



Stanovení přírodních antioxidantů v ovocných džusech
Diplomová práce

Vedoucí práce:
prof. RNDr. Bořivoj Klejdus, Ph.D.

Vypracovala:
Bc. Lucie Pelcová

ZDE BUDE VLOŽENO ZADÁNÍ

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem práci Stanovení přírodních antioxidantů v ovocných džusech vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....

podpis

PODĚKOVÁNÍ

Mé poděkování na tomto místě patří panu prof. RNDr. Bořivoji Klejdusovi, Ph.D. za odborné vedení, ochotu a cenné rady při zpracování závěrečné práce. Ráda bych tímto také poděkovala své rodině za podporu během celé doby studia.

Abstrakt

V závěrečné práci byl sledován obsah vybraných polyfenolů v následujících džusech: jablečný z koncentrátu, jablečný vyrobený přímým lisováním z jablek, pomerančový s dužinou, pomerančový bez dužiny, grepový z koncentrátu, dále džusy z červených hroznů, z granátového jablka a z fialové karotky. K měření byla použita metoda vysokoúčinné kapalinové chromatografie a hmotnostní spektrometrie. Polyfenol s celkově nejvyšším množstvím a zároveň nejvýznamnější polyfenol džusů z citrusového ovoce byl hesperidin. V jablečných džusech byl významný obsah kryptochlorogenové kyseliny a hyperosidu, v jablečném džusu vyrobeného přímým lisováním z jablek bylo také velké množství katechinu. Epigallokatechin, epikatechin a gallová kyselina byly látkami s nejvyšší naměřenou hodnotou v džusu z granátového jablka. V džusu z hroznového vína byly nejvíce zastoupeny katechin, epikatechin a epigallokatechin. Kvantitativně nejvýznamnějšími látkami džusu z fialové karotky byly kávová a kryptochlorogenová kyselina.

Klíčová slova

džusy, polyfenoly, flavonoidy, katechiny, resveratrol, HPLC, MS

Abstract

The objective of this thesis was to investigate the content of polyphenols in these juices: apple from concentrate, apple produced by direct compression, orange with pulp, orange without pulp, grapefruit from concentrate, juice from red grapes, pomegranate and purple carrots. The measurement was taken by high performance liquid chromatography and mass spectrometry. The polyphenol with the highest overall value and also the most important of polyphenols in citrus juices was hesperidin. Significant content of cryptochlorogenic acid and hyperoside was in apple juice. Apple juice produced by direct compression also contained a lot of catechin. Epigallocatechin, epicatechin and gallic acid were substances with the highest value measured in the juice of the pomegranate. Catechin, epicatechin and epigallocatechin were most prevalent in the grape juice. Quantitatively the most important compounds of juice from purple carrots were caffeic and cryptochlorogenic acid.

Key words

juices, polyphenols, flavonoids, catechins, resveratrol, HPLC, MS

OBSAH

1 ÚVOD.....	9
2 CÍL PRÁCE.....	10
3 LITERÁRNÍ PŘEHLED	11
3.1 Fytochemikálie.....	11
3.2 Definice fenolických sloučenin	11
3.3 Klasifikace fenolických sloučenin	13
3.4 Non-flavonoidy	13
3.4.1 Jednoduché fenoly	13
3.4.2 Deriváty benzoové kyseliny.....	14
3.4.3 Deriváty skořicové kyseliny	15
3.4.4 Kumariny	16
3.4.5 Stilbeny	17
3.5 Flavonoidy	18
3.5.1 Flavonoly	21
3.5.2 Flavony	23
3.5.3 Flavanoly	24
3.5.4 Flavanony.....	25
3.5.5 Flavanonoly	27
3.5.6 Isoflavony	27
3.5.7 Chalkony	28
3.5.8 Anthokyanidiny	29
3.6 Účinky flavonoidů na zdraví.....	30
3.7 Antioxidační aktivita polyfenolů	31
3.8 Vstřebávání a metabolismus polyfenolů.....	32
3.8.1 Flavonoidy	32
3.8.2 Fenolové kyseliny	33

3.9 Popis vybraných potravin	33
3.9.1 Jablko (<i>Malus domestica</i>)	33
3.9.2 Citrusové ovoce	34
3.9.3 Hroznové víno (<i>Vitis vinifera</i>)	35
3.9.4 Granátové jablko (<i>Punica granatum</i>)	35
4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	37
4.1 Materiál	37
4.1.1 Popis vzorků	37
4.1.2 Chemikálie	37
4.2 Přístrojové vybavení a pomůcky	37
4.2.1 Pomůcky, laboratorní sklo	37
4.2.2 HPLC systém	38
4.2.3 Hmotnostní spektrometrie	38
4.2.4 Software	38
4.3 Metodika přípravy vzorků	38
4.4 Postup HPLC/MS	38
4.4.1. Podmínky HPLC	38
4.4.2 Podmínky hmotnostní spektrometrie	39
4.4.3 Měření vzorků	41
4.4.4 Kvantitativní analýza	41
5 VÝSLEDKY A DISKUZE	42
5.1 Výsledky měření jednotlivých džusů	44
5.2 Porovnání obsahu jednotlivých látek v džusech	52
5.2.1 Flavonoidy	52
5.2.2 Fenoly	53
5.2.3 Katechiny	54
5.2.4 Resveratrol	55

5.3 Diskuze	55
6 ZÁVĚR	58
7 LITERATURA	60
8 SEZNAM OBRÁZKŮ	63
9 SEZNAM GRAFŮ	64
10 SEZNAM ZKRATEK	65
11 SEZNAM PŘÍLOH	66

1 ÚVOD

V současné době se zvyšuje zájem o zdravý způsob života. S tím souvisí větší poptávka po ovoci. Jako oblíbený a praktický výrobek z ovoce můžeme označit džusy. Džusy jsou určeny pro přímý konzum a nepotřebují žádné další úpravy. Mohou se dlouhodobě skladovat. Čistá ovocná šťáva je přírodní produkt a v podstatě také to nejlepší z ovoce.

Některé druhy ovoce se špatně skladují. Zpracování do džusů tedy může být vhodný způsob úpravy. Tímto způsobem se také může řešit aktuální velká úroda. Ovoce je v této formě pak dostupné po celý rok.

V současnosti jsou odbornou i laickou veřejností velmi diskutovány bioaktivní látky potravin pro jejich potencionální účinek v prevenci, případně léčbě nemocí. Nejlepší je konzumace v jejich přirozené podobě v potravině, ve které působí komplexně a můžou tak pozitivně ovlivňovat lidské zdraví.

Jednou ze skupin takových látek jsou přírodní antioxidanty. Antioxidant je široký pojem zahrnující přírodní sekundární metabolit rostlin nebo aditivum v potravinách. Nejčastěji se přirozeným antioxidantem mohou myslet například vitamíny a provitamíny, některé minerální látky nebo takzvané polyfenoly.

Pokud se řekne přírodní antioxidant, mnoho lidí si na prvním místě může vybavit právě polyfenoly. Tato široká skupina rostlinných metabolitů stále vzbuzuje zájem laiků i vědců a domnívám se, že výzkum v této oblasti má nadále potenciál.

2 CÍL PRÁCE

Diplomová práce je zaměřena na přirozené antioxidanty, které jsou přítomny v rostlinné stravě, konkrétně na sloučeniny ze skupiny polyfenolů. Literární přehled popisuje jejich vlastnosti, klasifikaci, metabolismus a antioxidační působení. Dále se práce zabývá popisem konkrétních potravin, které byly použity při experimentu. Praktická část se zabývá měřením výskytu a množství jednotlivých flavonoidů, fenolických kyselin, jejich derivátů, dále katechinů a resveratrolu. Součástí experimentu je i výběr vhodné metodiky a její popis. Měření je následováno zpracováním dat a srovnáním výsledků s jinými experimenty v diskuzi. Na závěr práce je potřeba posoudit použitelnost podobných metod v praxi.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Fytochemikálie

Fytochemikálie nebo také sekundární metabolity rostlin jsou velmi důležitou součástí rostlinné stravy. Tyto molekuly jsou odpovědné z velké části za chuť, vůni a barvu. Rostliny je zřejmě vytváří v reakci na stres prostředí. Často mají například antimikrobiální vlastnosti a chrání rostlinu před patogeny. Nebo jsou hořké, a tedy brání před okusem. Čím méně prošlechtěná odrůda a horší podmínky pro růst, tím se vytváří těchto látek více.

Po konzumaci rostlinné stravy se tyto látky vstřebávají, mohou ovlivňovat stovky enzymů, vázat se na celou řadu buněčných receptorů, ovlivňovat syntézu hormonů, genovou expresi, vázat se na receptory signálních molekul a napodobovat nebo měnit jejich funkci. Předpokládá se, že můžou hrát roli například v prevenci onemocnění.

Na rozdíl od vitaminů nejsou fytochemikálie nezbytně nutné pro zdravý vývoj jedince. Mohou však pomoci zajistit lepší kvalitu života nebo zkrátit období nemoci. Několik z těchto molekul je přítomno téměř ve všech rostlinách a jejich příjem je tedy značný. Mezi ty nejvíce zastoupené patří karotenoidy, flavonoidy, glukosinoláty nebo fytosteroly. Tyto základní skupiny se dále dělí podle chemické struktury a dalších charakteristik (Havlík a Marounek, 2012).

3.2 Definice fenolických sloučenin

Fenoly jsou součástí prakticky všech potravin. Je to velmi heterogenní skupina. Jednoduché fenoly i tzv. polyfenoly se uplatňují jako vonné a chuťové látky (Velíšek, 2002). Polyfenoly tvoří jednu z největších skupin fytochemikálií. Jsou nedílnou součástí lidské stravy. Fenoly zahrnují fenolové kyseliny, fenolové polymery (známé jako taniny) a flavonoidy (Cadenas a Packer, 2002).

Fenolické látky jsou molekuly mající ve své struktuře minimálně jedno aromatické jádro s jednou nebo více hydroxylovými skupinami (Havlík a Marounek, 2012).

Fenolické látky mají hydroxylové skupiny připojeny přímo na aromatický kruh. Fenol je molekula, od které se odvozuje celá skupina. Aromatický kruh je v tomto případě benzen (Vermerris a Nicholson, 2006).

Fenol je benzenový kruh s jednou hydroxylovou skupinou připojenou k jednomu z uhlíků. Polyfenoly odkazují na komplexy vytvořené z těchto fenolů. Benzenový kruh a jeho deriváty jsou příkladem konjugovaného systému, kde se dvojně a jednoduché vazby střídají v uhlíkovém řetězci. Benzenový kruh je aromatický systém, což znamená, že elektrony jsou vydávány z jednoho atomu uhlíku na jiný. Elektrony dvojných vazeb jsou tedy neustále v pohybu z jedné polohy do druhé a tato molekula je v podstatě v konstantním stavu toku. Díky tomu jsou polyfenoly vysoce biologicky aktivní (Newman, Lansky a Block, 2007).

V rostlinách plní polyfenoly různé biologické funkce, například dodávají chuť a barvu, podílejí se na tvorbě struktury rostlin, chrání před UV zářením, patogeny a mechanickým poškozením. V živočišném organismu mají přírodní polyfenoly široké spektrum fyziologických účinků (Kimáková a Baranovičová, 2015).

Přírodními barvivy jsou některé chinony, lignany, flavonoidy, stilbeny, xanthyony a jiné. Některé fenoly vykazují výrazné biologické účinky a řadí se proto mezi přírodní antioxidanty, přirozené toxické složky potravin nebo také obranné látky rostlin zvané fytoalexiny (Velíšek, 2002).

Je známo více než 8000 fenolových struktur a jsou široce rozptýlené v celé rostlinné říši. Fenolové sloučeniny jsou v rozmezí jednoduchých sloučenin s nízkou molekulovou hmotností a s jedním aromatickým kruhem, po odvozené polyfenoly až po velké a komplexní sloučeniny, jako například taniny (Crozier, Clifford a Ashihara, 2006).

Přítomnost aromatického kruhu ovlivňuje fenolickou hydroxylovou skupinu. Vzhledem k aromatickému kruhu je vodík obsažený v hydroxyly labilní, což způsobuje slabou kyselost fenolů. Fenolové sloučeniny jsou charakteristické pro rostliny a obvykle se nacházejí jako estery a glykosidy více než jako volné sloučeniny (Vermerris a Nicholson, 2006).

Fenolické látky nejsou živinami, proto se jim z hlediska výživy dlouho nevěnovala pozornost. Dnes je jejich význam zkoumán z hlediska sensorických příznaků i ochranných účinků. Lidský organismus využívá polyfenoly jako ochranné složky. V některých zeleninách dosahuje obsah fenolických látek až 3000 mg/kg (Kopec, 2010).

Hlavním zdrojem přírodních polyfenolů jsou různé druhy ovoce a zeleniny, byliny, ořechy, sója, obilniny, kakao, zelený čaj, káva, pivo a červené víno. Z ovoce pak citrusy,

jablka, jahody, maliny a borůvky. Polyfenoly jsou hojně zastoupeny v zelí, celeru, petrželi, brokolici, cibuli, česneku a pórku. Slupky a jádérka červeného hroznového vína jsou mimořádně bohaté na biologicky aktivní polyfenoly (Kimáková a Baranovičová, 2015).

3.3 Klasifikace fenolických sloučenin

Pojem fenolové sloučeniny pokrývá velmi širokou a různorodou skupinu chemických látek. Tyto látky mohou být klasifikovány několika způsoby, například na základě počtu uhlíků v molekule (Vermerris a Nicholson, 2006). Polyfenoly lze rozdělit do dvou skupin: flavonoidy a non-flavonoidy (Crozier, Clifford a Ashihara, 2006).

Tabulka 1 Klasifikace vybraných fenolických sloučenin (Vermerris a Nicholson, 2006).

Struktura	Třída
C 6	jednoduché fenoly
C6 - C1	fenolové kyseliny a odvozené sloučeniny
C6 - C2	acetofenony a fenylctové kyseliny
C6 - C3	skořicové kyseliny, skořicové aldehydy a alkoholy, kumariny
C 15	chalkony, aurony, dihydrochalkony
C 15	flavany, flavony, flavanony, flavanonoly, anthokyanidiny
C6 - C2 - C6	stilbeny

3.4 Non-flavonoidy

Hlavní non-flavonoidy dietního významu jsou C6-C1 fenolové kyseliny, zejména kyselina gallová, která je prekurzorem hydrolyzovatelných taninů. Dále C6-C3 kyselina hydroxyskořicová a její konjugované deriváty a polyfenolické C6-C2-C6 stilbeny (Crozier, Clifford a Ashihara, 2006).

3.4.1 Jednoduché fenoly

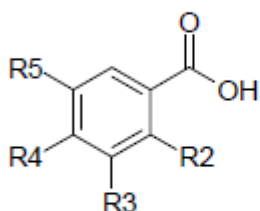
Jednoduché fenolické sloučeniny jsou substituované fenoly, kdy v tomto případě jedna z funkčních skupin je hydroxylová skupina (Vermerris a Nicholson, 2006).

Jednoduché přírodní fenoly jsou nejčastěji odvozeny od trihydroxysloučenin pyrogallolu a floroglucinolu a méně od dihydroxyderivátů katecholu, resorcinolu a hydrochinonu. Samotný fenol je jako antioxidant málo účinný. Substituce alkylovými skupinami zvyšuje

konjugačním efektem hustotu elektronů na hydroxylové skupině a tak je vyšší schopnost reagovat s volnými radikály (Stratil, 2005).

3.4.2 Deriváty benzoové kyseliny

Hydroxybenzoové kyseliny se vyznačují přítomností karboxylové skupiny navázané na fenol. Jako příklady lze uvést kyseliny: *p*-hydroxybenzoová, gallová, protokatechová, salicylová a vanilová. Související jsou aldehydy hydroxybenzoových kyselin, které mají aldehydovou skupinu namísto karboxylové skupiny, např. vanilin (Vermerris a Nicholson, 2006).



Kyselina	R2	R3	R4	R5
salicylová	OH	H	H	H
<i>p</i> -hydroxybenzoová	H	H	OH	H
vanillová	H	OCH ₃	OH	H
syringová	H	OCH ₃	OH	OCH ₃
protokatechová	H	OH	OH	H
gallová	H	OH	OH	OH
gentisová	OH	H	OH	H
veratrová	H	OCH ₃	OCH ₃	H

Obr. 1 Deriváty benzoové kyseliny (Koplík)

Fenolové kyseliny reagují s volnými radikály a jsou tedy primárními antioxidanty. Jejich účinnost se zvyšuje s počtem hydroxylových skupin v molekule (Stratil, 2005).

Vysoké koncentrace fenolových kyselin obsahuje zelí, rostlinné otruby, maliny, ostružiny aj. Jsou uloženy převážně v povrchových vrstvách ovoce a zeleniny (Kasper, 2015).

Kyselina gallová a ellagová

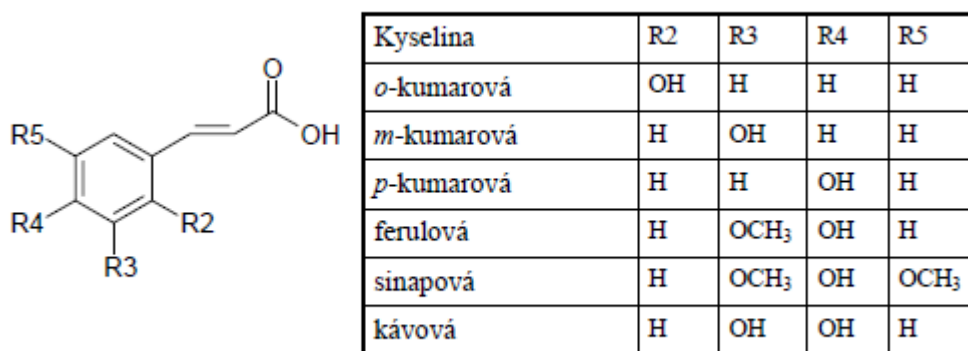
Gallová kyselina a její dimer, ellagová kyselina, jsou obvykle esterově vázány na cukernou složku a tvoří hydrolyzovatelné taniny (Stratil, 2005).

Hlavními zdroji kyseliny gallové a kyseliny ellagové jsou červené plody, jako jsou jahody, maliny a borůvky, dále černý čaj, červené víno a ořechy (Crozier, Clifford a Ashihara, 2006).

Kyselina gallová je základní jednotkou gallotaninů, zatímco kyselina gallová a ellagová jsou obě podjednotky ellagotaninů. Gallotaniny a ellagotaniny jsou označovány jako hydrolyzovatelné taniny a jsou snadno rozděleny působením slabé kyseliny, zatímco kondenzované taniny hydrolyzovatelné nejsou. Taniny neboli třísloviny mají schopnost vázat se na bílkoviny slin a produkovat chuť, kterou člověk rozpoznává jako svíravost. Mírná trpkost může zlepšovat chuť a strukturu řady potravin a nápojů, především v případech čajů a červených vín. Mnoho druhů ovoce má při nezralosti velmi vysoký obsah taninu, který se typicky zkoncentruje na vnější vrstvy buněk. Hladiny taninů poklesnou, když je ovoce zralé. To může být pro rostlinu výhodou, protože dojde k zabránění konzumaci ovoce, dokud semena ještě nejsou schopna klíčit (Crozier, Clifford a Ashihara, 2006).

3.4.3 Deriváty skořicové kyseliny

Skořicové kyseliny mají C6-C3 kostru. Patří zde například kyseliny: skořicová, *p*-kumarová, kávová, ferulová, 5-hydroxyferulová a sinapová. Všechny rostliny pravděpodobně obsahují alespoň tři z nich. Skořicové kyseliny se běžně vyskytují v rostlinách jako estery (Vermerris a Nicholson, 2006).



Obr. 2 Deriváty skořicové kyseliny (*Koplík*)

Skořicová kyselina je převáděna na další deriváty, které jsou součástí fenylylpropanoidové dráhy. Jsou souhrnně označovány jako fenylylpropanoidy. Nejběžnější hydroxyskořicové kyseliny jsou *p*-kumarová, kávová a ferulová. Hydroxyskořicové kyseliny se vyskytují v celé řadě plodů v koncentracích do 2 g/kg čerstvé hmotnosti (Crozier, Clifford a Ashihara, 2006).

Kávová kyselina

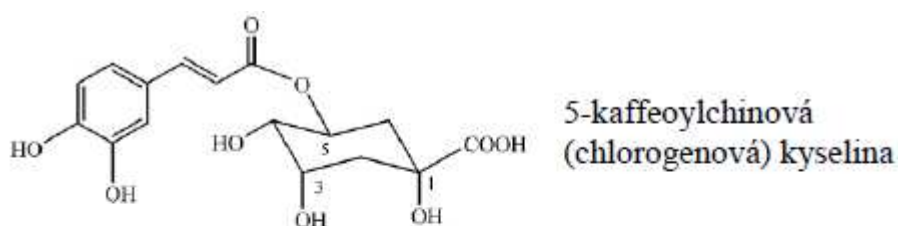
Kyselina kávová, volná nebo esterifikovaná, představuje 75-100% z celkového obsahu hydroxyskořicových kyselin většiny ovoce (Crozier, Clifford a Ashihara, 2006).

Chlorogenová kyselina

Kyselina chlorogenová je ester kyseliny kávové a chinové (Vermerris a Nicholson, 2006).

Všechny přírodní estery chinové kyseliny se označují obecným názvem chlorogenová kyselina. Chlorogenová kyselina se vyskytuje ve významném množství v kávě, bramborách i jiných rostlinách (Stratil, 2005).

Káva je hlavním potravinovým zdrojem chlorogenové kyseliny a pravidelný konzument kávy může mít denní příjem až 800 mg (Crozier, Clifford a Ashihara, 2006).



Další kyseliny:

3-kafeoylchinová (neochlorogenová)

4-kafeoylchinová (krytochlorogenová)

isomerní di-kafeoylchinové kyseliny (isochlorogenové kyseliny)

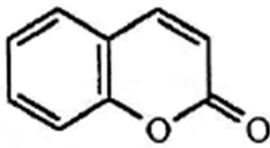
3-*p*-kumaroylchinová

3-feruloylchinová

Obr. 3 Chlorogenová kyselina a příbuzné sloučeniny (Koplík)

3.4.4 Kumariny

Zvláštní skupinou laktonů formálně odvozených od hydroxyskořicových kyselin jsou kumariny, které se vyskytují v rostlinách nejčastěji jako glykosidy příslušných hydroxyskořicových kyselin. Základní člen homologické řady kumarin má význam jako vonná látka. Vůní připomíná seno a vzdáleně vanilku. Vyskytuje se v mnoha čerstvých rostlinných pletivech (Velíšek, 2002).



