

Univerzita Pardubice

Fakulta chemicko-technologická

Obsah antioxidantů v sušeném ovoci

Bakalářská práce

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Jakub Rydval**
Osobní číslo: **C19126**
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Hodnocení a analýza potravin**
Téma práce: **Obsah antioxidantů v sušeném ovoci**
Zadávací katedra: **Katedra analytické chemie**

Zásady pro vypracování

1. Vypracujete rešerši s využitím odborných zdrojů na téma obsahu látek s antioxidačním potenciálem v sušeném ovoci. Zaměřte se na vliv klasického sušení v sušárně a lyofilizace na obsah látek s antioxidačním potenciálem.
2. Experimentálně ověřte obsah fenolických látek a antioxidační kapacitu vzorků sušeného ovoce připravených lyofilizací a v klasické sušárně.
3. Výsledky zpracujte a diskutujte s dostupnou literaturou.

Rozsah pracovní zprávy:
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:
Podle pokynů vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Libor Červenka, Ph.D.**
Katedra analytické chemie

Datum zadání bakalářské práce: **7. února 2022**
Termín odevzdání bakalářské práce: **1. července 2022**

L.S.

prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.
děkan

prof. Ing. Karel Ventura, CSc.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 21. února 2022

Prohlašuji:

Práci s názvem Obsah antioxidantů v sušeném ovoci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne

Jakub Rydval v. r.

Děkuji doc. Ing. Liboru Červenkovi, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce, poskytování rad a informačních podkladů, trpělivost a velkou ochotu.

Anotace

Bakalářská práce je zaměřena na studium a stanovení antioxidační kapacity a celkového obsahu fenolických látek v sušeném ovoci (banán, ananas, kiwi, mango, pitahaya) a porovnání obsahu těchto látek v běžně sušeném ovoci vs. v ovoci lyofilizovaném. Fenolické látky byly stanoveny spektrofotometricky pomocí Folin-Ciocalteuho činidla. Antioxidační kapacita byla stanovena rovněž spektrofotometricky metodou DPPH. Výsledky obou stanovení byly statisticky zpracovány. Obsah fenolických látek i antioxidační kapacita u lyofilizovaných vzorků byly většinou výrazně vyšší.

Klíčová slova

Sušené ovoce; lyofilizace; antioxidační kapacita; fenolické látky; DPPH; Folin-Ciocalteu

Title

Antioxidant content in dried fruit

Annotation

This bachelor's thesis is focused on studying and determining the antioxidant capacity and the total amount of phenolic compounds in dried fruit (banana, pineapple, kiwi, mango, dragon fruit) and comparing the amount of these in oven dried vs. freeze dried samples. The total phenolic content was determined spectrophotometrically using the Folin-Ciocalteu reagent. The antioxidant capacity was also determined spectrophotometrically using the DPPH method. The results of both determinations was statistically processed. Both the total phenolic content and antioxidant capacity of freeze dried samples in most cases were significantly higher.

Key words

Dried fruit; freeze-drying; antioxidant capacity; phenolic compounds; DPPH; Folin-Ciocalteu

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů	9
Seznam obrázků a tabulek	10
Úvod	11
1 Sušení a sušený materiál	12
1.1 Podstata sušení	12
1.1.1 Horkovzdušné sušení	12
1.1.2 Lyofilizace	12
1.2 Rostlinný materiál	12
1.3 Složky rostlinných materiálů a jejich vlastnosti	13
1.3.1 Obsah živin v ananasu	13
1.3.2 Obsah živin v banánech	14
1.3.3 Obsah živin v kiwi	15
1.3.4 Obsah živin v mangu	16
1.3.5 Obsah živin v pitahaye (dračím ovoci)	16
1.4 Typy vlhkosti v materiálu	17
2 Antioxidanty a fenolické látky	18
2.1 Antioxidanty	18
2.1.1 Volné radikály	18
2.1.2 Funkce antioxidantů	18
2.1.3 Druhy antioxidantů	18
2.2 Metody stanovení antioxidační aktivity	19
2.2.1 Metoda DPPH	19
2.2.2 Metoda ABTS	19
2.2.3 Metoda FRAP	20
2.3 Polyfenolické látky	20
2.3.1 Funkce polyfenolů	21
2.4 Metody stanovení celkových fenolických látek	22
2.4.1 Metoda dle Folin-Ciocalteu	22
3 Cíl práce	23
4 Praktická část práce	24
4.1 Přístroje a zařízení	24
4.2 Použité chemikálie	24
4.3 Použité vzorky	24
4.4 Pracovní postup	25
4.4.1 Příprava vzorků	25

4.4.2	Příprava standardů	25
4.5	Metoda FC.....	26
4.5.1	Kalibrační křivka pro metodu FC	26
4.6	Metoda DPPH.....	26
4.6.1	Kalibrační křivka pro metodu DPPH.....	27
5	Výsledky	28
5.1	Metoda FC – stanovení celkových fenolických látek.....	28
5.2	Metoda DPPH – stanovení antioxidační kapacity	29
6	Diskuse	31
7	Závěr.....	33
8	Citovaná literatura.....	34

Seznam použitých zkratk a symbolů

ABTS	2,2-azinobis(3-ethyl-2,3-dihydrobenzothiazol-6-sulfonát)
AMK	aminokyseliny
DDD	Doporučená denní dávka
DPPH	2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl
FRAP	ferric reducing antioxidant potential - antioxidační potenciál založený na redukci železitých iontů
GAE	Gallic acid equivalent – ekvivalent kyseliny gallové
RPM	rotations per minute – otáčky za minutu
TEC	Trolox equivalent concentration – ekvivalentní koncentrace Troloxu
TPTZ	tripirydyltriazin

Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 1 - kyselina gallová	20
Obrázek 2 - flavon	21
Obrázek 3 - kyselina skořicová	21
Obrázek 4 - závislost absorbance na koncentraci kyseliny gallové.....	28
Obrázek 5 – závislost poklesu absorbance na koncentraci Troloxu	29

Seznam tabulek

Tabulka 1 - obsah živin ve 100 g ananasu (Hossain, 2015).....	14
Tabulka 2 - obsah živin ve 130 g banánu (Ranjha, 2022).....	15
Tabulka 3 - obsah živin ve 100 g kiwi (Castaldo, 1992) (McCance, 2008).....	15
Tabulka 4 - obsah živin ve 100 manga (Guiamba, 2016)	16
Tabulka 5 - obsah živin ve 100 g dračího ovoce (Luu T.T.H., 2021)	17
Tabulka 6 - testované vzorky	25
Tabulka 7 – průměrné hodnoty obsahu polyfenolů zkoumaných vzorků	29
Tabulka 8 - průměrné hodnoty antioxidační aktivity zkoumaných vzorků	30

Úvod

Rostlinné produkty hrají důležitou roli ve výživě jako nenahraditelné zdroje vitamínů, minerálních látek a antioxidantů. Protože nahrazení pomocí vitamínů syntetických je náročné, dá se předpokládat jejich další hojné využívání. Většina rostlinných produktů v sobě obsahuje 70 – 90% vody, což znamená, že podléhají rychlé zkáze. Ztráty při skladování a přepravě mohou dosahovat až 40% (Ilyas, Ghazanfar, Khan, Khan, & Bhatti, 2007).

Prodloužení trvanlivosti je však důležité nejen pro ekonomiku, ale i pro zachování obsahu základních živin. Sušení nebo dehydratace je jednou z nejstarších a nejdůležitějších technologií používaných k tomuto účelu.

