

Využití antioxidantů z netradičního ovoce v kosmetice

Bc. Carmen Šáchová

Diplomová práce
2025



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Carmen Šáchová
Osobní číslo: T22317
Studijní program: N0711A130011 Biomateriály a kosmetika
Forma studia: Kombinovaná
Téma práce: Využití antioxidantů z netradičního ovoce v kosmetice.

Zásady pro vypracování

- Vypracujte literární rešerši na zadané téma.
- Navrhněte vhodné využití netradičních plodin v kosmetických přípravcích a připravte vzorky pro testování.
- Otestujte vliv přidavku ingrediencí z netradičních plodin do kosmetického přípravku na užité vlastnosti přípravku.
- Zhodnoťte získané výsledky.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] JURIKOVA, Tunde et al. Evaluation of polyphenolic profile and nutritional value of non-traditional fruit species in the Czech Republic – A comparative study. *Molecules (Basel, Switzerland)*. 2012, vol. 17, no. 8, s. 8968-8981. ISSN 1420-3049.
- [2] PARCHETA, Monika et al. Recent developments in effective antioxidants: The structure and antioxidant properties. *Materials*. 2021, vol. 14, no. 8, s. 1984. ISSN 1996-1944.
- [3] GORNAS, Pawel a Magdalena RUDZINSKA. Seeds recovered from industry by-products of nine fruit species with a high potential utility as a source of unconventional oil for biodiesel and cosmetic and pharmaceutical sectors. *Industrial Crops and Products*. 2016, vol. 83, s. 329-338. ISSN 0926-6690.
- [4] AYALA-ZAVALA, J. F. et al. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives: EXOTIC FRUITS: THEIR COMPOSITION, NUTRACEUTICAL AND AGROINDUSTRIAL POTENTIAL. *Food Research International*. 2011, vol. 44, no. 7, s. 1866-1874. ISSN 0963-9969.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Martina Černeková, Ph.D.**
Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

Datum zadání diplomové práce: **10. února 2025**

Termín odevzdání diplomové práce: **9. května 2025**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Lucie Urbánková, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

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

Prohlašuji, že

- jsem na diplomové práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem řádně citoval(a); v případě publikace výsledků budu uveden(a) jako spoluautor;
- odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne

.....
podpis autora

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá využitím přírodních antioxidantů, konkrétně polyfenolů obsažených v netradičních druzích ovoce – jeřabinách a dřínu – pro kosmetické účely. Teoretická část se zaměřuje na charakteristiku netradičního ovoce, rozdělení antioxidantního systému a jeho ochrannou funkci. Samostatná kapitola je věnována jeřabinám, jejichž složení – zejména podíl polyfenolů, flavonoidů a karotenoidů – je hodnoceno z hlediska kosmetického a farmaceutického potenciálu. Hlavním cílem práce bylo připravit extrakty z jeřabin a dřínu a stanovit obsah polyfenolů metodou Folin-Ciocalteu, a to jak v extraktech, tak v čerstvých plodech. Transdermální prostupnost polyfenolů z jeřabinových extraktů byla testována *in vitro* s využitím prasečí kůže ve Franzových difúzních komůrkách. Dále bylo provedeno mikrobiologické hodnocení extraktů a krémového základu, včetně stanovení počtu mikroorganismů, plísní a kvasinek.

Klíčová slova: antioxidanty, polyfenoly, jeřabina, dřín, transdermální absorpce, kosmetika

ABSTRACT

This thesis deals with the use of natural antioxidants, specifically polyphenols contained in non-traditional fruits – rowanberries and dogwood – for cosmetic purposes. The theoretical part focuses on the characteristics of non-traditional fruits, the distribution of the antioxidant system and its protective function. A separate chapter is devoted to currants, whose composition – especially the proportion of polyphenols, flavonoids and carotenoids – is evaluated in terms of cosmetic and pharmaceutical potential. The main aim of the work was to prepare extracts of rowanberries and dogwood and to determine the polyphenol content by the Folin-Ciocalteu method, both in extracts and in fresh fruits. The transdermal permeability of polyphenols from the rowanberry extracts was tested *in vitro* using porcine skin in Franz diffusion chambers. Furthermore, microbiological evaluation of the extracts and cream base was carried out, including the determination of the number of microorganisms, moulds and yeasts.

Keywords: antioxidants, polyphenols, rowanberry, dogwood, transdermal absorption, cosmetics

Ráda bych touto cestou poděkovala paní Ing. Martině Černkové, Ph.D. za všechny cenné připomínky, rady, pomoc, ochotu a trpělivost při odborném vedení mé diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Lence Fojtíkové za cenné rady a pomoc při práci na praktické části v laboratoři. Závěrem mé velké poděkování patří mému manželovi a rodině za trpělivost a podporu po celou dobu studia.

„Krása není ve tváři, krása je světlo v srdci.“

Chalíl Džibrán – libanonský výtvarník, básník a spisovatel (1883–1931)

OBSAH

ÚVOD.....	11
I TEORETICKÁ ČÁST.....	13
1 NETRADIČNÍ OVOCE.....	14
1.1 BOBULOVÉ OVOCE	15
1.2 PECKOVÉ OVOCE	16
1.3 JÁDROVÉ OVOCE	17
2 ANTIOXIDANTY	18
2.1 SYNTETICKÉ A PŘÍRODNÍ ANTIOXIDANTY	20
2.1.1 Syntetické antioxidanty	20
2.1.2 Přírodní antioxidanty	22
2.2 MINERÁLNÍ ANTIOXIDANTY	27
2.2.1 Selen	27
2.2.2 Zinek	28
2.3 POLYFENOLY	28
2.3.1 Rozdělení polyfenolů	29
2.3.2 Flavonoidy	29
2.3.3 Nonflavonoidy	31
2.4 ANTIOXIDAČNÍ OCHRANNÝ SYSTÉM	33
2.4.1 Enzymatické antioxidační systémy	33
2.4.2 Neenzymatické antioxidační systémy	34
3 JEŘÁB.....	35
3.1 HISTORIE A PŮVOD	35
3.1.1 Jeřabiny v tradiční medicíně a potravinářství	36
3.1.2 Šlechtění sladkoplodých jeřabin	36
3.2 TAXONOMIE	36
3.3 ZÁKLADNÍ DRUHY ROSTOUCÍ NA ÚZEMÍ ČR	37
3.3.1 Jeřáb ptačí (<i>Sorbus aucuparia</i> L.)	38
3.3.2 Jeřáb břek (<i>Sorbus torminalis</i> (L.) CRANTZ)	38
3.3.3 Jeřáb muk (<i>Sorbus aria</i> (L.) CRANTZ)	39
3.3.4 Jeřáb sudetský (<i>Sorbus sudetica</i> (L.))	39
3.3.5 Jeřáb oskeruše (<i>Sorbus domestica</i> L.)	40
3.4 MEZIDRUHOVÍ KŘÍŽENCI	41
3.4.1 Jeřáb Arnoldův 'Pink Veil' (<i>Sorbus arnoldiana</i> 'Pink Veil')	41
3.4.2 Jeřáb obecný 'Konzentra' (<i>Sorbus aucuparia</i> 'Konzentra')	42
3.4.3 Jeřáb granátový / 'Granatnaja'	42
4 JEŘABINA – ZDROJ BIOAKTIVNÍCH SLOUČENIN	43
4.1 CHEMICKÉ SLOŽENÍ JEŘABIN	43