Obr. 4 Kumarin (Velíšek, 2002)

3.4.5 Stilbeny

Strukturou a biochemickým původem jsou stilbeny podobné flavonoidům. Přirozeně se vyskytující stilbeny jsou substituované sloučeniny s dvěma benzenovými kruhy, které jsou spojeny alifatickým řetězcem o dvou uhlících, struktura je tedy C6-C2-C6. Stejně jako flavonoidy se strukturou C6-C3-C6 se i deriváty stilbenu vyskytují buď jako volné sloučeniny nebo jako glykosidy. Stilbeny nemají prakticky žádný význam jako přirozená barviva rostlin, ale řada sloučenin vykazuje významné biologické vlastnosti. Uplatňují se například jako antimikrobní látky. Některé stilbeny se proto řadí mezi fytoalexiny (Velíšek, 2002).

Fytoalexiny jsou sloučeniny vyrobené rostlinou v reakci na napadení houbovými, bakteriálními nebo virovými patogeny. Hlavní potravinové zdroje stilbenů zahrnují hrozny, víno, sóju a arašídové produkty (Crozier, Clifford a Ashihara, 2006).

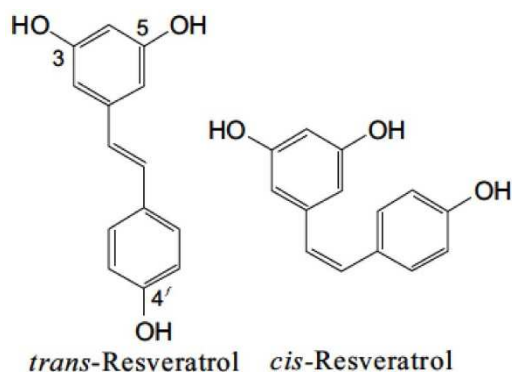
Resveratrol

Resveratrol je nejběžnějším stilbenem. Vyskytují se jak cis, tak trans-izomery. Resveratrol je přítomen v rostlinné tkáni primárně jako trans-resveratrol-3-O-glukosid (Crozier, Clifford a Ashihara, 2006).

Resveratrol se nachází zejména v tmavomodrých a fialových bobulích hroznového vína. Při výrobě červeného vína se resveratrol v bobulích neničí (Kimáková a Baranovičová, 2015).

Resveratrol je fytoalexin, který je tvořen v hroznech, jahodách a jiných rostlinách. Bylo prokázáno, že resveratrol moduluje hladinu LDL cholesterolu, který je hlavním rizikovým faktorem kardiovaskulárních onemocnění. Dále ovlivňuje nebo inhibuje onkogenezi a proliferaci nádoru v in vivo modelech zvířat s nádorovým onemocněním, i v lidských nádorových buňkách in vitro. Resveratrol získal velkou pozornost díky rozšiřujícím se tvrzením o zdravotních výhodách, která překonávají stávající důkazy. V průběhu posledních let bylo provedeno mnoho klinických studií za účelem zhodnocení

zdravotních účinků resveratrolu při léčení rakoviny, kardiovaskulárních onemocnění, obezity, diabetu, osteoporózy, osteopenie a dalších (Brown a Vang 2013).



Obr. 5 Resveratrol (Rege et al., 2014)

3.5 Flavonoidy

Flavonoidy jsou polyfenolické sloučeniny, které obsahují patnáct atomů uhlíku. Struktura se skládá ze dvou aromatických kruhů propojených třemi uhlíkovými atomy. Flavonoidy jsou nejčtenější fenolické látky a nacházejí se v celé rostlinné říši (Crozier, Clifford a Ashihara, 2006).

Uspořádání flavonoidů je C6-C3-C6. Všechny flavonoidní látky je dnes známo více než 4000 a stále se v různých rostlinných zdrojích nacházejí nové sloučeniny (Velíšek, 2002).

Flavonoidy jsou nejvíce studovanou skupinou rostlinných fenolů. Molekulární struktura se skládá z aromatického kruhu (A) kondenzovaného k heterocyklickému kruhu (C), ke kterému je připojen druhý aromatický kruh (B). Obsahují několik hydroxylových skupin navázaných na aromatické kruhy, které umožňují jejich silnou antioxidační aktivitu (Cadenas a Packer, 2002).

Typické flavonoidy mají šestičlenný heterocykl. Flavonoidy jsou obvykle zobrazeny s kruhem (A) na levé straně. Kruh (A) pochází z kondenzace tří malonyl-CoA molekul. Kruh (B) má původ od *p*-kumaroyl-CoA. V typických flavonoidech jedna z hydroxylových skupin kruhu A přispívá kyslíkem do šestičlenného heterocyklu (Vermerris a Nicholson, 2006).

Flavonoidy se obvykle nacházejí v rostlinách jako glykosidy. Mezi různými druhy rostlin jsou velké rozdíly ve složení, dokonce i mezi jednotlivými částmi stejné rostliny (Cadenas a Packer, 2002).

U většiny flavonoidů je C3 řetězec součástí heterocyklického (pyranového) kruhu. Flavonoidy jsou tedy odvozeny od kyslíkaté heterocyklické sloučeniny chromenu, která je v poloze C-2 substituována fenylovou skupinou, který se nazývá flavan. Skelet se skládá ze dvou benzenových kruhů (A a B) a kruhu odvozeného od pyranu (C). Kruh B je spojen s pyranovým kruhem (C) v poloze C-2. Běžně bývají všechny 3 kruhy substituovány hydroxyskupinami nebo methoxyskupinami, jednotlivé deriváty se liší pouze stupněm substituce a oxidace (Velíšek, 2002).

Ve vysoké koncentraci se flavonoidy nacházejí v epidermis listů a ve slupkách ovoce. Mají významné a různorodé role jako sekundární metabolity. V rostlinách jsou flavonoidy zapojeny do různorodých procesů, např. ochrana před UV zářením, pigmentace, stimulace fixace dusíku a odolnost proti chorobám.

Hlavní podtřídy flavonoidů jsou flavony, flavonoly, flavan-3-oly, isoflavony, flavanony a anthokyanidiny. Ostatní flavonoidní skupiny jsou v porovnání s předchozími minoritní složky potravy, např. dihydroflavonoly, flavan-3,4-dioly, kumariny, chalkony, dihydrochalkony a aurony.

Flavony, isoflavony, flavonoly a anthokyanidiny jsou rovinné molekuly. Flavanoly, proantokyanidiny a flavanony mají nasycený uhlík v heterocyklickém kruhu (C) a tedy nejsou rovinné. Základní kostra flavonoidů může mít četné substituenty. Hydroxylové skupiny jsou obvykle přítomny na uhlíku 4, 5 a 7 (Crozier, Clifford a Ashihara, 2006).

Flavonoidy obvykle existují ve formě O-glykosidů, ve kterých je přítomna D-glukosa, L-rhamnosa, D-galaktosa, L-arabinosa, D-xylosa, D-apiosa nebo D-glukuronová kyselina. Nejobvyklejší je vazba prostřednictvím hydroxyskupiny na uhlíku C-7 (Velíšek, 2002).

Většina flavonoidů existuje přirozeně jako glykosidy. Přičemž cukry i hydroxylové skupiny zvyšují rozpustnost flavonoidů ve vodě. Další substituenty, jako methylové skupiny a isopentylové jednotky způsobují lipofilní vlastnosti (Crozier, Clifford a Ashihara, 2006).

Některé flavonoidy jsou důležité jako přírodní rostlinná barviva, jiné jsou významné pro svoji chuť (trpké a hořké látky nebo jejich prekurzory). Mají také významné biologické účinky. Všechny barevné flavonoidy se dříve dělily podle své barvy na 2 velké skupiny, na červené až modré anthokyaniny (anthokyaniny) a žluté anthoxanthiny. Názvy flavonů

a dalších žlutých flavonoidů mají dodnes jména podle latinského flavus (žlutý). Chalkony a aurony se dříve nazývaly anthochlory nebo anthochlorové pigmenty (Velíšek, 2002).

Anthokyany jsou glykosidy anthokyanidinů. Jsou nejdůležitější skupinou ve vodě rozpustných pigmentů odpovědných za červenou, modrou a fialovou barvu květů a plodů. Anthoxantiny jsou bezbarvé nebo bílé až žluté. Zahrnují flavonoly, flavanoly, flavony, flavany a isoflavony (Cadenas a Packer, 2002).

Flavanony a flavanonoly jsou bezbarvé nebo světle žluté sloučeniny a jako barviva nemají velký význam. Některé flavanony jsou však důležitými hořkými látkami grapefruitů.

Z flavonoidních barviv jsou nejvýznamnější žlutě zbarvené flavony a flavonoly a zejména anthokyany, převážně červené (také žluté či oranžové), fialové a modré pigmenty.

Další žluté pigmenty isoflavony se uplatňují jen v některých komoditách (zejména v semenech sóji). Řadí se mezi přirozené toxické složky potravin, neboť vykazují estrogení účinky. Chalkony a dihydrochalkony jsou žlutá, aurony zlatožlutá barviva, ale jako pigmenty potravin se tyto flavonoidy uplatňují málo.

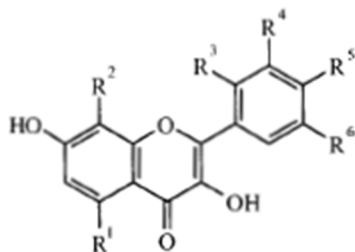
Při technologickém zpracování ovoce a zeleniny může v některých případech (v kyselém prostředí a zejména za vyšších teplot) docházet k hydrolýze glykosidů a k nárůstu koncentrace aglykonů. Kromě O-glykosidů flavonoidů se poměrně často vyskytují C-glykosidy (odvozené hlavně od flavonů a flavonolů), ve kterých je glukosa vázána vazbou C-C, a to buď v poloze C-6, nebo v poloze C-8 molekuly flavonoidu. Většina flavonoidů se v potravinách účastní reakcí enzymového hnědnutí. Schopnost vázat těžké kovy spolu se schopností terminovat radikálové oxidační reakce propůjčuje flavonoidům vlastnosti antioxidantů. Kovové komplexy flavonoidů však někdy způsobují v potravinách nežádoucí diskolorace (Velíšek, 2002).

Uspořádání prostřední C3 skupiny, která spojuje benzenová jádra, určuje, jakým způsobem budou sloučeniny klasifikovány (Vermerris a Nicholson, 2006).

Systematické názvy flavonoidů jsou odvozeny od přítomnosti nebo nepřítomnosti dvojně vazby (-an-), oxoskupiny (-on-) a hydroxylové skupiny (-ol-) v heterocyklu (Stratil, 2005).

3.5.1 Flavonoly

Flavonoly jsou pravděpodobně nejrozšířenější z flavonoidů, vyskytují se v celé říši rostlin, s výjimkou hub a řas. Flavonoly, jako jsou myricetin, kvercetin, isorhamnetin a kemferol jsou nejčastěji nacházeny jako O-glykosidy. Konjugace se vyskytuje nejčastěji v poloze 3 kruhu C, ale k substituci může dojít také v dalších polohách uhlíkového kruhu (Crozier, Clifford a Ashihara, 2006).



galangin, $R^2 = R^3 = R^4 = R^5 = R^6 = H$, $R^1 = OH$
datiscetin, $R^2 = R^4 = R^5 = R^6 = H$, $R^1 = R^3 = OH$
kemferol, $R^2 = R^3 = R^4 = R^6 = H$, $R^1 = R^5 = OH$
kvercetin, $R^2 = R^3 = R^6 = H$, $R^1 = R^4 = R^5 = OH$
myricetin, $R^2 = H$, $R^1 = R^4 = R^5 = R^6 = OH$
fisetin, $R^1 = R^2 = R^3 = R^6 = H$, $R^4 = R^5 = OH$
robinetin, $R^1 = R^2 = R^3 = H$, $R^4 = R^5 = R^6 = OH$
morin, $R^1 = R^2 = R^4 = R^6 = H$, $R^3 = R^5 = OH$
herbacetin, $R^3 = R^4 = R^6 = H$, $R^1 = R^2 = R^5 = OH$
gosypetin, $R^3 = R^6 = H$, $R^1 = R^2 = R^4 = R^5 = OH$

Obr. 6 Významné flavonoly (Velíšek, 2002)

Nejčastější flavonoly jsou kvercetin, kemferol a myricetin. Kvercetin je hlavní fenolická složka rostlin a kvantitativně nejdůležitější flavonoid v potravě. Zvláště vysoká hladina kvercetinu je v cibuli, jablku, kapustě a čaji (Cadenas a Packer, 2002).

Flavonoly jsou společně s flavony důležitými žlutými barvivy. Téměř univerzálními flavonoly jsou kemferol, kvercetin a myricetin které se vyskytují hlavně jako glykosidy a jako kopigmenty doprovázejí anthokyany (zvláště vysoký obsah kvercetinu je ve slupkách červených odrůd cibule).

Netypickým flavonolem je morin vyskytující se v listech morušovníku bílého (*Morus alba*). Je odvozen od kemferolu, ale obsahuje další hydroxyskupinu v poloze C-2' stejně jako datiscetin. Herbacetin a gosypetin mají další hydroxyskupinu na C-8. Příkladem methyletherů flavonolů je rhamnetin, isorhamnetin a další.

Volné aglykony se vyskytují v poměrně malém množství, hlavními formami flavonolů jsou glykosidy. Z glykosidů flavonolů (vyskytují se hlavně 3-glykosidy, méně 7-glykosidy) jsou více rozšířené glykosidy odvozené od kvercetinu a kemferolu, méně glykosidy myricetinu (Velíšek, 2002).

Informace o úrovních flavonolů v běžně konzumovaném ovoci mohou mít ve zdánlivě podobných produktech značné odchylky, pravděpodobně v důsledku sezónních změn a rozdílů mezi odrůdami (Crozier, Clifford a Ashihara, 2006).

Kvercetin

V rostlinné říši je kvercetin poměrně rozšířený. Jeho název je odvozen od latinského *quercetum* – dubový les. Předpokládá se, že kvercetin může v pozitivním smyslu ovlivňovat některé mechanismy vzniku rakovinných buněk. Velké množství ho najdeme v zeleném a černém čaji (až 2000 mg/kg. Obsah kolem 400 mg/kg vykazují jablka, červené hroznové víno, některé citrusové plody, červená cibule, zelená listová zelenina, brokolice a rajčata. Menší množství (od 50 do 150 mg/kg lze nalézt v malinách, borůvkách, jeřabinách, trnkách nebo brusinkách (Kimáková a Baranovičová, 2015).

Bohaté na kvercetin jsou žluté cibule s obsahem zhruba 340 mg/kg. Zelí obsahuje 110 mg/kg, jablka 36 mg/kg a třešně 32 mg/kg. Kvercetin je nejčastější rostlinný fenol obsažený v u nás běžných potravinách (Kasper, 2015).

Kvercetin se tepelnou úpravou ani zmrazováním neničí (Kopec, 2010).

Kemferol

Bohaté na flavonoid kemferol jsou zelí (210-470 mg./kg) a brokolice (60-70 mg/kg) (Kasper, 2015).

Rutin

Běžným glykosidem rostlin je rutin (Velíšek, 2002). Rutin má vedle antioxidačních účinků významné příznivé účinky na pružnost krevních kapilár a zvyšuje využitelnost vitamínu C z potravy. Bohatými zdroji rutinu jsou pohanka a šípky (Kalač, 2003).

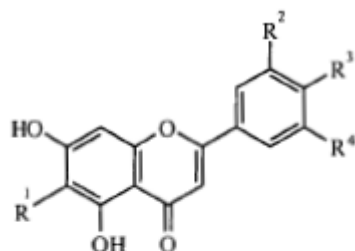
Rutin a některé další glykosidy flavonoidů vykazují antioxidační vlastnosti, mají vliv na pružnost a permeabilitu krevních kapilár. Rutin se proto používá ve farmaceutických preparátech a potravních doplncích. Spolu s dalšími flavonoidními látkami zvanými bioflavonoidy zvyšuje hladinu askorbové kyseliny v různých živočišných orgánech tím,

že ji buď chrání před oxidací katalyzovanou ionty kovů, nebo zvyšuje její utilizaci v organismu. Přírodní zdroje askorbové kyseliny obsahující flavonoidy (např. šípky, kde je značné množství rutinu) jsou proto účinnější než syntetický vitamin C. Komplex rutinu se železem způsobuje tmavé zbarvení chřestů v plechových obalech, cínatý komplex je žlutý (Velíšek, 2002).

Rutin byl dříve nazýván jako vitamin P (permeability vitamin). Má silné protisklerotické účinky (Kopec, 2010).

3.5.2 Flavony

Flavony jsou spolu s flavonoly nejrozšířenějšími žlutými pigmenty rostlin. Běžnými sloučeninami v potravinách jsou flavony substituované na C-5 a C-7, méně často v poloze C-6 kruhu A nebo v poloze C-4' kruhu B. Běžným substituentem je hydroxylová a methoxylová skupina. Častými flavony jsou především apigenin a luteolin. Méně často se vyskytuje tricetin a další flavony (Velíšek, 2002).



chrysin, $R^1 = H, R^2 = H, R^3 = H, R^4 = H$
 apigenin, $R^1 = H, R^2 = H, R^3 = OH, R^4 = H$
 luteolin, $R^1 = H, R^2 = OH, R^3 = OH, R^4 = H$
 tricetin, $R^1 = H, R^2 = OH, R^3 = OH, R^4 = OH$
 bajkalein, $R^1 = OH, R^2 = H, R^3 = H, R^4 = H$
 skutellarein, $R^1 = OH, R^2 = H, R^3 = OH, R^4 = H$

Obr. 7 Významné flavony (Velíšek, 2002)

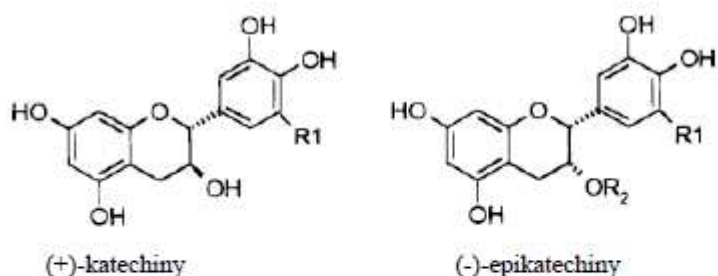
Heterocyklus flavonů obsahuje ketonovou skupinu a má nenasycenou vazbu mezi uhlíky. Flavony jsou běžné u krytosemenných rostlin (Vermerris a Nicholson, 2006).

Flavony mají velmi blízký vztah ke struktuře flavonolů. Ačkoli flavony, například luteolin a apigenin, mají substituce na kruhu A a C, chybí jim oxygenace při C3. V případě flavonů je možná široká škála substitucí, včetně hydroxylace, methylace, O- a C-alkylace a glykosylace.

Většina flavonů se vyskytuje jako 7-O-glykosidy. Flavony nejsou, na rozdíl od flavonolů, distribuovány široce (Crozier, Clifford a Ashihara, 2006).

3.5.3 Flavanoly

Flavanoly jsou nejsložitější podtřída flavonoidů. Patří zde jednoduché monomery (+)-katechin a jeho isomer (-)-epikatechin, dále oligomerní a polymerní proantokyanidiny, které jsou také známé jako kondenzované taniny. Dvě chirální centra na C2 a C3 dávají čtyři isomery pro každou hydroxylaci kruhu (B). Z toho dvě, (+)-katechin a (-)-epikatechin, jsou rozšířeny v přírodě, zatímco (-)-katechin a (+)-epikatechin jsou poměrně vzácné. Oligomerní a polymerní proantokyanidiny mají další chirální centrum na C4 (Crozier, Clifford a Ashihara, 2006).



		R1	R2
(+)-katechin	(-)-epikatechin (EC)	H	H
(+)-gallokatechin	(-)-epigallokatechin (EGC)	OH	H
	(-)-epikatechin-3-gallát (ECG)	H	Gall
	(-)-epigallogatechin-3-gallát (EGCG)	OH	Gall

Obr. 8 Katechiny (Koplík)

Flavanoly katechin a epikatechin se běžně vyskytují v kombinaci s kyselinou gallovou jako epigallokatechin gallát nebo epikatechin gallát. Vyskytují se v čaji a červeném víně a jsou součástí polymerních kondenzovaných tríslovin přítomných v ovoci, luštěninách a obilí (Cadenas a Packer, 2002).

Proantokyanidiny se mohou vyskytovat jako polymery až padesáti jednotek. Kromě vytváření takových velkých a složitých struktur mohou být flavanoly hydroxylované za vzniku gallokatechinu a také podstupovat esterifikaci s kyselinou gallovou.

Proanthokyanidiny, které se skládají výhradně z (epi)katechinových jednotek, se nazývají prokyanidiny a je to nejvíce hojný druh proantokyanidinů v rostlinách.

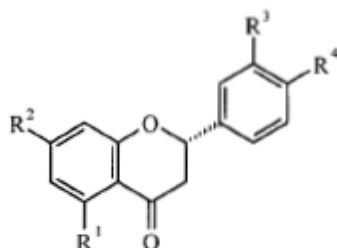
Červená vína obsahují oligomerní prokyanidiny pocházející zejména ze semen hroznů, zatímco tmavé čokolády jsou bohatým zdrojem prokyanidinů odvozených z pražených semen kaka (Theobroma cacao). Zelený čaj (Camellia sinensis) obsahuje vysoké množství flavanolů, zejména (-)-epigallocatechin, (-)-epigallocatechin gallát a (-)-epikatechin gallát. Hladiny katechinů klesají v průběhu fermentace čajových lístků (Crozier, Clifford a Ashihara, 2006).

Katechiny jsou obsaženy významně především v čaji, kakau a ovoci. V čaji se složení katechinů výrazně mění během fermentace čajovníkových listů. Za nejvýznamnější látku z této skupiny je považován epigallocatechin gallát, jehož antioxidační účinnost je asi dvacetkrát vyšší, než kyseliny askorbové. Vyskytuje se zejména v zeleném čaji, ve fermentovaném černém čaji je ho podstatně méně (Kalač, 2003).

