0,5 ml Somogyi-Nelsonova činidla III. Vzorky byly intenzivně promíchány, doplněny vodou na 10 ml a proměřena absorbance proti slepému vzorku při 720 nm [21].

### 3.8 Stanovení sacharidů tenkovrstevnou chromatografií

Nejprve byla připravena vyvíjecí směs, kterou tvořil butanol, kyselina octová a destilovaná voda v poměru 4:1:5. Na startovní čáru silufolové desky byly několikrát naneseny standardy a vzorky. Jako standardy byly použity 2% roztoky laktosy, fruktosy, glukosy, galaktosy, sacharosy, maltosy, xylosy, arabinosy a rhamnosy stabilizované  $\text{CHCl}_3$ . Chromatografická deska byla vložena do chromatografické kolony a ponechána vyvíjet. Po vyjmutí byla vysušena v sušárně, poté byla postříkána detekčním činidlem, které obsahovalo směs difenylaminu, anilinu, acetonu a kyseliny fosforečné. Deska byla znovu sušena v sušárně při 95°C asi 10 minut, až se vyvinuly barevné skvrny sacharidů [21].

## 4 VÝSLEDKY

### 4.1 Analýza celkových polyfenolů

Fotometricky byly stanoveny celkové polyfenoly u 4 kusů müsli tyčinek každého analyzovaného druhu (viz kap. 3.1.3). Na přípravu extraktu bylo naváženo vždy 13 g müsli tyčinky a rozetřeno ve 30 ml vody. Vzorky byly proměřeny postupem uvedeným v předchozí kapitole (viz kap. 3.3), každý extrakt tyčinky byl proměřen třikrát a ze získaných hodnot byl vypočten průměr a směrodatná odchylka.

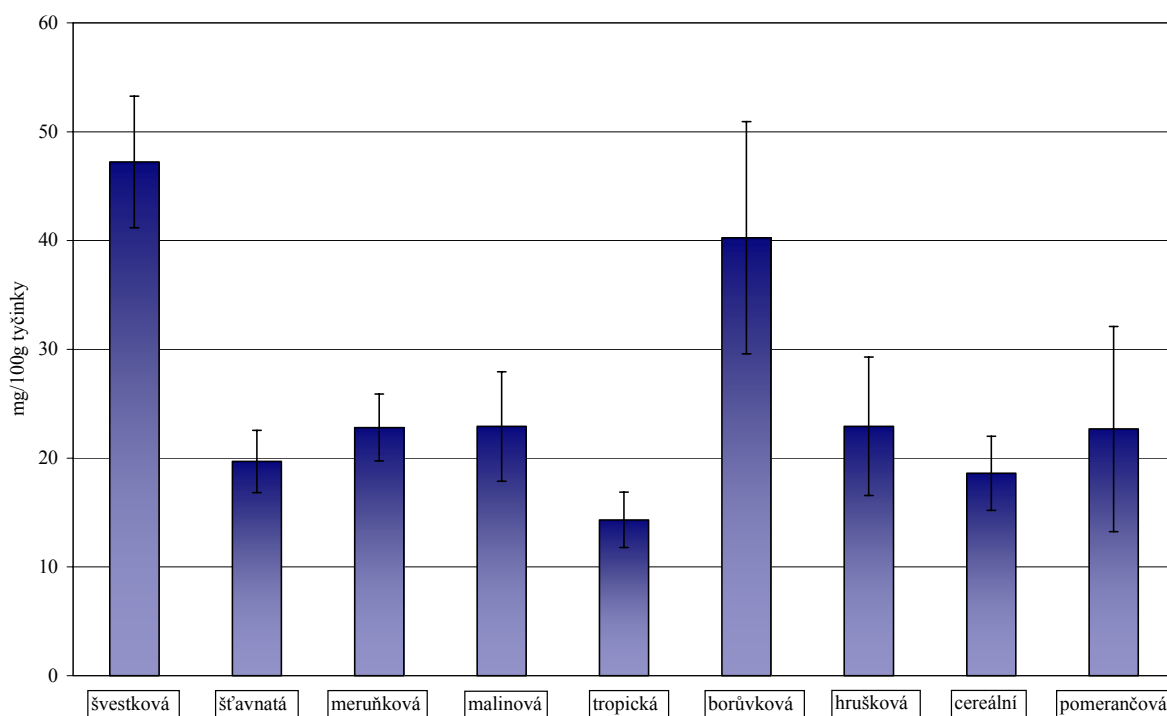
$$\text{Rovnice kalibrace: } A = 1,4974 \cdot c \quad (4.1)$$

Jako standard byl použit roztok kyseliny gallové ve vodě. Naměřené hodnoty celkových polyfenolů získaných výpočtem dosazením do rovnice 4.1 jsou uvedeny v tab. 4.1 a znázorněny v grafu 4.1.

Tab. 4.1 Průměrný obsah celkových polyfenolů u jednotlivých příchutí müsli tyčinek

příchuť tyčinky	obsah celkových polyfenolů (mg / 100 g tyčinky)			
	1	2	3	4
švestková	42,49 ± 0,79	41,72 ± 0,49	50,80 ± 0,68	53,86 ± 0,28
šťavnatá	18,38 ± 0,34	18,84 ± 0,35	17,64 ± 0,26	23,92 ± 0,24
meruňková	19,14 ± 0,63	21,48 ± 0,32	24,74 ± 0,42	25,89 ± 0,23
malinová	28,68 ± 0,42	24,77 ± 0,39	21,32 ± 0,41	16,86 ± 0,31
tropická	14,57 ± 0,19	11,22 ± 0,42	14,06 ± 0,50	17,44 ± 0,46
borůvková	54,65 ± 0,24	41,85 ± 0,73	33,53 ± 0,24	30,98 ± 0,63
hrušková	28,22 ± 0,39	17,49 ± 0,65	28,64 ± 0,88	17,33 ± 0,32
cereální	20,97 ± 0,49	20,12 ± 0,08	19,76 ± 0,97	13,54 ± 0,56
pomerančová	27,88 ± 0,60	12,22 ± 0,90	32,92 ± 0,95	17,67 ± 0,31

Graf 4.1 Obsah celkových polyfenolů u jednotlivých müsli tyčinek



Průměrné hodnoty celkových polyfenolů se pohybovaly v rozmezí od 11,22 do 54,65 mg/100 g müsli tyčinky. Nejvyšší obsah celkových polyfenolů v analyzovaných müsli tyčinkách byl naměřen u švestkové a borůvkové tyčinky. Tyto druhy tyčinek mají výrazně vyšší obsah polyfenolů než ostatní druhy tyčinek, což je pravděpodobně způsobeno vyšším obsahem polyfenolů ve švestkách, borůvkách a dalších složkách oproti ostatním tyčinkám. Téměř stejný obsah celkových polyfenolů, avšak poloviční než u předchozích tyčinek, byl naměřen u tyčinek s příchutí hruškovou, malinovou, meruňkovou a pomerančovou. Nejnižší množství polyfenolů bylo zjištěno u cereální, šťavnaté a tropické müsli tyčinky.

## 4.2 Analýza celkových flavonoidů

Reakcí s hlinitou solí a dusitanem a následným fotometrickým stanovením byly zjištěny koncentrace celkových flavonoidů ve 4 kusech müsli tyčinek různých příchutí. Na přípravu extraktu bylo naváženo 13 g müsli tyčinky a rozetřeno ve 30 ml vody. Každý extrakt tyčinky byl proměřen třikrát a ze získaných hodnot byl vypočten průměr a směrodatná odchylka.

$$\text{Rovnice kalibrace: } A = 3,1541 \cdot c \quad (4.2)$$

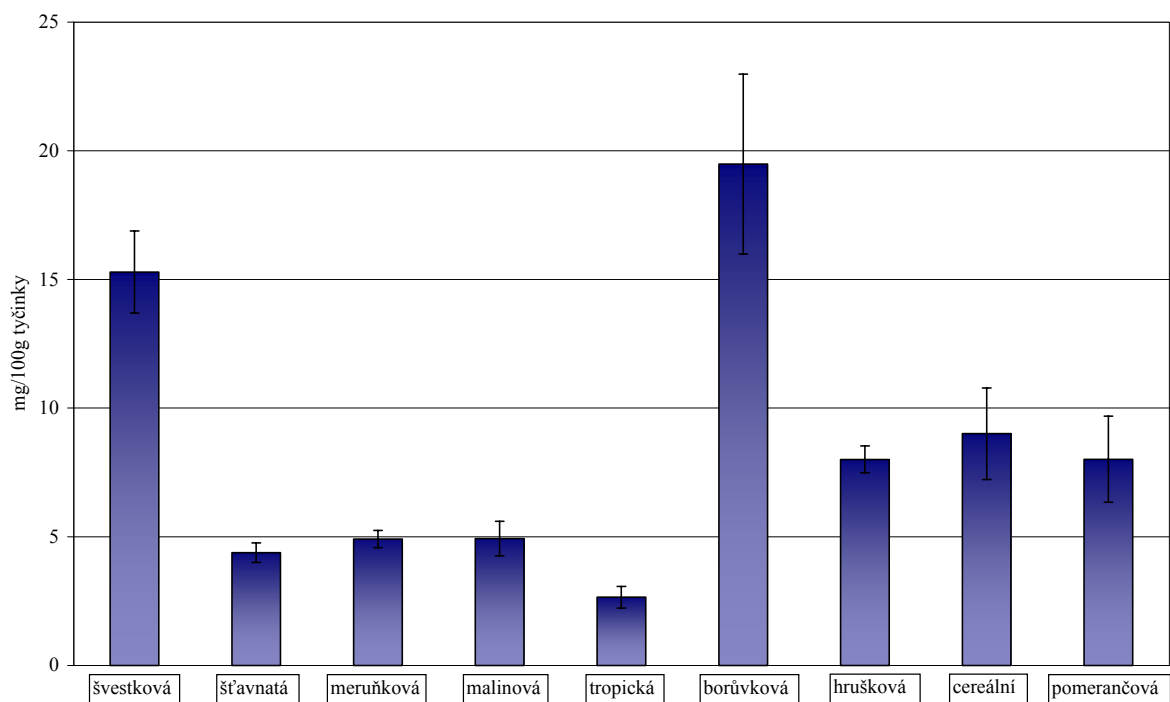
Jako standard byl použit katechin.