1 Sušení a sušený materiál

1.1 Podstata sušení

Sušení je fyzikální proces, při kterém dochází k odstranění vody z určitého materiálu do okolního prostředí pomocí jejího odpaření. Odstranění vody zabraňuje množení mikroorganismů a omezuje enzymatické a biochemické procesy. Produkt se stává skladovatelným při pokojové teplotě. Dalším důsledkem je v případě rostlinného materiálu výrazné snížení hmotnosti a objemu (Grdzelišvili, 2010).

1.1.1 Horkovzdušné sušení

Při horkovzdušném sušení probíhá v sušicím přístroji (tzv. „sušárně“) cyklus procesů výměny tepla mezi vlhkým materiálem a sušicím prostředím – horkým vzduchem, který je do sušárny vháněn, a po pohlcení vlhkosti ji odnáší mimo sušárnu. Zvýšení teploty na povrchu materiálu vede k odpaření vlhkosti. Nepoměr vlhkosti vyvolá difuzi – další fyzikální děj, který vede k přenosu vlhkosti z hlubších vrstev materiálu na povrch ve snaze vyrovnat rovnováhu. Vlhkost je opět odpařena a proces se opakuje. Ztráty vody dosahují 70 – 80 %.

1.1.2 Lyofilizace

Lyofilizace je založena na sublimaci – fyzikálním jevu, při kterém zmražená kapalina přechází přímo na plynné skupenství. Před vysušením je sušený materiál nejprve zmrazen na teplotu, při které voda nemůže existovat v kapalném skupenství, většinou -50°C . Po zmrazení dochází k pomalému zvyšování teploty, ale zároveň snižování tlaku. Tím dochází k sublimaci a vzniklá vodní pára odchází do kondenzátoru, kde je opět přeměňována na led. Ztráta vody při lyofilizaci dosahuje až 95 %

1.2 Rostlinný materiál

Předměty rostlinného původu jsou pro sušení charakterizovány velkým obsahem vody a malým obsahem sušiny. Materiál je porézní povahy. Skládá se hlavně ze sacharidů, dále z lipidů a bílkovin. V malém množství obsahuje další důležité biologicky aktivní látky: polyfenoly, vitamíny, organické kyseliny a minerální látky (Grdzelišvili, 2010).

Většina sušiny je tvořena uhlovodíky. Rozdílné složení uhlovodíků v materiálu ovlivňuje podmínky sušení. Brambory a fazole obsahují hodně škrobu, který více váže vodu, ovoce a

zelenina zase mono- a disacharidy, které při sušení při vyšší teplotě způsobují tvoření melanoidinů (jako produktů Maillardovy reakce), což vede k tmavnutí materiálu až k chuťovým změnám (Rzeski & Rzeski, 2014). Nejvíce je vlhkost vázaná pektinem, škrobem, celulórou a sacharózou v tomto pořadí.

1.3 Složky rostlinných materiálů a jejich vlastnosti

Celulóza + hemicelulóza – základní složky, tvoří strukturu rostlinné buňky, ve vodě nerozpustné, při sušení se prakticky nemění

Monosacharidy + disacharidy – rozpustné ve vodě, při sušení malé ztráty

Pektiny – schopné vázat vlhkost, zvyšují dobu sušení

Proteiny – při sušení podléhají denaturaci, částečně hydrolyzují → změna AMK složení

Polyfenolické látky – vysoká biologická aktivita, podílejí se na chuti, barvě i vůni

Antioxidanty – hlavně vitamín C, citlivý na teplotu, flavonoidy – odolné proti oxidaci

Organické kyseliny – snadno rozpustné ve vodě, významné ztráty s vodou (i při mytí)

Vitamíny – silně termolabilní, citlivé na přítomnost kyslíku, významné ztráty vitamínu C

Minerální látky – stabilní, při sušení téměř dokonale zachovávány

(Woodroof, 2012)

1.3.1 Obsah živin v ananasu

Ananas je plodenství Ananasovníku chocholatého (*Ananas comosus*), tropické rostliny z čeledi broméliovitých. Pěstován je v tropických a subtropických oblastech (USA, Asie). Na jedné rostlině vzniká právě jedno plodenství – splynutím bobulí - s typickou šestiúhelníkovou strukturou (Bartholomew, Paull, & Rohrbach, 2003).

Obsah vody v ananasu se pohybuje mezi 81 – 86 %. Ananas je dobrým zdrojem vápníku, a hlavně vitamínu C (Hossain, Akhtar, & Anwar, 2015). Viz tabulka 1.

Tabulka 1 - obsah živin ve 100 g ananasu (Hossain, 2015)

ŽIVINY	MNOŽSTVÍ
ENERGIE	52 kcal
SACHARIDY	13,7 g
BÍLKOVINY	0,54 g
ŽELEZO	0,28 mg
HOŘČÍK	12 mg
VÁPŇÍK	16 mg
DRASLÍK	150 mg
FOSFOR	11 mg
VITAMIN A	130 I.U
VITAMIN B1	0,079 mg
VITAMIN B2	0,031 mg
VITAMIN B3	0,489 mg
VITAMIN B6	0,110 mg
VITAMIN C	24 mg

1.3.2 Obsah živin v banánech

Banán je plod banánovníku, tropické byliny z čeledi banánovníkovitých (*Musaceae*). Je pěstován v tropických oblastech (Amerika, Asie). Jedná se o protáhlé bobule, rostoucí v trsech.

Existuje mnoho odrůd, většinou se jedná o hybridní triploidní odrůdy, vzniklé křížením pro potravinářský průmysl. Vedle sladkých odrůd (Cavendish – nejběžnější) existují i odrůdy méně sladké, více škrobovité – tzv. plantains (odrůdy Plantain, Rajapuri) (Seymour, 1993).

Obsah vlhkosti v banánech se pohybuje kolem 70 %. Obsah cukrů se může pohybovat až kolem 20 %. Banány jsou významným zdrojem draslíku (350 mg/100 g banánu – až 23% DDD) a vitamínu C (Ranjha, Irfan, Nadeem, & Mahmood, 2022). Viz tabulka 2.

Tabulka 2 - obsah živin ve 130 g banánu (Ranjha, 2022)

ŽIVINY	MNOŽSTVÍ
ENERGIE	105 kcal
SACHARIDY	26,95 g
BÍLKOVINY	1,2 g
ŽELEZO	0,31 mg
HOŘČÍK	31,86 mg
VÁPŇÍK	5,9 mg
DRASLÍK	422,44 mg
FOSFOR	25,96 mg
VITAMIN A	75,52 I.U
VITAMIN B1	0,04 mg
VITAMIN B2	0,09 mg
VITAMIN B3	0,78 mg
BITAMIN B6	0,43 mg
VITAMIN C	10,27 mg

1.3.3 Obsah živin v kiwi

Kiwi je plodem subtropické popínavé dřeviny Aktinidie lahodné (*Actinidia deliciosa*). Rostlina, původem z Číny, je pěstována po celém tropickém pásmu. Všechny dnes používané rostliny mají však původ na Novém Zélandě, kde bylo pěstování a šlechtění kiwi popularizováno. Jedná se o bobule, rostoucí na liáně (Satpal, 2021).

Obsah vody v kiwi se pohybuje kolem 84 % Kiwi je bohaté na vitamin C (Castaldo, Lo Voi, Trifiro, & Gherardi, 1992). Viz tabulka 3.