4.1.2	Celkový obsah fenolů	45
4.1.3	Fenolové kyseliny	46
4.1.4	Flavonoidy v jeřabinách	47
4.2	TOXICKÉ SLOŽKY JEŘABIN	48
4.3	BIOFARMACEUTICKÉ VLASTNOSTI JEŘABIN	48
4.3.1	Výroba nanočástic	49
5	ANTIOXIDANTY V KOSMETICE	50
5.1	PŘÍRODNÍ ANTIOXIDANTY V PÉČI O PLEŤ	50
	II PRAKTICKÁ ČÁST	53
6	CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE	54
7	MATERIÁL A PŘÍSTROJE	55
7.1	CHEMIKÁLIE A POMŮCKY	55
7.2	PŘÍSTROJE	55
8	METODIKA STANOVENÍ	57
8.1	STANOVENÍ CELKOVÉHO OBSAHU POLYFENOLŮ	57
8.1.1	Postup přípravy extraktů jeřabin a dřínu	57
8.1.2	Kalibrační přímka kyseliny gallové	59
8.1.3	Výsledky a diskuse	61
8.2	TRANSDERMÁLNÍ PROSTUP AKTIVNÍCH LÁTEK <i>IN VITRO</i>	67
8.2.1	Příprava biologického materiálu	68
8.2.2	Testování vzorků	70
8.2.3	Zpracování vzorků kůže	71
8.3	STANOVENÍ CELKOVÉHO OBSAHU POLYFENOLŮ PO TRANSDERMÁLNÍ ABSORPCI	71
8.3.1	Výsledky a diskuse	72
9	MIROBIOLOGICKÉ TESTOVÁNÍ	77
9.1	NEPŘÍMÉ STANOVENÍ POČTU ŽIVOTASCHOPNÝCH BAKTERIÍ PLOTNOVOU METODOU	77
9.1.1	Postup odběru a ředění vzorků	78
9.1.2	Očkování a kultivace vzorků	79
9.1.3	Celkové počty mikroorganismů	80
9.1.4	Plísňe a kvasinky	81
9.1.5	Výsledky a diskuse	82
	ZÁVĚR	83
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	85
	SEZNAM OBRÁZKŮ	102
	SEZNAM TABULEK	103
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	104

ÚVOD

V posledních letech lze pozorovat rostoucí zájem o využití přírodních látek v kosmetickém průmyslu, zejména těch, které vykazují antioxidační aktivitu. Spotřebitelé stále častěji upřednostňují přípravky s přírodními složkami před syntetickými alternativami, a to nejen pro jejich šetrnost k životnímu prostředí, ale také díky jejich příznivému účinku na pokožku a nižšímu riziku nežádoucích reakcí. Velkou pozornost přitahují zejména přírodní antioxidanty, které vykazují řadu pozitivních účinků na zdraví kůže – přispívají k ochraně kožních buněk před oxidačním stresem, zpomalují proces stárnutí a pomáhají zachovat přirozenou pružnost a vitalitu pokožky. Mezi nejčastěji sledované antioxidanty patří polyfenolické sloučeniny, které vykazují výrazné biologické účinky, včetně schopnosti neutralizovat volné radikály.

Tato diplomová práce se zaměřuje na zhodnocení potenciálu antioxidantů obsažených v netradičních druzích ovoce pro použití v kosmetických přípravcích. Konkrétně byly zvoleny plody jeřabin (*Sorbus spp.*) a dřínu obecného (*Cornus mas*), které na základě literárních údajů vykazují vysoký obsah bioaktivních látek, především polyfenolů. Tyto méně známé plodiny představují perspektivní alternativu pro vývoj přírodních dermokosmetických produktů, jež by mohly najít uplatnění v moderní kosmetické praxi.

Teoretická část práce se věnuje charakteristice přírodních antioxidantů a jejich biologickým účinkům, s důrazem na polyfenolické sloučeniny, jejich chemické vlastnosti a mechanismus účinku. Dále je diskutováno jejich možné uplatnění nejen v kosmetice, ale také v dalších oblastech, jako je potravinářství a farmaceutický průmysl. Pozornost je věnována také syntetickým antioxidantům běžně používaných v kosmetických produktech, zejména z hlediska jejich účinnosti, stability a možných rizik spojených s jejich dlouhodobým používáním. Součástí teoretického přehledu je i rozbor chemického složení plodů jeřabin a jejich významu z hlediska kosmetického a farmaceutického využití.

V experimentální části byla analyzována koncentrace polyfenolů v extraktech připravených ze tří vybraných odrůd jeřabin (*Sorbus spp.*) a jedné odrůdy dřínu obecného (*Cornus mas*). Dále byla posuzována jejich schopnost transdermálního průniku pomocí *in vitro* modelu s využitím prasečí kůže a rovněž hodnocena mikrobiologická nezávadnost extraktů a krémového základu. Kvantifikace obsahu polyfenolických sloučenin byla provedena metodou Folin-Ciocalteu, a to nejen v samotných extraktech, ale i v čerstvých plodech, s cílem porovnat výtěžnost účinných látek. Klíčovou součástí práce byla transdermální studie

využívající Franzovy difúzní komůrky, kde byla sledována distribuce polyfenolů v jednotlivých vrstvách kůže i v receptorové kapalině. Prasečí kůže byla zvolena z důvodu své anatomické podobnosti s lidskou kůží – vykazuje obdobnou morfologii, strukturu vrstev i chemické složení, a právě proto je vhodným modelem pro testování dermální absorpce.