Vypočítané hodnoty celkových polyfenolů podle rovnice 4.2 jsou uvedeny v tab. 4.2.

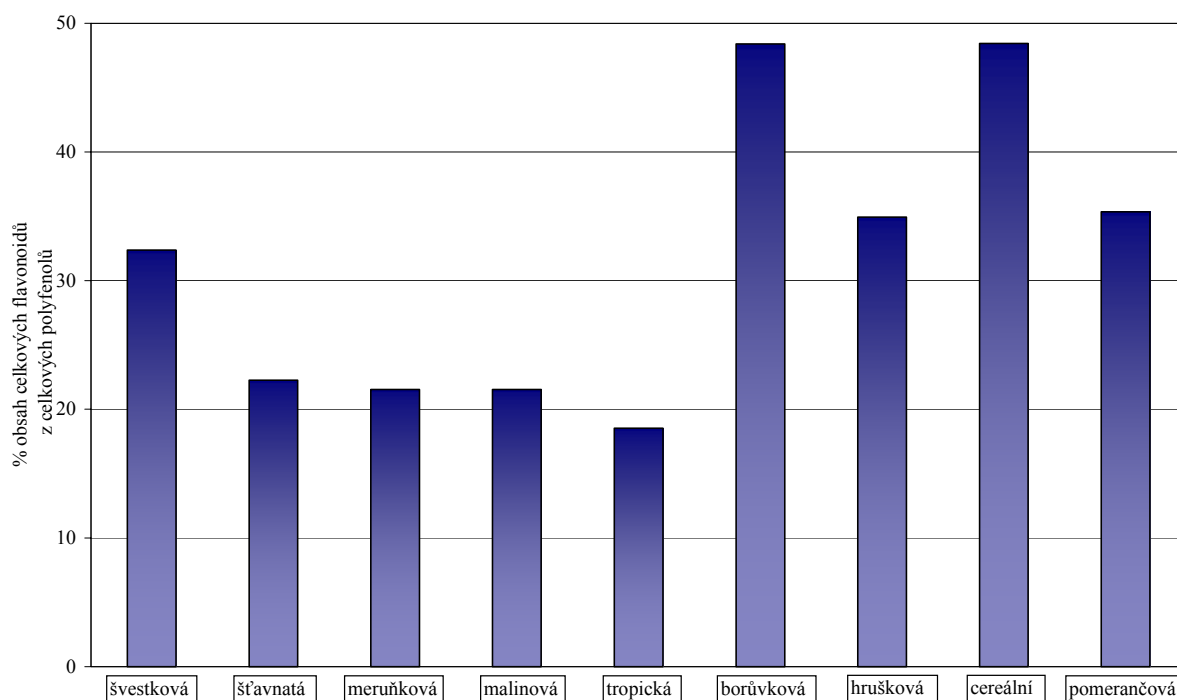
Tab. 4.2 Průměrný obsah celkových flavonoidů u jednotlivých příchutí müsli tyčinek

příchut' tyčinky	celkové flavonoidy (mg / 100 g tyčinky)				% obsah celkových flavonoidů z celkových polyfenolů
	1	2	3	4	
švestková	15,09 ± 0,09	13,13 ± 0,07	16,72 ± 0,09	16,21 ± 0,08	32,4
šťavnatá	4,71 ± 0,04	3,92 ± 0,04	4,23 ± 0,05	4,67 ± 0,09	22,3
meruňková	5,13 ± 0,08	4,57 ± 0,02	5,26 ± 0,02	4,69 ± 0,06	21,5
malinová	5,69 ± 0,12	5,31 ± 0,07	4,30 ± 0,13	4,44 ± 0,11	21,5
tropická	2,67 ± 0,11	2,10 ± 0,06	3,12 ± 0,16	2,72 ± 0,08	18,5
borůvková	24,04 ± 0,08	20,01 ± 0,07	18,05 ± 0,12	15,81 ± 0,08	48,4
hrušková	7,49 ± 0,07	7,68 ± 0,12	8,24 ± 0,07	8,62 ± 0,13	34,9
cereální	8,19 ± 0,07	10,76 ± 0,14	10,16 ± 0,10	6,91 ± 0,12	48,4
pomerančová	7,27 ± 0,08	6,20 ± 0,12	10,08 ± 0,11	8,51 ± 0,17	35,4

Graf 4.2 Obsah celkových flavonoidů u jednotlivých müsli tyčinek



Graf 4.3 % obsah celkových flavonoidů z celkových polyfenolů



Naměřené hodnoty celkových flavonoidů se pohybovaly v rozmezí od 2,10 do 24,04 mg/100 g müsli tyčinky. Nejvyšší obsah flavonoidů v analyzovaných müsli tyčinkách byl naměřen u borůvkové a švestkové tyčinky. Tyto příchutě tyčinek mají výrazně vyšší obsah celkových flavonoidů než ostatní tyčinky, což je pravděpodobně způsobeno vyšším obsahem flavonoidů ve borůvkách, švestkách a dalších složkách tyčinky oproti ostatním tyčinkám.

Naměřené koncentrace celkových flavonoidů jsou vždy menší než hodnoty koncentrací celkových polyfenolů. Při porovnání obsahu celkových flavonoidů z celkových polyfenolů se hodnoty významně liší podle druhu tyčinky. Z tabulky 4.2 je patrné, že u některých druhů tyčinek představují flavonoidy podstatnou část celkových polyfenolů, např. 48,4 % u borůvkové a cereální tyčinky. Naopak u tropické tyčinky tvoří flavonoidy pouze 18,5 % z celkových polyfenolů.

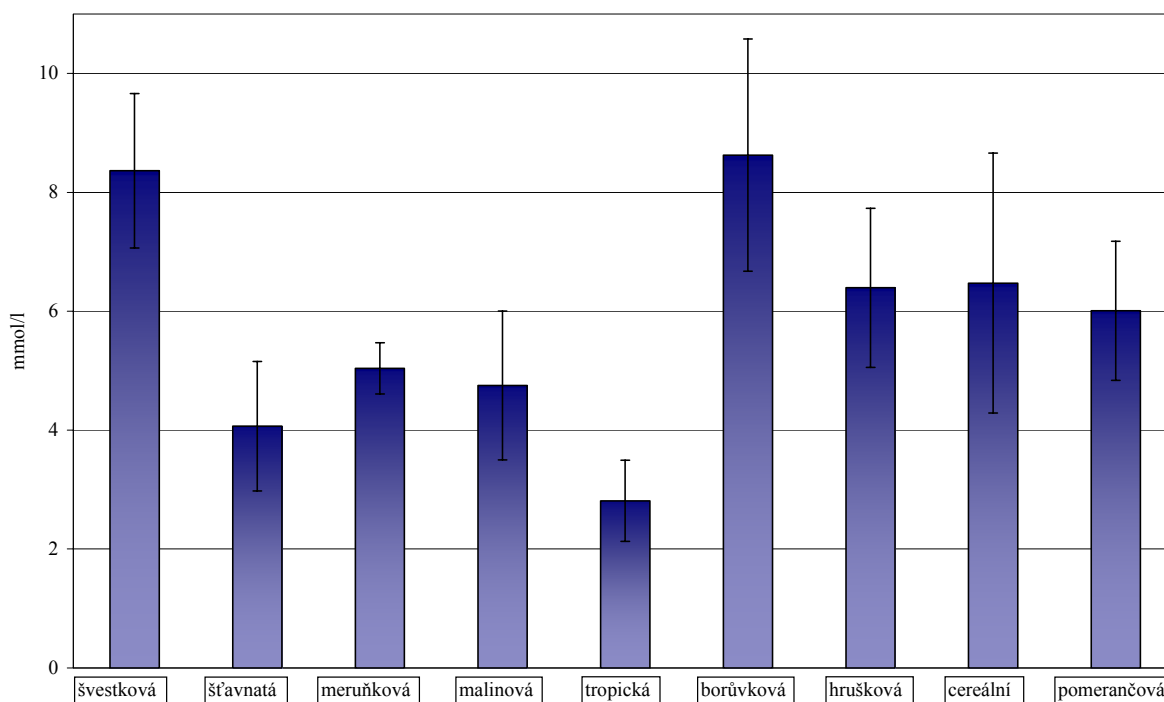
### 4.3 Stanovení celkové antioxidační aktivity metodou ABTS

Celková antioxidační kapacita byla měřena pomocí doporučení výrobce diagnostické soupravy Radox v devíti druzích müsli tyčinek (viz kap. 3.1.3). Na přípravu extraktu bylo naváženo 13 g müsli tyčinky a rozetřeno ve 30 ml vody. Od každé příchutě tyčinky byly jednou proměřeny 4 kusy.