Tabulka 3 - obsah živin ve 100 g kiwi (Castaldo, 1992) (McCance, 2008)

ŽIVINY	MNOŽSTVÍ
ENERGIE	63 kcal
SACHARIDY	14,8 g
BÍLKOVINY	1,06 g
ŽELEZO	0,24 mg
HOŘČÍK	12,3 mg
VÁPŇÍK	21,4 mg
DRASLÍK	300 mg
FOSFOR	15,3 mg
VITAMIN A	4 µg
VITAMIN B1	0,027 mg
VITAMIN B2	0,025 mg
VITAMIN B3	0,37 mg
BITAMIN B6	0,061 mg
VITAMIN C	106,7 mg

1.3.4 Obsah živin v mangu

Mango je plod mangovníku, rostliny z čeledi ledvinovnickovitých (*Anacardiaceae*), patřící do rodu *Magnifera*. Tento rod zahrnuje přes 30 druhů mangovníků. Nejrozšířenější druh – Mangovník indický - je vysazován v tropických a velmi vlhkých oblastech (hlavně Asie). Jedná se o peckovici (Shah, 2010).

Obsah vody v mangu je průměrně 84%. Mango je bohaté na vitamín C a vitamín A (Guiamba, 2016). Viz tabulka 4.

Tabulka 4 - obsah živin ve 100 manga (Guiamba, 2016)

ŽIVINY	MNOŽSTVÍ
ENERGIE	60 kcal
SACHARIDY	15 g
BÍLKOVINY	0,8 g
ŽELEZO	0,16 mg
HOŘČÍK	10 mg
VÁPÍK	11 mg
DRASLÍK	168 mg
FOSFOR	14 mg
VITAMIN A	1082 I.U
VITAMIN B1	0,03 mg
VITAMIN B2	0,04 mg
VITAMIN B3	0,67 mg
VITAMIN B6	0,12 mg
VITAMIN C	36,4 mg

1.3.5 Obsah živin v pitahaye (dračím ovoci)

Pitahaya je označení některých druhů popínavých či plazivých kaktusů a jejich jedlých plodů. Nejznámější rod *Hylocereus* (čeleď kaktusovité – *Cactaceae*) poskytuje velké plody – též známé jako „dračí ovoce“. Pěstuje se po celém tropickém pásu (Amerika, Asie). Dužnina může být podle druhu bílá (převažuje na trhu), nebo červená (Ruzainah, Ahmad, Nor, & Vasudevan, 2009).

Obsah vody v pitahaye se pohybuje kolem 85 – 89 %. Pitahaya je zdrojem vitamínu C (Luu, Le, Huynh, & Quintela-Alonso, 2021). Viz tabulka 5.

Tabulka 5 - obsah živin ve 100 g dračího ovoce (Luu T.T.H., 2021)

ŽIVINY	MNOŽSTVÍ
ENERGIE	63 kcal
SACHARIDY	12,9 g
BÍLKOVINY	1,45 g
ŽELEZO	0,30 mg
HOŘČÍK	26,4 mg
VÁPNIK	6,72 mg
DRASLÍK	158,3 mg
FOSFOR	no data
VITAMIN A	61 I.U
VITAMIN B1	no data
VITAMIN B2	no data
VITAMIN B3	no data
BITAMIN B6	no data
VITAMIN C	3,4 - 6,0 mg

1.4 Typy vlhkosti v materiálu

Voda se v rostlinném materiálu nevyskytuje všechna ve stejné podobě. Nejdůležitější rozdíl je ve vazbě vody na materiál.

Volná vlhkost/volná voda není vázána na strukturu materiálu, může se volně pohybovat mezi buňkami. Slouží jako transportní prostředí a pro podporu životních činností buněk. Nachází se na povrchu materiálu, ve velkých pórech a kapilárách. Snadno ji lze odstranit i mechanicky (lisování, odstředění).

Vázaná vlhkost/vázaná voda vzniká v důsledku vazby s molekulami materiálů. Nemá vlastnosti rozpouštědla. Kvůli nulovému obsahu rozpustných látek je elektricky nevodivá. Je vázána velmi pevně, je těžké ji odstranit i sušením.

Většina vody je ve volné formě, ale vázaná voda je také vždy přítomna. Důsledkem je jednoduché sušení ovoce do obsahu vlhkosti cca 15% ale komplikované odstranění zbytkové vlhkosti (Pham, 1987).

2 Antioxidanty a fenolické látky

2.1 Antioxidanty

Antioxidanty jsou látky schopné zpomalit či zastavit zdraví škodlivé oxidativní procesy probíhající v lidském těle. Tyto oxidativní procesy probíhají kvůli přítomnosti volných kyslíkových radikálů (Kedare & Singh, 2011).

2.1.1 Volné radikály

Volné kyslíkové radikály jsou sloučeniny s volným nepárovým elektronem, díky kterému jsou schopny v organismu posilovat redoxní reakce v oxidativním směru. Vzniklý oxidační stres má negativní vliv na řadu onemocnění a je i podstatou fyziologického stárnutí (Holeček, 2006). Volné radikály vznikají nevyhnutelně jako součást aerobního metabolismu. Nejběžnější jsou např. oxid dusnatý NO, nebo oxid uhelnatý CO. Čím dál více radikálů se do organismu dostává z vnějšího prostředí. Jedná se např. o chlor, dusitany, ozón, superoxidy, peroxidy, těžké kovy a další (Pláteník, 2009).

2.1.2 Funkce antioxidantů

Antioxidanty plní svou funkci různě, nejčastěji se však jedná o látky které:

- Chemicky převádí nebezpečné sloučeniny (H_2O_2) na látky neškodné ($H_2O + O_2$)
- Pohlcují nebezpečné sloučeniny či jim jinak brání v zahájení oxidace
- Opravují nebo eliminují biomolekuly poškozené volnými radikály

Díky těmto mechanismům jsou antioxidanty schopné významně zpomalit oxidaci biomolekul snadno podléhajících oxidaci (např. tuky) (Santos-Sánchez, Salas-Coronado, & Villanueva-Ca, 2019).

2.1.3 Druhy antioxidantů

Nejdůležitější skupinou antioxidantů jsou enzymatické systémy vyskytující se přirozeně v lidském těle. Jedná se o (Opletal, a další, 2013):

- Katalasu
- Superoxiddismutasu
- Glutathionperoxidasu
- koenzym Q₁₀.

Další skupinou jsou antioxidanty přijímány potravou, nejčastěji různé metabolity rostlin. K neznámějším zástupcům patří (Oroian & Escriche, 2015):

- Vitamíny – především vitamín C, E, A
- Karotenoidy – rostlinná barviva
- Flavonoidy – rostlinná barviva
- Trísloviny
- Polyfenolické látky

Tyto antioxidanty jsou běžně přidávány do potravin během zpracování, kde jednak díky inhibici oxidativních dějů prodlužují trvanlivost, jednak slouží jako obohacení stravy člověka (Pokorný, 1991).

2.2 Metody stanovení antioxidační aktivity

2.2.1 Metoda DPPH

Metoda spočívá v reakci stanovované látky s radikálem DPPH (2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl). Radikál je v methanolovém roztoku stabilní a při reakci dojde k jeho redukci. V důsledku redukce dochází k odbarvování roztoku. Průběh reakce lze sledovat spektrofotometricky při vlnové délce 517 nm. Vyjádřením antioxidační aktivity stanovované látky je % úbytku absorbance z její původní hodnoty. Výsledek je možno zpřesnit přepočtem úbytku absorbance na ekvivalent standardní látky Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-karboxylová kyselina) použitím kalibrační řady (Paulová, Bochořáková, & Táborská, 2004).