V rámci výzkumu bylo také testování mikrobiální nezávadnosti extraktů i krémového kosmetického základu, včetně testování na přítomnost plísní a kvasinek. V této souvislosti byl podroben analýze konkrétní krémový přípravek od českého výrobce Likochem, Šlapanice. Součástí práce byla rovněž podrobná analýza složení kosmetického přípravku dle INCI deklarace a rozbor jednotlivých složek z hlediska jejich funkce a účinku na pokožku. Tato část experimentu ověřila mikrobiální nezávadnost materiálů s ohledem na jejich potenciální využití v kosmetických formulacích.

Očekávaným přínosem této diplomové práce je prohloubení poznatků o možnostech využití netradičních druhů ovoce jako přírodního zdroje bioaktivních látek v kosmetickém průmyslu. Výsledky práce mohou přispět k vývoji bezpečných, účinných a šetrných přípravků na bázi přírodních antioxidantů, a zároveň rozšířit znalosti o jejich transdermální prostupnosti i technologické aplikovatelnosti v kosmetických formulacích.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 NETRADIČNÍ OVOCE

V současnosti je trendem navracet se ke starým druhům a odrūdám, které v minulosti byly v zahradách běžným ovocem. Zpravidla měly vysokou užitnou hodnotu, množství vitamínů a zdraví prospěšných látek pro tělo. Do této skupiny jsou zahrnovány méně známé ovocné druhy. Netradiční ovoce můžeme rozdělit podle druhu na bobulové, peckové nebo jádrové ovoce. Příkladem netradičního ovoce mohou být bez černý (*Sambucus nigra*) [1][2], aronie (*Aronia melanocarpa*) [1][2][3], moruše černá (*Morus nigra*) [2][3], rakytník řešetlákový (*Hippophaë rhamnoides* L.) [1][4][5] a dřín obecný (*Cornus mas* L.) [1][2]. Mezi další netradiční ovoce můžeme zařadit zimolez kamčatský (*Lonicera kamtschatica*) a zimolez modrý (*Lonicera coerulea*), který u nás roste divoce jen na Šumavě na Kochánovských pláních pod Javornou [6][7]. Modré bobule zimolezu vykazují silnou antioxidační, antibakteriální a antivirovou aktivitu [8][9]. Do čeledi růžovitých (*Rosaceae*) patří dřeviny i byliny s netradičními plody, jako jsou jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*) [1][2][7], růže dužnoplodá (*Rosa villosa* L.) [10] a kdouloň obecná (*Cydonia oblonga*) [2]. Zmiňované ovocné druhy jsou velmi bohaté na potravní zdroje biologicky aktivních látek. Biologicky aktivní látky (BAL) jsou v ovoci obsaženy nejvíce v čerstvé formě. Největší zastoupení biologicky aktivních látek, jako jsou antioxidanty (například vitamín C, E nebo provitamin A) se nachází v netradičním ovoci. Řadíme k nim také minerální látky s antioxidačními vlastnostmi, jako je měď, selen, zinek. V různých částech plodu, včetně dužniny se nacházejí fenolické sloučeniny a ovocná barviva, jako jsou antokyaniny a karotenoidy [2][11][12][13]. Barva antokyanů je modrá až fialová, a zimolez modrý obsahuje mnoho antokyanů s vysokou antioxidační aktivitou [14][15].

Zástupci méně známých ovocných druhů jsou často různého botanického původu, proto obsahované látky v jejich plodech jsou velice rozmanité. Představují potenciálně cenný zdroj nových možností využití v potravinářství, kosmetice a farmacii. Zájem o netradiční druhy ovoce z pohledů výživových, technologických, kosmetických a medicínských neustále stoupá. Hodnoty BAL a antioxidantů pak předurčují tyto druhy ovoce k prevenci celé řady onemocnění, jako je rakovina, kardiovaskulární a degenerativní onemocnění, procesy stárnutí a dalších tzv. civilizačních chorob [11].

1.1 Bobulové ovoce

Bobulové ovoce zahrnuje mnoho druhů plodů, které jsou malé, kulaté a často šťavnaté.

Klasifikace plodů je dost nejednotná. Plody lze třídit podle různých morfologických, popřípadě botanických hledisek. Zjednodušené třídění plodů je na plody suché a plody dužnaté. Oplodí suchého plodu je kožovité nebo tvrdé (plody pukavé, nepukavé, poltivé). U dužnatého plodu oplodí bývá zpravidla rozlišeno na tenkou vnější vrstvu, střední vrstvu dužnatou až šťavnatou a vnitřní vrstvu blanitou nebo sklerenchymatickou (bobule, peckovice, malvice). Uvnitř plodu mohou být semena nebo pecka. [16, s.184]

Bobule (bacca) je rozšířeným typem plodu napříč celou říší kvetoucích rostlin. Bobule je definována jako dužnatý nepukavý plod, jehož vnější vrstva (endokarp) není tvrdá a je výrazně diferencovaná od střední vrstvy (mezokarp) [17][18,s.162-168]. Některé druhy bobulového ovoce jsou pro nás dobře známé a často konzumované, jako jsou borůvky, maliny, jahody nebo jeřabiny. Tyto plody jsou oblíbené pro svou sladkou nebo kyselou chuť, vysoký obsah vitamínů a antioxidačních látek, které mají pozitivní vliv na naše zdraví. Kromě těchto běžných bobulí však existuje celá řada netradičních bobulí, které nejsou tak známé, ale přesto si zaslouží naši pozornost. Některé z těchto plodů jsou exotické a neobvyklé, zatímco jiné jsou původní a vyskytují se v určitých regionech nebo ekosystémech [18].

K nejlepším zdrojům biologicky aktivních látek (BAL) patří ovocné bobule z čeledi *Rosaceae*. Mají lahodnou chuť a jsou velmi zajímavé pro výskyt antioxidačních vlastností biologicky aktivních látek (BAL). Mnoho BAL, jednotlivě nebo v kombinaci, má vysokou antioxidační kapacitu. Bioaktivní sloučeniny v bobulích obsahují především fenolové sloučeniny (fenolové kyseliny, flavonoidy, jako jsou antokyany, flavanoly, flavonoly), ovocná barviva (karotenoidy), antioxidanty jako vitaminy (kyselina askorbová) a minerály s antioxidačními vlastnostmi. Kromě toho se jako důležité BAL uvádí taniny, rozdělené na kondenzované taniny (proanthokyanidiny) a hydrolyzované taniny. Tyto sloučeniny, ať už samotné nebo v kombinaci, přispívají k prevenci zánětlivých a kardiovaskulárních onemocnění, nebo mají ochranné účinky ke snížení rizika různých druhů rakoviny [15][19].