Tab. 4.3 Průměrný obsah antioxidační kapacity u jednotlivých příchutí müsli tyčinek

příchuť tyčinky	ABTS (mmol / l / 100 g tyčinky)			
	1	2	3	4
švestková	10,31	7,84	7,56	7,75
šťavnatá	3,94	5,30	2,67	4,35
meruňková	4,84	5,59	4,59	5,13
malinová	3,02	5,30	4,75	5,94
tropická	2,05	3,27	2,43	3,50
borůvková	9,58	10,33	8,72	5,87
hrušková	6,51	7,32	7,28	4,47
cereální	6,87	7,23	8,44	3,35
pomerančová	7,39	4,85	6,54	5,26

Graf 4.4 Antioxidační aktivita u jednotlivých müsli tyčinek



Antioxidační aktivita se pohybovala v rozmezí od 2,05 do 10,33 mmol/l/100 g müsli tyčinky. Naměřené hodnoty celkové antioxidační kapacity byly nejvyšší u borůvkové a švestkové tyčinky. Nižší u cereální, hruškové a pomerančové tyčinky. Hodnoty celkové antioxidační aktivity odpovídají více hodnotám celkových flavonoidů než hodnotám celkových polyfenolů.

#### 4.4 Stanovení katechinů pomocí HPLC

Katechiny byly stanoveny podle postupu uvedeného v kapitole 3.6. Na přípravu extraktu bylo naváženo 13 g müsli tyčinky a rozetřeno ve 30 ml vody. Z katechinů byly stanoveny

prokyanidin B2, kyselina chlorogenová, katechin, epikatechin a floridzin. Rovnice kalibrační křivky byly převzaty z paralelně měřené diplomové práce na stejné koloně a za stejných chromatografických podmínek [22].

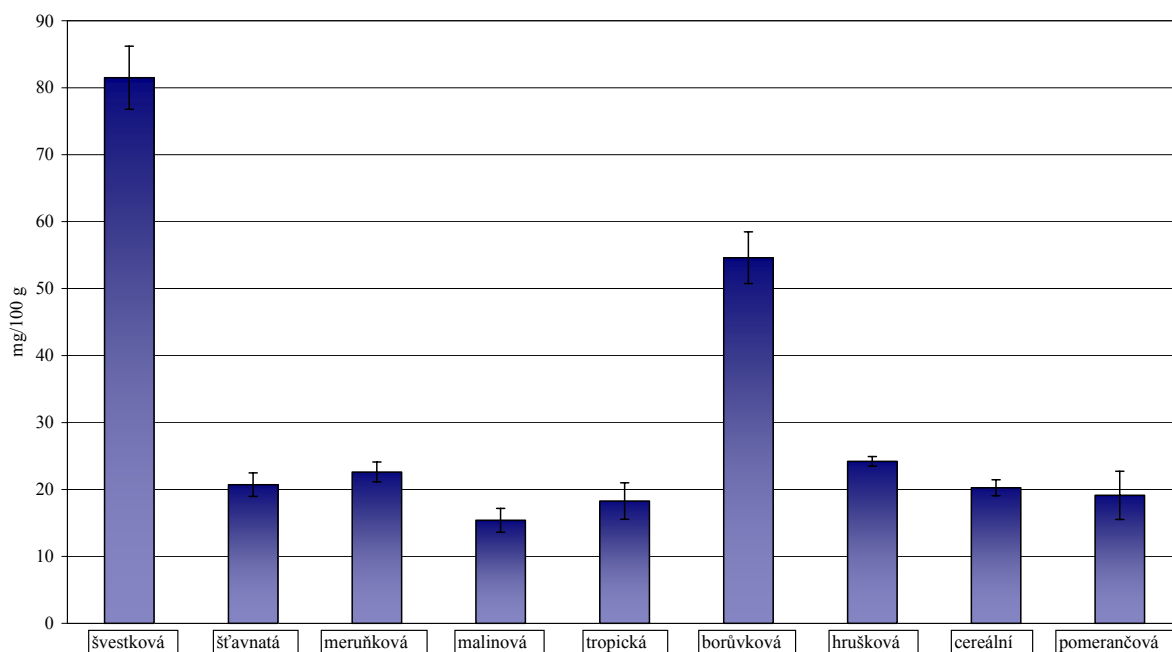
Tab. 4.4 Kalibrační závislosti standardů

standard	rovnice kalibrační křivky
prokyanidin B2	$y \text{ (mV.s)} = 30,493 \cdot x \text{ (}\mu\text{g/ml)}$
kyselina chlorogenová	$y \text{ (mV.s)} = 117,47 \cdot x \text{ (}\mu\text{g/ml)}$
katechin	$y \text{ (mV.s)} = 44,588 \cdot x \text{ (}\mu\text{g/ml)}$
epikatechin	$y \text{ (mV.s)} = 64,5737 \cdot x \text{ (}\mu\text{g/ml)}$
floridzin	$y \text{ (mV.s)} = 141,37 \cdot x \text{ (}\mu\text{g/ml)}$

Tab. 4.5 Obsah stanovených katechinů v müsli tyčinkách (mg/100 g tyčinky)

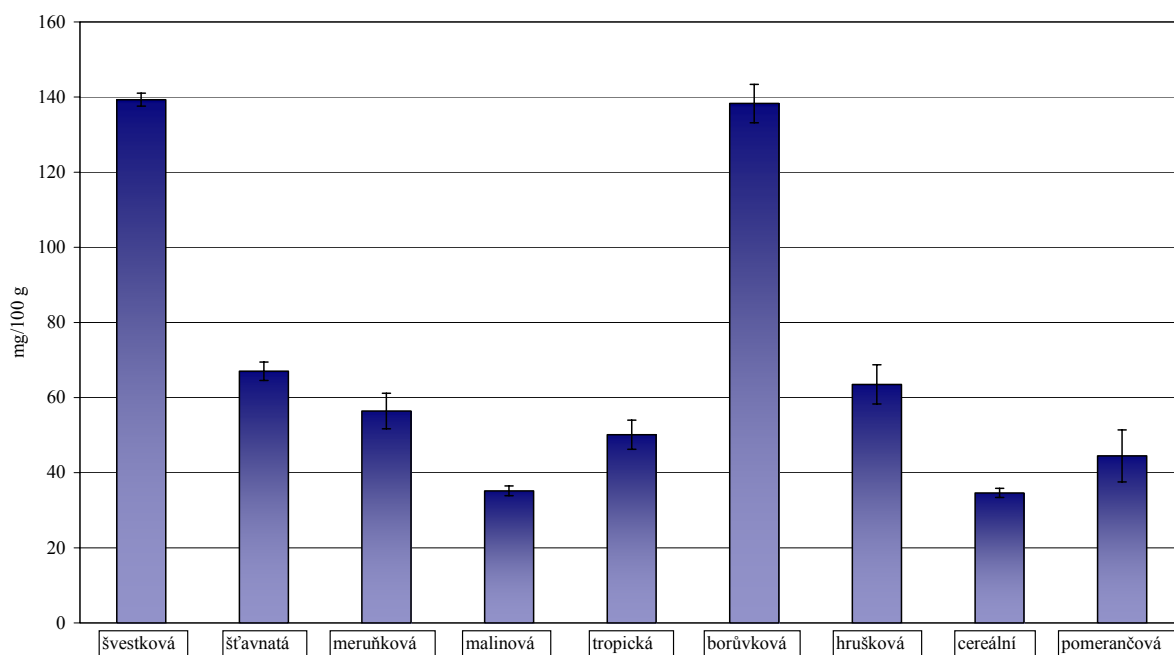
příchuť tyčinky	prokyanidin B2	kyselina chlorogenová	katechin	epikatechin	floridzin
švestková	81,50 ± 4,71	139,29 ± 1,71	42,55 ± 1,76	2,85 ± 0,25	
šřavnatá	20,71 ± 1,78	67,03 ± 2,44		0,55 ± 0,10	1,41 ± 0,05
meruňková	22,61 ± 1,49	56,42 ± 4,75	11,53 ± 0,20		1,09 ± 0,03
malinová	15,39 ± 1,78	35,19 ± 1,30	7,84 ± 0,68	0,83 ± 0,20	
tropická	18,26 ± 2,73	50,14 ± 3,88		0,48 ± 0,04	
borůvková	54,61 ± 3,86	138,29 ± 5,12		1,41 ± 0,07	
hrušková	24,19 ± 0,73	63,50 ± 5,22		0,67 ± 0,04	
cereální	20,25 ± 1,18	34,62 ± 1,20	9,27 ± 0,37		
pomerančová	19,11 ± 3,61	44,47 ± 6,90		1,36 ± 0,12	

Graf 4.5 Obsah prokyanidinu B2 u jednotlivých müsli tyčinek





Graf 4.6 Obsah kyseliny chlorogenové u jednotlivých müsli tyčinek



Obsah prokyanidinu B2 a kyseliny chlorogenové ve švestkové a borůvkové tyčince je výrazně vyšší než u ostatních müsli tyčinek. Zjištěné množství prokyanidinu B2 v tyčinkách se pohybuje v rozmezí od 15,39 do 81,50 mg ve 100 g výrobku. Množství kyseliny chlorogenové v tyčinkách se pohybuje v rozmezí od 34,62 do 139,29 mg ve 100 g výrobku.