2.2.2 Metoda ABTS

Další ze široce používaných metod založených na eliminaci radikálů. Spočívá ve zkoumání reakce stanovované látky s kationem-radikálem ABTS^{•+} (2,2'-azinobis(3-ethyl-2,3-dihydrobenzothiazol-6-sulfonát)). Někdy bývá označována jako metoda TEAC (Trolox equivalent antioxidant capacity), jelikož výsledky této metody jsou opět pro zpřesnění porovnávány s ekvivalentní antioxidační aktivitou látky Trolox. Radikál se v roztoku tvoří oxidací z ABTS, nejčastěji pomocí peroxidasy. Průběh reakce a úbytek absorbance lze sledovat spektrofotometricky při vlnové délce 734 nm (Martysiak-Żurowska & Wenta, 2012).

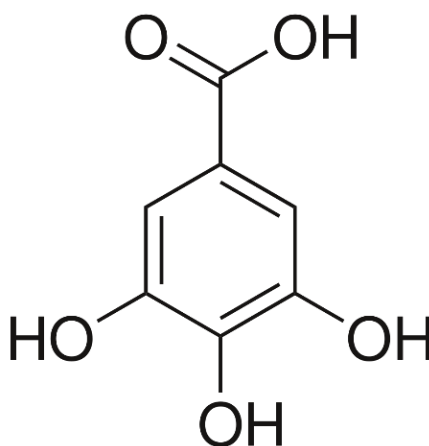
2.2.3 Metoda FRAP

Tato metoda na rozdíl od metod předešlých nefunguje na principu eliminace radikálů, nýbrž na hodnocení redoxních vlastností zkoumané látky. Antioxidanty vystupují jako redukční činidla a redukují v roztoku komplex Fe^{3+} -2,4,6-tri(2-pyridyl-1,3,5-triazin) (Fe^{3+} -TPTZ) – analog ferrouinu (odtud FRAP – ferric reducing antioxidant power) na komplex (Fe^{2+} -TPTZ) v kyselém prostředí. To se projeví nárůstem absorbance při 593 nm. Míra nárůstu vypovídá o antioxidační aktivitě zkoumané látky. Opět je možné zpřesnit výsledky přepočtem na ekvivalent standardní látky, např. Troloxu. Kvůli nízkému pH během reakce však metoda nezohledňuje vliv polyfenolických látek (pomalu reagujících) a není tak příliš vhodná pro stanovení antioxidační aktivity v potravinách (Antolovich, Prenzler, Patsalides, McDonald, & Robards, K., 2002).

2.3 Polyfenolické látky

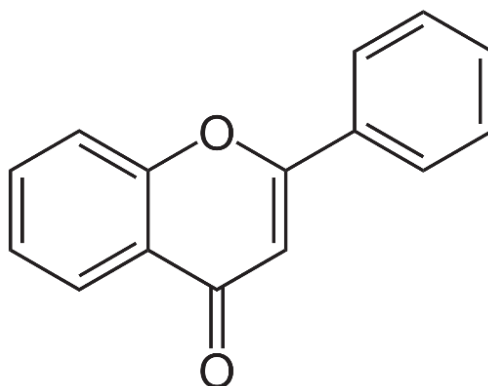
Polyfenolické látky jsou širokou skupinou sloučenin obsahujících ve své molekule 2 a více fenolové jednotky (Handique & Baruah, 2002). Nachází se ve většině vyšších rostlin, kde zodpovídají za barvu plodů, květů, aroma. Obecně jsou to sloučeniny ovlivňující barvu, vůni a chuť. Podle struktury základní jednotky se dělí na:

- Hydrolyzovatelné taniny – základní jednotka kyselina gallová (Obr. 1), tzv. „třísloviny“, obsaženy v sušině listů všech rostlin (50 %), v černém čaji, červeném víně, ovoci, pivu, kakau...



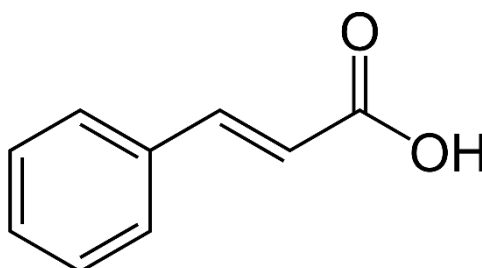
Obrázek 1 - kyselina gallová

- Flavonoidy – základní jednotka flavon (Obr. 2), dále se dělí (anthokyaniny, flavony, flavonoly, flavanony, katecholy), většinou barviva květů, plodů



Obrázek 2 - flavon

- Lignany – základní jednotka kyselina skořicová (Obr. 3), vyskytují se hlavně v semenech, součást buněčných stěn, prekurzory fytoestrogenů



Obrázek 3 - kyselina skořicová

2.3.1 Funkce polyfenolů

Polyfenoly jsou významné antioxidanty. Reagují s volnými elektrony a tím zpomalují oxidativní procesy (Villaño, Fernández-Pachón, Moyá, Troncoso, & García-Parrilla, 2007). Mezi další funkce patří přenos protonů při biosyntézách, zpevnování těl rostlin (prekurzory pro lignin), fungicidní a baktericidní účinky, ochrana proti UV záření - pohlcují ho (Orsák,

Lachman, Pivec, & Hosnedl, 2000). Nejvýznamnějším zdrojem polyfenolů pro člověka je ovoce, nejvíce jich bývá obsaženo ve slupce.

2.4 Metody stanovení celkových fenolických látek

2.4.1 Metoda dle Folin-Ciocalteu

Metoda využívá pro stanovení celkového obsahu fenolických látek reakci vzorku s činidlem podle Folin-Ciocalteua. Tento žlutě zbarvený roztok obsahuje směs fosfomolybdenanu a fosfowolframanu, látek, které reagují s fenolickými látkami a jsou jimi redukovány. Důsledkem redukce je barevná změna roztoku, pozorovatelná spektrofotometricky při 765 nm. Nevýhodou metody však je, že činidlo může být redukováno i dalšími nefenolickými látkami (např. redukujícími cukry). Výsledný obsah fenolických látek se tak standardně pomocí kalibrační řady přepočítává na GAE – ekvivalentní množství kyseliny gallové (Lamuela-Raventós, 2017).

3 Cíl práce

Cílem práce je experimentálně ověřit, zda existuje rozdíl v celkovém obsahu fenolických látek a antioxidační aktivitě mezi vzorky ovoce sušenými konvenčním sušením v sušárně a sušenými lyofilizací. Obsahy fenolických látek a antioxidační aktivity budou stanoveny pro jednotlivé vzorky a poté statisticky porovnány.

4 Praktická část práce

4.1 Přístroje a zařízení

Navážky vzorků byly naváženy na digitálních analytických vahách HR 200 (A&D Instruments, Austrálie). Látky byly ze vzorků extrahovány v ultrazvukové lázni (Bandelin SonorexTM, Bandelin electronic, Německo). Úprava roztoků po extrakci byla provedena na centrifuze Sorvall ST Plus Series (Thermo Fischer Scientific, USA). Měření antioxidační aktivity i obsahu fenolických látek bylo provedeno na UV-VIS spektrofotometru UV-2600 (Shimadzu, Japonsko). Vzorky a standardy pro analýzu byly připraveny s pomocí mikropipet s nastavitelným objemem 1–10 ml, 10–100 μ l, 100–1000 μ l.