Do skupiny bobulovin patří druhy, které obsahují nejvíce BAL, jako například výše zmiňovaný bez černý (*Sambucus nigra*) [20], moruše černá (*Morus nigra*), rakytník řešetlákový (*Hippophaë rhamnoides* L.), zimolez kamčatský (*Lonicera kamtschatica*) a zimolez modrý (*Lonicera caerulea*) [19][21][22]. Tyto netradiční bobule bývají často bohaté

na vitamíny, minerály, flavonoidy a další bioaktivní složky, které mohou mít různé zdravotní přínosy, jako je zlepšení imunitní funkce, podpora zdraví kardiovaskulárního systému nebo posílení detoxikačních procesů v těle. I když nejsou tak běžně dostupné v obchodech, jejich popularita v posledních letech roste, a to nejen díky jejich zdravotním přínosům, ale také pro jejich unikátní chuťové vlastnosti.

1.2 Peckové ovoce

Peckové ovoce je charakterizováno plody, které jsou označovány jako peckovice (drupa). Tento typ ovoce spadá do kategorie dužnatých nepukavých plodů, podobně jako je tomu u bobulí nebo malvic. Charakteristickým rysem peckovice je, že uvnitř dužnatého obalu je jedna, často tvrdá pecka. Tento typ plodu je běžně rozšířený v přírodě a vyskytuje se u několika významných ovocných druhů [17, s.169].

Jedním z příkladů peckového ovoce je dřín obecný (*Cornus mas L.*), jehož plody jsou také peckovice (dřínky) asi 2 cm dlouhé. Jedlá dužnina plodů je červená či nažloutlá. Plod dřínu se vyznačuje dvoupouzdrnou peckou, která má podlouhlý nebo kulatý tvar. Pecka tohoto ovoce je žlutohnědé barvy a je charakteristická podélným rýhováním. Tyto plody jsou nejen zajímavé svou strukturou, ale i svými vlastnostmi, které jsou pro člověka cenné [23]. Plody dřínu obecného jsou obvykle kyselé až sladkokyselé chuti, a proto se hodí pro různé kulinářské použití; zároveň jsou velmi bohaté na vitamín C. Tato skutečnost činí dřín velmi hodnotným ovocem, které má pozitivní vliv na imunitní systém a celkové zdraví [4]. Kromě vitamínu C obsahují plody dřínu pektiny, třísloviny a minerální látky, které přispívají k udržení rovnováhy v těle [24][25, s.167]. Využití dřínu a jeho plodů není omezeno pouze na konzumaci v čerstvé formě. Díky svým prospěšným vlastnostem a příjemné chuti se plody dřínu často používají pro přípravu marmelád, džemů nebo ovocných nápojů. Jsou také součástí tradičních léčivých receptů, které vychází z jeho přírodních benefitů, zejména v oblasti podpory zdraví a posílení tělesné odolnosti [26]. Peckové ovoce, jako je dřín, tedy hraje důležitou roli nejen v oblasti výživy, ale i v tradičním lékařství. Vysoký obsah vitamínů, minerálů a dalších bioaktivních látek činí plody tohoto typu ovoce cennými pro zdraví člověka a pro přípravu různých produktů v potravinářském i farmaceutickém průmyslu.

1.3 Jádrové ovoce

Jádrové ovoce zahrnuje plody, které jsou známé jako nepravé plody, označované termínem malvice (pomum). Tento typ ovoce má charakteristické vlastnosti, mezi něž patří drobná semena, která jsou obvykle uspořádána v počtu 5 až 12. Tato semena obklopuje tvrdý nebo chrupavčitý jádřinec, který je charakteristický pro malvice. Tento typ plodu je důležitý pro řadu ovocných druhů, ať už jde o běžně známé druhy nebo méně rozšířené zástupce [15, s.184-186][17].

Mezi známé zástupce jádrového ovoce patří například jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*). Plody tohoto stromu jsou jasně červené malvice, které se běžně označují jako jeřabiny. Tyto plody jsou nejen esteticky přitažlivé, ale mají také ekologický význam jako potrava pro ptáky a další živočichy. Obsahují vysoké množství vitamínu C, vitamíny skupiny B a vitamín A. Také jsou bohaté na antioxidanty, jako jsou polyfenoly, flavonoidy, karotenoidy a organické kyseliny, jako je kyselina jablečná a kyselina citrónová. Jeřabiny jsou cenným zdrojem minerálních látek, které přispívají ke správné funkci imunitního systému a pro svou charakteristickou sladkokyselou chuť jsou často používány k přípravě různých produktů, jako jsou džemy, šťávy nebo sirupy [25, s.110][27]. Dalším zástupcem, který patří mezi jádrové ovoce, je aronie (*Aronia melanocarpa*). Aronie vyniká svými tmavě purpurovými až černými plody, které jsou bohaté na antioxidanty, zejména polyfenoly, fenolové kyseliny a flavonoidy. Obsahuje významné množství vitamínů C a E, stejně jako minerální látky jako draslík, vápník, hořčík a karotenoidy. Díky těmto vlastnostem je aronie velmi oblíbená v oblasti přírodní medicíny a zdravé výživy [2][28][29].

Kdouloň obecná (*Cydonia oblonga*) známá svými tvrdými, hruškovitými plody, je rovněž součástí této skupiny. Kdoule jsou velmi aromatické a známé svou příjemně kyselou chutí. Řadí se mezi nízkokalorické ovoce s vysokým obsahem vlákniny a vitamínů, které se zpracovávají do džemů, kompotů nebo šťáv [30].

K jádrovému ovoci patří také šípky růže dužnoplodé (*Rosa villosa* L.), které jsou typické svou červenou až tmavočervenou barvou. Šípky jsou známé jako nepravé plody a mohou mít kulovitý, válcovitý nebo mírně hruškovitý tvar. Tyto plody jsou ceněny pro svůj vysoký obsah vitamínu C a antioxidačních látek, které mohou přispět k ochraně organismu před oxidativním stresem a podporují celkové zdraví a imunitu [2, s.132-133]. Šípky se tradičně používají k přípravě čajů, džemů nebo sirupů, a to nejen pro svou výživovou hodnotu, ale také pro příjemnou chuť a aroma [1][10].