Přítomnost katechinu, epikatechinu a floridzinu byla prokázána pouze u některých druhů tyčinek, jejich hladiny souvisí se zastoupením jednotlivých druhů ovoce v tyčinkách a příslušné číselné hodnoty jsou uvedeny v tab. 4.5.

#### 4.5 Stanovení redukujících cukrů dle Somogyi-Nelsona

Reakcí se Somogyi-Nelsonovými činidly a následným fotometrickým stanovením byly zjištěny koncentrace redukujících cukrů ve vzorcích müsli tyčinek. Na přípravu extraktu bylo naváženo 2 g müsli tyčinky a rozetřeno ve 40 ml vody.

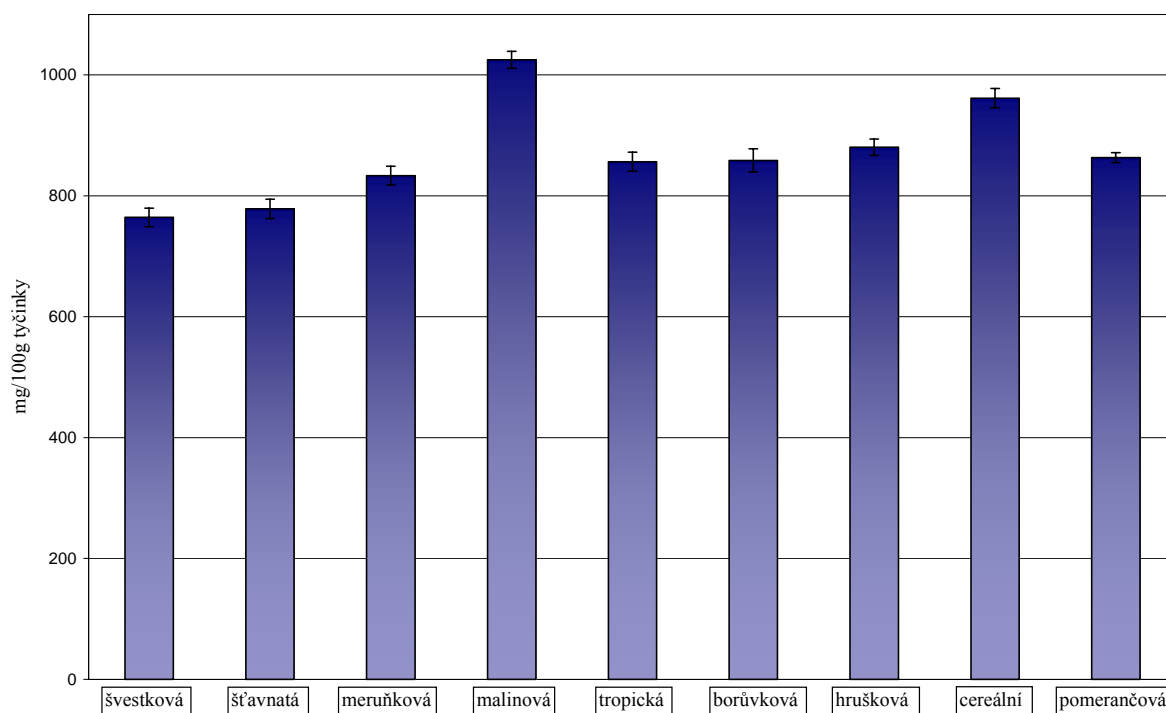
$$\text{Rovnice kalibrace: } A = 10,8348 \cdot c \quad (4.3)$$

Jako standard byl použit vodný roztok glukosy. Získané hodnoty redukujících cukrů podle rovnice 4.3 jsou uvedeny v tab. 4.6.

Tab. 4.6 Průměrný obsah redukujících cukrů a sacharidů u jednotlivých příchutí müsli tyčinek

příchuť tyčinky	obsah redukujících cukrů (mg / 100 g tyčinky)	obsah sacharidů (g / 100 g tyčinky)	% podíl redukujících cukrů z celkového množství sacharidů
švestková	764,29 ± 15,33	69,3	1,10
šťavnatá	778,03 ± 15,91	68,0	1,14
meruňková	833,53 ± 15,42	62,7	1,33
malinová	1 023,63 ± 14,22	64,3	1,59
tropická	856,53 ± 15,76	70,2	1,22
borůvková	858,51 ± 19,25	67,7	1,27
hrušková	880,40 ± 13,46	66,0	1,33
cereální	961,73 ± 16,01	66,2	1,45
pomerančová	863,41 ± 8,31	70,4	1,23

Graf 4.7 Obsah redukujících cukrů u jednotlivých müsli tyčinek



Průměrný obsah redukujících cukrů v tyčinkách se pohybuje v rozmezí od 764,29 do 1 023,63 mg/100 g tyčinky. Nejvyšší obsah redukujících cukrů v analyzovaných müsli tyčinkách byl naměřen u malinové a cereální müsli tyčinky. Naopak nejnižší obsah byl zjištěn u tyčinek s příchutí švestkovou a šťavnatou.

Porovnáním naměřeného obsahu redukujících cukrů a celkového obsahu sacharidů uvedených na obalu výrobků je patrné, že zastoupení redukujících cukrů je velmi podobné u všech analyzovaných typů tyčinek a podobný je i podíl redukujících cukrů z celkového množství sacharidů se pohybuje v rozmezí 1,10 až 1,59 %. Nejvyšší podíl redukujících cukrů z celkového množství sacharidů má malinová a cereální tyčinka.

Relativně nízký obsah redukcujících cukrů ve vzorcích müsli tyčinek je výhodný rovněž s ohledem na hodnocení výsledků celkových polyfenolů, kde mohou redukcující cukry ovlivňovat významně analýzu [10].

#### 4.6 Stanovení sacharidů tenkovrstvou chromatografií

Chromatogramy TLC sacharidů v tyčinkách jsou uvedeny v přílohách 4 a 5. Po detekci jednotlivých sacharidů bylo patrné, že standard sacharosy byl hydrolyzovaný a jeho skvrna tedy obsahovala kromě sacharosy i glukosu a fruktosu. Srovnáním umístění a zabarvení skvrn vzorků tyčinek se skvrnami standardů na chromatogramu byl orientačně určen profil sacharidů v müsli tyčinkách.

Podle získaných výsledků tyčinky zřejmě obsahují maltosu, která vzniká hydrolyzou škrobového sirupu přítomného v tyčinkách a může být obsažena i v dalších složkách tyčinek. Dále obsahují glukosu a fruktosu. Přítomnost sacharidů je u všech typů tyčinek prakticky stejná. Výrazně se nelišila intenzita zabarvení ani poloha skvrn.

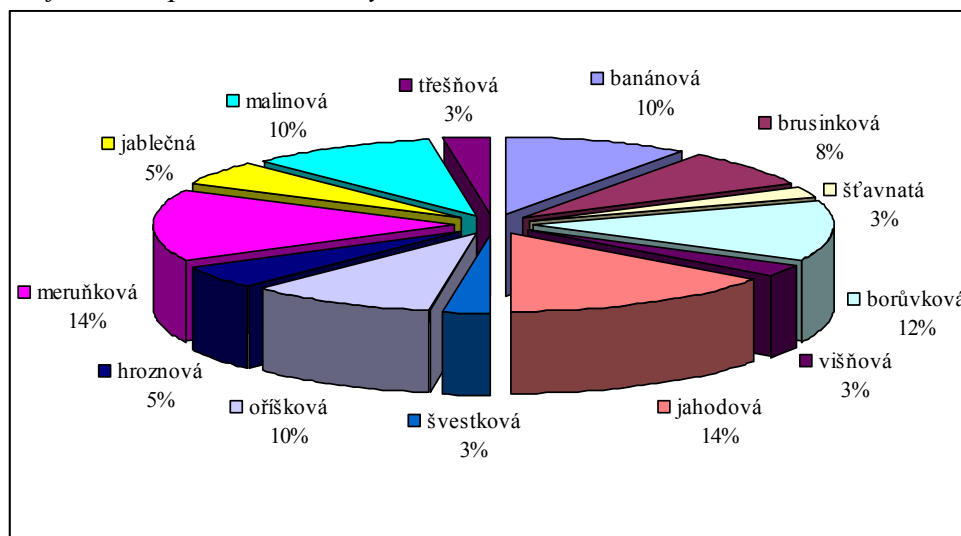
#### 4.7 Spotřebitelský dotazník

Spotřebitelský dotazník vyplnilo 30 jedinců (poměr ženy/muži: 24/6 a poměr kuřáci/nekuřáci: 2/28). Jejich věkový průměr byl  $22,84 \pm 1,40$ . Hodnotitelé byli studenti fakulty chemické, VUT v Brně.

Otázka A: Jíte müsli tyčinky? Pokud ano, jaký druh/s jakou příchutí preferujete?

Z vyhodnocení dotazníků je patrné, že 80 % hodnotitelů müsli tyčinky jí, pouze 20 % odpověděla negativně. Nejoblíbenější jsou jahodové, meruňkové, borůvkové, banánové, malinové a oříškové příchutě. Procentuální zastoupení preferovaných druhů tyčinek uvádí následující graf.