Černý čaj obsahuje v surovém stavu asi 3-10 % katechinů, zatímco zelený čaj asi 30-40 % (Matten a Goggins, 2013).

3.5.4 Flavanony

Heterocyklus flavanonů obsahuje ketonovou skupinu, ale není zde žádná nenasycená vazba mezi uhlíky (Vermerris a Nicholson, 2006).



likviritigenin, $R^1 = H, R^2 = OH, R^3 = H, R^4 = OH$
butin, $R^1 = H, R^2 = OH, R^3 = OH, R^4 = OH$
pinocembrin, $R^1 = OH, R^2 = OH, R^3 = H, R^4 = H$
naringenin, $R^1 = OH, R^2 = OH, R^3 = H, R^4 = OH$
eriodiktyol, $R^1 = OH, R^2 = OH, R^3 = OH, R^4 = OH$
sakuranetin, $R^1 = OH, R^2 = OCH_3, R^3 = H, R^4 = OH$
isosakuranetin, $R^1 = OH, R^2 = OH, R^3 = H, R^4 = OCH_3$
hesperetin, $R^1 = OH, R^2 = OH, R^3 = OH, R^4 = OCH_3$

Obr. 9 Významné flavanony (Velíšek, 2002)

Flavanony jsou charakterizovány nepřítomností C2 a C3 dvojné vazby a přítomností chirálního centra na C2. Ve většině přirozeně se vyskytujících flavanonů, kruh C je

připojen ke kruhu B na C2 v alfa-konfiguraci. Struktura flavanonů je velmi reaktivní a je popsáno podrobení hydroxylaci, glykosylaci a O-methylaci. Flavanony jsou dietní složky, které jsou přítomny ve zvláště vysokých koncentracích v citrusových plodech (Crozier, Clifford a Ashihara, 2006).

Bezbarvé až 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 (Velíšek, 2002).

Nejběžnější flavanon glykosid je hesperetin-7-O-rutinosid (hesperidin), který se nachází v kůře citrusů. Flavanon rutinosidy jsou bez chuti. Na rozdíl od toho konjugáty neohesperidosidů jako je hesperetin-7-O-neohesperidosid (neohesperidin) z hořkého pomeranče (*Citrus aurantium*) a naringenin-7-O-neohesperidosid (naringin) z grapefruitové kůry (*Citrus paradisi*) mají intenzivně hořkou chuť (Crozier, Clifford a Ashihara, 2006).

Nejvýznamnějšími aglykony jsou flavanony hesperetin a naringenin. Hesperetin je hlavní součástí glykosidů pomerančů a citronů. Jeho obsah v 1 litru šťávy je asi 1 g. V grapefruitech je hlavní složkou glykosidů naringenin.

Významnými glykosidy citrusů i dalších rostlinných materiálů jsou sakuranin (sakuranetin-S-glukosid), narirutin (naringenin-7-rutinosid či neoponcirin), naringin (naringenin-7-neohesperidosid), eriodiktin (eriodiktyol-7-rhamnosid), ericitrin (eriodiktyol-7-rutinosid, či eriodyktin), poncirin (isosakuranetin-7-neohesperidosid), hesperidin (hesperetin-7-rutinosid) neohesperidin (hesperetin-7-neohesperidosid).

V citrusových plodech jsou glykosidy flavanonů lokalizovány především v albedu (u pomerančů ze 75-80 %, hlavním glykosidem je hesperidin, u grapefruitů až z 90 % převládá naringin). Jejich obsah v rostoucích plodech narůstá, v době zralosti je již konstantní a pohybuje se v rozmezí 1-6 g v jednom plodu.

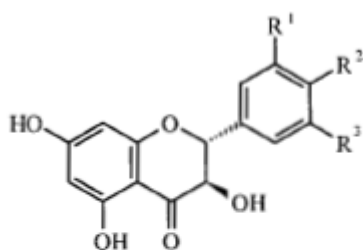
Pomeranče obsahují pouze rutinosidy (např. hesperidin a narirutin), grapefruity obsahují rutinosidy a neohesperidosidy. Přítomnost naringinu ve šťávě pomerančů proto svědčí o přítomnosti grapefruitové šťávy. Glykosid naringin (naringenin-7-neohesperidosid), který je složkou grapefruitů, neohesperidin (hesperetin-7-neohesperidosid) nacházející se v hořkých pomerančích, bigaradiích (*Citrus aurantium*), a také všechny další

neohesperidosidy flavanonů jsou intenzivně hořké látky na rozdíl od odpovídajících rutinoidů a glukosidů (Velíšek, 2002).

3.5.5 Flavanonoly

Flavanonoly jsou také známé jako dihydroflavonoly a často se vyskytují v asociaci s taniny. Příkladem je taxifolin, známý jako dihydrokvercetin (Vermerris a Nicholson, 2006).

Flavanonoly ani jejich glykosidy nejsou příliš významné, neboť se v rostlinných materiálech nenacházejí ve vyšších koncentracích (Velíšek, 2002).



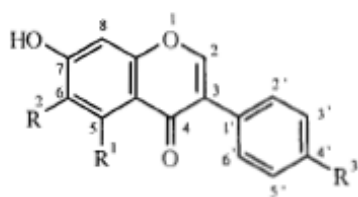
pinobanksin, $R^1 = R^2 = R^3 = H$
aromadendrin (dihydrokemferol), $R^1 = R^3 = H, R^2 = OH$
taxifolin (dihydrokvercetin), $R^1 = R^2 = OH, R^3 = H$
ampelopsin (dihydromyricetin), $R^1 = R^2 = R^3 = OH$

Obr. 10 Významné flavanonoly (Velíšek, 2002)

3.5.6 Isoflavony

Isoflavony se nacházejí téměř výhradně v luštěninách. Velké množství je obsaženo zejména v sójových bobech, kde jsou hlavními isoflavony genistein a daidzein (Cadenas a Packer, 2002).

Isoflavony jsou charakterizovány tím, že kruh (B) je připojený v pozici C3 a nikoli C2. Isoflavony z vojtěšky a jetele (*Trifolium* spp) mají dostatečnou estrogení aktivitu k vážnému ovlivnění reprodukce pasoucích se zvířat, jako jsou krávy a ovce. Jsou také označovány jako fytoestrogeny. Struktura těchto isoflavonů napodobuje steroidní hormon estradiol, který blokuje ovulaci. Spotřeba luštěnin zvířaty proto musí být omezena nebo musí být vybrány odrůdy s nízkým obsahem isoflavonů (Crozier, Clifford a Ashihara, 2006).



daidzein, $R^1 = H, R^2 = H, R^3 = OH$
 genistein, $R^1 = OH, R^2 = H, R^3 = OH$
 formononetin, $R^1 = H, R^2 = H, R^3 = OCH_3$
 glycitein, $R^1 = H, R^2 = OCH_3, R^3 = OH$
 biochanin A, $R^1 = OH, R^2 = H, R^3 = OCH_3$

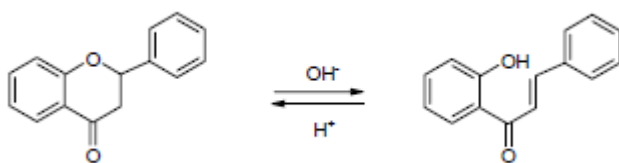
Obr. 11 Isoflavony (Velíšek, 2002)

Isoflavony vykazují estrogenní, ale i další toxické účinky. Běžně se proto řadí spolu s dalšími takto působícími sloučeninami mezi přirozené toxické složky potravin, tzv. fytoestrogeny (Velíšek, 2002).

3.5.7 Chalkony

Chalkony mají pyranový kruh rozevřen a je zde přítomna dvojná vazba (Stratil, 2005).

Chalkony a dihydrochalkony mají lineární C-3 řetězec spojující dva kruhy. C-3 řetězec chalkonů obsahuje dvojnou vazbu. Řetězec dihydrochalkonů je nasycený a tedy dvojnou vazbu neobsahuje (Vermerris a Nicholson, 2006).



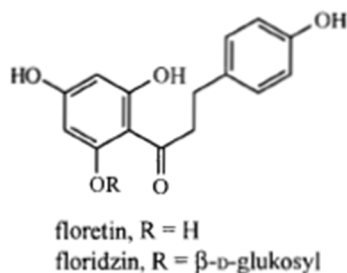
Obr. 12 Přeměna flavanon - chalkon (Koplík)

Chalkony a dihydrochalkony nejsou v potravinářsky významných rostlinných materiálech příliš zastoupeny, mají ale význam jako barviva květů mnoha rostlin. Jsou i barvivy dřevní hmoty stromů a semen luštěnin. V chalkonech je vždy přítomna hydroxyskupina na C-2, která pochází z pyranového kruhu (C) flavanonů, ze kterých chalkony vznikají v alkalickém prostředí. V kyselém prostředí dochází opačně ke konverzi chalkonů na flavanony. Např. z hesperidinu vzniká hesperidinchalkon (Velíšek, 2002).

Naringenin chalkon se vyskytuje například ve slupkách rajčat a v rajčatovém protlaku (Havlík a Marounek, 2012).

Dihydrochalkony

Dihydrochalkony mají dvojnou vazbu redukovanou (Stratil, 2007).

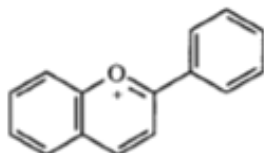


Obr. 13 Dihydrochalkony (Velíšek, 2002)

Příkladem přírodních dihydrochalconů je floretin. Nejznámějším glykosidem floretinu je floretin- β -D-glukosid, který se nazývá floridzin. Jeho výskyt je prakticky omezen na botanický rod *Malus* (jabloň), kde má funkci inhibitoru klíčení semen. U savců způsobuje glykosurii (vyučování glukosy močí). Má hořkou chuť jako naringin. Enzymovou a kyselou hydrolyzou floridzinu vzniká aglykon floretin, alkalickou hydrolyzou 4-hydroxyfenylpropionová kyselina a glukosid floroglucinolu zvaný florin. V malém množství se floridzin vyskytuje také v jablkách a jablečných výrobcích (v množství 0,1-22 mg/kg sušiny ve slupce, 0,03 až 0,3 mg/kg v dužnině, 0,01-0,4 mg/kg ve šťávách). Přítomnost těchto charakteristických flavonoidů jablek slouží k detekci jablečných šťáv v jiných ovocných šťávách (Velíšek, 2002).

Floretin se výlučně vyskytuje v jablkách, a to převážně ve formě glukosidu floridzinu (Ondrejovič et al., 2009).

3.5.8 Anthokyanidiny



Obr. 14 Anthokyanidiny (Velíšek, 2002)

Anthokyanidiny, především jejich konjugované deriváty antokyaniny, jsou široce rozšířeny po celé rostlinné říši. Obzvláště v ovoci a květech jsou odpovědné za červené, modré a fialové barvy. Dále se také nacházejí v pletivech listů, stonků, semen a kořenů. Podílí se na ochraně rostlin před nadměrným světlem a také hrají důležitou roli při lákání opylujícího hmyzu. Nejběžnějšími anthokyanidiny jsou pelargonidin, kyanidin, delphinidin, petunidin, peonidin a malvidin. V rostlinných tkáních se tyto sloučeniny vždy nacházejí jako konjugáty se sacharidy, které jsou známy jako anthokyaniny. Anthokyaniny také tvoří konjugáty s hydroxyskořicovými kyselinami nebo organickými kyselinami, jako je octová a jablečná. Konjugace se vyskytuje nejčastěji na C3, ale může probíhat i na dalších atomech uhlíku. V některých výrobcích, jako jsou vyzrálá červená vína, nastává chemickou a enzymatickou transformací zvýšení množství odvozených polyfenolů od anthokyanidinů, které mohou přispět k celkovému příjmu potravinových fenolů (Crozier, Clifford a Ashihara, 2006).

Heterocyklus anthokyanidinů je flavyliový kationt. Anthokyanidiny obvykle nejsou nacházeny jako volné aglykony, s výjimkou těchto velmi rozšířených barevných sloučenin: pelargonidin (oranžovo-červený), kyanidin (červený), peonidin (růžovo-červený), delphinidin (modrofialový), petunidin (modrofialový) a malvidin (fialový). Nejběžnější anthokyanidin je kyanidin. Tyto sloučeniny jsou přítomny ve vakuolách barevných tkání rostlin, jako jsou květy nebo listy. Barva pigmentu závisí na pH, přítomnosti kovových iontů a kombinaci substituovaných cukrů a esterů. Různé barvy mohou být také způsobeny kombinací několika anthokyanidinů (Vermerris a Nicholson, 2006).

3.6 Účinky flavonoidů na zdraví

Flavonoidy tvoří skupinu sloučenin, které sice nejsou nezbytné pro udržování života, ale významně přispívají k podpoře zdraví. Je tedy možné považovat flavonoidy za semiesenciální složku potravin (Stratil, 2003).

Jsou rozpustné ve vodě. Nacházejí se téměř ve všech rostlinných buňkách. Jde zároveň o barviva, takže dodávají rostlinám jejich charakteristické zbarvení. Někdy se řadí do skupiny vitamínů P, protože mají jednu společnou vlastnost – zvyšují pružnost cévních kapilár. V rostlinách se často nacházejí společně s vitamínem C a chrání ho před oxidací. Flavonoidy zvyšují účinnost vitamínu A, E a beta-karotenu. Flavonoidy jsou díky svým antioxidačním účinkům schopny ovlivnit mnohé chorobné procesy, například zpomalit

procesy oxidace cholesterolu. Schopnost zabránit seskupování krevních sraženin chrání s velkou pravděpodobností před vznikem a rozvojem aterosklerózy (Kimáková a Baranovičová, 2015).

Asi 95 % veškerých flavonoidů obsažených v běžné západní stravě představují kvercetin, kemferol, myricetin, apigenin a luteolin (Kasper, 2015).

3.7 Antioxidační aktivita polyfenolů

Antioxidant je sloučenina, která je schopná zpomalit nebo zabránit oxidování jiných molekul. Antioxidanty ukončují řetězovou reakci, tím, že se samy oxidují a odstraňují tak volné radikály (Komprda, 2008).

Polyfenoly a flavonoidy jsou účinné antioxidanty. Tato schopnost souvisí s jejich chemickou strukturou. Polyfenoly rostlin mají více možností působení – jako redukční činidlo, donor vodíkového atomu a zhášec singletového kyslíku. Některé polyfenoly působí jako antioxidanty díky interakci s ionty kovů, čímž se sníží schopnost kovů generovat volné radikály (Cadenas a Packer, 2002).

Flavonoidy jednak reagují s volnými radikály, jednak váží rizikové kovy do neúčinných komplexů. Flavonoidy se pokládají za účinné i pro prevenci srdečně cévních onemocnění a také pro zpomalení pochodů stárnutí (Kalač, 2003).

Aby byl polyfenol definován jako antioxidant, musí splňovat dvě základní podmínky:

1. Pokud je polyfenol v nízké koncentraci vzhledem k oxidovanému substrátu, musí mít schopnost zpozdít, zpomalit či zabránit autooxidaci nebo oxidaci zprostředkované volnými radikály.

2. Výsledný radikál musí být dostatečně stabilní pro přerušení řetězové oxidační reakce.

Fenolické antioxidanty inhibují peroxidaci lipidů rychlým dodáním atomu vodíku do peroxylového radikálu, což vede k tvorbě alkyl (aryl) hydroperoxidu. Vzniklé fenoxylové radikály mohou být stabilizovány dalším odevzdáním atomu vodíku za tvorby chinonů nebo reakcí s jiným zbytkem, čímž se zabrání zahájení nové řetězové reakce.

Antioxidační účinnost flavonoidů přímo souvisí se stupněm hydroxylace, je snížena v přítomnosti cukerného zbytku. Flavonoidy účinně zhášejí hydroxylové a peroxylové radikály a superoxidové anionty.

Za určitých podmínek, např. vysoká koncentrace fenolických antioxidantů, vysoké pH, nebo přítomnost iontů železa mohou fenolické antioxidanty iniciovat proces autooxidace a tedy působit více jako prooxidanty (Cadenas a Packer, 2002).

3.8 Vstřebávání a metabolismus polyfenolů

Odhady skutečného denního příjmu polyfenolů jsou problematické, protože údajů o obsahu flavonoidů v potravinách zatím není dostatek. Navíc se flavonoidy špatně vstřebávají. Není stanovena doporučená denní dávka, která by představovala zdravotní přínos. Nebyly zjištěny škodlivé účinky flavonoidů, ani když byly přijímány v podstatně vyšších dávkách, než v jakých jsou přijímány potravou (Kalač, 2003).

Hlavním místem resorpce polyfenolů je tenké a tlusté střevo. Některé polyfenoly přijímané v nápojích se mohou částečně resorbovat již v dutině ústní. Polyfenoly, které nejsou resorbovány v tenkém střevě, se dostávají do tlustého střeva, kde jsou metabolizovány střevními bakteriemi.

Po resorpci z trávicího traktu jsou polyfenoly dále metabolizovány enzymy přítomnými v tkáních člověka. Přeměny jsou velmi podobné metabolismu léčiv a jiných xenobiotik (Slanina a Táborská, 2004).

3.8.1 Flavonoidy

Rychlost a rozsah absorpce flavonoidů ve střevě jsou ovlivňovány několika faktory. Většina flavonoidů je v potravinách přítomna jako glykosidy. Hlavním předpokladem pro absorpci je hydrolýza glykosidu. Typ sacharidu připojeného k flavonoidů je nejdůležitější determinant lokality a rozsahu absorpce. Pozice sacharidu má vliv na mechanismy střevní absorpce. V podtřídě flavanolů je běžná polymerace a to má také významný vliv na absorpci této skupiny sloučenin (Crozier, Clifford a Ashihara, 2006).

Glykosylované flavonoidy

Téměř všechny flavonoidy, s výjimkou flavanolů, jsou přítomné v potravě jako glykosidy. Tyto glykosidy musí být před absorpcí v tenkém střevě hydrolyzovány. Glykosidy kvercetinu se hydrolyzují endogenními glukosidázami přítomnými v tenkém střevě. Enzym laktáza-floridzin hydroláza (LPH) je přítomen na kartáčovém lemu epitelových buněk tenkého střeva (Day et al., 2000). Tento enzym má širokou specifitu pro glukosidy konjugované na flavonoidy a hydrolyzuje glukosid před absorpcí.

Výsledný aglykon pak může vstoupit epiteliálními buňkami pasivní difúzí v důsledku zvýšení hydrofobního charakteru (Day et al., 1998).

Přestože se některé flavonoidy mohou resorbovat z trávicího traktu ve formě glykosidů, odštěpení polární složky je nebytné pro prostou difúzi většiny polyfenolů přes kartáčový lem tenkého střeva. Aglykony flavonoidů jsou rozštěpeny v místě pyranového cyklu, obvyklými produkty jsou fenolové kyseliny (Slanina a Táborská, 2004).

Neglykosylované flavonoidy: flavanoly

Flavanoly jsou jediná podtřída flavonoidů, která ve stravě není přítomna jako glykosidy. Monomery jsou (+)-katechin, (-)-epikatechin a (-)-epigallokatechin, dále estery (-)-epikatechin gallát a (-)-epigallokatechin gallát (Crozier, Clifford a Ashihara, 2006).

Denní příjem katechinů je kolem 150 mg, ale biologická dostupnost je poměrně nízká, asi 20 % (Havlík a Marounek, 2012).

3.8.2 Fenolové kyseliny

Při požití ve volné formě se hydroxyskořicové kyseliny rychle vstřebávají z žaludku nebo tenkého střeva (Crozier, Clifford a Ashihara, 2006).

Chorogenová kyselina je hydrolyzována bakteriálními esterázami na kyselinu kávovou a chinovou (Slanina a Táborská, 2004).

Kyselina gallová je pravděpodobně velmi dobře absorbována ve srovnání s jinými polyfenoly (Crozier, Clifford a Ashihara, 2006).

3.9 Popis vybraných potravin

3.9.1 Jablko (*Malus domestica*)

Jablka jsou široce rozšířena po celém světě a byla jedená od prehistorických dob. Nicméně první jablka připomínající moderní jablka (*Malus x domestica*) pravděpodobně vzrostla v oblasti mezi Čínou a Kazachstánem. Římané ovoce dále zkultivovali a vyšlechtili několik odrůd. Nyní je známo po celém světě více než 7000 odrůd (Crozier, Clifford a Ashihara, 2006).

Jablka se řadí do čeledě *Rosaceae* a tvoří samostatný rod *Malus* (Ondrejovič et al., 2009).

V České republice existuje 60 odrůd jablek povolených k pěstování na prodej (Oberbeil a Lentz, 2003).

Jablka jsou dobrým zdrojem flavonoidů a fenolických sloučenin. Mezi hlavní složky patří kyselina neochlorogenová, kyselina kávová, floridzin, kvercetin-3-O-galaktosid (hyperosid), (-)-epikatechin. Hlavními přispěvateli k antioxidační kapacitě jablek jsou kyselina neochlorogenová, kyselina kávová a (-)-epikatechin. (Crozier, Clifford a Ashihara, 2006).

3.9.2 Citrusové ovoce

S výjimkou grapefruitu (*Citrus paradisi*) pochází citrusové plody z Asie. Pomeranč (*Citrus sinensis*) a mandarinka (*Citrus reticulata*) vznikly v Číně a byly přivezeny do Říma arabskými obchodníky. Římané a Řekové znali jen hořké pomeranče (*Citrus aurantium*). Sladké pomeranče byly přivezeny do Evropy z Indie v sedmnáctém století. Citrony (*Citrus limon*) a limety (*Citrus aurantifolia*) vznikly v Indii. Grapefruit byl objeven v Polynésii a zaveden do západní Indie, odkud byl přivezen do Evropy v také v sedmnáctém století.

Zevní vrstva plodu (flavedo) je žlutá nebo oranžová. Pod ní se nachází bílé houbovitě pletivo – albedo (Oberbeil a Lentz, 2003).