4.2 Použité chemikálie

- Methanol – Honeywell, USA
- Na₂CO₃ – uhličitan sodný – J. T. Baker, USA
- DPPH – 2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl – Sigma-Aldrich, USA
- Činidlo dle Folin-Ciocalteu (2,0 N) – Sigma-Aldrich, USA
- Kyselina gallová – Sigma-Aldrich, USA
- Standard Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-karboxylová kyselina) – Sigma-Aldrich, USA

4.3 Použité vzorky

Vzorky byly dodány z Univerzity obrany v Brně. Jednalo se o předem sušené a vakuově balené exotické ovoce. Vzorky byly před použitím uchovávány v mrazničce a z nich připravené roztoky potom v chladničce. Každý typ ovoce byl sušen horkým vzduchem (dále jen sušený) a lyofilizován za nespécifikovaných podmínek. Roztoky vzorků byly pro zjednodušení označeny zkratkou (viz Tabulka 6).

Tabulka 6 - testované vzorky

VZOREK	ZKRATKA
ANANAS - SUŠENÝ	A-S
ANANAS - LYOFILIZOVANÝ	A-L
BANÁN - SUŠENÝ	B-S
BANÁN - LYOFILIZOVANÝ	B-L
KIWI - SUŠENÉ	K-S
KIWI - LYOFILIZOVANÉ	K-L
MANGO - SUŠENÉ	M-S
MANGO - LYOFILIZOVANÉ	M-L
PITAHAYA - SUŠENÁ	P-S
PITAHAYA - LYOFILIZOVANÁ	P-L

4.4 Pracovní postup

4.4.1 Příprava vzorků

Vzorky používané k analýze byly těsně před extrakcí rozmělněny v třecí misce. Z každého vzorku byl odebrán 3x cca 1 g materiálu, který byl poté v kádince smíchán s 15 ml 80 % roztoku methanolu. Všechny 3 navážky byly zároveň extrahovány v ultrazvukové lázni po dobu 15 min. Po extrakci byl obsah kádinek dekantován do 10 ml centrifugačních zkumavek a roztoky byly vyčeřeny pomocí centrifugy (10 000 RPM, 5 min, 5°C). Po centrifugaci byla pomocí pipety z každé zkumavky odebrána vrchní, čirá vrstva roztoku (cca 8 ml) do čisté zkumavky. Roztoky lyofilizovaných ovocí bylo následující dny před stanovením opět vyčeřit na malé centrifuze. Pipetované množství k analýze v obou metodách bylo 500 µl.

Vzorky lyofilizovaných banánů bylo potřeba pro analýzu 10x naředit. Zředění je zahrnuto ve výpočtu.

4.4.2 Příprava standardů

Pro metodu FC byla jako standard použita kyselina gallová, rozpuštěná v methanolu. Ze zásobního roztoku o koncentraci 506 mg/l byla připravena kalibrační řada o koncentracích 5,06;

10,12; 20,24; 40,48; 80,96; 121,44; 161,92 a 202,4 mg/l kyseliny gallové. Výsledky jsou udávány v ekvivalentu kyseliny gallové (GAE).

Pro metodu DPPH bylo pracováno s čerstvě namíchaným roztokem 2,2-difenyl-1-pikrylhydrazylu v methanolu. Jako standard byla použita látka Trolox. Z té byl připraven zásobní roztok rozpuštěním 25,2 mg ve 25 ml methanolu. Ze zásobního roztoku byla připravena kalibrační řada o koncentracích 10,08; 20,16; 40,32; 80,64; 120,96; 161,28; 201,6; 302,4; a 403,2 mg/l Troloxu. Výsledky jsou udávány v ekvivalentu Troloxu (TEC).

4.5 Metoda FC

Do 10 ml zkumavek bylo napipetováno 6 ml destilované vody, 0,5 ml roztoku vzorku a 0,5 ml Folin-Ciocalteuho činidla. Roztok byl ponechán 5 min v temnu. Poté byl přidán 1 ml 5% Na_2CO_3 a roztok byl na 30 min opět umístěn do temna. Byla změřena absorbance všech roztoků při 765 nm proti slepému vzorku, který obsahoval místo vzorku 0,5 ml 80 % methanolu. Celkový obsah fenolických látek byl vypočítán pomocí kalibrační křivky, která byla sestrojena pro kalibrační řadu kyseliny gallové. Výsledný obsah fenolických látek byl vyjádřen jako GAE/g, ekvivalentní množství kyseliny gallové na 1 g vzorku

4.5.1 Kalibrační křivka pro metodu FC

Roztoky pro kalibrační křivku byly připraveny stejným postupem, kdy do zkumavek bylo přidáváno místo 0,5 ml vzorku po 0,5 ml připravených standardů kyseliny gallové. Byly proměřeny absorbance jednotlivých koncentrací při 765 nm proti slepému vzorku a byla sestrojena kalibrační křivka závislosti absorbance na koncentraci kyseliny gallové. Každý bod kalibrační křivky byl proměřen dvakrát.

4.6 Metoda DPPH

Do 10 ml zkumavek bylo napipetováno 5 ml zásobního roztoku DPPH a 0,5 ml roztoku vzorku. Směs se nechala půl hodiny stát v temnu. Po uplynutí času byl proměřen úbytek absorbance při 517 nm proti slepému vzorku, který byl připraven smícháním 5 ml roztoku DPPH a 0,5 ml 80 % methanolu. Úbytek absorbance byl pomocí kalibrační křivky přepočítán na TEC/g, ekvivalentní množství Troloxu na 1 g vzorku.