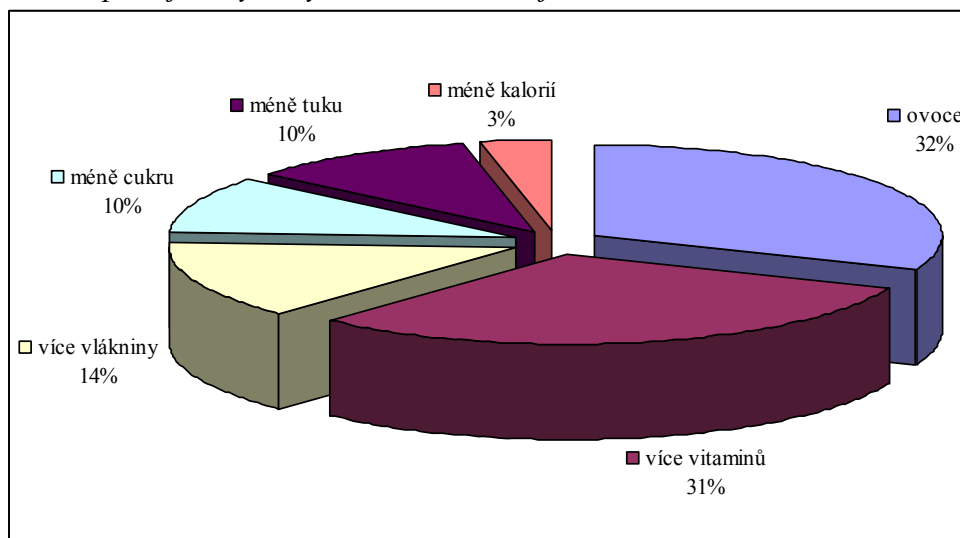
Graf 4.8 Preferované příchutě müsli tyčinek



Otázka B: Myslíte si, že müsli tyčinky s ovocem jsou zdravější než jiné typy (čokoládové, oříškové, kokosové...), pokud ano, tak proč?

Při porovnání müsli tyčinek s ovocem vůči jiným typům tyčinek se 63 % dotázaných domnívá, že jsou zdravější. Jako důvod nejčastěji uvádí obsah ovoce a vitaminů.

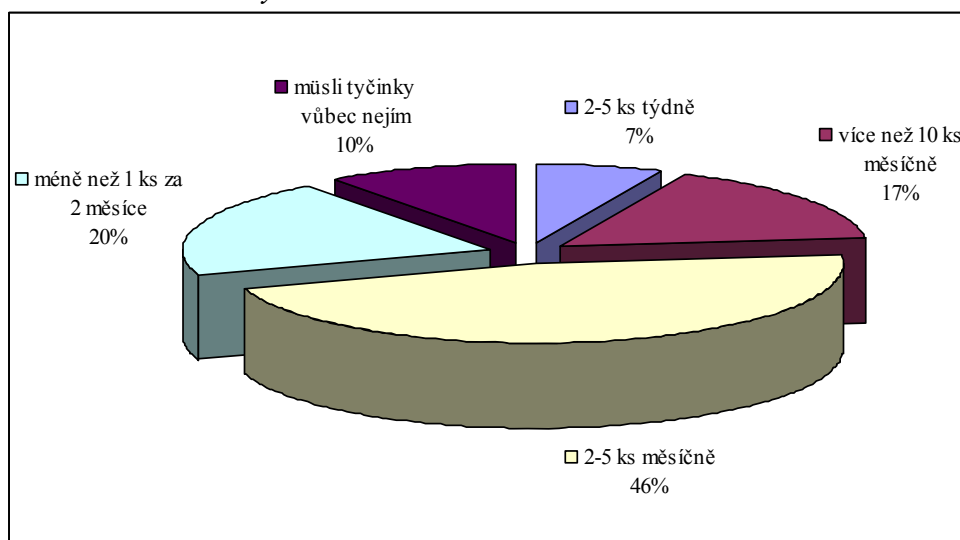
Graf 4.9 Důvod, proč jsou tyčinky s ovocem zdravější



Otázka C: Jaké množství müsli tyčinek přibližně zkonsumujete?

Hodnotitelé nejčastěji zkonsumují 2-5 ks müsli tyčinek měsíčně. Nikdo z dotázaných nesní více než 1 ani průměrně 1 ks tyčinky denně. Konkrétní procentuální zastoupení odpovědí uvádí následující graf.

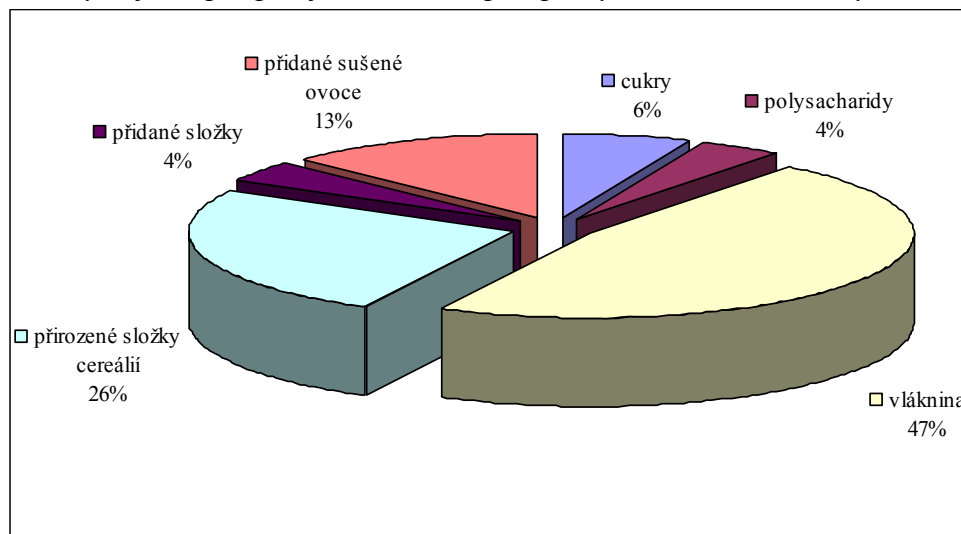
Graf 4.10 Konzumace müsli tyčinek



Otázka D: Označte složku, která podle Vás nejvíc přispívá ke zdraví prospěšným účinkům müsli tyčinek.

Téměř polovina dotázaných jedinců si myslí, že nejvíce přispívá vláknina. Odpovědi se však rozdělily mezi všechny nabízené možnosti. Nejméně byly zastoupeny odpovědi – polysacharidy (stravitelné – škroby) a přidané složky (med, oříšky, čokoláda, kokos).

Graf 4.11 Složky nejvíce přispívající ke zdraví prospěšným účinkům müsli tyčinek



Otázka E: Kterou z uvedených ovocných müsli tyčinek považujete za více nebo méně zdraví prospěšnou (podle odhadovaného obsahu zdraví prospěšných látek – vitaminů, provitaminů apod.). K hodnocení využijte rovněž pětistupňovou hodnotící stupnici (1 – velmi zdravé, 2 – zdravé, 3 – průměrně zdravé, 4 – neškodné, 5 – nezdravé)

Tab. 4.7 Průměrné hodnocení prospěšnosti zdraví müsli tyčinkách

příchuť	průměrné hodnocení
meruňková	2,18
švestková	2,21
pomerančová	2,82
borůvková	2,18
tropická	2,71
hrušková	2,54
šťavnatá	2,54
malinová	2,39

Při hodnocení nikdo neoznačil žádnou příchuť jako nezdravou. Průměrné hodnocení je uvedené v tab. 4.7 a pohybuje se v rozmezí mezi zdravé a průměrně zdravé. Za nejvíce zdravou příchuť hodnotitelé považují meruňkovou a borůvkovou a za nejméně zdravou tropickou a pomerančovou tyčinku.

## 5 DISKUSE

Předložená práce byla zaměřena na studium obsahu vybraných biologicky aktivních složek v cereálních müsli tyčinkách s ovocnou příchutí zakoupených v běžné obchodní síti.

V teoretické části byly shrnuty hlavní nutričně významné složky cereálních výrobků i ovoce. V praktické části byla provedena srovnávací studie, v níž bylo v 9 druzích cereálních tyčinek od téhož výrobce (téže značky) lišících se v typu ovocné příchutě analyzováno několik parametrů charakterizujících obsah vybraných biologicky aktivních látek. Ze skupinových parametrů bylo analyzováno zastoupení celkových polyfenolů, celkových flavonoidů a celkové antioxidační aktivity. Z individuálních flavonoidů byly stanovovány hladiny katechinů, prokyanidinu B, kyseliny chlorogenové a floridzinu metodou RP-HPLC s UV detekcí. V tyčinkách byl dále analyzován obsah redukujících cukrů, zastoupení jednotlivých mono- a disacharidů bylo doplněno metodou tenkovrstvé chromatografie.

Naměřené hodnoty celkových polyfenolů se pohybovaly v rozmezí od 11,22 do 54,65 mg/100 g müsli tyčinky. Nejvyšší obsah celkových polyfenolů byl naměřen u švestkové a borůvkové tyčinky. Nejnižší množství polyfenolů bylo zjištěno u cereální, šťavnaté a tropické müsli tyčinky. Obsah celkových fenolů v pšeničných moukách se podle literárních údajů pohybuje v rozmezí od 501 do 562  $\mu\text{g/g}$  a v celých zrnech od 879 až 4128  $\mu\text{g/g}$  (viz tab. 2.7.4, [6]). Naměřený obsah celkových polyfenolů v müsli tyčinkách je minimálně stokrát menší. Tento velký rozdíl je způsoben tím, že v tyčinkách jsou další složky, které obsahují méně či žádné polyfenoly. Důležité látky obsažené v obilninách jsou navíc koncentrovány v obalových vrstvách. Obalové vrstvy jsou často v průběhu technologického zpracování odstraňovány a dá se tedy předpokládat, že množství polyfenolů v ovesných, pšeničných a sójových vločkách, extrudované kukuřice, kukuřičných lupíncích a dalších cereáliích přidávaných do müsli tyčinek je podstatně nižší než u celých obilných zrn.