2 ANTIOXIDANTY

Antioxidanty (AO) jsou látky, které dokážou reagovat s volnými radikály a zastavit řetězové reakce dřív, než dojde k poškození molekul. Antioxidanty (AO) působí jako lapače volných radikálů nebo reaktivních forem kyslíku (ROS) a reaktivních forem dusíku (RNS), které vznikají během oxidačního procesu [31]. Pod termínem oxidační stres se rozumí porušená rovnováha mezi volnými radikály a antioxidanty (AO) ve prospěch radikálů [32]. Oxidační stres způsobuje poškození tkání prostřednictvím poškození různých molekul, jako jsou lipidy, proteiny, glykoproteiny, DNA a RNA [33]. Oxidační stres a nerovnováha antioxidačních vlastností jsou často příčinou rakoviny a kardiovaskulárních onemocnění [34][35].

Volným radikálem se nazývá atom nebo molekula obsahující alespoň jeden orbital s jedním, tedy nepárovým elektronem. Volné radikály jsou velmi reaktivní a mnohé z nich jsou nestabilní [33]. Radikály mohou být neutrální částice nebo záporně či kladně nabitě ionty. Tabulka 1 představuje nejdůležitější reaktivní formy kyslíku (ROS) a Tabulka 2 reaktivní formy dusíku (RNS), které jsou volnými radikály (prvky, sloučeniny, ionty), tedy látkami s nepárovým elektronem [31][36]. Dalšími přeměnami z nich mohou vznikat jiné reaktivní látky, které již nemají nepárový elektron (kyselina chlorná, peroxid vodíku).

Pokud se reaktivní formy kyslíku a dusíku v lidském těle vyskytují v nízkých nebo středních koncentracích, tak regulují imunitní procesy a chrání nás před patogenními mikroorganismy. [33][37]. Účastní se procesů správného zrání buněk (růst, proliferace, diferenciace a apoptóza abnormálních buněk). Ničí rakovinné buňky, detoxikují a podílejí se na přenosu signálů uvnitř buňky a mezi buňkami [38]. Když je ale v těle příliš velké množství ROS a RNS, tak ničí sacharidy, proteiny, nukleotidy, a dokonce celé buněčné organely. Způsobují změny ve struktuře DNA, které vedou k mutacím genetického materiálu, stejně jako k peroxidaci lipidů [39]. Peroxidace lipidů narušuje fluiditu a permeabilitu membrány, a mění její transportní vlastnosti [38][40]. Nejcitlivější na peroxidaci lipidů jsou neurony, kvůli nepříznivému poměru plochy povrchu k objemu [41]. Navíc ROS a RNS mohou způsobit změny ve funkcích buněčných receptorů [40]. Reaktivní formy reagují se sacharidy v lidském těle a rozbíjejí glykosidické vazby sloučenin, jako je například kyselina hyaluronová [38][39].

Tabulka 1 Reaktivní formy kyslíku – upraveno [31][36]

REAKTIVNÍ FORMY KYSLÍKU (ROS = <i>reactive oxygen species</i>)			
Volné radikály		Látky, které nejsou volnými radikály	
superoxid	$\cdot O_2^{\bullet -}$	peroxid vodíku	H_2O_2
hydroxylový radikál	$\cdot OH$	kyselina chlorná	$HOCl$
peroxyl	$ROO\cdot$	ozon	O_3
alkoxyl	$RO\cdot$	singletový kyslík	1O_2
tripletový kyslík	$^3O_2\cdot$		
hydroperoxyl	$HO_2\cdot$		

Tabulka 2 Reaktivní formy dusíku – upraveno [31][36]

REAKTIVNÍ FORMY DUSÍKU (RNS = <i>reactive nitrogen species</i>)			
Volné radikály		Látky, které nejsou volnými radikály	
oxid dusnatý	$NO\cdot$	Nitrosyl	NO^+
oxid dusičitý	$NO_2\cdot$	kyselina dusitá	HNO_2
		oxid dusitý	N_2O_3
		oxid dusičitý	NO_2
		Nitronium	NO_2^+
		Peroxynitrit	$ONOO^-$
		Alkylperoxynitrit	$ROONO$

2.1 Syntetické a přírodní antioxidanty

Blokádou volných radikálů jsou pověřeny antioxidanty. Antioxidanty přerušují oxidační řetězovou reakci darováním atomů vodíku nebo elektronů radikálům, čímž zabraňují šíření oxidačních reakcí [42].

Antioxidanty se používají v kosmetice, farmacii, nebo potravinářství, jako zdravotní doplňky, stabilizátory nebo aktivní látky. S vývojem nových antioxidantů jsou spojené vysoké náklady na výzkum, také náklady na posouzení bezpečnosti chemických látek a delší čas, který je potřeba k získání legislativního schválení přípravku [43].

Látky s antioxidační aktivitou můžeme klasifikovat podle původu na syntetické a přírodní.

2.1.1 Syntetické antioxidanty

Syntetické antioxidanty se vyznačují mnoha výhodami, jako je účinnost, nízká cena, čistota a stabilita. Tyto látky jsou široce využívány díky konstantnímu složení a nízkým nákladům na výrobu. Jsou účinné v relativně nízkých dávkách a dosahují vyššího antioxidačního účinku [44]. Jedná se o sloučeniny fenolového typu. Syntetické antioxidanty povolené v ČR jsou např. butylovaný hydroxyanisol (BHA), butylovaný hydroxytoulén (BHT) a propylgallát [45].

BHA

Butylhydroxyanisol je bílá nebo slabě žlutá, voskovitá pevná látka. Není rozpustná ve vodě, ale je rozpustná v alkoholu a propylenglykolu. BHA je látka rozpustná v tucích a olejích o něco více než BHT. Využívá se pro ochranu tuků, rostlinných olejů, aromat a silic. Při antioxidačním účinku BHA přechází na dimer, bifenyly a jejich ethery [43][46]. Butylhydroxyanisol se současně s BHT používá v obalových materiálech, odkud z povrchu může migrovat do přípravku [46]. Butylhydroxyanisol vykazuje synergismus s BHT a galláty [47, s.121-122].

Nevýhodou BHA je jeho zápach připomínající fenoly. Může vyvolat i pseudo-alergické reakce. Pseudoalergie je přecitlivělost organismu na konkrétní látku nebo jiný podnět, která se podobá alergii. Reakce se může objevit po kontaktu látky s kůží nebo po požití dané látky. Z tohoto důvodu je vhodné volit kosmetické přípravky, které BHA neobsahují. Spotřebitelé butylhydroxyanisol najdou v potravinách jako přídatnou látku pod kódem E 320 [45][48]. V rámci EU je butylhydroxyanisol povolen jen pro vybrané druhy potravin v omezeném

množství. Dle některých studií může být BHA karcinogenní pro zvířata [49][50]. Tak například v Japonsku je tato látka pro použití v potravinách zakázána [51][52].