Citrusové plody jsou významným zdrojem flavonoidů, hlavně flavanonů, které jsou přítomné jak v šťávě, tak v pletivu. Kůra citrusových plodů také obsahuje konjugovaný flavanon naringenin-7-O-rutinosid (naringin), stejně jako hesperetin-7-O-rutinosid (hesperidin), který je součástí potravinových doplňků pro údajné zabránění kapilárního krvácení. Naringenin-7-O-neohesperidosid (naringin) z grapefruitové kůry a hesperetin-7-O-neohesperidosid (neohesperidin) jsou silně hořké glykosidy flavanonů. Typická hořká chuť některých citrusových plodů a šťáv je způsobena právě přítomností flavanon-7-glykosidů, které mají jako cukernou složku neohesperidosu. Samotné aglykony hořké nejsou. Hořkou látkou grapefruitů (*Citrus paradisi*) je naringin. Hořkou látkou takzvaných hořkých pomerančů (*Citrus aurantium*) je neohesperidin (Crozier, Clifford a Ashihara, 2006).

Hořká chuť se často také objevuje u jinak sladkých pomerančů při tepelném zpracování šťávy a skladování. Příčinou je transformace nehořkého prekurzoru (monolakton limoninu), který se vyskytuje v albedu a endokarpu plodů. Je stálý v neutrálním prostředí, ale v kyselém prostředí šťáv z něj dehydratací vzniká intenzivně hořký triterpenoid

limonin. Tato konverze je urychlována také příslušnou hydrolázou přítomnou v citrusových plodech (Velíšek, 2002).

3.9.3 Hroznové víno (*Vitis vinifera*)

Réva vinná pochází pravděpodobně ze západní Asie. Je jednou z nejdéle pěstovaných plodin (Oberbeil a Lentz, 2003).

Čerstvé červené hrozny (*Vitis vinifera*) obsahují čtyři gramy fenolických látek na kilogram. Je značná variace v hladinách fenolických látek v červených hroznech, která odráží řadu faktorů včetně vinné odrůdy. Malé hrozny se silnou slupkou, jako je Cabernet Sauvignon, mají vyšší obsah fenolických látek, než odrůdy s tenkou slupkou, jako je např. Grenache. Vyšší úroveň fenolických látek jsou u vín vyrobených z hroznů vypěstovaných v zemích se slunečnějším podnebím, jako je Chile, Argentina a Austrálie, než chladnějších oblastech, jako je například severní Itálie a severní Francie.

Flavonoly v červených hroznech jsou konjugáty myricetinu, kvercetinu, kemferolu a isorhamnetinu. Nacházejí hlavně v epidermálních buňkách, kde slouží jako UV ochrana a jejich úroveň roste v závislosti na vystavení slunečnímu světlu. Semena červených hroznů obsahují podstatné množství (+)-katechinu a (-)-epikatechinu. Hrozny obsahují také kyselinu gallovou (Crozier, Clifford a Ashihara, 2006).

3.9.4 Granátové jablko (*Punica granatum*)

Granátové jablko je původem z oblasti mezi Íránem a Himalájemi a zdomácnělo v celém Středomoří již od dávných časů. Španělští osadníci přivezli strom do Kalifornie v 1769, a dnes se pro jeho plody pěstuje zejména v sušších částech Kalifornie a Arizony (Crozier, Clifford a Ashihara, 2006).

Granátové jablka jsou tmavě oranžové až červené plody. Uvnitř plodu se v pouzdrech nachází hranatá semena obklopená červeným šťavnatým semeníkem (Wenzel, 2014).

Bílá dužina granátového jablka má nepříjemnou chuť a tvrdost, avšak hořkost znamená, že kůra je bohatá na sloučeniny s potenciálním terapeutickým využitím. Většina těchto látek s farmakologickou aktivitou pocházejí ze třídy polyfenolů (Newman, Lansky a Block, 2007).

Granátové jablko obsahuje polyfenoly a anthokyanidiny, které mu dávají červenou barvu. Vykazuje výrazně větší antioxidační aktivitu než červené víno nebo zelený čaj (Amjad, 2003).

Dvě největší třídy v džusu z granátového jablka jsou třísloviny a flavonoidy. Jsou to přírodní konzervanty a silné antioxidanty. Typ taninu nazývaný ellagotanin se rozkládá na kyselinu ellagovou. Jedná se o velmi silný antioxidant. Punicalagin a punicalin jsou specifické ellagotaniny, které se nacházejí ve slupce i v dužině granátového jablka.

Ze skupiny flavonoidů se v granátovém jablku nacházejí antokyany, flavan-3-oly, flavonoly a flavony. Mezi flavan-3-oly patří katechiny, silné antioxidanty, které jsou nejčastěji zmiňovány v souvislosti se zeleným čajem, jsou však také obsaženy ve velkém množství ve slupce a džusu z granátového jablka.

Anthokyany se nacházejí hlavně ve šťávě, nikoli v kůře. Jsou zodpovědné za jasnou červenou barvou šťávy. Jsou to také antioxidanty, ale na rozdíl od tříslovin, flavanolů a flavonů podléhají samy o sobě velmi snadno oxidaci (Newman, Lansky a Block, 2007).

Komerční šťáva z granátových jablek má stále větší oblibu. Má vysokou antioxidační kapacitu (Crozier, Clifford a Ashihara, 2006).

4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

V návaznosti na literární rešerši byl proveden experiment zahrnující charakteristiku analyzovaného materiálu, popis přístrojového vybavení, přípravu vzorků, analýzu získaných extraktů a zpracování výsledků.

4.1 Materiál

4.1.1 Popis vzorků

K analýze bylo připraveno osm vzorků džusů. Džusy byly zakoupeny v běžné obchodní síti. Jednalo se o následující 100% džusy bez přidaných konzervantů a vitamínů:

1. Jablečný džus z koncentrátu, pasterován
2. Jablečný džus vyrobený přímým lisováním z jablek, pasterován
3. Pomerančový džus s dužinou, pasterován
4. Pomerančový džus, pasterován
5. Grepový džus, pasterován
6. Džus z granátového jablka, pasterován
7. Džus z červených hroznů, pasterován
8. Džus z fialové karotky a borůvky, pasterován

4.1.2 Chemikálie

Rozpouštědla pro přípravu mobilní fáze s čistotou p. a.: kyselina octová, acetonitril a methanol (Sigma-Aldrich). Standardní látky byly také zakoupeny od firmy Sigma-Aldrich.

4.2 Přístrojové vybavení a pomůcky

4.2.1 Pomůcky, laboratorní sklo

- Automatická pipeta
- Odměrné baňky
- Filtrační systém Mini-UniPrep Glass Microfiber Filter Media with Polypropylene Housing, velikost pórů 0,45 μm
- Kádinky
- Vialky o objemu 2 ml

4.2.2 HPLC systém

K analýze byla použita použit přístroj HPLC Agilent Technologies 1200 Series, s UV/Vis detektorem s diodovým polem (HPLC/UV-Vis -DAD). HPLC systém se skládá z následujících částí:

- 1) Vakuový degazér (odplyňovač) G1379B
- 2) Binární pumpa - G1312B
- 3) Autosampler (Hip-ALS SL+)
- 4) Kolona Agilent Zorbax Poroshell 120, sorbent EC 18, rozměry 50 x 3,0 mm, velikost částic 2,7 μm
- 5) Termostat
- 6) Detektor diodového pole - G13115C

4.2.3 Hmotnostní spektrometrie

Chromatograf byl propojen s hmotnostním detektorem typu trojitý kvadrupól Agilent Technologies 6460 Triple Quad LC/MS

4.2.4 Software

- HPLC software MassHunter
- Microsoft Office
- Statistica 12

4.3 Metodika přípravy vzorků

Vzorky byly nejprve centrifugovány při rychlosti 5000 g po dobu 10 minut. Automatickou pipetou bylo odebráno 400 μl do vialky, jejíž součástí byl mikrofiltrační systém Mini-UniPrep™ Glass Microfiber Filter Media with Polypropylene Housing s velikostí pórů 0,45 mikrometrů od firmy Whatman (Velká Británie). Celý proces byl opakován třikrát pro statistické zpracování.

4.4 Postup HPLC/MS

4.4.1. Podmínky HPLC

Stanovení proběhlo na vysokoúčinném kapalinovém chromatografu na reverzní fázi. Pro separaci byla využita kolona Agilent Zorbax Poroshell 120, se sorbentem EC 18 o rozměrech 50 x 3,0 mm s velikostí částic 2,7 μm .

Mobilní fáze: acetonitril nebo methanol (solvent B), voda s obsahem 2 % kyseliny octové jako modifikátoru (solvent A).

- Nástřik vzorku: 1 μ l
- Průtoková rychlost: 0,6 ml/min.
- Teplota termostatu: 45 °C

4.4.2 Podmínky hmotnostní spektrometrie

Po separaci v chromatografu byly jednotlivé látky identifikovány v trojitém kvadrupólu. Technika ionizace byla ESI v negativním módu.

Vysoušecí plyn

- teplota 350 °C
- průtok plynu 12 l/min.
- nebulizační tlak plynu 45 psi

Zaostřovací plyn

- teplota 300 °C
- průtok 11 l/min.

Napětí na kapiláře bylo 4500 V.

Přechod (fragmentace) definuje látku přesněji. Molekula se roztrhne na fragmenty, je vybrán fragment, který dává největší odezvu. Prekursorový iont odpovídá molekulovému iontu, měří se přechod z původního prekursoru na produktový iont. Další charakteristiky určující molekulu jsou fragmentační napětí a kolizní energie (viz tab. 2).

Analýza probíhala 4,5 resp. 8 minut. Dále je potřeba počítat s tzv. časem post time, který je nutný pro ekvilibraci kolony, obvykle trvá jednu minutu.

Tab. 2: Retenční časy a parametry MRM přechodů

Látka	Retenční čas (min)	Prekursor	Produkt	Fragmen- tační napětí [V]	Kolizní energie [eV]
Flavonoidy					
apigenin	2,57	269	117	140	28
dihydrokemferol	2,09	287	259	130	4
dihydromyricetin	0,93	319	193	94	0
eriodiktyol	2,33	287	151	106	0
hesperidin	1,99	609	301	144	20
homoeriodiktyol	2,37	301	151	110	12
hyperosid	1,20	463	300	150	20
kvercetin	2,37	301	151	208	4
naringenin	2,58	271,1	151	170	4
naringenin chalkon	2,58	271	151	104	4
floretin	2,57	273	167,1	142	4
rutin	1,05	609	300	220	35
Fenoly					
3,4-dihydroxybenzaldehyd	1,79	137	108	120	20
ferulová k.	4,79	193	134	100	10
gallová k.	0,72	169	125	100	10
chlorogenová k.	3,20	353	191	100	10
kávová k.	2,82	179	135	100	10
krytochlorogenová k.	2,40	353	191	105	10
neochlorogenová k.	1,20	353	191	110	10
<i>p</i> -hydroxybenzaldehyd	2,64	121	92	120	20
<i>p</i> -hydroxybenzoová k.	2,20	137	93	100	10
<i>p</i> -kumarová k.	3,81	163	119	100	10
protokatechová k.	1,25	153	109	100	10
salicylová k.	4,25	137	93	100	10
sinapová k.	4,65	223	208	100	8
syringová k.	3,14	197	182	80	10
vanilin	3,22	151	136	100	10
vanilová k.	2,75	167	152	80	10
Katechiny					
epigallokatechin gallát	3,00	457	169	146	8
epikatechin gallát	4,24	441	169	146	12
epigallokatechin	2,14	305	125	146	12
epikatechin	3,30	289	245	146	4
katechin	3,30	289	109	100	20
Resveratrol	2,03	227	185	130	10

4.4.3 Měření vzorků

Separační proces probíhal gradientovou elucí, přičemž mobilní fází byla směs acetonitrilu (B) a vody s 2% kyselinou octovou (A), při objemovém průtoku 0,6 ml/min. Teplota separace byla 45 °C. Do systému byl dávkován 1 µl vzorku. K identifikaci vybraných polyfenolických látek byly použity retenční časy jejich standardů.

Stanovovalo se 33 látek z následujících tří skupin:

Fenoly

3,4-dihydroxybenzaldehyd, ferulová, galová, chlorogenová, kávová, kryptochlorogenová, neochlorogenová, *p*-hydroxybenzaldehyd, *p*-hydroxybenzoová, *p*-kumarová, protokatechová, salicylová, sinapová, syringová, vanilová, vanilin

Flavonoidy

apigenin, dihydrokaemferol, dihydromyricetin, eriodiktyol, floretin, homoeriodiktyol, hyperosid, kvercetin, naringenin, naringenin chalkon, rutin

Katechiny

epikatechin gallát, epigallokatechin gallát, epigallokatechin, katechin, epikatechin

V džusu z červených hroznů se navíc ještě stanovoval resveratrol.

4.4.4 Kvantitativní analýza

Pro kvantitativní analýzu byla použita metoda absolutní kalibrace, konkrétně metoda kalibrační křivky. Byly provedeny nástřiky standardní látky o různých koncentracích za stejných podmínek jako u vzorků (teplota, kolona, mobilní fáze, průtok, typ čerpadla). Pomocí příslušného softwaru byla sestrojena kalibrační přímka. Pomocí této kalibrační přímky byla určena koncentrace jednotlivých polyfenolů.

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

Měření probíhalo třikrát. Byl vypočítán průměr, směrodatná odchylka a variační koeficient. Výsledky všech tří měření jsou uvedeny v příloze I. Pro zvolení vhodného statistického testu byla jako první zjišťována normalita dat. Naměřená data neměla normální rozdělení, proto byl pro statistickou analýzu dat zvolen Kruskal – Wallisův test, který se řadí mezi neparametrické statistiky. Byla zvolena hladina významnosti $\alpha = 0,05$. Nulová hypotéza vyjadřuje, že data se statisticky významně neliší. U všech naměřených hodnot bylo zjištěno $p > 0,05$. To potvrzuje nulovou hypotézu, že mezi měřeními není statisticky významný rozdíl.

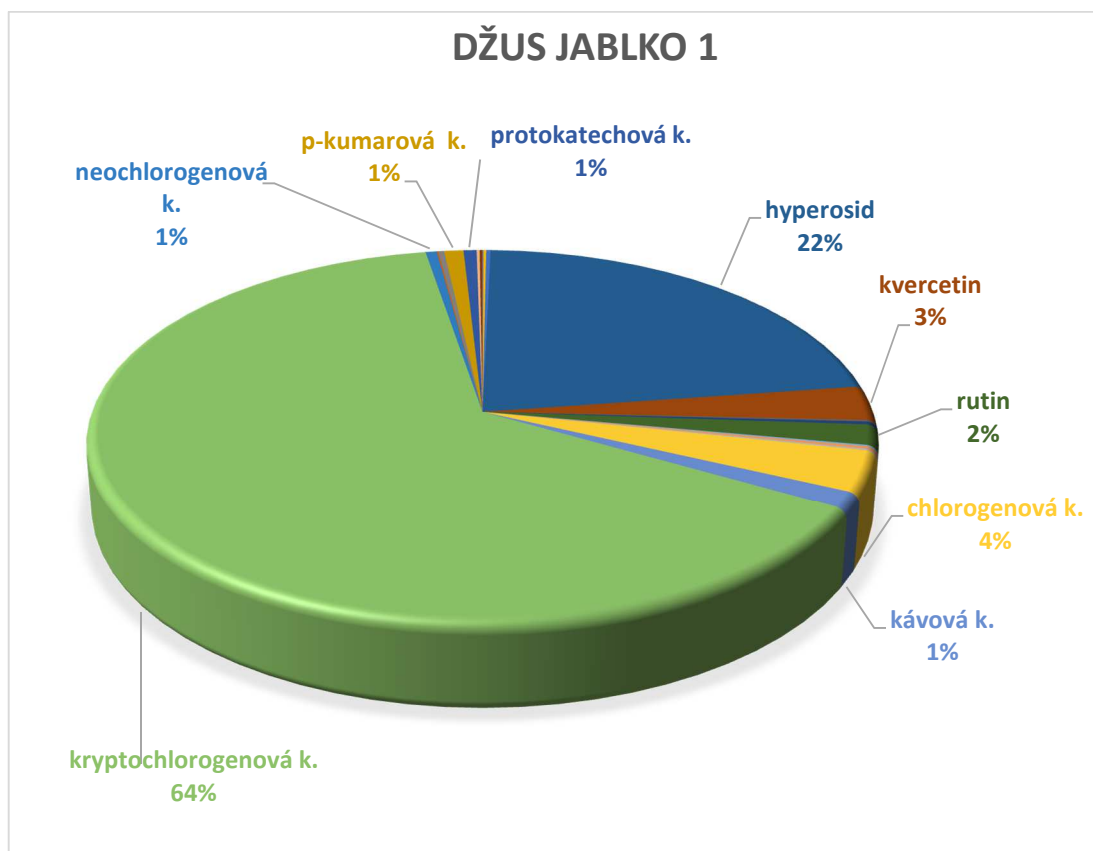
Na následující straně jsou uvedeny průměry všech výsledků (viz tabulka č. 3). Pro kvantifikaci byla zvolena jednotka $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$, protože nejlépe odpovídala naměřeným hodnotám a také proto, že výrobci i autoři studií často uvádějí obsah látek právě v množství na 100 ml.

Tab. 3: Průměrné výsledky měření v $\mu\text{g}/100\text{ ml}$

Látka	Džus 1	Džus 2	Džus 3	Džus 4	Džus 5	Džus 6	Džus 7	Džus 8
apigenin	0,69	1,25	0,53	0,58	1,49	2,23	1,98	1,22
dihydrokemferol	0,45	0,68	n.d.	n.d.	1,28	4,79	5,45	1,60
dihydromyricetin	n.d.	n.d.	n.d.	0,06	0,04	11,20	7,37	0,18
eriodiktyol	1,68	1,80	0,52	1,02	0,87	3,46	3,81	2,47
hesperidin	3,41	6,00	1679,97	1630,73	321,29	35,11	13,39	9,91
homoeriodiktyol	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,12	6,18
hyperosid	368,89	434,06	3,06	3,55	19,04	45,53	197,35	26,14
kvercetin	48,64	51,52	0,60	1,46	0,58	30,20	144,01	6,18
naringenin	2,16	2,75	6,02	5,91	25,98	6,93	10,38	2,44
naringenin chalkon	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
floretin	4,24	3,22	0,07	n.d.	n.d.	0,18	1,10	n.d.
Rutin	29,04	29,56	109,08	104,91	19,32	14,96	1,14	5,17
3,4-diOHbenzaldehyd	2,02	1,34	0,09	0,11	0,71	0,48	1,70	2,64
ferulová k.	3,51	3,50	3,60	3,62	3,57	3,73	3,57	3,56
gallová k.	2,24	1,81	0,92	1,11	2,97	293,07	115,46	23,62
chlorogenová k.	58,48	36,96	n.d.	2,28	5,28	3,30	6,42	6,36
kávová k.	22,65	27,20	4,77	5,40	9,17	6,49	25,58	74,36
kryptochlorogenová k.	1056,24	787,57	1,36	2,52	29,45	11,36	36,37	50,35
neochlorogenová k.	8,64	7,47	3,18	3,05	4,21	2,70	3,84	8,50
p-hydroxybenzaldehyd	1,19	0,13	0,43	0,83	0,39	0,21	1,14	0,73
p-hydroxybenzoová k.	4,50	2,42	2,23	2,57	2,29	3,79	5,43	12,22
p-kumarová k.	14,91	11,44	9,10	11,99	8,67	9,76	54,01	35,01
protokatechová k.	10,09	4,16	0,41	0,99	1,17	12,61	17,69	14,06
salicylová k.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,22	0,85
sinapová k.	n.d.	n.d.	19,81	23,05	n.d.	n.d.	9,82	11,82
syringová k.	2,31	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2,62	10,30	2,78
vanilin	n.d.	n.d.	0,39	1,06	0,28	n.d.	0,65	4,13
vanilová k.	0,03	n.d.	0,35	0,52	0,003	1,40	3,73	4,41
catechin	n.d.	1039,88	1,51	1,65	2,31	41,31	739,84	3,74
epikatechin	n.d.	658,24	0,64	0,33	0,66	298,65	491,38	1,22
epikatechin gallát	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,40	2,19	0,12
epigallokatechin	2,18	n.d.	1,40	n.d.	0,76	584,41	409,23	0,78
epigallokatechin gallát	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,35	15,77	4,92	0,86
resveratrol	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	35,07	n.s.
CELKOVĚ	1648,19	3112,94	1850,04	1809,30	462,13	1447,67	2366,57	323,61