4.6.1 Kalibrační křivka pro metodu DPPH

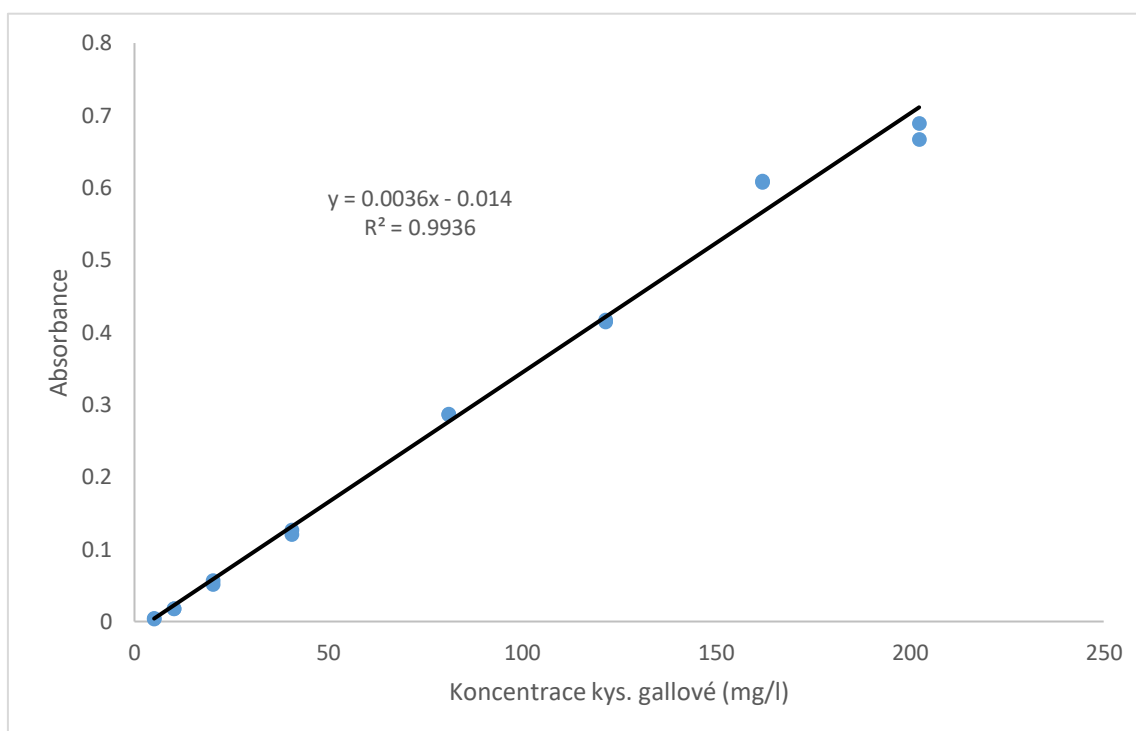
Roztoky pro kalibrační křivku byly připraveny stejným postupem, kdy do zkumavek bylo místo vzorku přidáváno po 0,5 ml připravených koncentrací Troloxu. Po uplynutí 30 min byl proměřen úbytek absorbance při 517 nm proti slepému vzorku. Pomocí hodnot absorbancí bylo spočítáno % inhibice podle vztahu (1) (kde A_0 je absorbance slepého vzorku, A_{vz} je absorbance vzorku) a to bylo poté přepočteno na obsah Troloxu.

$$I (\%) = \frac{A_0 - A_{vz}}{A_0} * 100 \quad (1)$$

5 Výsledky

5.1 Metoda FC – stanovení celkových fenolických látek

Folin-Ciocalteuho činidlo obsahuje směsi fosfomolybdenanu a fosfowolframanu, které reagují s fenolickými látkami ve vzorcích a tím se redukuje, čímž dochází ke změně barvy do zelené.



Obrázek 4 - závislost absorbance na koncentraci kyseliny gallové

Kalibrační řada pro kyselinu gallovou vykazuje lineární závislost v celém rozsahu koncentrací (5-200 mg/l) s koeficientem determinace $R^2 = 0,994$ (Obr. 4). Z rovnice regrese byly vypočteny výsledné obsahy fenolických látek, přepočítané na ekvivalent kyseliny gallové v 1 g vzorku. Každý vzorek byl proměřen třikrát (pro 3 různé navážky) a výsledek byl zprůměrován. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 7.

Tabulka 7 – průměrné hodnoty obsahu polyfenolů zkoumaných vzorků

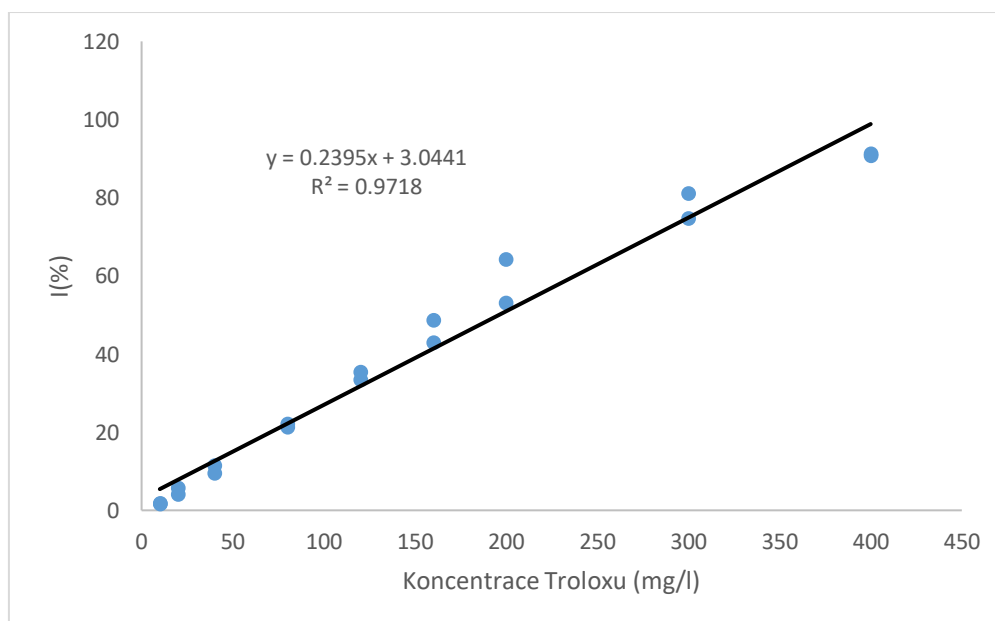
Vzorek ovoce	Sušený (mg GAE/g ± sm.o.)	Lyofilizovaný (mg GAE/g ± sm.o.)
Ananas	2,1 ± 0,5 ^a	2,7 ± 0,2 ^b
Banán	1,3 ± 0,1 ^a	7,9 ± 0,1 ^b
Kiwi	2,4 ± 0,3 ^a	2,3 ± 0,0 ^a
Mango	0,9 ± 0,1 ^a	1,1 ± 0,1 ^b
Pitahaya	1,2 ± 0,2 ^a	1,1 ± 0,2 ^a

Aritmetický průměr ± směrodatná odchylka (N = 3). Hodnoty s různými písmeny v horním indexu jsou statisticky rozdílné (dvouvýběrový t-test s rovností rozptylu, $p < 0.05$)

Z naměřených hodnot je zřejmé, že nejvyšší obsah polyfenolů byl naměřen u lyofilizovaných banánů (7,9 mg GAE/g), zatímco u ostatních vzorků byl celkový obsah fenolických látek méně než poloviční (1,1–2,7 mg GAE/g). Lyofilizované vzorky měly významně vyšší obsah fenolických látek ve srovnání se vzorky sušenými v klasické sušárně, s výjimkou kiwi a pitahaye.

5.2 Metoda DPPH – stanovení antioxidační kapacity

Radikál DPPH (2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl) vzniká v methanolovém roztoku. Za přítomnosti antioxidantů je jimi zhasen a dochází k odbarvování původně modrofialového roztoku.



Obrázek 5 – závislost poklesu absorbance na koncentraci Troloxu

Kalibrační řada pro Trolox vykazuje téměř lineární závislost v potřebném rozsahu koncentrací (10-400 mg/l) s koeficientem determinace $R^2 = 0,972$ (Obr. 5). Z rovnice regrese byly pomocí poklesu absorbance roztoků vzorků vypočítány ekvivalentní koncentrace Troloxu pro jednotlivé vzorky, které byly přepočítány na kg vzorku. Každý vzorek byl proměřen třikrát a výsledné hodnoty byly zprůměrovány. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 8.