Naměřené hodnoty celkových flavonoidů se pohybovaly v rozmezí od 2,10 do 24,04 mg/100 g müsli tyčinky. Nejvyšší obsah flavonoidů v analyzovaných müsli tyčinkách byl naměřen u borůvkové a švestkové tyčinky. Tyto příchutě tyčinek mají výrazně vyšší obsah celkových flavonoidů než ostatní tyčinky, což je pravděpodobně způsobeno vyšším obsahem flavonoidů ve borůvkách, švestkách a dalších složkách tyčinky oproti ostatním tyčinkám.

Hladiny celkových flavonoidů jsou vždy menší než hodnoty celkových polyfenolů. Při porovnání zastoupení celkových flavonoidů z celkových polyfenolů se hodnoty významně liší podle druhu tyčinky. U některých druhů tyčinek představují flavonoidy podstatnou část celkových polyfenolů, např. 48,4 % u borůvkové a cereální tyčinky. Naopak u tropické tyčinky tvoří flavonoidy pouze 18,5 % z celkových polyfenolů. Je tedy zřejmé, že určité typy ovoce mohou významně přispět k celkovému zastoupení flavonoidních látek.

Naměřená antioxidační aktivita metodou ABTS se pohybovala v rozmezí od 2,05 do 10,33 mmol/l/100 g müsli tyčinky. Nejvyšší hodnoty celkové antioxidační kapacity byly v předložené práci zjištěny u borůvkové a švestkové tyčinky. Nižší u cereální, hruškové a pomerančové tyčinky. Hodnoty celkové antioxidační aktivity odpovídají lépe hodnotám celkových flavonoidů než hodnotám celkových polyfenolů.

ABTS antioxidační kapacita uvedená v odborné literatuře se pohybuje v pšeničných moukách v rozmezí od 8,3 do 8,8  $\mu\text{mol/g}$  a v celých zrnech 13,0 až 51,7  $\mu\text{mol/g}$  (viz tab. 2.7.4, [6]). Naměřená antioxidační aktivita v müsli tyčinkách je minimálně desetkrát menší. Tento rozdíl je způsoben jednak obsahem dalších složek v müsli tyčinkách a také rozdílným rozpouštědlem použitým při přípravě extraktu z potraviny.

Obsah prokyanidinu B2 a kyseliny chlorogenové ve švestkové a borůvkové tyčince je výrazně vyšší než u ostatních müsli tyčinek. Zjištěné množství prokyanidinu B2 v tyčinkách se pohybuje v rozmezí od 15,39 do 81,50 mg ve 100 g výrobku. Množství kyseliny chlorogenové v tyčinkách se pohybuje v rozmezí od 34,62 do 139,29 mg ve 100 g výrobku. Přítomnost katechinu, epikatechinu a floridzinu byla prokázána pouze u některých druhů tyčinek a je podmíněna typem ovoce, které bylo do tyčinky přidáno a pravděpodobně i způsobem zpracování ovocného podílu. Například přítomnost prokyanidinu B2 a kyseliny chlorogenové ve všech analyzovaných vzorcích může být způsobena přídavkem jablečného podílu prakticky do všech ovocných tyčinek bez ohledu na výslednou převládající ovocnou příchut' (srov. kap. 3.1.3).

Rozdíly v obsaženém množství antioxidantů mezi jednotlivými příchutěmi müsli tyčinek mohou být způsobeny obilnými složkami, které jsou v tyčinkách přítomny a liší se u jednotlivých druhů. Mezi takové složky patří ovesné, pšeničné a sójové vločky, extrudovaná kukuřice a amarant, kukuřičné lupínky, sojová krupice, pšeničná vláknina atd. Rozdíly jsou způsobeny také složkami ovocnými – jako např. jablka, meruňky, maliny, rozinky, švestky, borůvky, pomeranče, fíky, ananas a papaja.

Průměrný obsah redukujících cukrů v tyčinkách se pohybuje v rozmezí od 764,29 do 1 023,63 mg/100 g tyčinky. Koncentrace je poměrně nízká a podobná u všech typů analyzovaných tyčinek, takže lze dobře hodnotit i hladiny celkových polyfenolů, kde by vysoké hodnoty redukujících cukrů mohly působit rušivě [10]. Nejvyšší obsah redukujících cukrů v analyzovaných tyčinkách byl naměřen u malinové a cereální müsli tyčinky.

Porovnáním naměřeného obsahu redukujících cukrů a obsahu sacharidů uvedených na obalu výrobků je patrné, že zastoupení jednoduchých cukrů redukujícího typu představuje u všech analyzovaných tyčinek cca 1% deklarovaného obsahu sacharidů. Na základě tenkovrstvé chromatografie lze říci, že z jednoduchých cukrů jsou v tyčinkách zastoupeny především maltosa, která vzniká hydrolyzou škrobového sirupu přítomného v tyčinkách a dále glukosa a fruktosa. Přítomnost mono- a disacharidů je u všech příchutí tyčinek stejná. Výrazně se nelišila intenzita zbarvení ani poloha skvrn TLC chromatogramů.

Z odpovědí hodnotitelů v rámci spotřebitelského dotazníku vyplývá, že oslovení hodnotitelé průměrně zkonsumují 2-5 ks müsli tyčinek za měsíc. Nejraději mají jahodovou, meruňkovou a borůvkovou příchut'. Většina hodnotitelů se domnívá, že müsli tyčinky s ovocem jsou zdravější než jiné typy tyčinek a nejvíce ke zdraví prospěšným účinkům müsli tyčinek přispívá vláknina. Za nejvíce zdravou příchut' hodnotitelé považují meruňkovou a borůvkovou a za nejméně zdravou tropickou a pomerančovou tyčinku. Odhad biologické aktivity spotřebitelů se shoduje s naměřenými údaji zejména u preferencí borůvkové tyčinky, která patří k nejkvalitnějším, pokud jde o zastoupení antioxidantů a TAS. Meruňková tyčinka vykazuje spíše průměrné hodnoty, zajímavé je, že poněkud nižší než tyčinka pomerančová, která je považována za nejméně zdravou.

Celkově lze konstatovat, že ovocné müsli tyčinky obsahují řadu biologicky aktivních látek s potenciálním prospěšným účinkem na lidské zdraví. Díky obsahu sacharidů mohou být považovány za koncentrovaný zdroj energie, ovocné přídavky přispívají ke zvýšenému obsahu aktivních látek typu vitaminů a provitaminů s antioxidačním účinkem. Podle množství, typu a kvality přidaného ovocného podílu se tyčinky mohou značně lišit v zastoupení celkových polyfenolů, flavonoidů i antioxidační aktivity; na obsah individuálních zástupců má vliv primárně druh přidaného ovoce. Ovocné müsli tyčinky lze oprávněně řadit k potravinám či pochutinám vhodným jako součást racionální výživy.

## 6 ZÁVĚRY

V předložené práci bylo analyzováno zastoupení vybraných biologicky aktivních látek v 9 druzích ovocných müsli tyčinek.

U analyzovaných vzorků byl výrazně vyšší obsah celkových polyfenolů, celkových flavonoidů, antioxidační aktivity, prokyanidinu B2 a kyseliny chlorogenové nalezen u švestkové a borůvkové tyčinky. Přítomnost katechinu, epikatechinu a floridzinu byla prokázána pouze u některých druhů tyčinek. Přítomnost a vyšší hladina prokyanidinu B2 a kyseliny chlorogenové ve všech vzorcích může být způsoben přidavkem jablečného podílu prakticky do všech typů tyčinek.

Nejvyšší obsah redukujících cukrů v analyzovaných müsli tyčinkách byl naměřen u malinové a cereální müsli tyčinky. Redukující cukry představují u všech tyčinek cca 1% z deklarovaného množství sacharidů. Zastoupení jednoduchých cukrů analyzované pomocí tenkovrstvé chromatografie prokázalo přítomnost zejména maltózy, glukózy a fruktózy, jejichž zastoupení je u všech příchutí tyčinek podobné.

Z vyhodnocení spotřebitelského dotazníku vyplývá, že hodnotitelé průměrně zkonsumují 2-5 ks müsli tyčinek za měsíc. Nejraději mají jahodovou, meruňkovou a borůvkovou příchuť. Většina hodnotitelů se domnívá, že müsli tyčinky s ovocem jsou zdravější než jiné typy tyčinek a nejvíce přispívá ke zdraví prospěšným účinkům müsli tyčinek vláknina. Za vysoce preferovanou a současně za jednu z nejzdravějších je považována tyčinka s borůvkovou příchuť, což je ve shodě s analyzovaným vysokým obsahem biologicky aktivních látek.

Ovocné müsli tyčinky patří k výrobkům s vysokým obsahem nutričně významných složek i biologicky aktivních látek a lze je oprávněně zařadit jako součást moderní racionální výživy.