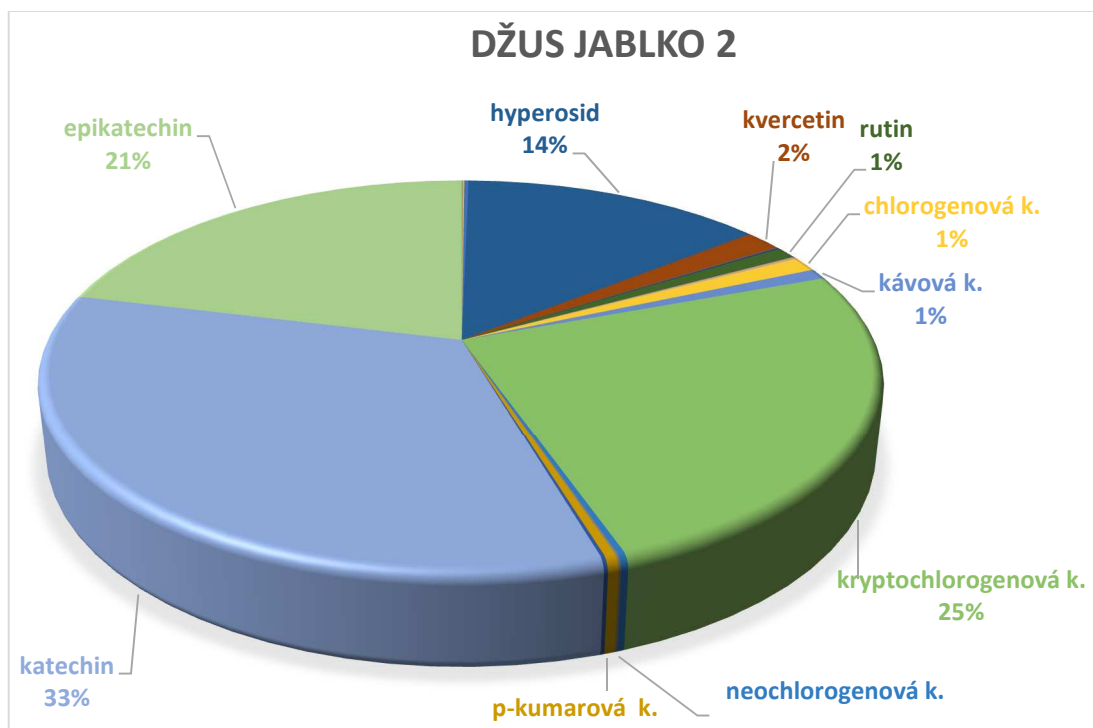
5.1 Výsledky měření jednotlivých džusů

Graf 1: Procentuální zastoupení vybraných polyfenolů v džusu 1



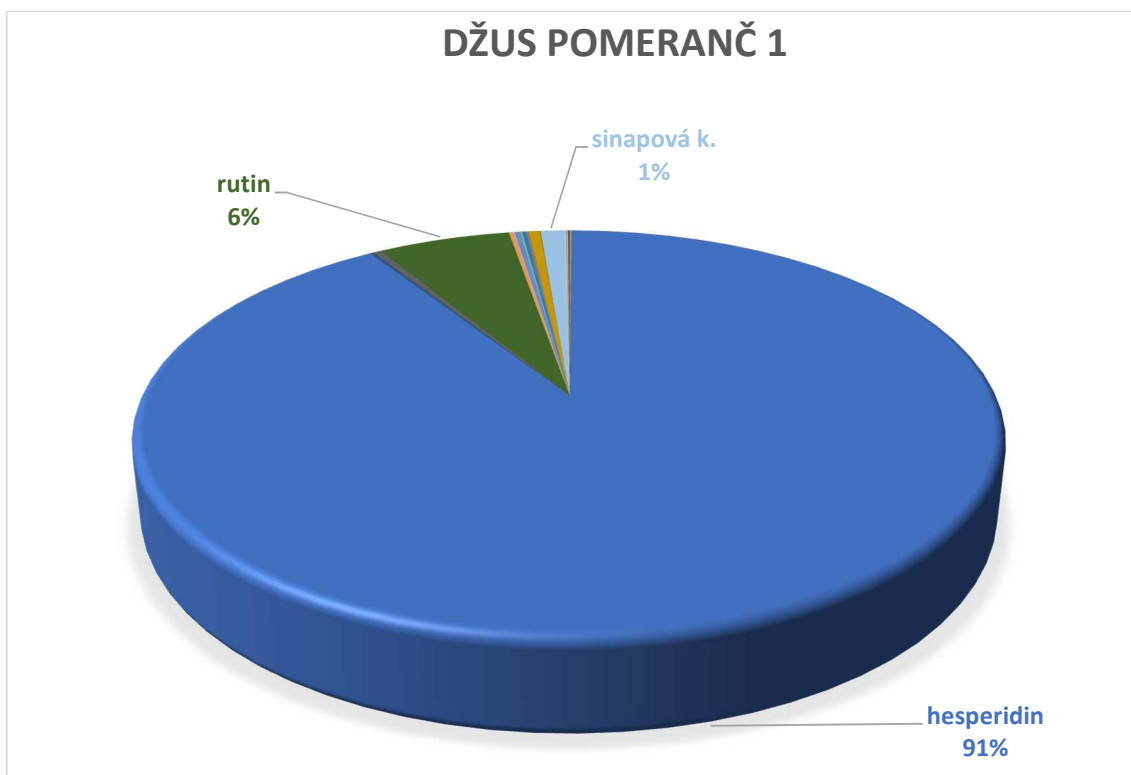
Prvním měřeným džusem byl jablečný džus z koncentrátu, který byl ošetřen pasterací a prodáván v PET láhvi. Celková gramáž stanovených látek činila 1648,19 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. Dominantní složkou byla kyselina kryptochlorogenová s průměrnou naměřenou hodnotou 1056,24 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. Na druhém místě byl stanoven hyperosid s hodnotou 368,89 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. Za zmínku stojí chlorogenová kyselina s 58,48 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$, kvercetin s 48,64 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ a na pátém místě rutin s 29,04 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. Tyto látky tvořily 95 % všech stanovovaných složek. Naopak vůbec nebyly detekovány dihydromyricetin, homoeriodiktyol, naringenin chalkon, salicylová a sinapová kyselina, vanilin a látky z kategorie katechinů, kromě epigallokatechinu, který s dalšími 18 látkami tvořil dohromady 86,91 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$, tedy zbylých 5 % stanovovaných polyfenolů.

Graf 2: Procentuální zastoupení vybraných polyfenolů v džusu 2

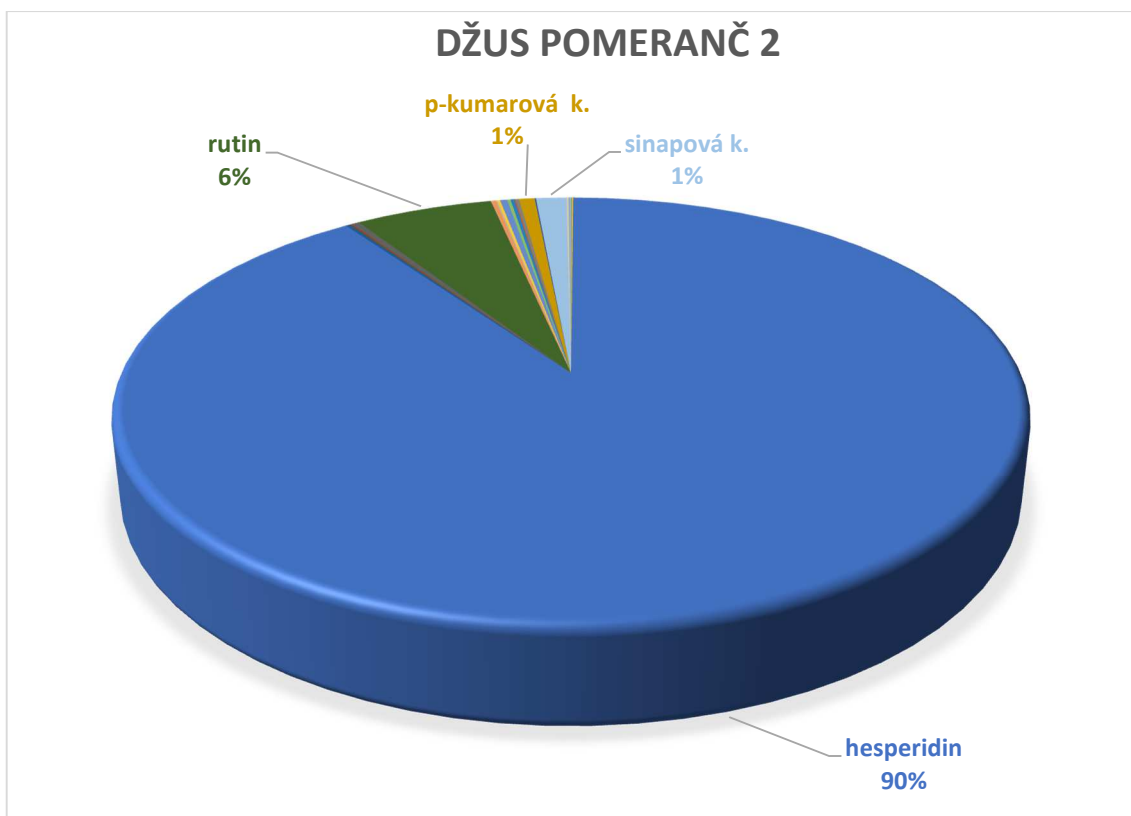


Tento džus byl vyroben přímým lisováním z jablek a poté pasterován. V obchodních řetězcích se prodává v obalu Tetra Pak v chladicích boxech. Celková hmotnost stanovovaných látek byla nejvyšší ze všech džusů právě v tomto - 3112,94 $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$. Z jednotlivých polyfenolů byl kvantitativně nejvýznamnější obsah katechinu s 1039,88 $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$. Další v pořadí byla kryptochlorogenová kyselina s 787,57 $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$, epikatechin s 658,24 $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$ a hyperosid 434,06 $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$. Tyto látky dohromady tvořily 93 % stanovovaných polyfenolů. Dalších 5 % je tvořeno sestupně těmito látkami: kvercetin, chlorogenová kyselina, rutin a kávová kyselina, které dohromady dávají 145,23 $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$. Nebylo detekováno následujících 11 polyfenolů: dihydromyricetin, homoeriodiktyol, naringenin chalkon, kyseliny salicylová, sinapová, syringová a vanilová, vanilin, epikatechin gallát, epigallokatechin a epigallokatechin galát. Dalších 14 nevyjmenovaných látek tvoří zbylých 47,97 $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$, tedy dohromady méně než 2 % stanovovaných látek.

Graf 3: Procentuální zastoupení vybraných polyfenolů v džusu 3

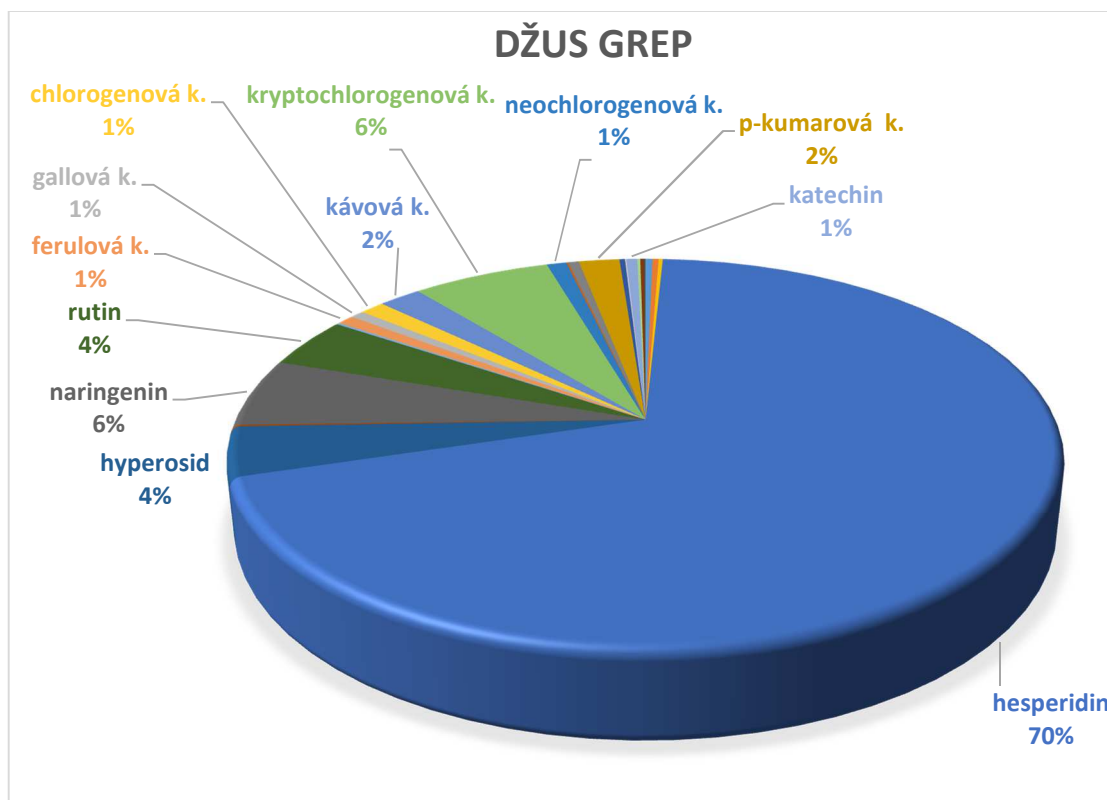


Graf 4: Procentuální zastoupení vybraných polyfenolů v džusu 4



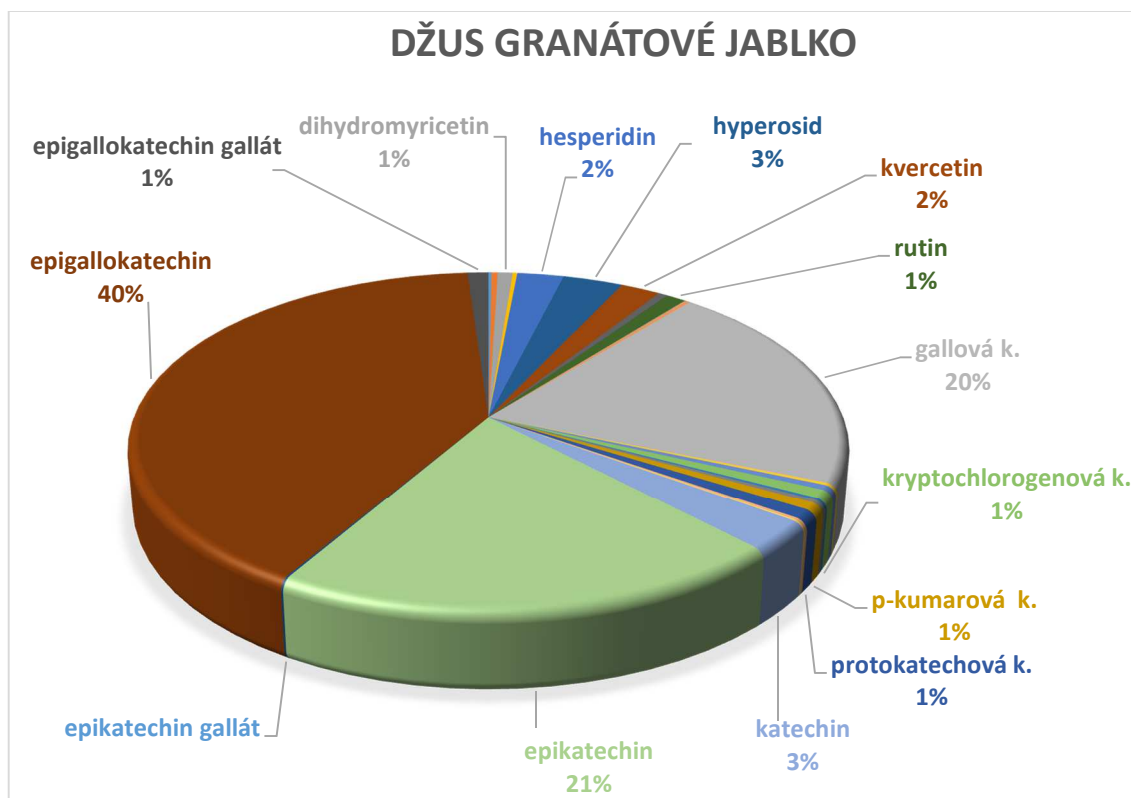
Džusy číslo 3 a 4 jsou hodnoceny zároveň, protože jejich výsledky byly velmi podobné. Oba pomerančové džusy jsou vyrobeny z koncentrátu, ošetřeny pasterací a skladovány v nápojových kartonech při pokojové teplotě. Rozdíl v džusech je ten, že džus č. 3 deklaruje obsah dužiny, což bylo patrné i sensoricky. Byl zde předpoklad, že může být rozdíl v zastoupení a množství polyfenolů džusů na základě odlišného množství dužiny. Tento předpoklad však nebyl potvrzen. Celkový obsah měřených polyfenolů byl v prvním případě 1850,04 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$, v druhém případě 1809,30 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. Dominantní složkou obou džusů byl hesperidin. V prvním případě tvořil hesperidin 91 % všech polyfenolů s naměřenou hodnotou 1679,97 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$, v druhém případě 90 % měřených polyfenolů s hodnotou 1630,73 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. U obou džusů tvořil na druhém místě 6 % všech látek rutin, v prvním případě s hodnotou 109,08 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$, v druhém případě 104,91 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. V pořadí další je sinapová kyselina, která v obou džusech zastupuje 1 % látek, v prvním případě s obsahem 19,81 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$, v druhém případě 23,05 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. V pořadí čtvrtá je v obou džusech *p*-kumarová kyselina, v prvním pomerančovém džusu je její obsah 9,1 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$, v druhém džusu dosahuje na hodnotu 1 % z celkových stanovovaných látek s množstvím 11,99 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. Jmenované látky tvoří v obou džusech 98 % stanovovaných polyfenolů. V obou pomerančových džusech nebyly detekovány tyto látky: dihydrokemferol, homoeriodiktyol, naringenin chalkon, salicylová a syringová kyselina, epikatechin gallát a epigallokatechin gallát. V prvním džusu navíc chyběl dihydromyricetin a kyselina chlorogenová. V druhém džusu nebyl detekován floretin a epigallokatechin. Dvacet jedna zbylých látek tvořilo v obou džusech dohromady kolem 2 %, prvním případě se jedná o hodnotu 32,07 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$, v druhém případě 38,63 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$.

Graf 5: Procentuální zastoupení vybraných polyfenolů v džusu 5



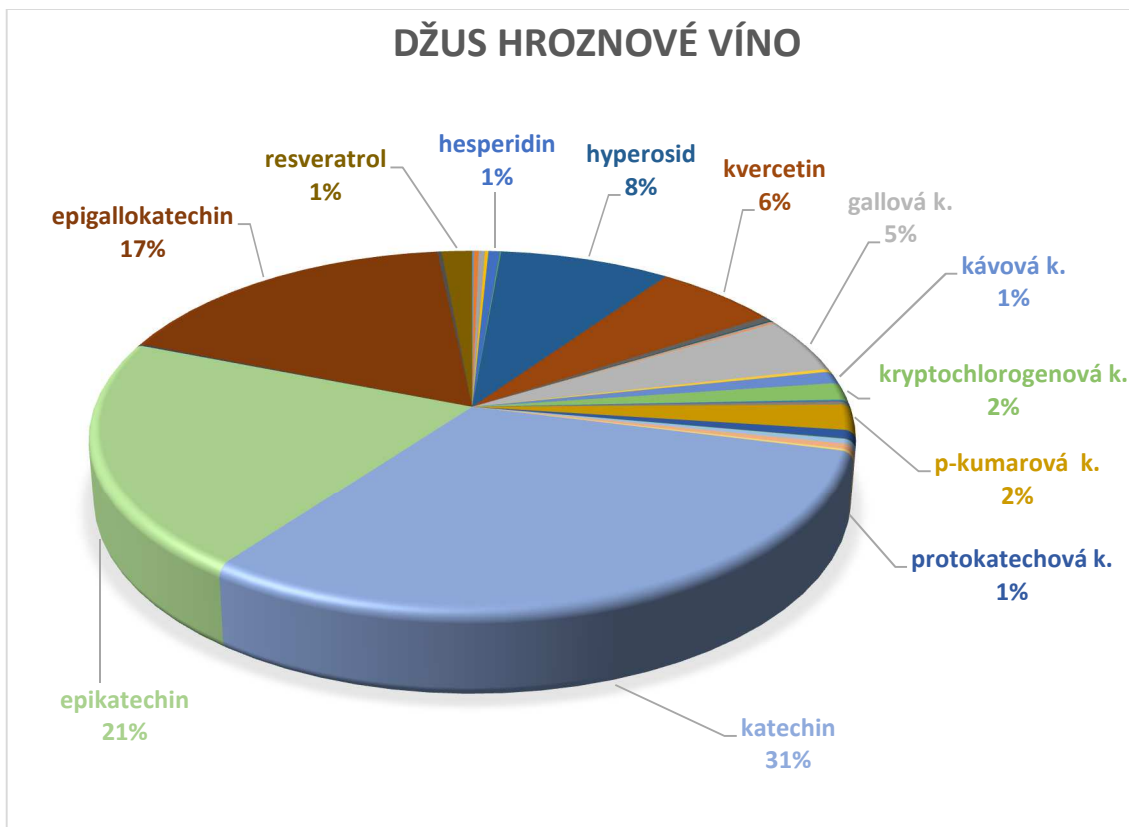
Grepový džus byl vyroben z koncentrátu, ošetřen pasterací a prodáván při běžné teplotě v obalu Tetra Pak. Ve srovnání s předchozími pomerančovými džusy je zde přibližně čtyřikrát menší celkové množství fenolických látek, konkrétně se jedná o hodnotu 462,13 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. Z toho 70 %, tedy 321,29 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ je tvořeno hesperidinen, je to tedy dominantní polyfenol podobně jako u pomerančových džusů. V zastoupení 6 % z celkového množství polyfenolů je na druhém místě kryptochlorogenová kyselina s množstvím 29,45 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. Relativně významné je množství naringeninu, který tvoří 6 % stanovovaných látek s hodnotou 25,98 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. Pro srovnání, předchozí pomerančové džusy vykazovaly obsah naringeninu téměř shodně jen kolem 6 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. V grepovém džusu je kvantitativně na čtvrtém místě rutin s 19,32 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ a na pátém hyperosid s 19,04 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. Dohromady 9 % všech látek tvoří v sestupném pořadí tyto: kyseliny kávová, *p*-kumarová, chlorogenová, neochlorogenová, ferulová, gallová a katechin. Nebylo detekováno těchto šest látek: homoeriodiktyol, naringenin chalkon, salicylová, sinapová a syringová kyselina a epikatechin gallát. Nevyjmenovaných 14 látek tvořilo celkově 10,87 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ a tedy méně než 1 %.