Tabulka 8 - průměrné hodnoty antioxidační aktivity zkoumaných vzorků

Vzorek ovoce	Sušený (mg TEC/g ± sm.o.)	Lyofilizovaný (mg TEC/g ± sm.o.)
Ananas	2,0 ± 0,4 ^a	4,5 ± 0,3 ^b
Banán	1,3 ± 0,0 ^a	8,6 ± 0,0 ^b
Kiwi	4,2 ± 0,8 ^a	5,0 ± 0,1 ^a
Mango	1,9 ± 0,1 ^a	2,3 ± 0,0 ^b
Pitahaya	0,6 ± 0,3 ^a	1,3 ± 0,4 ^b

Aritmetický průměr ± směrodatná odchylka (N = 3). Hodnoty s různými písmeny v horním indexu jsou statisticky rozdílné (dvouvýběrový t-test s rovností rozptylu, $p < 0.05$)

Z naměřených hodnot lze konstatovat nejvyšší antioxidační aktivitu opět u lyofilizovaných banánů (8,6 mg TEC/g). Aktivity ostatních vzorků se pohybovaly v rozmezí 0,6-5,0 mg TEC/g, což je oproti lyofilizovaným banánům podstatně méně. Lyofilizované vzorky vykazovaly významně vyšší antioxidační aktivitu oproti vzorkům sušeným v klasické sušárně s výjimkou kiwi.

6 Diskuse

Celkový obsah fenolických látek v ananasu odpovídá obsahu uváděném např. v práci Sarkar a kol. (Sarkar, 2020), stejně jako antioxidační aktivita měřená metodou DPPH. Mezi látky s největším zastoupením patřila kyselina sinapová a p-kumarín. Vzorky sušené lyofilizací měly větší obsah fenolických látek i antioxidační aktivitu ve srovnání se sušením při teplotách (60-90 °C) (Izli, Izli, & Taskin, Impact of different drying methods on the drying kinetics, color, total phenolic content and antioxidant capacity of pineapple, 2018).

Celkový obsah fenolických látek v banánu odpovídá u sušených vzorků hodnotám uváděným v práci (Guiné, a další, 2015), vzorky lyofilizované obsahovaly fenolických látek výrazně víc, než hodnoty ze stejné práce. Antioxidační aktivita vzorků běžně sušených i lyofilizovaných banánů je nižší než v práci Vu a kol. (Vu, Scarlett, & Vuong, 2017), poměrný rozdíl hodnot mezi lyofilizací a horkovzdušným sušením je však srovnatelný.

Celkový obsah fenolických látek u kiwi odpovídá tabelovaným hodnotám (Izli, Izli, & Taskin, 2017a). Sušené a lyofilizované vzorky se od sebe obsahem fenolických látek, stejně jako v této práci (Izli, Izli, & Taskin, 2017a), výrazně neliší. Antioxidační aktivita by podle této práce lyofilizací neměla téměř poklesnout, vlivem běžného sušení výrazněji, což se v experimentu moc nepotvrdilo, jelikož hodnoty jsou statisticky srovnatelné. Nejvýznamnějším antioxidantem je u kiwi vitamín C, kterého obsahuje nejvíc ze zkoumaných druhů ovoce.

Celkový obsah fenolických látek u manga opět víceméně odpovídá hodnotám v pramenech. Rozdíly hodnot u sušených a lyofilizovaných vzorků jsou nevelké, ale statisticky významné. Antioxidační aktivita vzorků manga je srovnatelná s hodnotami z publikace Izli a kol. (Izli, Izli, & Taskin, 2017b). Rozdíly mezi sušenými a lyofilizovanými vzorky jsou poměrně malé, což se shoduje se zjištěními ze stejné publikace (Izli, Izli, & Taskin, 2017b).

Obsah fenolických látek v pitahaye se pohybuje kolem tabelovaných hodnot (Paško, a další, 2021). Rozdíl obsahu fenolických látek mezi sušenými a lyofilizovanými vzorky je statisticky nevýznamný a samotný obsah fenolických látek je poměrně malý oproti ostatním vzorkům (Tab. 7). Větší obsah fenolických látek lze pozorovat např. ve slupce (Wiset, 2012). Antioxidační aktivitou pitahaye se moc prací nezabývá, ale porovnáním hodnot např. s prací Wiset a kol. (Wiset, 2012) je zřejmé, že hodnoty jsou podobné, v obou případech nevelké.

Rozdíly mezi antioxidačními aktivitami jsou ve většině případů výraznější než mezi celkovými obsahy polyfenolických látek. Nejmenší vliv měla metoda sušení na vzorky kiwi – u obou stanovení jsou výsledky statisticky nevýznamné. Největší rozdíl lze pozorovat v obou stanoveních u vzorků banánů.

7 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo stanovit obsah fenolických látek a stanovit antioxidační kapacitu zkoumaných vzorků. Pro stanovení obsahu fenolických látek byla použita spektrofotometrická metoda FC. Pro stanovení antioxidační kapacity byla použita spektrofotometrická metoda DPPH.

Dále bylo cílem srovnání vzorků sušených horkým vzduchem a lyofilizací, co do zachování antioxidantů a polyfenolů. Až na některé výjimky (fenolické látky ve vzorcích kiwi a pitahaye) byl obsah látek v lyofilizovaných vzorcích výrazně vyšší. Lze tedy konstatovat, že lyofilizace je pro zachování antioxidantů vhodnější metoda sušení.

8 Citovaná literatura

- Antolovich, M., Prenzler, P., Patsalides, E., McDonald, S., & Robards, K. (2002). Methods for testing antioxidant activity. *Analyst*, vol. 127, 183-198, DOI: 10.1039/B009171P.
- Bartholomew, D. P., Paull, R. E., & Rohrbach, K. (2003). The pineapple: botany, production and uses. CAB International eBooks, DOI: 10.1079/9780851995038.0000.
- Castaldo, D., Lo Voi, A., Trifiro, A., & Gherardi, S. (1992). Composition of Italian kiwi (*Actinidia chinensis*) puree. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 40.4, 594-598, DOI: 10.1021/jf00016a013.
- Grdzelišvili, G. (2010). [online] Sušení rostlinných materiálů. [cit. 2022-06-12]. dostupné z: <http://chps.fsid.cvut.cz/pt/2010/pdf/GrdzelisviliGulnara.pdf>.
- Guiamba, I. R. (2016). [online] Nutritional value and quality of processed mango fruits [cit. 2022-06-19]. Chalmers University of Technology, dostupné z: <https://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/230195/230195.pdf>.
- Guiné, R. P., Barroca, M. J., Gonçalves, F. J., Alves, M., Oliveira, S., & Mendes, M. (2015). Artificial neural network modelling of the antioxidant activity and phenolic compounds of bananas submitted to different drying treatments. *Food Chemistry*, vol. 168, 454-459, DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.07.094.
- Handique, J., & Baruah, J. (2002). Polyphenolic compounds: an overview. *Reactive and Functional Polymers*, vol. 52, iss. 3, 163-188, DOI: 10.1016/S1381-5148(02)00091-3.
- Holeček, V. (2006). [online] Volné radikály, antioxidanty a jak dále [cit. 2022-06-12]. *Klinická Biochemie a Metabolismus*, vol. 14.35, 140-145, dostupné z: <http://nts.prolekare.cz/cls/odkazy/kbm0603-140.pdf>.
- Hossain, M. F., Akhtar, S., & Anwar, M. (2015). Nutritional value and medicinal benefits of pineapple. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, vol. 4.1, 84-88, DOI: 10.11648/j.ijnfs.20150401.22.
- Ilyas, M. B., Ghazanfar, M., Khan, M., Khan, C., & Bhatti, M. (2007). Post harvest losses in apple and banana during transport and storage. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, vol. 44.3, 534-539, dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/268264634_POST_HARVEST_LOSSES_IN_APPLE_AND_BANANA_DURING_TRANSPORT_AND_STORAGE, ISSN: 0552-9034.
- Izli, N., Izli, G., & Taskin, O. (2017a). Drying kinetics, colour, total phenolic content and antioxidant capacity properties of kiwi dried by different methods. *Journal of Food Measurement and Characterization*, vol. 11, 64-74, DOI: 10.1007/s11694-016-9372-6.
- Izli, N., Izli, G., & Taskin, O. (2017b). Influence of different drying techniques on drying parameters of mango. *Food Science and Technology*, vol. 37, 604-612, DOI: 10.1590/1678-457X.28316.