## 7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Lebidzińska, A., Szefer, P.: Vitamins B in grain and cereal-grain food, soy-products and seeds. *Food Chemistry* [online], 2006, vol. 95, no. 1, pp. 116-122.  
Dostupný z: <<http://www.sciencedirect.com/science>>
- [2] Charalampopoulos, D., Wang, R., Pandiella, S. S., Webb, C.: Application of cereals and cereal components in functional foods: a review. *International Journal of Food Microbiology* [online], 2002, vol. 79, no. 1-2, pp. 131-141.  
Dostupný z: <<http://www.sciencedirect.com/science>>
- [3] Castro-Rubio, A., García, M. C., Marina, M. L.: Rapid separation of soybean and cereal (wheat, corn, and rice) proteins in complex mixtures: Application to the selective determination of the soybean protein content in commercial cereal-based products. *Analytica Chimica Acta* [online], 2006, vol. 558, no. 1-2, pp. 28-34.  
Dostupný z: <<http://www.sciencedirect.com/science>>
- [4] Kadlec, P., a kol.: *Technologie sacharidů*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. 2000. 138 s. ISBN 80-7080-400-9
- [5] Čepička, J., a kol.: *Obecná potravinářská technologie*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. 1995. 246 s. ISBN 80-7080-239-1
- [6] Ragae, S., Abdel-Aal, E-S. M., Noaman, M.: Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for food use. *Food Chemistry* [online], 2006, vol. 98, no. 1, pp. 32-38.  
Dostupný z: <<http://www.sciencedirect.com/science>>
- [7] Mustafa, A., Aman, P., Anderson, R., Kamal-Eldin, A.: Analysis of free amino acids in cereal products. *Food Chemistry* [online], 2007, vol. 105, no. 1, pp. 317-324.  
Dostupný z: <<http://www.sciencedirect.com/science>>
- [8] Příhoda, J., Skřivan, P., Hrušková M.: *Cereální chemie a technologie I. Cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. 2003. 157 s. ISBN 80-7080-530-7
- [9] Vasanthan, T., Gaosong, J., Yeung, J., Li, J.: Dietary fiber profile of barley flour as effected by extrusion cooking. *Food Chemistry* [online], 2002, vol. 77, no. 1, pp. 35-40.  
Dostupný z: <<http://www.sciencedirect.com/science>>
- [10] Stratil, P., Klejdus, B., Kubáň, V.: Determination of phenolic compounds and their antioxidant activity in fruits and cereal. *Talanta* [online], 2007, vol. 71, no. 4, pp. 1 741-1 751.  
Dostupný z: <<http://www.sciencedirect.com/science>>
- [11] Češková, I. *Monitoring obsahu vybraných nutričně významných látek v mateřském mléku v české populaci*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2006. 110 s.
- [12] Velíšek, J.: *Chemie potravin 3*. 1. vyd. Tábor: OSSIS. 1999. 368 s. ISBN 80-902391-5-3
- [13] Oyama, K., Kuwano, M., Ito, M., Yoshida, K., Kondo, T.: Synthesis of procyanidins by stepwise- and self-condensation using 3,4-cis-4-acetoxy-3-O-acetyl-4-dehydro-5,7,3',4'- tetra-O-benzyl-(+)catechin and (-)-epicatechin as a key building monomer. *Organic Letters* [online], 2006, vol. 8, no. 16, pp. 3 609-3 612.  
Dostupný z: <<http://www.sciencedirect.com/science>>

- [14] Hung, V. P. W., Morita, N.: Distribution of phenolic compounds in the graded flours milled from whole buckwheat grains and their antioxidant capacities. *Food Chemistry* [online], 2008, vol. 109, no. 2, pp. 325-331.  
Dostupný z: <<http://www.sciencedirect.com/science>>
- [15] Stevenson, D. G., Inglett, G. E., Chen, D., Biswas, A., Eller, F. J., Evangelista, R. L.: Phenolic content and antioxidant capacity of supercritical carbon dioxide-treated and air-classified oat bran concentrate microwave-irradiated in water or ethanol at varying temperatures. *Food Chemistry* [online], 2008, vol. 108, no. 1, pp. 23-30.  
Dostupný z: <<http://www.sciencedirect.com/science>>
- [16] García-Alonso, M., Sonia de Pascual-Teresa, Santos-Buelga, C., Rivas-Gonzalo, J. C.: Evaluation of the antioxidant properties of fruit. *Food Chemistry* [online], 2004, vol. 84, no. 1, pp. 13-18.  
Dostupný z: <<http://www.sciencedirect.com/science>>
- [17] Awika, J. M., Rooney, L. W., Waniska, R. D.: Anthocyanins from black sorghum and their antioxidant properties. *Food Chemistry* [online], 2005, vol. 90, no. 1-2, pp. 293-301.  
Dostupný z: <<http://www.sciencedirect.com/science>>
- [18] Kadlec, P., a kol.: *Technologie potravin I*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. 2002. 300 s. ISBN 80-7080-509-9
- [19] García-Esteva, R. M., Guerra-Hernández, E., García-Villanova, B.: Phytic acid content in milled cereal and breads. *Food Research International* [online], 1999, vol. 32, no. 3, pp. 217-221.  
Dostupný z: <<http://www.sciencedirect.com/science>>
- [20] Randox Laboratories Ltd., *Total antioxidant status (TAS) manual*
- [21] Márová I., Vránová D.: Praktikum z biochemie, Ústav chemie potravin a biotechnologie, Brno, 2002.
- [22] Barošová M.: *Sledování antioxidantů v sušeném ovoci*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2008.

## **8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ**

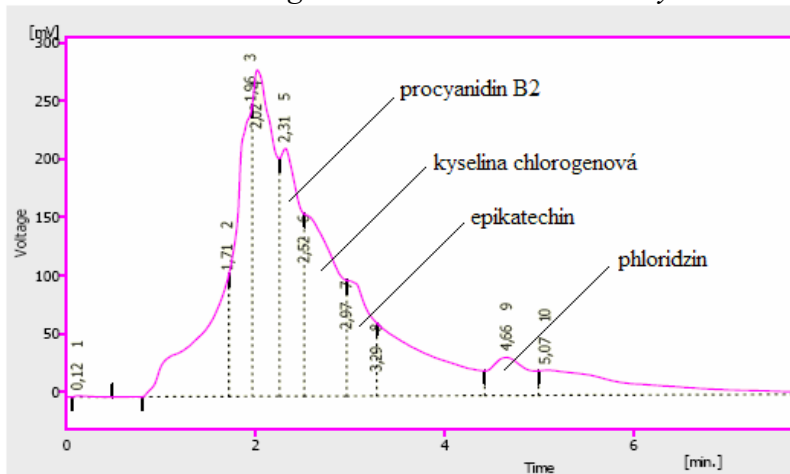
ABTS	2,2'-azino-di-(3-ethylbenzthiazolin sulfonát)
Ala	alanin
Asn	asparagin
Asp	kyselina asparagová
DPPH	2,2-dipheny-1-pikrylhydrazyl
Glu	kyselina glutamová
HPLC	high-performance liquid chromatography
Ser	serin
TAS	total antioxidant status
TLC	thin-layer chromatography
UV	ultrafialová oblast světla
VIS	viditelná oblast světla

## 9 SEZNAM PŘÍLOH

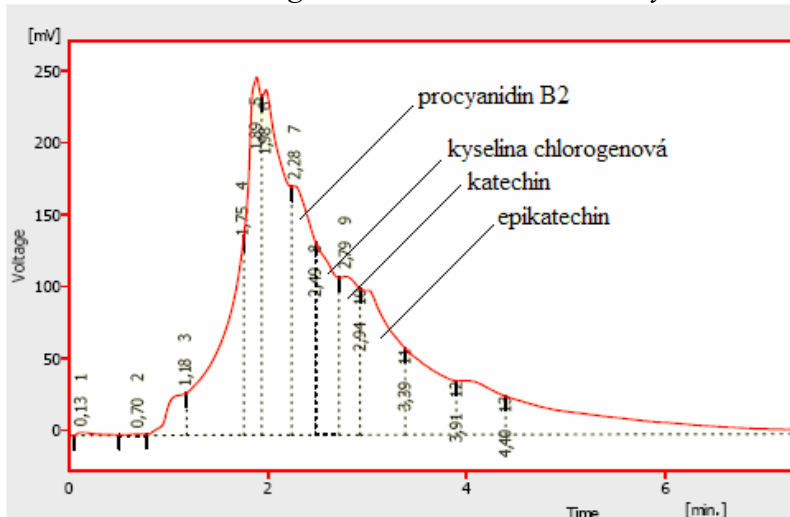
- Příloha 1 – Chromatogram katechinů ve šťavnaté tyčince*
- Příloha 2 – Chromatogram katechinů v malinové tyčince*
- Příloha 3 – Chromatogram katechinů ve švestkové tyčince*
- Příloha 4 - Chromatogram sacharidů A*
- Příloha 5 - Chromatogram sacharidů B*
- Příloha 6 – Senzorický/spotřebitelský dotazník*