Butylhydroxyanisol se v kosmetických přípravcích a potravinách využívá pro své antioxidační účinky. BHA je dle CIR Expert Panel bezpečný pro použití v přípravcích kosmetické péče [53].

BHT

Butylhydroxytoluen je bílá až nažloutlá, lipofilní krystalická látka syntetického původu. Strukturou se řadí k monohydroxylovým fenolům [43].

Používá se v kosmetice, potravinářském či farmaceutickém průmyslu jako antioxidant – chrání tukovou složku před oxidačním žluknutím [50][54]. Bývá také součástí některých veterinárních přípravků. BHT se používá také jako konzervační činidlo, stabilizátor nebo dochucovadlo. V případě použití jako potravinářské aditivum se pro něj používá kód E 321 [45][47].

V kosmetice se BHT vyskytuje v produktech jako jsou šampony, deodoranty či opalovací krémy, kde zajišťuje stabilitu vůní a barviv. BHT se využívá v produktech dekorativní kosmetiky (rtěnkách), krémech, lotionech a odličovacích přípravcích. BHT je dle CIR Expert Panel bezpečný pro použití v přípravcích kosmetické péče. I přesto je považován za kontroverzní látku [54].

U citlivých jedinců může látka vyvolat alergické reakce – kopřivku, ekzémy apod. [55]. Podle některých studií může být karcinogenní a cytotoxický [56][57]. Lepší je najít alternativu a tu představuje v přírodní péči tokoferol – vitamin E. V kosmetice se BHT používá v malých množstvích, pohybujících se v rozmezí od 0,01 % do 0,1 % v konečném obsahu výrobku [54][56]. Butylhydroxytoluen spolu s polykarboxyláty se přidává do tekutých čistících prostředků. Spolu mají funkci chelatačního činidla, respektive lapače volných radikálů [58].

Propyl gallate

Propyl gallate je ester vzniklý kondenzací kyseliny gallové a propanolu. Jeho oxidací vzniká kyselina ellagová (dimer kyseliny gallové), která sama o sobě je přírodním antioxidantem [43]. Je známý také pod názvem Propyl-3,4,5-trihydroxybenzoát [45]. Má podobu jemného bílého až světle hnědého prášku s mírně nahořklou chutí a je bez zápachu. Používá se jako potravinářská a kosmetická přísada [47, s. 258] [58][59].

V potravinářském průmyslu zabraňuje oxidaci olejů a tuků. Touto cestou pomáhá prodloužit trvanlivost potravin. Jako přídatná látka pod kódem E 310 se vyskytuje v jedlých tucích, olejích, majonézách, sušeném mase, pečivu atd. [58][59][60]. Propyl gallate se také často používá jako antioxidant pro zabránění degradace některých léčivých přípravků [45].

V kosmetice se používá jako antioxidační konzervační látka proti některým bakteriím a většině plísní. Přidává se do přípravků osobní péče jako jsou krémy, koupelové produkty, produkty na čištění pleti, make-up, rtěnky, samoopalovací přípravky. Rovněž se přidává i do přípravků v péči o vlasy. Chrání tuky a oleje v kosmetických výrobcích před žluknutím. Při použití v malých koncentracích je považován za bezpečnou látku, ale při vyšších koncentracích může propyl gallate způsobit senzibilaci pokožky [58][59]. V poslední době se množí případy dermatitid způsobených kosmetickými výrobky (tyčinky na rty, pleťová mléka), které často obsahují galláty [61].

2.1.2 Přírodní antioxidanty

Přírodní antioxidanty se získávají z extraktů rostlin, zeleniny a ovoce, lesních plodů, obilovin a jsou schopny snižovat oxidační stres. Ten se podílí na poklesu imunity, na onemocnění kůže, jakými jsou skleroderma, akné, nádory kůže a také stárnutí kůže [32]. Oxidační stres je také jednou z příčin vzniku kardiovaskulárních chorob, diabetu, očních chorob spojených s věkem, Parkinsonovy a Alzheimerovy nemoci [62]. Bylo prokázáno, že přírodní antioxidanty, jako je kyselina askorbová a tokoferoly, chrání před rakovinou a kardiovaskulárními chorobami [33].

Nejdůležitější přírodní antioxidanty jsou vitamíny A, C a E, měď, mangan, zinek, selen a terpenoidy (terpeny) [63]. V posledních letech se v řadě studií uvádí, že větší význam mají polyfenolové sloučeniny, ke kterým se řadí např. flavonoidy (rostlinná barviva), flavonoly, katechiny a fenolové kyseliny [64]. Většina těchto sloučenin se nachází v ovoci, zejména v bobulích, ale jejich množství se velmi liší mezi druhy a také mezi kultivary v rámci stejného druhu [64][65].

Vitamín E (tokoferoly)

Vitamin E patří do skupiny vitamínů rozpustných v tucích. Existuje osm různých forem vitaminu E, které jsou odvozeny od tokolu a tokotrienolu [31]. Jejich struktura se skládá z chromanového jádra a postranního řetězce. Vitamin E se vyskytuje přirozeně a lze jej izolovat z rostlinných olejů, živočišných tuků, masa, vajec, ryb, ořechů či mléčných výrobků. Nejčastějším zdrojem je slunečnicový a sójový olej nebo klíčící semena pšenice, sóji, kukuřice a ječmene [36].

Tokoferoly patří k přírodním antioxidantům. Obvykle se tokoferol v přírodních zdrojích vyskytuje jako směs různých forem: α , β , γ , a δ -tokoferol. Jednotlivé tokoferoly nemají stejnou biologickou a antioxidační účinnost. Biologicky nejúčinnějším je α -tokoferol a nejméně účinný je δ -tokoferol. Naopak největší antioxidační aktivitu vykazuje δ -tokoferol. Antioxidační aktivita klesá v řadě od δ -tokoferol > γ -tokoferol > β -tokoferol > α -tokoferol.

Antioxidační účinky tokoferolů jsou závislé na teplotě, koncentraci, přítomnosti světla a také na vlastním chemickém složení kosmetického přípravku nebo samotné potraviny [33][66].