Graf 6: Procentuální zastoupení vybraných polyfenolů v džusu 6



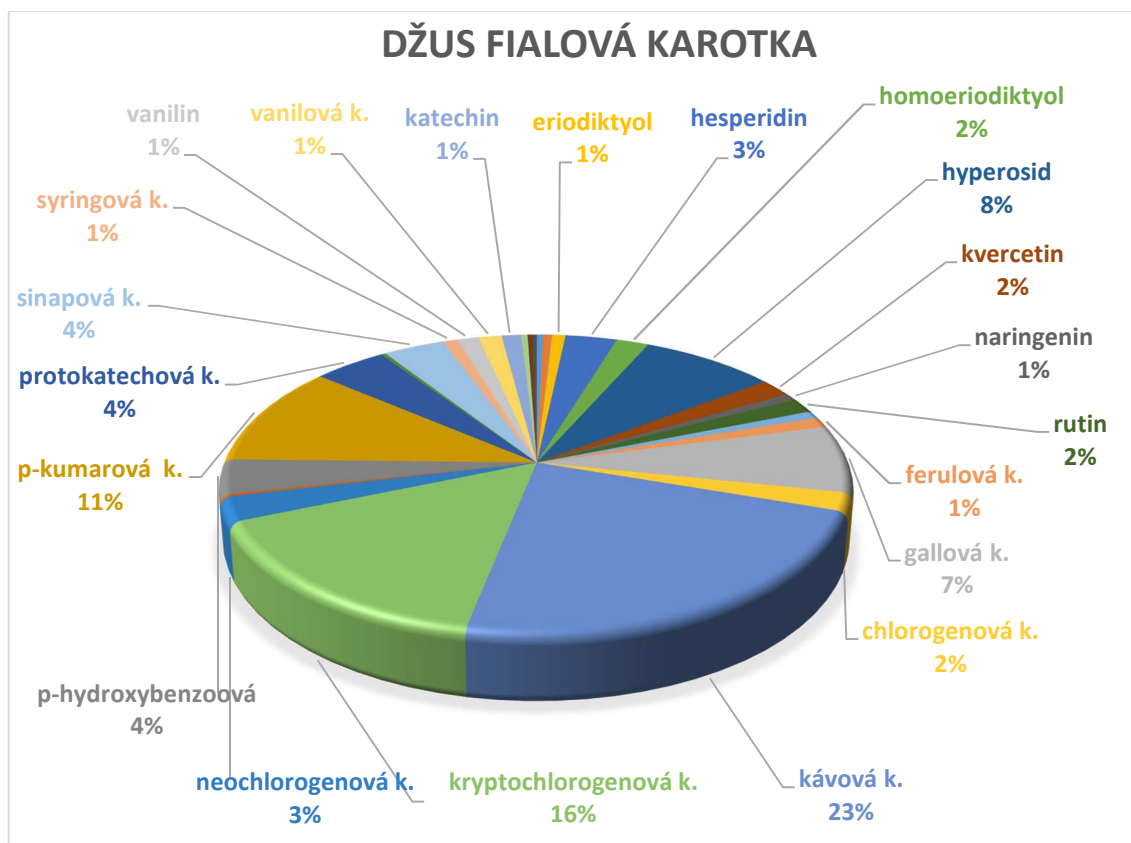
Džus z granátového jablka byl vyroben přímým lisováním z ovoce a šetrně pasterován. V obchodech je k nalezení v chladicích boxech v PET láhvích. Celkový obsah stanovovaných polyfenolů byl 1447,67 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. Nejvyšší zastoupení měl epigallocatechin s 584,41 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$, což tvoří 40 % stanovovaných polyfenolů. Na druhém místě byl epicatechin s 298,65 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$, což tvoří 21 % všech látek. Na třetím místě byla gallová kyselina s 293,07 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ a 20 % ze všech látek. Dalších deset látek tvoří celkově 16 % látek a dohromady dávají 227,83 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. Jsou to v sestupném pořadí tyto: hyperosid, katechin, hesperidin, kvercetin, epigallocatechin gallát, rutin, protokatechová a kryptochlorogenová kyselina, dihydromyricetin a *p*-kumarová kyselina. Dalších patnáct látek dává dohromady 43,71 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ a tvoří zbylé 3 % látek. Dá se říci, že látky ze skupiny katechinů tvoří v tomto džusu celkově asi 65 % všech stanovovaných látek s hodnotou 941,54 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. Nebyly detekovány následující polyfenoly: homoeriodiktyol, naringenin chalkon, salicylová a sinapová kyselina a vanilin.

Graf 7: Procentuální zastoupení vybraných polyfenolů v džusu 7



Džus byl vyroben přímým lisováním červených hroznů a ošetřen pasterací. V obchodech se prodává nechlazený v obalu Tetra-Pak. Celkový obsah polyfenolů byl 2366,57 $\mu\text{g}/100$ ml, což je druhé nejvyšší číslo ze všech džusů. V nejvyšším zastoupení jsou látky ze skupiny katechinů – katechin (739,84 $\mu\text{g}/100$ ml), epikatechin (491,38 $\mu\text{g}/100$ ml) a epigallokatechin (409,23 $\mu\text{g}/100$ ml). Tyto látky dohromady tvoří 69 % všech stanovovaných polyfenolů, tedy 1647,54 $\mu\text{g}/100$ ml. Dále džus obsahuje poměrně významné množství hyperosidu (197,35 $\mu\text{g}/100$ ml), kvercetinu (144,01 $\mu\text{g}/100$ ml), což je nejvyšší naměřená hodnota kvercetinu ze všech džusů, a gallové kyseliny (115,46 $\mu\text{g}/100$ ml). Další látky jsou v sestupném pořadí tyto: kyseliny *p*-kumarová a krytochlorogenová, resveratrol, kyseliny kávová a protokatechová, hesperidin. Vymenované látky tvoří 96 % všech polyfenolů v tomto džusu. Dalších 22 látek tvoří zbylé 4 % a součet jejich množství je 87,92 $\mu\text{g}/100$ ml. Jako jediný polyfenol nebyl v tomto džusu detekován naringenin chalkon.

Graf 8: Procentuální zastoupení vybraných polyfenolů v džusu 8



Tento jediný džus není z ovoce, byl však zařazen pro svoji neobvyklost, velmi tmavou barvu a také pro tvrzení výrobce, že džus obsahuje velké množství polyfenolů. Celkový obsah polyfenolů byl však nejnižší ze všech stanovovaných džusů – 323,61 µg/100 ml. Spektrum látek je zde rozloženo rovnoměrněji než u ostatních džusů. Dominantní složkou je kávová kyselina, která tvoří 23 % stanovovaných polyfenolů a její obsah (74,36 µg/100 ml) je ze všech džusů nejvyšší právě v tomto z červené karotky. Další obsažené látky jsou v sestupném pořadí tyto: kyselina kryptochlorogenová, *p*-kumarová, hyperosid, kyseliny gallová, protokatechová, *p*-hydroxybenzoová, sinapová, hesperidin, kyseliny neochlorogenová a chlorogenová, homoeriodiktyol, kvercetin, rutin, vanilová kyselina, vanilin, katechin ferulová a syringová kyselina, 3,4-dihydroxybenzaldehyd, eriodiktyol a naringenin. Těchto 22 vyjmenovaných látek tvoří dohromady 99 % všech stanovovaných polyfenolů. Chybějící 1 % je tvořeno zbylými devíti látkami. Nebyly detekovány naringenin chalkon a floretin.

5.2 Porovnání obsahu jednotlivých látek v džusech

Přehledné tabulky pro obsah jednotlivých látek v džusech jsou uvedeny v příloze II. Látky jsou řazeny podle hlavních skupin (flavonoidy, fenoly, katechiny) a v nich podle abecedy.

5.2.1 Flavonoidy

Stanovovaných flavonoidů bylo dvanáct. Celkově nejvyšší množství flavonoidních látek bylo stanoveno v džusu č. 3 – pomerančový s dužinou (1799,86 µg/100 ml). To bylo způsobeno především vysokým obsahem hesperidinu, který měl nejvyšší naměřenou hodnotu nejen ze všech flavonoidů, ale ze všech stanovovaných polyfenolů vůbec. Nejnižší celkové množství flavonoidů vykazoval džus z fialové karotky (61,48 µg/100 ml).

Množství apigeninu bylo ve všech džusech v rozmezí od 0,53 µg/100 ml po 2,23 µg/100 ml. Dihydrokemferol nebyl detekován v obou pomerančových džusech, v ostatních džusech se jeho hodnota pohybovala mezi 0,45 µg/100 ml a 5,45 µg/100 ml. Dihydromyricetin nebyl detekován v obou jablečných džusech a džusu č. 3 – pomerančový z dužinou. Nejnižší naměřená hodnota dihydromyricetinu byla v džusu grepovém – 0,04 µg/100 ml a nejvyšší v džusu z granátového jablka – 11,2 µg/100 ml. Množství eriodiktyolu se pohybovalo v rozmezí od 0,52 µg/100 ml po 3,81 µg/100 ml.

Floretin je typický flavonoid jablek (viz diskuze) a nejvyšší množství bylo zjištěno právě v jablečných džusech – 4,24 µg/100 ml v džusu č. 1. Floretin nebyl detekován v džusech č. 4, 5 a 8, v džusech č. 3, 6 a 7 bylo množství od 0,07 µg/100 ml po 1,1 µg/100 ml. Množství hesperidinu bylo ve všech džusech z citrusů výrazné – nejvyšší hodnota byla naměřena v džusu č. 3 (pomerančový s dužinou) – 1679,97 µg/100 ml, dále byl výrazný obsah v džusu č. 4 a 5. V ostatních džusech byly naměřené hodnoty hesperidinu 35,11 µg/100 ml a menší, nejnižší množství bylo naměřeno v džusu č. 1 – 3,41 µg/100 ml.

Homoeriodiktyol nebyl detekován v džusech č 1-6, v džusu č. 7 bylo stanoveno množství 1,12 µg/100 ml a v džusu č. 8 bylo stanoveno 6,18 µg/100 ml. Množství hyperosidu bylo nejnižší v obou pomerančových džusech – nejnižší hodnota byla 3,06 µg/100 ml v džusu č. 3. Nejvyšší hodnoty hyperosidu byly naměřeny v jablečných džusech – v džusu č. 2 bylo naměřeno 434,06 µg/100 ml. Nejnižší množství kvercetinu bylo naměřeno v džusu č. 3 – 0,6 µg/100 ml a nejvyšší v džusu č. 7 – 144,01 µg/100 ml. Množství naringeninů

bylo nejvýznamnější v grepovém džusu (25,98 µg/100 ml) a nejnižší v džusu č. 1 (2,16 µg/100 ml). Naringenin chalkon nebyl detekován v žádném z džusů. Nejvýznamnější množství rutinu bylo stanoveno v obou pomerančových džusech. Nejvyšší množství (109,08 µg/100 ml) bylo v džusu č. 3 a nejnižší (1,14 µg/100 ml) v džusu č. 7.

5.2.2 Fenoly

Fenolových látek bylo stanovováno dohromady šestnáct. Celkové nejvyšší množství fenolických kyselin a jejich derivátů (1186,81 µg/100 ml) obsahoval jablečný džus z koncentráту (č. 1), což bylo způsobeno především díky vysokému zastoupení kryptochlorogenové kyseliny (1056,24 µg/100 ml), což zároveň byla nejvyšší naměřená hodnota ze všech fenolických kyselin a jejich derivátů. Nejnižší množství fenolických kyselin a jejich derivátů obsahoval džus č. 3 – pomerančový s dužinou (46,64 µg/100 ml).

Množství 3,4-dihydroxybenzaldehydu se pohybovalo od 0,09 µg/100 ml v džusu č. 3 do 2,64 µg/100 ml v džusu č. 8. Hladina ferulové kyseliny byla v džusech velmi vyrovnaná, hodnoty byly v rozpětí od 3,50 µg/100 ml do 3,73 µg/100 ml. Nejvyšší množství gallové kyseliny bylo stanoveno v džusu z granátových jablek – 293,07 µg/100 ml a nejnižší v pomerančovém džusu s dužinou (džusu č. 3) – 0,92 µg/100 ml. Chlorogenová kyselina nebyla detekována v džusu č. 3 (pomerančový s dužinou), nejnižší stanovené množství bylo v pomerančovém džusu č. 4, konkrétně 2,28 µg/100 ml. Nejvyšší množství chlorogenové kyseliny bylo obsaženo v džusu č. 1 – jablečný z koncentrátu (58,48 µg/100 ml). Kávová kyselina byla nejvíce zastoupena v džusu č. 8 (74,36 µg/100 ml) a nejméně v džusu č. 3 (4,77 µg/100 ml).

Již zmíněná kyselina kryptochlorogenová tvořila nejvýznamnější složku jablečného džusu z koncentrátu (1056,24 µg/100 ml), významný obsah byl její obsah i v druhém jablečném džusu (787,57 µg/100 ml). Naopak nejnižší hodnoty kryptochlorogenové kyseliny byly naměřeny v obou pomerančových džusech – nejméně v džusu č. 3 (1,36 µg/100 ml). Obsah neochlorogenové kyseliny se pohyboval v rozpětí 2,7 µg/100 ml (džus č. 6) až 8,64 µg/100 ml (džus č. 1).

Stanovené množství *p*-hydroxybenzaldehydu bylo v rozmezí 0,13 µg/100 ml (džus č. 2) až 1,19 µg/100 ml (džus č. 1). Nejnižší množství kyseliny *p*-hydroxybenzoové bylo 2,23 µg/100 ml v džusu č. 3, nejvyšší množství 12,22 µg/100 ml v džusu č. 8. V případě kyseliny *p*-kumarové bylo nejnižší naměřené množství v džusu č. 5 – 8,67 µg/100 ml

a nejvyšší v džusu č. 7 – 54,01 µg/100 ml. Nejnižší množství protokatechové kyseliny bylo naměřeno v džusu č. 3 – 0,41 µg/100 ml a nejvyšší v džusu č. 7 – 17,69 µg/100 ml. Salicylová kyselina nebyla vůbec detekována v džusech č. 1-6, v džusu č. 7 byl stanoven obsah 1,22 µg/100 ml a v džusu č. 8 bylo stanoveno 0,85 µg/100 ml. Kyselina sinapová nebyla detekována v džusech č. 1, 2, 5 a 6. Nejvyšší množství sinapové kyseliny bylo naměřeno v džusu č. 4 (23,05 µg/100 ml) a nejnižší v džusu č. 7 (9,82 µg/100 ml). Syringová kyselina nebyla nalezena v džusech č. 2-5, nejvyšší stanovené množství bylo v džusu č. 7 (10,3 µg/100 ml), v ostatních třech džusech se obsah pohyboval mezi 2,31 – 2,78 µg/100 ml. Vanilin nebyl detekován v džusech č. 1, 2 a 6. Nejnižší obsah vanilinu byl v džusu č. 5 (0,28 µg/100 ml) a nejvyšší v džusu č. 8 (4,13 µg/100 ml). Kyselina vanilová byla nejméně obsažena v džusu č. 5 (0,003 µg/100 ml), nejvíce v džusu č. 8 (4,41 µg/100 ml) a vůbec nebyla detekována v džusu č. 2.

5.2.3 Katechiny

Ze skupiny katechinů bylo stanovováno 5 sloučenin. Nejvyšší celkový obsah naměřených sloučenin (1698,11 µg/100 ml) vykazoval džus č. 2 – jablečný z přímého lisování. Těsně za ním v celkovém obsahu katechinů byl džus č. 7 z červených hroznů s hodnotou 1647,54 µg/100 ml. Významné množství katechinů vykazoval i džus z granátového jablka (č. 6) – 941,54 µg/100 ml. V dalších džusech byl naopak obsah katechinů, nízký celkově se hodnot pohybovaly mezi 1,98 – 6,72 µg/100 ml. Látka katechin v užším slova smyslu vykazoval naměřenou hodnotu 1039,88 µg/100 ml, což byla nejvyšší naměřená hodnota mezi katechiny. Toto množství bylo stanoveno v džusu č. 2 – jablečný z přímého lisování. Naopak v jablečném džusu z koncentrátu nebyl katechin detekován vůbec. Podobná situace je i v případě epikatechinu, kdy nejvyšší naměřená hodnota (658,24 µg/100 ml) byla zjištěna v jablečném džusu č. 2 a naopak v jablečném džusu č. 1 epikatechin nebyl detekován.

Epikatechin gallát nebyl detekován v džusech č. 1 – 5. V ostatních džusech bylo množství epikatechinu v rozpětí 0,12 – 2,19 µg/100 ml. Nejvyšší naměřené množství epigallokatechinu bylo v džusu z granátových jablek (584,41 µg/100 ml), dále 409,23 µg/100 ml bylo v džusu z červených hroznů. V džusech č. 2 a 4 nebyl epigallokatechin detekován. V ostatních třech džusech byl obsah epigallokatechinu nízký v rozpětí 0,76 – 2,18 µg/100 ml. Epigallokatechin gallát nebyl detekován v džusech č. 1-4. Nejvyšší

množství epigallokatechin gallátu bylo zjištěno v džusu z granátových jablek – 15,77 µg/100 ml.

5.2.4 Resveratrol

Resveratrol byl stanovován pouze v džusu z červených hroznů. Průměrná hodnota ze tří měření byla 35,07 µg/100 ml.

5.3 Diskuze

Cheryan (1998) uvádí, že při filtraci džusů dochází k odstranění látek tvořících zákal, kam patří suspendované a koloidní látky, proteiny a také polyfenoly. To může být předpokladem, že v čerstvém ovoci je obsah polyfenolů vyšší než v džusech.

V této diplomové práci proběhla analýza dvou srovnatelných pomerančových džusů (rozdíl byl v tom, že jeden obsahoval dužinu) a výsledky obou džusů byly velmi podobné, tedy se v tomto případě neprokázalo, že by díky zvýšenému obsahu dužiny byl vyšší obsah polyfenolů

Podle autorů Crozier, Clifford a Ashihara (2006) jsou hlavními zdroji kyseliny gallové bobulové ovoce a červené víno, což se ve výsledcích částečně potvrdilo. Ve výsledcích experimentu byl na prvním místě v obsahu gallové kyseliny džus z granátových jablek, na druhém místě džus červených hroznů.

Crozier, Clifford a Ashihara také píší, že hydroxyskořicové kyseliny se vyskytují v celé řadě plodů v koncentracích do 2 g/kg čerstvé hmotnosti. Mezi hydroxyskořicové kyseliny se ze stanovovaných řadí tyto: ferulová, chlorogenová, kávová, kryptochlorogenová, neochlorogenová, *p*-kumarová a sinapová. Jejich obsah byl nejvyšší v jablečném džusu z koncentrátu – 1164,42 µg/100, což odpovídá 11,64 mg/l. Nemůžeme sice úplně srovnat litr džusu s kg ovoce, přesto je tato naměřená hodnota o dva řády nižší. Důvodem může být rozdíl v obsahu hydroxyskořicových kyselin v čerstvém ovoci a v džusech. Druhým důvodem může být také to, z celé škály hydroxyskořicových kyselin bylo vybráno pouze sedm zástupců, tedy nemohly být pokryto celé jejich množství.

Crozier, Clifford a Ashihara dále tvrdí, že kyselina kávová, volná nebo esterifikovaná, představuje 75-100% z celkového obsahu hydroxyskořicových kyselin většiny ovoce. Z našeho experimentu vyplynulo, že pouze v džusu z fialové karotky tvořila kyselina kávová majoritní hydroxyskořicovou kyselinu. V ostatních džusech byly dominantní jiné

hydroxyskořicové kyseliny. V džusech z jablek, grepu a granátového jablka to byla kyselina kryptochlorogenová, v pomerančových džusech sinapová kyselina, v džusu z hroznů *p*-kumarová kyselina.

Obsah kvercetinu v jablkách uvádí dva zdroje jinak. Podle Kaspera (2005) obsahují jablka 36 mg/kg kvercetinu. Podle Kimákové a Baranovičové (2015) je to kolem 400 mg/kg. V našem případě byly naměřené hodnoty v jablečných džusech kolem 500 µg/l, tedy o tři řády nižší. Opět podotýkám, nelze přesně porovnat litr džusu a kg ovoce, slouží to však pro orientační srovnání.

Kimáková a Baranovičová (2015) dále píší, že kolem 400 mg/kg kvercetinu vykazují hroznové víno a některé citrusové plody. Nejvyšší obsah kvercetinu ze všech džusů byl v našem experimentu nalezen v džusu z červených hroznů, 144 µg/100 ml.

Za nejvýznamnější látku ze skupiny katechinů je považován epigallokatechin gallát (Kalač, 2003). Epigallokatechin gallát se podle našeho měření vyskytoval ze všech katechinů v džusech nejméně. V džusech č. 1–4 nebyl detekován vůbec. Nejvyšší obsah epigallokatechin gallátu vykazoval džus z granátových jablek – 15,77 µg/100 ml.

Podle Velíška (2002) nejsou flavanonoly ani jejich glykosidy příliš významné, neboť se v rostlinných materiálech nenacházejí ve vyšších koncentracích. V našem měření se jednalo o dihydrokemferol a dihydromyricetin. Výsledky experimentu mohou potvrdit toto sdělení, neboť v některých džusech nebyly flavanonoly vůbec detekovány a v ostatních byly hodnoty velmi nízké. Nejvyšší hodnota byla v případě dihydromyricetinu v džusu granátových jablek – 11,2 µg/100 ml.

Dále Velíšek uvádí, že flavanony jsou v potravinách rozšířeny poměrně málo a jako barviva nemají téměř žádný význam. Ve vyšších koncentracích se nacházejí pouze v citrusovém ovoci. V grapefruitech je hlavní složkou glykosidů naringenin.

Dle našich měření se hesperidin a naringenin vyskytovaly ve všech džusech, avšak ve výrazně nižším množství než v džusech z citrusů. Hlavní složkou grepového džusu nebyl naringenin, ale hesperidin, který v tomto džusu tvořil 70 % polyfenolů, zatímco naringenin pouze 6 %. Zde by mohl být prostor pro další analýzu, například zda výrobce nepřidává do grepového džusu část pomerančového.

Chalkony a dihydrochalkony nejsou v potravinářsky významných rostlinných materiálech příliš zastoupeny, mají ale význam jako barviva květů mnoha rostlin (Velíšek, 2002). Toto bylo potvrzeno v případě naringenin chalkonu, který nebyl detekován ani v jednom z džusů. Mezi dihydrochalkony patří i floretin, jehož nejvyšší obsah byl stanoven v džusech z jablek.

Přítomnost charakteristických flavonoidů jablek floretinu a floridzinu slouží k detekci jablečných šťáv v jiných ovocných šťávách (Velíšek, 2002). Nejvyšší obsah floretinu byl skutečně stanoven v džusech z jablek, v ostatních džusech se buď nevyskytoval vůbec (č. 4, 5 a 8) nebo v nepatrném množství.

Plody červených hroznů obsahují podstatné množství katechinu a epikatechinu. Hrozny obsahují také kyselinu gallovou (Crozier, Clifford a Ashihara, 2006). S tímto tvrzením lze podle našeho experimentu souhlasit, hroznový džus obsahoval významné množství katechinu, epikatechinu a kyseliny gallové.