## 10 PŘÍLOHY

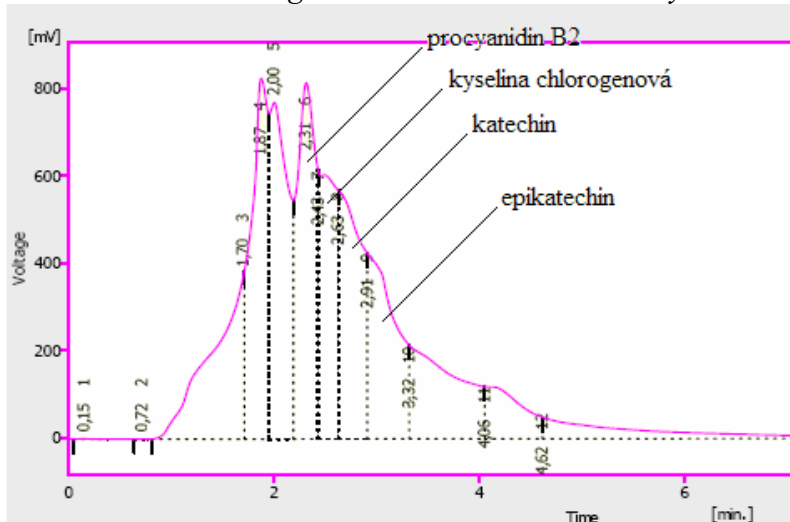
Příloha 1 – Chromatogram katechinů ve šťavnaté tyčince



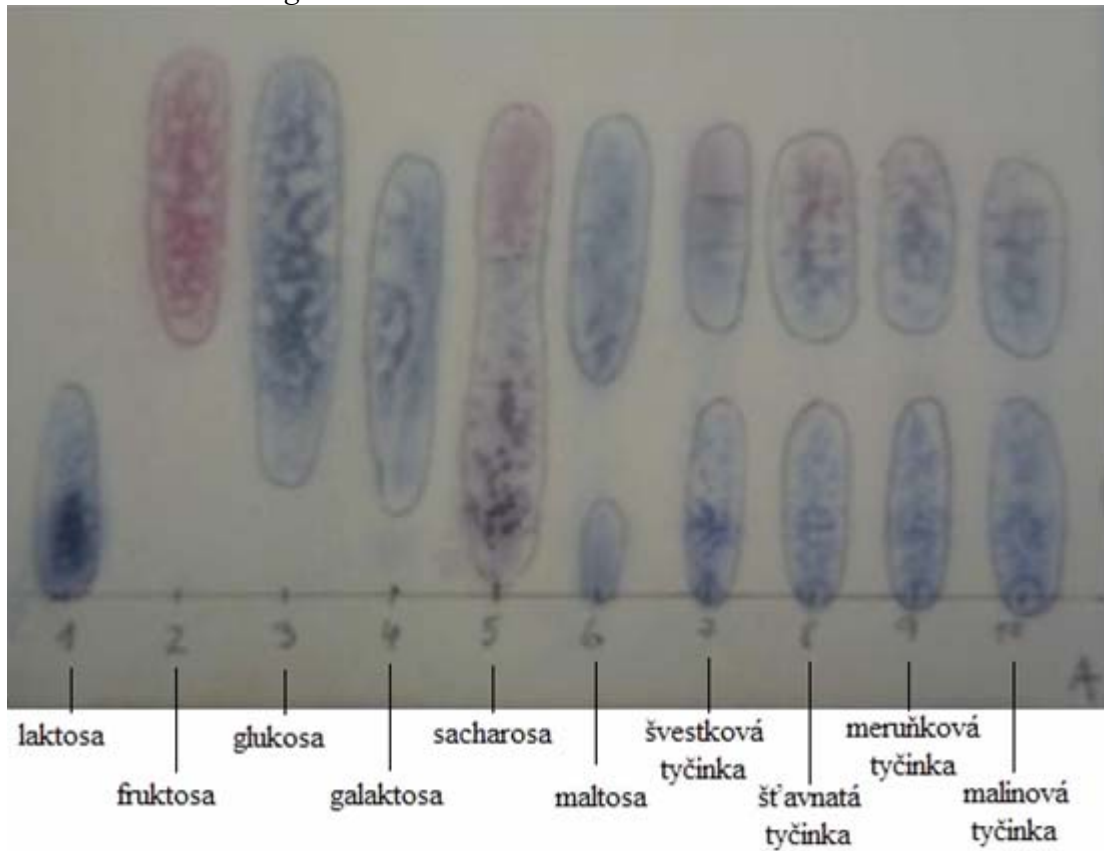
Příloha 2 – Chromatogram katechinů v malinové tyčince



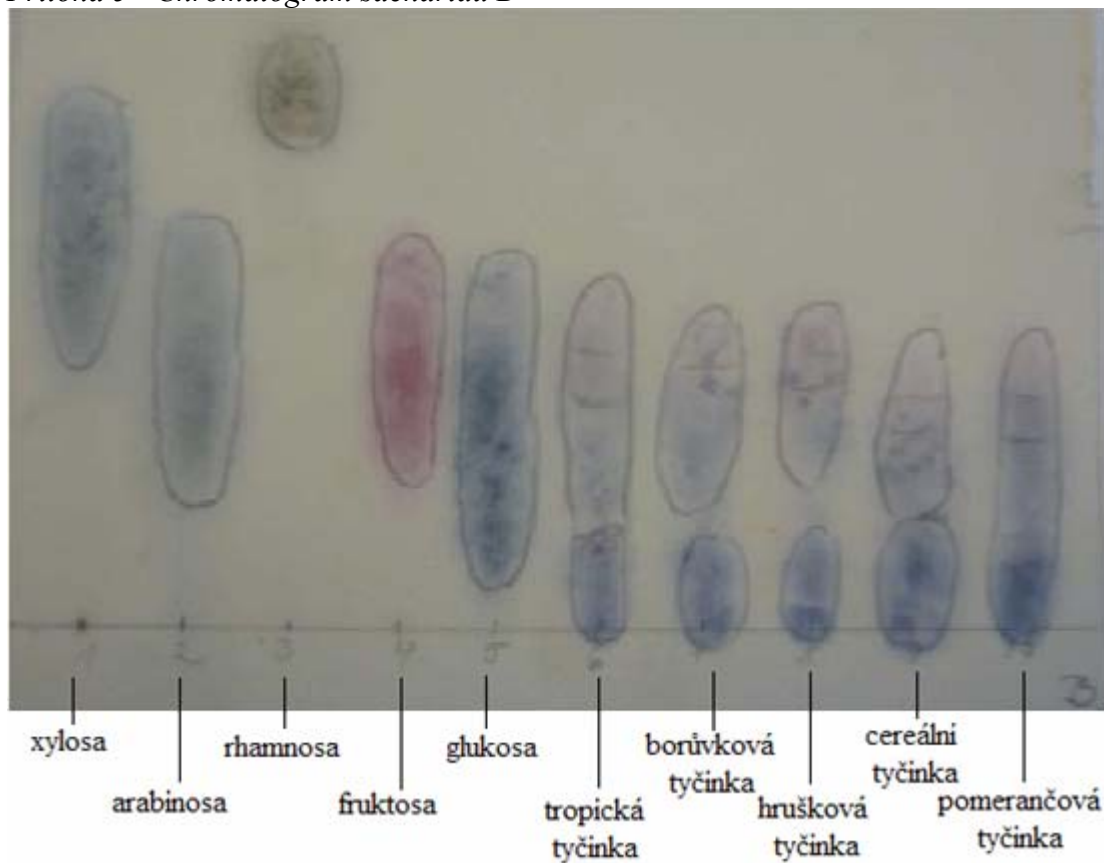
Příloha 3 – Chromatogram katechinů ve švestkové tyčince



Příloha 4 - Chromatogram sacharidů A



Příloha 5 - Chromatogram sacharidů B



### Senzorický/spotřebitelský dotazník

Hodnotitel: Věk:  
Pohlaví: Muž  Žena   
Kuřák: Ano  Ne

- A. Jíte müsli tyčinky? Pokud ano, jaký druh/s jakou příchutí (nejvíce 3) preferujete?
- B. Myslíte si, že müsli tyčinky s ovocem jsou zdravější než jiné typy (čokoládové, oříškové, cereální, kokosové...), pokud ano, tak proč?
- C. Jaké množství müsli tyčinek přibližně zkonzumujete? (označte příslušnou možnost)
- více než 1 ks denně
  - průměrně 1 ks denně
  - 2-5 ks týdně
  - více než 10 ks měsíčně
  - 2 – 5 ks měsíčně
  - méně než 1 ks za 2 měsíce
  - müsli tyčinky vůbec nejím
- D. Označte složku, která podle Vás nejvíc přispívá ke zdraví prospěšným účinkům müsli tyčinek
- cukry (monosacharidy, disacharidy)
  - polysacharidy (stravitelné – škroby)
  - vláknina (nestravitelné polysacharidy)
  - přirozené složky cereálií (polyfenoly, vitaminy B...)
  - přidané složky – med, oříšky, čokoláda, kokos
  - přidané sušené ovoce, rozinky apod.
- E. Kterou z uvedených ovocných müsli tyčinek považujete za více nebo méně zdraví prospěšnou (podle odhadovaného obsahu zdraví prospěšných látek – vitaminů, provitaminů apod.) K hodnocení využijte rovněž pětistupňovou hodnotící stupnici (1 – velmi zdravé, 2 – zdravé, 3 – průměrně zdravé, 4 – neškodné, 5 – nezdravé)

<i>Tyčinka hodnocení</i>		<i>Tyčinka hodnocení</i>	
meruňková	<input type="checkbox"/>	tropická	<input type="checkbox"/>
švestková	<input type="checkbox"/>	hrušková	<input type="checkbox"/>
pomerančová	<input type="checkbox"/>	šťavnatá (směs)	<input type="checkbox"/>
borůvková	<input type="checkbox"/>	malinová	<input type="checkbox"/>

Poznámky:

Děkujeme za spolupráci