- Izli, N., Izli, G., & Taskin, O. (2018). Impact of different drying methods on the drying kinetics, color, total phenolic content and antioxidant capacity of pineapple. *CyTA - Journal of Food*, vol. 16, 213-221, DOI: 10.1080/19476337.2017.1381174.
- Kedare, S., & Singh, R. (2011). Genesis and development of DPPH method of antioxidant assay. *Journal of Food Science and Technology*, vol. 48, 412-422, DOI: 10.1007/s13197-011-0251-1.
- Lamuela-Raventós, R. M. (2017). Folin-Ciocalteu method for the measurement of total phenolic content and antioxidant capacity. *Measurement of Antioxidant Activity and Capacity*, DOI: 10.1002/9781119135388.
- Luu, T., Le, T., Huynh, N., & Quintela-Alonso, P. (2021). Dragon fruit: A review of health benefits and nutrients and its sustainable development under climate changes in Vietnam. *Czech Journal of Food and Science*, vol. 39: 71-94, DOI: 10.17221/139/2020-CJFS.
- Martysiak-Żurowska, D., & Wenta, W. (2012). [online] A comparison of ABTS and DPPH methods for assessing the total antioxidant capacity of human milk [cit. 2022-06-14]. *Acta scientiarum polonorum technologia alimentaria*, vol. 11, 83-89, dostupné z: <http://www.food.actapol.net/volume11/issue1/abstract-9.html>.
- McCance, W. (2008). *The Composition of Foods, 7. Summary edition*. Royal Society of Chemistry, 350-369, DOI: 10.1039/9781849737562.
- Opletal, L., Chlebek, J., Macáková, K., Benešová, N., Hošťálková, A., & Cahlíková, L. (2013). [online] Antioxidanty a degenerativní onemocnění [cit. 2022-06-12]. *Praktické Lékárenství* 9.3, 135, dostupné z: <http://solen.cz/pdfs/lek/2013/03/11.pdf>.
- Oroian, M., & Escriche, I. (2015). Antioxidants: Characterization, natural sources, extraction and analysis. *Food Research International*, vol. 74, 10-36, DOI: 10.1016/j.foodres.2015.04.018.
- Orsák, M., Lachman, J., Pivec, V., & Hosnedl, V. (2000). Změny obsahu polyfenolických látek ječmene a hrachu působením UV a γ -záření. *Sborník referátů z 10. konference katedry rostlinné výroby AF ČZU (Vašák J., Švachula V.)*, 91-92, dostupné z: <http://www.agris.cz/clanek/106858>.
- Paško, P., Galanty, A., Zagrodzki, P., Luksirikul, P., Barasch, D., Nemirovski, A., & Gorinstein, S. (2021). Dragon Fruits as a Reservoir of Natural Polyphenolics with Chemopreventive Properties. *Molecules*, vol. 26, 2158-2159, DOI: 10.3390/molecules26082158.
- Paulová, H., Bochořáková, H., & Táborská, E. (2004). [online] Metody stanovení antioxidační aktivity přírodních látek in vitro [cit. 2022-06-15]. *Chemické listy*, vol. 98, 174-179, dostupné z: https://katedry.czu.cz/storage/197/6c04a7e5-7b_stanoveni_antioxidacni_aktivity.pdf.
- Pham, Q. (1987). Calculation of bound water in frozen food. *Journal of Food Science*, vol. 52, 210-212, DOI: 10.1111/j.1365-2621.1987.tb14006.x.

- Pláteník, J. (2009). [online] Volné radikály, antioxidanty a stárnutí. [cit. 2022-06-15]. Interní medicína pro praxi 11.1, 30-33, dostupné z: <http://solen.cz/pdfs/int/2009/01/06.pdf>.
- Pokorný, J. (1991). Natural antioxidants for food use. *Trends in Food Science & Technology*, vol. 2, 223-227, DOI: 10.1016/0924-2244(91)90695-F.
- Ranjha, M., Irfan, S., Nadeem, M., & Mahmood, S. (2022). A comprehensive review on nutritional value, medicinal uses, and processing of banana. *Food Reviews International*, 38:2, 199-225, DOI: 10.1080/87559129.2020.1725890.
- Ruzainah, A. J., Ahmad, R., Nor, Z., & Vasudevan, R. (2009). Proximate analysis of dragon fruit (*Hylecereus polyhizus*). *American Journal of Applied Sciences*, 1341-1346, DOI: 10.3844/ajassp.2009.1341.1346.
- Rzeski, E., & Rzeski, W. (2014). Biological properties of melanoidins: A review. *International Journal of Food Properties*, vol. 17:2, 344-353, DOI: 10.1080/10942912.2011.631253.
- Santos-Sánchez, N., Salas-Coronado, R., & Villanueva-Ca. (2019). Antioxidant compounds and their antioxidant mechanism. *Antioxidants*, vol. 10, 1-29, DOI: 10.5772/intechopen.77838.
- Sarkar, T. S. (2020). Application of raw and differently dried pineapple (*Ananas comosus*) pulp on rasgulla (sweetened Casein ball) to enhance its phenolic profile, shelf life, and in-vitro digestibility characteristics. *Journal of Food Processing and Preservation*, DOI: 10.1111/jfpp.15233.
- Satpal, D. K. (2021). *Actinidia deliciosa* (Kiwi fruit): A comprehensive review on the nutritional composition, health benefits, traditional utilization, and commercialization. *Journal of Food Processing and Preservation*, DOI: 10.1111/jfpp.15588.
- Seymour, G. (1993). Banana. *Biochemistry of Fruit Ripening*, 83-106, DOI: 10.1007/978-94-011-1584-1_3.
- Shah, K. P. (2010). *Mangifera indica* (mango). *Pharmacognosy Review*, 42-48, DOI: 10.4103/0973-7847.65325.
- Villaño, D., Fernández-Pachón, M., Moyá, M., Troncoso, A., & García-Parrilla, M. (2007). Radical scavenging ability of polyphenolic compounds towards DPPH free radical. *Talanta*, vol. 71, iss. 1, 230-235, DOI: 10.1016/j.talanta.2006.03.050.
- Vu, H., Scarlett, C., & Vuong, Q. (2017). Effects of drying conditions on physicochemical and antioxidant properties of banana (*Musa cavendish*) peels. *Drying technology*, vol. 35, 1141-1151, DOI: 10.1080/07373937.2016.1233884.
- Wiset, L. P.-a. (2012). Comparisons of antioxidant activity and bioactive compounds of dragon fruit peel from various drying methods. *International Journal of Nutrition and Food Engineering*, vol. 6, 943-946, DOI: 10.5281/zenodo.1062480.
- Woodroof, J. e. (2012). *Commercial fruit processing*. Springer Science & Business Media, 530-561, DOI: 10.1007/978-94-011-7385-8.