Přírodní tokoferoly jsou 1,5krát účinnější než syntetické tokoferoly. V rostlinných materiálech a tucích jsou tokoferoly přítomny v esterifikované formě (acetáty, nikotínát, sukcinát) nebo i volné [66].

Vitamin E v kosmetickém přípravku brání oxidaci tukových látek (olejů, másel), čímž předchází žluknutí a prodlužuje tak trvanlivost produktu. Jeho antioxidační schopností je, že chrání buňky pokožky před oxidačním poškozením a zpomaluje tak proces stárnutí. Pokud stabilní kosmetická formulace obsahuje vysokou koncentraci vitaminu E a C, jak studie uvádí, vitamin E snižuje erytém vyvolaný UV zářením a chronické UV fotostárnutí [50]. Snižuje také tvorbu vrásek a chrání pokožku před tvorbou kožních nádorů. V topických přípravcích může vitamín E podporovat hojení ran a redukovat tvorbu jizev [67][68][69].

V kosmetických přípravcích a výrobcích osobní hygieny se používají estery tokoferolu. Mezi tyto estery patří např. tokoferol acetát (ester kyseliny octové a alfa tokoferolu), tokoferol linoleát nebo tokoferol sukcinát. Tokoferol a estery tokoferolu se používají v dekorativní kosmetice, výrobcích pro péči o pleť, v mýdlech a detergentech i vlasových přípravcích [70].

Kyselina askorbová

Kyselina askorbová, známá také jako přírodní vitamin C, je organická sloučenina, rozpustná ve vodě a patřící do skupiny nenasycených polyhydroxyalkoholů. Přirozeně se vyskytuje v citrusových plodech a zelenině. Z rostlinných zdrojů je na vitamin C velmi bohatý šípek, rakytník, černý rybíz, rajče a jahody. Ze zeleniny se uvádí kysané zelí, paprika a brokolice. Nejvíce vitaminu C obsahují plody šípku (1 500 mg/100 g), které patří mezi nejbohatší přírodní zdroje [31][66].

Vitamín C neboli kyselina L – askorbová, ve vodě rozpustný vitamín je důležitý pro své antioxidační účinky. Přestože je to přírodní produkt, lze ho také vytvořit synteticky, což umožňuje jeho širší využití v různých aplikacích [50].

Jednou z nejvýznamnějších vlastností kyseliny askorbové je její role jako silného antioxidantu fungujícího v lidském těle. Podílí se na regulaci hladin reaktivních forem kyslíku (ROS) a účinnosti dalších antioxidantů. Antioxidanty chrání pokožku před poškozením volnými radikály a tím pomáhají bojovat proti prvním příznakům stárnutí pleti. V této souvislosti jsou DNA, proteiny a lipidy chráněny proti oxidaci [71].

Kyselina askorbová také podporuje hojení světlých strií a narušených tkání, jako jsou jizvy, a díky tomu je cennou složkou v produktech pro péči o pleť. Tento vitamin je nezbytný pro tvorbu kolagenu, klíčového pro udržení pevnosti a pružnosti pokožky, a pro obnovu buněk. Díky protizánětlivým účinkům se dobře uplatňuje i při léčbě akné. Kyselina askorbová navíc působí lehce exfoliačně – podporuje odstranění odumřelých buněk a zanechává pleť svěží a zářivou. [50][63].

Kyselina askorbová není alergenem, většina lidí ji může bezpečně používat, ale ve vyšších koncentracích může dráždit pokožku. V současnosti však roste zájem o kosmetiku pečující o pleť, především krémy a séra s vysokou koncentrací vitaminu C nebo jeho derivátů. V těchto kosmetických přípravcích se kyselina askorbová používá jako prostředek proti stárnutí a zesvětlující prostředek, který pomáhá sjednotit barevný tón pleti. Koncentrace kyseliny askorbové v této kosmetice závisí na jejím složení. Její maximální doporučená koncentrace v kosmetických přípravcích je 20 %. Vyšší koncentrace se nedoporučují, protože může způsobit podráždění pokožky [50][72].

Hlavním problémem při použití kyseliny askorbové jako aktivní složky v kosmetice je její nestabilita, protože se snadno rozkládá nebo oxiduje v přítomnosti světla, kyslíku, kovů, vysokých teplot nebo pH. Ve skutečnosti mnoho kosmetických přípravků, které obsahují

askorbát jako strategickou složku, obsahují její deriváty. Kvůli požadované dlouhodobé trvanlivosti se používá kyselina ethyl – L – askorbová a L – askorbylpalmitát. V kosmetických produktech na vodní bázi se vyskytuje L – askorbylfosfát sodný jako stabilnější forma kyseliny askorbové [72].

Vitaminy C a E účinně snižují akutní poškození způsobené ultrafialovým zářením (UV), jako je erytém, spálení sluncem a opalování, a také chronické UV fotostárnutí a rakovinu kůže. Oba tyto vitaminy fungují jako silné depigmentační prostředky. Protože vitamin C regeneruje oxidovaný vitamin E, kombinace těchto vitaminů v kosmetickém přípravku má synergický účinek, zejména v ochraně proti UV záření [67].

Vitamín A

Vitamin A (retinol) je látka rozpustná v tucích, může být rostlinného nebo živočišného původu, ale lze jej také vyrobit synteticky. Nachází se v živočišných produktech jako je maso, mléko, rybí olej, vaječný žloutek a játra. Provitamínem vitamínu A je betakaroten, z něhož se v těle vytváří vitamín A [73]. Vitamín A je nezbytný pro růst, vidění za šera a správnou funkci řady orgánů. Nedostatek se projeví poruchou zraku, šeroslepostí, poruchami kůže, sliznic, postižením růstu a vývoje kostí u dětí. Se zřetelem na jeho možné hromadění v těle může vzniknout předávkování hypervitaminóza s postižením kůže, jater a zažívacími obtížemi [31][74].

Skupina látek odvozených od vitamínu A jsou retinoidy. Do skupiny retinoidů se řadí etretinát, acitretin, isotretinoin a tretinoin. Působí na rohovatění kůže a ovlivňují funkci mazových žláz. Retinoidy se celkově používají při některých kožních onemocněních. Příkladem je tretinoin, který se místně používá v kožním lékařství při léčbě akné a hyperkeratózy [74][75].