V džusu z červených hroznů byl také stanovován resveratrol. Naměřená hodnota byla 35,07 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. Podle autorů Stervbo, Vang a Bonnesen (2007) je průměrná naměřená hodnota resveratrolu v červených vínech 190 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. Množství resveratrolu v námi měřeném džusu je tedy asi 5,4x nižší než průměrné množství v červených vínech.

6 ZÁVĚR

Diplomová práce se v literární rešerši zaměřila na popis polyfenolů a v experimentální části na jejich stanovení v džusech. K analýze bylo vybráno osm džusů – jablečný z koncentrátu, jablečný z přímého lisování, pomerančový z koncentrátu s dužinou, pomerančový z koncentrátu bez dužiny, grepový z koncentrátu, džus z granátových jablek, z červených hroznů a z fialové karotky. Měření se provádělo pomocí metod vysokoúčinné kapalinové chromatografie a hmotnostní spektrometrie.

Nejvyšší celkové množství polyfenolů, konkrétně 3112,94 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$, bylo zjištěno v džusu č. 2 (jablečný vyrobený přímým lisováním z jablek). V tomto džusu byla dominantní látka katechin s obsahem 1039,88 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. Nejnižší celkové množství polyfenolů obsahoval džus č. 8 z fialové karotky (323,61 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$). Druhé nejvyšší množství celkových polyfenolů bylo stanoveno v džusu z červených hroznů – 2366,57 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. Kvantitativně nejvýznamnějším ze všech stanovovaných látek se stal hesperidin s hodnotou 1679,97 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ naměřený v džusu č. 3 (pomerančový džus z koncentrátu s dužinou).

Při porovnání výsledků obou pomerančových džusů bylo zjištěno, že mají kvantitativně i kvalitativně velice podobný obsah polyfenolů, přesto, že jeden byl deklarován s obsahem vlákniny a druhý nikoli. V tomto případě se neprokázal vliv dužiny v džusu na množství polyfenolů.

Při porovnání dvou jablečných džusů byl rozdíl již více patrný. Džus z čerstvě lisovaných jablek měl kvantitativně téměř dvakrát větší množství celkově stanovených polyfenolů (3112,94 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$) oproti džusu z koncentrátu (1648,19 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$). Na druhou stranu jablečný džus z koncentrátu měl celkově nejvyšší obsah fenolových kyselin a jejich derivátů - 1186,81 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. Látka z nejvyšší naměřenou hodnotou z této skupiny byla kyselina kryptochlorogenová (1056,24 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$), také v jablečném džusu z koncentrátu.

Jako jediná látka nebyl v žádném džusu detekován naringenin chalkon. Nejvyšší množství flavonoidů (1799,86 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$) obsahoval džus č. 3 – pomerančový s dužinou, především díky vysokému obsahu hesperidinu, který byl kvantitativně nejvýznamnějším flavonoidem (1679,97 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$).

Nejvyšší množství celkových látek ze skupiny katechinů (1698,11 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$) bylo zjištěno v džusu č. 2 (jablečný džus vyrobený přímým lisováním). Toho bylo dosaženo díky vysoké hladině katechinu – 1039,88 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. Na druhém místě v celkovém obsahu látek ze skupiny katechinů byl džus z červených hroznů (1647,54 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$).

V džusu z hroznů byl navíc stanoven resveratrol, jehož množství činilo 35,07 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$.

Zajímavým poznatkem této práce bylo, že kvantitativně nejvyšší obsah celkových polyfenolů ze všech džusů byl naměřen v džusu z čerstvě lisovaných jablek. Přitom jablka jsou veřejností vnímána jako levné ("obyčejné") ovoce, kterému se z důvodu své hojnosti na trhu a snadné dostupnosti nedostává adekvátního uznání.

Praktickým příkladem použití podobných metod může být možnost měření a následné propagace konkrétních výrobků s vysokým obsahem polyfenolů. V souvislosti se současným trendem zvyšujícího se zájmu široké veřejnosti o kvalitu a funkčnost potravin se domnívám, že hlubší rozbor a sledování jednotlivých hodnot polyfenolů v širokém spektru přírodních antioxidantů představuje perspektivní směr tohoto vědního oboru se zaměřením na vliv přírodních zdrojů na zdraví člověka.

7 LITERATURA

AMJAD H., 2003: *Pomegranate: punicum granatum, L.: a fruit of paradise*. S.l: s.n., ISBN 9781411662780.

BROWN K., VANG O., 2013: *Resveratrol and health*. Hoboken, N.J.: Published on behalf of the New York Academy of Sciences by Wiley Subscription Services. Annals of the New York Academy of Sciences, v. 1290. ISBN 1573318973.

CADENAS E., PACKER L., 2002: *Handbook of antioxidants. 2nd ed., rev. and expanded*. New York: Marcel Dekker. ISBN 0824705475.

CROZIER A., CLIFFORD M., ASHIHARA H., 2006: *Plant secondary metabolites: occurrence, structure and role in the human diet*. Ames, Iowa: Blackwell Pub.

DAY, A. J., DUPONT, M. S., RIDLEY, S. et al., 1998: *Deglycosylation of flavonoid and isoflavonoid glycosides by human small intestine and liver β -glucosidase activity*. FEBS Lett., 436, 71–75.

DAY, A.J., CANADA, F.J., DIAZ, J.C. et al. 2000: *Dietary flavonoid and isoflavone glycosides are hydrolysed by the lactase site of lactase phlorizin hydrolase*. FEBS Lett., 468, 166–170.

HAVLÍK J., MAROUNEK M., 2012: *Živiny a živinové potřeby člověka: učebnice pro studenty ČZU v Praze*. Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN 978-80-213-2269-1.

CHERYAN M., 1998: *Ultrafiltration and microfiltration handbook*. Lancaster, Pa.: Technomic Pub. Co. ISBN 1566765986.

KALÁČ P., 2003: *Funkční potraviny: kroky ke zdraví*. České Budějovice: Dona. ISBN 80-7322-029-6.

KASPER H., 2015: *Výživa v medicíně a dietetika*. 1. české vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4533-6.

KIMÁKOVÁ T., BARANOVIČOVÁ I., 2015: *Léčivá síla antioxidantů*. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo Príroda. ISBN 978-80-07-02455-7.

- KOMPRDA T., 2008: *Funkční potraviny: cyklus přednášek* [CD-ROM]. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, [cit. 2016-04-18]. ISBN 978-80-7375-219-4.
- KOPEC K., 2010: *Zelenina ve výživě člověka*. Vyd. 1. Praha: Grada. Zdraví & životní styl. ISBN 978-80-247-2845-2.
- KOPLÍK R. *Rostlinné fenolové látky a flavonoidy: Speciální analýza potravin – přednášky* [online]. [cit. 2016-04-09]. Dostupné z: <http://web.vscht.cz/koplikr/Rostlinné%20fenoly%20a%20flavonoidy.pdf>
- MATTEN G., GOGGINS A., 2013: *Lži o zdraví: [jak dosáhnout výjimečného zdraví]*. 1. vyd. V Brně: Jota. ISBN 978-80-7462-315-8.
- NEWMAN R., LANSKY E., BLOCK M., 2007: *Pomegranate: the most medicinal fruit*. Laguna Beach, Calif.: Basic Health Publications. ISBN 9781591202103.
- OBERBEIL K., LENTZ C., 2003: *Léčba ovocem a zeleninou: strava, která léčí*. 2. vyd. Praha: Fortuna Print. ISBN 80-7309-242-5.
- ONDREJOVIČ M., MALIAR T., POLÍVKA L., ŠILHÁR S., 2009: Polyfenoly jablk. *Chemické listy*, vol. 103, s. 394-400.
- REGE S.D., GEETHA T., GRIFFIN G.D., BRODERICK T.L., BABU J.R., 2014: Neuroprotective effects of resveratrol in Alzheimer disease pathology. *Frontiers in Aging Neuroscience* [online]. [cit. 2016-04-03]. DOI: 10.3389/fnagi.2014.00218. ISSN 1663-4365. Dostupné z: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnagi.2014.00218/>
- SLANINA J., TÁBORSKÁ E., 2004: Příjem, biologická dostupnost a metabolismus rostlinných polyfenolů u člověka, *Chemické listy*, vol. 98, s. 239 – 245.
- STERVBO U., VANG O., BONNESEN C., 2007: A review of the content of the putative chemopreventive phytoalexin resveratrol in red wine. *Food Chemistry* [online]. 2007, **101**(2), 449-457 [cit. 2016-04-08]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.01.047. ISSN 03088146. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814606001075>
- STRATIL P., 1993: *A B C zdravé výživy - Díl 1*. 1. vyd. Brno: Stratil. 345 s. ISBN 80-900029-8-6.

STRATIL P., 2007: *Fenolové látky v poživatinách a metody stanovení jejich antioxidační aktivity*. Habilitační práce. MZLU v Brně. 111.

STRATIL P., 2005: *Přírodní antioxidanty: stanovení obsahu fenolických sloučenin a jejich antioxidační aktivity v zelenině, ovoci, zrninách a alkoholických nápojích*. Disertační práce. MZLU v Brně. 150.

VELÍŠEK J., 2002: *Chemie potravin*. Vyd. 2. upr. Tábor: OSSIS. ISBN 80-86659-00-3.

VERMERRIS W., NICHOLSON R., 2006: *Phenolic compound biochemistry*. S.l.: Springer, 2006. ISBN 978-1-4020-5163-0.

WENZEL, Melanie. *Léčivé rostliny: nejlepší využití pro zdraví celé rodiny*. 1. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-5155-9.

8 SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1** Deriváty benzoové kyseliny (Koplík)
- Obr. 2** Deriváty skořicové kyseliny (Koplík)
- Obr. 3** Chlorogenová kyselina a příbuzné sloučeniny (Koplík)
- Obr. 4** Kumarin (Velíšek, 2002).
- Obr. 5** Resveratrol (Rege et al., 2014)
- Obr. 6** Významné flavonoly (Velíšek, 2002)
- Obr. 7** Významné flavony (Velíšek, 2002)
- Obr. 8** Katechiny (Koplík)
- Obr. 9** Významné flavanony (Velíšek, 2002)
- Obr. 10** Významné flavanonoly (Velíšek, 2002)
- Obr. 11** Isoflavony (Velíšek, 2002)
- Obr. 12** Přeměna flavanon - chalkon (Koplík)
- Obr. 13** Dihydrochalkony (Velíšek, 2002)
- Obr. 14** Anthokyanidiny (Velíšek, 2002)

9 SEZNAM GRAFŮ

Graf 1	Procentuální zastoupení polyfenolů v džusu 1
Graf 2	Procentuální zastoupení polyfenolů v džusu 2
Graf 3	Procentuální zastoupení polyfenolů v džusu 3
Graf 4	Procentuální zastoupení polyfenolů v džusu 4
Graf 5	Procentuální zastoupení polyfenolů v džusu 5
Graf 6	Procentuální zastoupení polyfenolů v džusu 6
Graf 7	Procentuální zastoupení polyfenolů v džusu 7
Graf 8	Procentuální zastoupení polyfenolů v džusu 8

10 SEZNAM ZKRATEK

HPLC	vysokoučinná kapalinová chromatografie
LPH	laktáza-floridzin hydroláza
MS	hmotnostní spektrometrie
n. d.	nebylo detekováno
n. s.	nebylo stanoven
3,4-diOHbenzaldehyd	3,4-dihydroxybenzaldehyd

11 SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA I – Podrobné výsledky všech měření

Tab. 1	Výsledky měření v džusu 1
Tab. 2	Výsledky měření v džusu 2
Tab. 3	Výsledky měření v džusu 3
Tab. 4	Výsledky měření v džusu 4
Tab. 5	Výsledky měření v džusu 5
Tab. 6	Výsledky měření v džusu 6
Tab. 7	Výsledky měření v džusu 7
Tab. 8	Výsledky měření v džusu 8

PŘÍLOHA II – Obsah jednotlivých polyfenolů v džusech

Tab. 1	Obsah apigeninu v džusech
Tab. 2	Obsah dihydrokemferolu v džusech
Tab. 3	Obsah dihydromyricetinu v džusech
Tab. 4	Obsah eriodiktyolu v džusech
Tab. 5	Obsah floretinu v džusech
Tab. 6	Obsah hesperidinu v džusech
Tab. 7	Obsah homoeriodiktyolu v džusech
Tab. 8	Obsah hyperosid v džusech
Tab. 9	Obsah kvercetinu v džusech
Tab. 10	Obsah naringenin v džusech
Tab. 11	Obsah naringenin chalkonu v džusech
Tab. 12	Obsah rutinu v džusech
Tab. 13	Obsah 3,4-dihydroxybenzaldehydu v džusech
Tab. 14	Obsah ferulové k. v džusech
Tab. 15	Obsah gallové k. v džusech
Tab. 16	Obsah chlorogenové k. v džusech
Tab. 17	Obsah kávové k. v džusech
Tab. 18	Obsah kryptochlorogenové k. v džusech

Tab. 19	Obsah neochlorogenové k. v džusech
Tab. 20	Obsah <i>p</i> -hydroxybenzaldehydu v džusech
Tab. 21	Obsah <i>p</i> -hydroxybenzoové k. v džusech
Tab. 22	Obsah <i>p</i> -kumarové k. v džusech
Tab. 23	Obsah protokatechové k. v džusech
Tab. 24	Obsah salicylové k. v džusech
Tab. 25	Obsah sinapové k. v džusech
Tab. 26	Obsah syringové k. v džusech
Tab. 27	Obsah vanilinu v džusech
Tab. 28	Obsah vanilové k. v džusech
Tab. 29	Obsah katechinu v džusech
Tab. 30	Obsah epikatechinu v džusech
Tab. 31	Obsah epikatechin gallátu v džusech
Tab. 32	Obsah epigallokatechinu v džusech
Tab. 33	Obsah epigallokatechin gallátu v džusech

PŘÍLOHA I – Podrobné výsledky jednotlivých měření

Tab. 1 Výsledky měření v džusu 1 ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

	1. měření	2. měření	3. měření	Průměr	S _x	RSD (%)
apigenin	0,64	0,68	0,73	0,69	0,04	6,48
dihydrokemferol	0,43	0,44	0,46	0,45	0,02	3,61
dihydromyricetin	n.d.	n.d.	n.d.			
eriodiktyol	1,58	1,67	1,80	1,68	0,11	6,53
hesperidin	3,11	3,48	3,65	3,41	0,28	8,07
homoeriodiktyol	n.d.	n.d.	n.d.			
hyperosid	357,62	365,30	383,75	368,89	13,43	3,64
kvercetin	46,98	48,25	50,69	48,64	1,88	3,87
naringenin	2,00	2,24	2,25	2,16	0,14	6,61
naringenin chalkon	n.d.	n.d.	n.d.			
floretin	3,91	4,30	4,51	4,24	0,30	7,14
rutin	27,97	28,85	30,30	29,04	1,18	4,06
3,4-dihydroxybenzaldehyd	1,86	2,10	2,10	2,02	0,14	6,89
ferulová k.	3,20	3,57	3,75	3,51	0,28	7,94
gallová k.	2,07	2,32	2,33	2,24	0,14	6,47
chlorogenová k.	56,53	58,00	60,92	58,48	2,24	3,82
kávová k.	21,77	22,53	23,66	22,65	0,95	4,19
kryptochlorogenová k.	1024,35	1045,77	1098,59	1056,24	38,21	3,62
neochlorogenová k.	8,18	8,65	9,08	8,64	0,45	5,24
<i>p</i> -hydroxybenzaldehyd	1,15	1,28	1,14	1,19	0,08	6,45
<i>p</i> -hydroxybenzoová k.	4,17	4,56	4,78	4,50	0,31	6,91
<i>p</i> -kumarová k.	14,26	14,86	15,61	14,91	0,67	4,52
protokatechová k.	9,59	10,09	10,59	10,09	0,50	4,99
salicylová k.	n.d.	n.d.	n.d.			
sinapová k.	n.d.	n.d.	n.d.			
syringová k.	2,14	2,39	2,41	2,31	0,15	6,35
vanilin	n.d.	n.d.	n.d.			
vanilová k.	0,033	0,033	0,035	0,034	0,001	3,61
katechin	n.d.	n.d.	n.d.			
epikatechin	n.d.	n.d.	n.d.			
epikatechin gallát	n.d.	n.d.	n.d.			
epigallokatechin	2,02	2,26	2,27	2,18	0,14	6,57
epigallokatechin gallát	n.d.	n.d.	n.d.			

n.d. – nebylo detekováno

S_x – směrodatná odchylka

RSD (%) – relativní směrodatná odchylka (variační koeficient)

Tab. 2 Výsledky měření v džusu 2 ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

	1. měření	2. měření	3. měření	Průměr	S _x	RSD (%)
apigenin	1,16	1,28	1,30	1,25	0,08	6,09
dihydrokemferol	0,66	0,68	0,71	0,68	0,02	3,61
dihydromyricetin	n.d.	n.d.	n.d.			
eriodiktyol	1,70	1,83	1,87	1,80	0,09	5,12
hesperidin	5,72	6,04	6,24	6,00	0,26	4,37
homoeriodiktyol	n.d.	n.d.	n.d.			
hyperosid	420,94	429,82	451,42	434,06	15,68	3,61
kvercetin	49,87	51,10	53,58	51,52	1,89	3,66
naringenin	2,57	2,82	2,86	2,75	0,16	5,79
naringenin chalkon	n.d.	n.d.	n.d.			
floretin	3,02	3,29	3,35	3,22	0,17	5,37
rutin	28,57	29,36	30,74	29,56	1,10	3,71
3,4-dihydroxybenzaldehyd	1,25	1,38	1,39	1,34	0,08	5,86
ferulová k.	3,29	3,56	3,64	3,50	0,18	5,19
gallová k.	1,71	1,84	1,88	1,81	0,09	5,11
chlorogenová k.	35,75	36,69	38,44	36,96	1,36	3,69
kávová k.	26,28	27,02	28,28	27,20	1,01	3,72
krytochlorogenová k.	763,84	779,79	819,07	787,57	28,42	3,61
neochlorogenová k.	7,15	7,50	7,77	7,47	0,31	4,18
<i>p</i> -hydroxybenzaldehyd	0,12	0,12	0,13	0,13	0,00	3,61
<i>p</i> -hydroxybenzoová k.	2,25	2,50	2,52	2,42	0,15	6,19
<i>p</i> -kumarová k.	10,99	11,42	11,89	11,44	0,45	3,94
protokatechová k.	3,94	4,22	4,33	4,16	0,20	4,86
salicylová k.	n.d.	n.d.	n.d.			
sinapová k.	n.d.	n.d.	n.d.			
syringová k.	n.d.	n.d.	n.d.			
vanilin	n.d.	n.d.	n.d.			
vanilová k.	n.d.	n.d.	n.d.			
katechin	1008,58	1029,58	1081,47	1039,88	37,52	3,61
epikatechin	638,39	651,76	684,57	658,24	23,76	3,61
epikatechin gallát	n.d.	n.d.	n.d.			
epigallokatechin	n.d.	n.d.	n.d.			
epigallokatechin gallát	n.d.	n.d.	n.d.			

n.d. – nebylo detekováno

S_x – směrodatná odchylka

RSD (%) – relativní směrodatná odchylka (variační koeficient)

Tab. 3 Výsledky měření v džusu 3 ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

	1. měření	2. měření	3. měření	Průměr	S _x	RSD (%)
apigenin	0,50	0,53	0,57	0,53	0,04	7,30
dihydrokemferol	n.d.	n.d.	n.d.			
dihydromyricetin	n.d.	n.d.	n.d.			
eriodiktyol	0,48	0,51	0,56	0,52	0,04	7,42
hesperidin	1629,55	1663,17	1747,19	1679,97	60,59	3,61
homoeriodiktyol	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
hyperosid	2,95	3,03	3,20	3,06	0,13	4,24
kvercetin	0,56	0,60	0,65	0,60	0,04	6,88
naringenin	5,82	5,96	6,28	6,02	0,24	3,93
naringenin chalkon	n.d.	n.d.	n.d.			
floretin	0,07	0,07	0,08	0,07	0,00	2,30
rutin	105,79	107,99	113,47	109,08	3,95	3,62
3,4-dihydroxybenzaldehyd	0,09	0,09	0,10	0,09	0,00	2,97
ferulová k.	3,47	3,56	3,76	3,60	0,15	4,15
gallová k.	0,87	0,91	0,97	0,92	0,05	5,74
chlorogenová k.	n.d.	n.d.	n.d.			
kávová k.	4,61	4,72	4,98	4,77	0,19	4,01
kryptochlorogenová k.	1,30	1,34	1,43	1,36	0,07	5,05
neochlorogenová k.	3,06	3,15	3,33	3,18	0,13	4,22
<i>p</i> -hydroxybenzaldehyd	0,42	0,42	0,46	0,43	0,02	5,47
<i>p</i> -hydroxybenzoová k.	2,14	2,20	2,34	2,23	0,10	4,48
<i>p</i> -kumarová k.	8,81	9,01	9,49	9,10	0,35	3,82
protokatechová k.	0,40	0,39	0,43	0,41	0,02	5,59
salicylová k.	n.d.	n.d.	n.d.			
sinapová k.	19,20	19,61	20,62	19,81	0,73	3,70
syringová k.	n.d.	n.d.	n.d.			
vanilin	0,38	0,38	0,42	0,39	0,02	5,68
vanilová k.	0,34	0,34	0,38	0,35	0,02	5,95
katechin	1,44	1,49	1,59	1,51	0,07	4,91
epikatechin	0,60	0,63	0,68	0,64	0,04	6,69
epikatechin gallát	n.d.	n.d.	n.d.			
epigallokatechin	1,34	1,38	1,47	1,40	0,07	5,01
epigallokatechin gallát	n.d.	n.d.	n.d.			

n.d. – nebylo detekováno

S_x – směrodatná odchylka

RSD (%) – relativní směrodatná odchylka (variační koeficient)

Tab. 4 Výsledky měření v džusu 4 ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

	1. měření	2. měření	3. měření	Průměr	S _x	RSD (%)
apigenin	0,55	0,58	0,62	0,58	0,04	6,13
dihydrokemferol	n.d.	n.d.	n.d.			
dihydromyricetin	0,07	0,06	0,06	0,06	0,00	4,43
eriodiktyol	0,98	1,01	1,08	1,02	0,05	5,04
hesperidin	1581,79	1614,42	1695,98	1630,73	58,81	3,61
homoeriodiktyol	n.d.	n.d.	n.d.			
hyperosid	3,43	3,52	3,71	3,55	0,14	4,02
kvercetin	1,40	1,44	1,53	1,46	0,07	4,61
naringenin	5,72	5,85	6,16	5,91	0,23	3,85
naringenin chalkon	n.d.	n.d.	n.d.			
floretin	n.d.	n.d.	n.d.			
rutin	101,75	103,86	109,13	104,91	3,80	3,62
3,4-dihydroxybenzaldehyd	0,11	0,11	0,12	0,11	0,00	3,61
ferulová k.	3,49	3,58	3,78	3,62	0,15	4,01
gallová k.	1,06	1,10	1,17	1,11	0,05	4,93
chlorogenová k.	2,19	2,25	2,38	2,28	0,10	4,25
kávová k.	5,23	5,35	5,63	5,40	0,21	3,88
krytochlorogenová k.	2,43	2,49	2,63	2,52	0,11	4,19
neochlorogenová k.	2,94	3,02	3,19	3,05	0,12	4,08
<i>p</i> -hydroxybenzaldehyd	0,79	0,82	0,88	0,83	0,04	5,38
<i>p</i> -hydroxybenzoová k.	2,48	2,55	2,69	2,57	0,11	4,17
<i>p</i> -kumarová k.	11,61	11,87	12,48	11,99	0,45	3,73
protokatechová k.	0,94	0,98	1,04	0,99	0,05	5,10
salicylová k.	0,00	0,00	0,00	0,00		
sinapová k.	22,34	22,82	23,98	23,05	0,85	3,67
syringová k.	n.d.	n.d.	n.d.			
vanilin	1,01	1,05	1,12	1,06	0,05	4,99
vanilová k.	0,49	0,52	0,56	0,52	0,03	6,43
katechin	1,58	1,63	1,73	1,65	0,07	4,50
epikatechin	0,31	0,33	0,35	0,33	0,02	5,09
epikatechin gallát	n.d.	n.d.	n.d.			
epigallokatechin	n.d.	n.d.	n.d.			
epigallokatechin gallát	n.d.	n.d.	n.d.			

n.d. – nebylo detekováno

S_x – směrodatná odchylka

RSD (%) – relativní směrodatná odchylka (variační koeficient)

Tab. 5 Výsledky měření v džusu 5 ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

	1. měření	2. měření	3. měření	Průměr	S_x	RSD (%)
apigenin	1,44	1,48	1,56	1,49	0,06	4,26
dihydrokemferol	1,23	1,26	1,34	1,28	0,06	4,37
dihydromyricetin	0,03	0,04	0,04	0,04	0,00	6,37
eriodiktyol	0,83	0,86	0,92	0,87	0,04	4,73
hesperidin	311,64	318,07	334,15	321,29	11,59	3,61
homoeriodiktyol	0,00	0,00	0,00	0,00		
hyperosid	18,46	18,85	19,81	19,04	0,70	3,66
kvercetin	0,56	0,58	0,62	0,58	0,03	5,29
naringenin	25,19	25,72	27,03	25,98	0,95	3,64
naringenin chalkon	0,00	0,00	0,00	0,00		
floretin	0,00	0,00	0,00	0,00		
rutin	18,73	19,12	20,10	19,32	0,71	3,66
3,4-dihydroxybenzaldehyd	0,68	0,70	0,75	0,71	0,04	4,99
ferulová k.	3,45	3,53	3,72	3,57	0,14	3,88
gallová k.	2,87	2,94	3,10	2,97	0,12	3,93
chlorogenová k.	5,11	5,23	5,50	5,28	0,20	3,79
kávová k.	8,89	9,08	9,55	9,17	0,34	3,71
krytochlorogenová k.	28,55	29,15	30,63	29,45	1,07	3,64
neochlorogenová k.	4,07	4,17	4,39	4,21	0,16	3,84
<i>p</i> -hydroxybenzaldehyd	0,37	0,39	0,42	0,39	0,02	6,12
<i>p</i> -hydroxybenzoová k.	2,21	2,27	2,39	2,29	0,09	4,03
<i>p</i> -kumarová k.	8,40	8,59	9,03	8,67	0,32	3,72
protokatechová k.	1,13	1,16	1,23	1,17	0,05	4,44
salicylová k.	n.d.	n.d.	n.d.			
sinapová k.	n.d.	n.d.	n.d.			
syringová k.	n.d.	n.d.	n.d.			
vanilin	0,27	0,28	0,30	0,28	0,02	5,33
vanilová k.	0,0030	0,0031	0,0032	0,0031	0,0001	3,6056
katechin	2,23	2,29	2,42	2,31	0,09	4,03
epikatechin	0,63	0,65	0,70	0,66	0,03	5,09
epikatechin gallát	n.d.	n.d.	n.d.			
epigallokatechin	0,73	0,75	0,80	0,76	0,04	4,89
epigallokatechin gallát	0,33	0,35	0,37	0,35	0,02	6,41

n.d. – nebylo detekováno

S_x – směrodatná odchylka

RSD (%) – relativní směrodatná odchylka (variační koeficient)

Tab. 6 Výsledky měření v džusu 6 ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

	1. měření	2. měření	3. měření	Průměr	S_x	RSD (%)
apigenin	2,15	2,21	2,34	2,23	0,10	4,48
dihydrokemferol	4,63	4,74	5,00	4,79	0,19	4,01
dihydromyricetin	10,85	11,09	11,67	11,20	0,42	3,78
eriodiktyol	3,33	3,42	3,62	3,46	0,14	4,17
hesperidin	34,04	34,76	36,54	35,11	1,29	3,66
homoeriodiktyol	n.d.	n.d.	n.d.			
hyperosid	44,14	45,07	47,37	45,53	1,66	3,65
kvercetin	29,28	29,90	31,43	30,20	1,11	3,67
naringenin	6,71	6,87	7,23	6,93	0,27	3,89
naringenin chalkon	0,00	0,00	0,00	0,00		
floretin	0,17	0,17	0,18	0,18	0,01	4,16
rutin	14,50	14,81	15,58	14,96	0,56	3,74
3,4-dihydroxybenzaldehyd	0,46	0,47	0,50	0,48	0,02	3,81
ferulová k.	3,60	3,69	3,90	3,73	0,15	4,13
gallová k.	284,26	290,14	304,82	293,07	10,59	3,61
chlorogenová k.	3,18	3,26	3,45	3,30	0,14	4,20
kávová k.	6,28	6,43	6,77	6,49	0,25	3,91
krytochlorogenová k.	10,99	11,24	11,83	11,36	0,43	3,78
neochlorogenová k.	2,60	2,68	2,83	2,70	0,12	4,33
<i>p</i> -hydroxybenzaldehyd	0,20	0,21	0,22	0,21	0,01	4,55
<i>p</i> -hydroxybenzoová k.	3,65	3,75	3,96	3,79	0,16	4,12
<i>p</i> -kumarová k.	9,45	9,67	10,17	9,76	0,37	3,80
protokatechová k.	12,22	12,49	13,14	12,61	0,47	3,76
salicylová k.	n.d.	n.d.	n.d.			
sinapová k.	n.d.	n.d.	n.d.			
syringová k.	2,52	2,59	2,74	2,62	0,11	4,35
vanilin	n.d.	n.d.	n.d.			
vanilová k.	1,34	1,39	1,48	1,40	0,07	5,00
katechin	40,05	40,90	42,98	41,31	1,51	3,65
epikatechin	289,67	295,66	310,61	298,65	10,79	3,61
epikatechin gallát	1,34	1,39	1,48	1,40	0,07	5,00
epigallokatechin	566,86	578,57	607,81	584,41	21,09	3,61
epigallokatechin gallát	15,28	15,61	16,42	15,77	0,59	3,73

n.d. – nebylo detekováno

S_x – směrodatná odchylka

RSD (%) – relativní směrodatná odchylka (variační koeficient)

Tab. 7 Výsledky měření v džusu 7 ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

	1. měření	2. měření	3. měření	Průměr	S _x	RSD (%)
apigenin	1,91	1,96	2,07	1,98	0,08	4,10
dihydrokemferol	5,28	5,40	5,68	5,45	0,21	3,78
dihydromyricetin	7,14	7,29	7,67	7,37	0,28	3,74
eriodiktyol	3,69	3,77	3,97	3,81	0,15	3,86
hesperidin	12,98	13,26	13,94	13,39	0,49	3,68
homoeriodiktyol	0,64	0,67	0,71	0,67	0,03	5,06
hyperosid	191,42	195,38	205,26	197,35	7,13	3,61
kvercetin	139,68	142,57	149,78	144,01	5,20	3,61
naringenin	10,06	10,28	10,81	10,38	0,38	3,70
naringenin chalkon	n.d.	n.d.	n.d.			
floretin	1,05	1,08	1,15	1,10	0,05	4,50
Rutin	1,09	1,12	1,19	1,14	0,05	4,47
3,4-dihydroxybenzaldehyd	1,64	1,69	1,78	1,70	0,07	4,18
ferulová k.	3,45	3,54	3,72	3,57	0,14	3,88
gallová k.	111,99	114,31	120,09	115,46	4,17	3,61
chlorogenová k.	6,22	6,36	6,69	6,42	0,24	3,76
kávová k.	24,80	25,32	26,61	25,58	0,93	3,64
krytochlorogenová k.	35,27	36,00	37,83	36,37	1,32	3,63
neochlorogenová k.	3,71	3,80	4,00	3,84	0,15	3,86
<i>p</i> -hydroxybenzaldehyd	1,10	1,13	1,20	1,14	0,05	4,46
<i>p</i> -hydroxybenzoová k.	5,26	5,38	5,66	5,43	0,21	3,78
<i>p</i> -kumarová k.	52,38	53,47	56,18	54,01	1,96	3,62
protokatechová k.	17,15	17,51	18,41	17,69	0,65	3,66
salicylová k.	1,17	1,21	1,28	1,22	0,05	4,41
sinapová k.	9,52	9,73	10,23	9,82	0,36	3,70
syringová k.	9,98	10,19	10,72	10,30	0,38	3,70
Vanilin	0,62	0,64	0,69	0,65	0,03	5,11
vanilová k.	3,61	3,69	3,89	3,73	0,14	3,87
Katechin	717,63	732,44	769,44	739,84	26,68	3,61
epikatechin	476,63	486,46	511,04	491,38	17,73	3,61
epikatechin gallát	2,11	2,16	2,28	2,19	0,09	4,05
epigallokatechin	396,94	405,13	425,61	409,23	14,76	3,61
epigallokatechin gallát	4,76	4,87	5,12	4,92	0,19	3,80
resveratrol	33,60	34,85	36,75	35,07	1,59	4,52

n.d. – nebylo detekováno

S_x – směrodatná odchylka

RSD (%) – relativní směrodatná odchylka (variační koeficient)

Tab. 8 Výsledky měření v džusu 8 ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

	1. měření	2. měření	3. měření	Průměr	S _x	RSD (%)
apigenin	1,18	1,21	1,28	1,22	0,05	4,08
dihydrokemferol	1,54	1,58	1,67	1,60	0,06	3,97
dihydromyricetin	0,17	0,18	0,19	0,18	0,01	5,23
eriodiktyol	2,39	2,45	2,58	2,47	0,09	3,84
hesperidin	9,60	9,81	10,31	9,91	0,36	3,66
homoeeriodiktyol	1,08	1,11	1,17	1,12	0,05	4,13
hyperosid	25,35	25,88	27,19	26,14	0,95	3,63
kvercetin	5,99	6,12	6,43	6,18	0,23	3,70
naringenin	2,36	2,42	2,54	2,44	0,09	3,84
naringenin chalkon	n.d.	n.d.	n.d.			
floretin	n.d.	n.d.	n.d.			
rutin	5,01	5,12	5,38	5,17	0,19	3,72
3,4-dihydroxybenzaldehyd	2,56	2,62	2,75	2,64	0,10	3,83
ferulová k.	3,45	3,53	3,71	3,56	0,13	3,77
gallová k.	22,91	23,38	24,57	23,62	0,86	3,63
chlorogenová k.	6,16	6,30	6,62	6,36	0,24	3,70
kávová k.	72,13	73,62	77,34	74,36	2,69	3,61
krytochlorogenová k.	48,83	49,84	52,37	50,35	1,82	3,62
neochlorogenová k.	8,24	8,42	8,85	8,50	0,31	3,67
<i>p</i> -hydroxybenzaldehyd	0,70	0,72	0,76	0,73	0,03	4,41
<i>p</i> -hydroxybenzoová k.	11,84	12,09	12,71	12,22	0,45	3,65
<i>p</i> -kumarová k.	33,96	34,66	36,42	35,01	1,27	3,62
protokatechová k.	13,63	13,92	14,63	14,06	0,51	3,65
salicylová k.	0,82	0,84	0,89	0,85	0,04	4,29
sinapová k.	11,46	11,70	12,30	11,82	0,43	3,65
syringová k.	2,69	2,75	2,90	2,78	0,11	3,82
vanilin	4,00	4,09	4,30	4,13	0,15	3,75
vanilová k.	4,28	4,37	4,60	4,41	0,16	3,74
katechin	3,63	3,71	3,90	3,74	0,14	3,76
epikatechin	1,17	1,20	1,27	1,22	0,05	4,09
epikatechin gallát	0,11	0,12	0,12	0,12	0,01	4,44
epigallokatechin	0,75	0,77	0,82	0,78	0,03	4,36
epigallokatechin gallát	0,83	0,85	0,90	0,86	0,04	4,29

n.d. – nebylo detekováno

S_x – směrodatná odchylka

RSD (%) – relativní směrodatná odchylka (variační koeficient)

PŘÍLOHA II – Obsah jednotlivých polyfenolů v džusech

Tab. 1 Obsah apigeninu v jednotlivých džusech ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

Džus 1	Džus 2	Džus 3	Džus 4	Džus 5	Džus 6	Džus 7	Džus 8
0,69	1,25	0,53	0,58	1,49	2,23	1,98	1,22

Tab. 2 Obsah dihydrokemferolu v jednotlivých džusech ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

Džus 1	Džus 2	Džus 3	Džus 4	Džus 5	Džus 6	Džus 7	Džus 8
0,45	0,68	n.d.	n.d.	1,28	4,79	5,45	1,60

Tab. 3 Obsah dihydromyricetinu v jednotlivých džusech ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

Džus 1	Džus 2	Džus 3	Džus 4	Džus 5	Džus 6	Džus 7	Džus 8
n.d.	n.d.	n.d.	0,06	0,04	11,20	7,37	0,18

Tab. 4 Obsah eriodiktyolu v jednotlivých džusech ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

Džus 1	Džus 2	Džus 3	Džus 4	Džus 5	Džus 6	Džus 7	Džus 8
1,68	1,80	0,52	1,02	0,87	3,46	3,81	2,47

Tab. 5 Obsah floretinu v jednotlivých džusech ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

Džus 1	Džus 2	Džus 3	Džus 4	Džus 5	Džus 6	Džus 7	Džus 8
4,24	3,22	0,07	n.d.	n.d.	0,18	1,10	n.d.

Tab. 6 Obsah hesperidinu v jednotlivých džusech ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

Džus 1	Džus 2	Džus 3	Džus 4	Džus 5	Džus 6	Džus 7	Džus 8
3,41	6,00	1679,97	1630,73	321,29	35,11	13,39	9,91

Tab. 7 Obsah homoeriodiktyolu v jednotlivých džusech ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

Džus 1	Džus 2	Džus 3	Džus 4	Džus 5	Džus 6	Džus 7	Džus 8
n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,12	6,18

Tab. 8 Obsah hyperosidu v jednotlivých džusech ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

Džus 1	Džus 2	Džus 3	Džus 4	Džus 5	Džus 6	Džus 7	Džus 8
368,89	434,06	3,06	3,55	19,04	45,53	197,35	26,14

Tab. 9 Obsah kvercetinu v jednotlivých džusech ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

Džus 1	Džus 2	Džus 3	Džus 4	Džus 5	Džus 6	Džus 7	Džus 8
48,64	51,52	0,60	1,46	0,58	30,20	144,01	6,18

Tab. 10 Obsah naringenin v jednotlivých džusech ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

Džus 1	Džus 2	Džus 3	Džus 4	Džus 5	Džus 6	Džus 7	Džus 8
2,16	2,75	6,02	5,91	25,98	6,93	10,38	2,44

Tab. 11 Obsah naringenin chalkonu v jednotlivých džusech ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

Džus 1	Džus 2	Džus 3	Džus 4	Džus 5	Džus 6	Džus 7	Džus 8
n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Tab. 12 Obsah rutinu v jednotlivých džusech ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

Džus 1	Džus 2	Džus 3	Džus 4	Džus 5	Džus 6	Džus 7	Džus 8
29,04	29,56	109,08	104,91	19,32	14,96	1,14	5,17

Tab. 13 Obsah 3,4-dihydroxybenzaldehydu v jednotlivých džusech ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

Džus 1	Džus 2	Džus 3	Džus 4	Džus 5	Džus 6	Džus 7	Džus 8
2,02	1,34	0,09	0,11	0,71	0,48	1,70	2,64

Tab. 14 Obsah ferulové k. v jednotlivých džusech ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

Džus 1	Džus 2	Džus 3	Džus 4	Džus 5	Džus 6	Džus 7	Džus 8
3,51	3,50	3,60	3,62	3,57	3,73	3,57	3,56

Tab. 15 Obsah gallové k. v jednotlivých džusech ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

Džus 1	Džus 2	Džus 3	Džus 4	Džus 5	Džus 6	Džus 7	Džus 8
2,24	1,81	0,92	1,11	2,97	293,07	115,46	23,62

Tab. 16 Obsah chlorogenové k. v jednotlivých džusech ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

Džus 1	Džus 2	Džus 3	Džus 4	Džus 5	Džus 6	Džus 7	Džus 8
58,48	36,96	n.d.	2,28	5,28	3,30	6,42	6,36

Tab. 17 Obsah kávové k. v jednotlivých džusech ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

Džus 1	Džus 2	Džus 3	Džus 4	Džus 5	Džus 6	Džus 7	Džus 8
22,65	27,20	4,77	5,40	9,17	6,49	25,58	74,36

Tab. 18 Obsah kryptochlorogenové k. v jednotlivých džusech ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

Džus 1	Džus 2	Džus 3	Džus 4	Džus 5	Džus 6	Džus 7	Džus 8
1056,24	787,57	1,36	2,52	29,45	11,36	36,37	50,35

Tab. 19 Obsah neochlorogenové k. v jednotlivých džusech ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

Džus 1	Džus 2	Džus 3	Džus 4	Džus 5	Džus 6	Džus 7	Džus 8
8,64	7,47	3,18	3,05	4,21	2,70	3,84	8,50

Tab. 20 Obsah p-hydroxybenzaldehydu v jednotlivých džusech ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

Džus 1	Džus 2	Džus 3	Džus 4	Džus 5	Džus 6	Džus 7	Džus 8
1,19	0,13	0,43	0,83	0,39	0,21	1,14	0,73

Tab. 21 Obsah p-hydroxybenzoové k. v jednotlivých džusech ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

Džus 1	Džus 2	Džus 3	Džus 4	Džus 5	Džus 6	Džus 7	Džus 8
4,50	2,42	2,23	2,57	2,29	3,79	5,43	12,22

Tab. 22 Obsah p-kumarové k. v jednotlivých džusech ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

Džus 1	Džus 2	Džus 3	Džus 4	Džus 5	Džus 6	Džus 7	Džus 8
14,91	11,44	9,10	11,99	8,67	9,76	54,01	35,01

Tab. 23 Obsah protokatechové k. v jednotlivých džusech ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

Džus 1	Džus 2	Džus 3	Džus 4	Džus 5	Džus 6	Džus 7	Džus 8
10,09	4,16	0,41	0,99	1,17	12,61	17,69	14,06

Tab. 24 Obsah salicylové k. v jednotlivých džusech ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

Džus 1	Džus 2	Džus 3	Džus 4	Džus 5	Džus 6	Džus 7	Džus 8
n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,22	0,85

Tab. 25 Obsah sinapové k. v jednotlivých džusech ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

Džus 1	Džus 2	Džus 3	Džus 4	Džus 5	Džus 6	Džus 7	Džus 8
n.d.	n.d.	19,81	23,05	n.d.	n.d.	9,82	11,82

Tab. 26 Obsah syringové k. v jednotlivých džusech ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

Džus 1	Džus 2	Džus 3	Džus 4	Džus 5	Džus 6	Džus 7	Džus 8
2,31	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2,62	10,30	2,78

Tab. 27 Obsah vanilinu v jednotlivých džusech ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

Džus 1	Džus 2	Džus 3	Džus 4	Džus 5	Džus 6	Džus 7	Džus 8
n.d.	n.d.	0,39	1,06	0,28	n.d.	0,65	4,13

Tab. 28 Obsah vanilové k. v jednotlivých džusech ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

Džus 1	Džus 2	Džus 3	Džus 4	Džus 5	Džus 6	Džus 7	Džus 8
0,03	n.d.	0,35	0,52	0,00	1,40	3,73	4,41

Tab. 29 Obsah katechinu v jednotlivých džusech ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

Džus 1	Džus 2	Džus 3	Džus 4	Džus 5	Džus 6	Džus 7	Džus 8
n.d.	1039,88	1,51	1,65	2,31	41,31	739,84	3,74

Tab. 30 Obsah epikatechinu v jednotlivých džusech ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

Džus 1	Džus 2	Džus 3	Džus 4	Džus 5	Džus 6	Džus 7	Džus 8
n.d.	658,24	0,64	0,33	0,66	298,65	491,38	1,22

Tab. 31 Obsah epikatechin gallátu v jednotlivých džusech ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

Džus 1	Džus 2	Džus 3	Džus 4	Džus 5	Džus 6	Džus 7	Džus 8
n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,40	2,19	0,12

Tab. 32 Obsah epigallokatechinu v jednotlivých džusech ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)

Džus 1	Džus 2	Džus 3	Džus 4	Džus 5	Džus 6	Džus 7	Džus 8
2,18	n.d.	1,40	n.d.	0,76	584,41	409,23	0,78

Tab. 33 *Obsah epigallokatechin gallátu v jednotlivých džusech ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)*

Džus 1	Džus 2	Džus 3	Džus 4	Džus 5	Džus 6	Džus 7	Džus 8
n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,35	15,77	4,92	0,86