Vitamín A se používá jako složka kosmetiky a farmaceutických výrobků. Retinol je forma vitamínu A, která se často využívá v kosmetice pro své silné anti-aging a regenerační účinky. Podporuje obnovu kožních buněk, stimuluje tvorbu kolagenu a pomáhá redukovat vrásky, pigmentové skvrny i nedokonalosti pleti. Má také antioxidační vlastnosti a přispívá k ochraně pokožky před předčasným stárnutím. Z kosmetického hlediska retinol zlepšuje vzhled pokožky, je účinný proti vráskám, sjednocuje tón pleti a je používán v produktech proti stárnutí. Ale může být příliš silný pro citlivou kůži a vést k podráždění, začervenání nebo olupování. Velmi však záleží na konečné koncentraci, ve které se vyskytuje v produktu.

Proto se doporučuje začít s nižší koncentrací a postupně ji zvyšovat, aby si pokožka mohla na retinol zvyknout [50][63][73].

Betakaroten

Betakaroten se řadí mezi nejznámější karotenoidy, kterých je široká skupina (patří k nim dále např. lykopen nebo lutein). Jedná se o provitamin vitaminu A, který se při metabolismu štěpí na dvě molekuly retinolu a je typický svou oranžovou, respektive žlutočervenou barvou. Nachází se v zelenině a ovoci, zejména v mrkvi, petrželi, rajčatech, špenátu či meruňkách a dalších druzích ovoce. Kromě toho betakaroten najdeme také v potravinách živočišného původu, mezi něž patří máslo, vaječný žloutek či losos. Betakaroten se ale může vyrábět také synteticky [36][76].

Betakaroten je lipofilní látka s výrazným antioxidačním účinkem. Pomáhá neutralizovat volné radikály z UV záření, a chrání tak buňky těla před předčasným stárnutím. Podílí se na prevenci kardiovaskulárních onemocnění a posiluje činnost imunitního systému. Je také známý tím, že podporuje opálení pokožky. Jeho nedostatek se pak projevuje oslabenou imunitou, šeroslepostí či vysycháním sliznic [50][63].

V kosmetice slouží betakaroten zejména jako barvivo a dále chrání pokožku před předčasnou tvorbou vrásek. Najdeme ho ve složení make-upů, čisticích produktů, šamponů či kondicionérů a zejména přípravků určených k ochraně pokožky během slunění a k následné péči po opalování [76].

2.2 Minerální antioxidanty

Minerály jsou nezbytnou součástí mnoha kosmetických produktů. Nejenže přispívají k textuře a konzistenci finálního produktu, ale také slouží jako barviva, absorbenty a UV filtry. Některé minerály mají přímý pozitivní vliv na zdraví pokožky i při zevní aplikaci.

Z kosmetického hlediska minerály zlepšují vzhled pokožky, účinkují proti vráskám, sjednocují tón pleti a nacházejí široké uplatnění v produktech proti stárnutí. Jsou klíčové pro zdraví kůže, a proto je jejich suplementace nezbytná pro udržení normálního stavu pokožky. Dokonce i při zevní aplikaci minerály významně přispívají k optimální funkci a vzhledu pokožky [66].

Při výčtu antioxidantů je nutné připomenout dva prvky, které samy o sobě antioxidanty nejsou, plní však důležitou roli kofaktorů enzymů, které zasahují do antioxidačního statusu organismu. Mezi tyto minerály patří selen a zinek. Tyto minerály, často označované jako mikroelementy nebo stopové prvky, jsou v těle přítomny pouze v malém množství, ale hrají významnou roli ve zdraví a biologických funkcích [50][63].

2.2.1 Selen

Selen je velmi důležitý pro správné fungování lidského organismu. Mezi nejbohatší zdroje patří mořské ryby, červené maso, vejce, ořechy (para ořechy), houby, česnek i celozrnné cereálie [36][78].

Je to stopový prvek, který je součástí selen-dependentní glutathionperoxidázy (GPx), katalyzující redukci organických peroxidů na peroxid vodíku, při které se uplatňuje glutathion. Spolu s jódem je kofaktorem pro správnou činnost štítné žlázy. Tento stopový prvek nerozpustný ve vodě je ochrannou látkou, která kupříkladu snižuje působení těžkých kovů jako rtuť nebo olovo. Stejně jako vitamin E nabízí antioxidační působení a společně podporují své příznivé účinky. Posilují elasticitu buněčných tkání, stimulují správnou činnost imunitního systému a rovněž přispívají ke zlepšování chronických potíží jako je lupénka apod. Selen najdeme také ve složení některých kosmetických produktů. Do kosmetických přípravků se přidává proto, že pomáhá vyhlazovat pleť a zlepšovat její elasticitu, působí proti lámání vlasů a spolu se zinkem zabraňuje tvorbě lupů [36][77][78].

2.2.2 Zinek

Mezi nejlepší zdroje zinku patří maso, mléčné výrobky, vejce, obiloviny, luštěniny a kořenová zelenina. Veganské zdroje zahrnují pšeničné klíčky, mák, dýňová a sezamová semínka nebo oves [36]. Zinek je součástí zhruba sta enzymů (zásadní je v případě superoxiddismutasy). Jeho vliv je široký a prakticky bývá využíván jako jeden z faktorů zvyšujících imunitu organismu a odolnost vůči vlivu některých invazních činitelů virového původu [63][79].

Zinek má antivirové účinky a hraje klíčovou roli při správném vstřebávání vitamínu A. Je nezbytný pro zdravý vývoj buněk, optimální hormonální produkci, správné fungování imunitního systému a regeneraci organismu. Zinek urychluje hojení ran a jizev, je důležitý pro pokožku při výskytu akné, lupénky apod. Uplatňuje se při léčbě křečových žil, a dokonce i při anémii. Nedostatek zinku se projeví horší látkovou výměnou, vypadáváním vlasů, zhoršenou kvalitou pleti, vyšší náchylností k infekčním nemocem, a dlouhotrvajícím hojením ran [80]. V kosmetických produktech působí jako aktivní složka s protizánětlivými, antibakteriálními a antivirovými účinky. Pomáhá regulovat tvorbu kožního mazu a snižuje tvorbu lupů [36][79].

2.3 Polyfenoly

Polyfenolické sloučeniny jsou organické látky obsahující dvě a více hydroxylových skupin navázaných na jedno nebo více benzenových jader, díky čemuž vykazují silné antioxidační vlastnosti a antimikrobiální aktivitu [81]. Polyfenoly jsou přítomny téměř ve všech rostlinách, kde plní rozmanité funkce. Tyto přírodní látky dodávají květům, ovoci a zelenině jejich charakteristickou barvu a chrání je před oxidačním stresem, UV zářením a patogeny. Například taniny zajišťují ochranu rostlin před býložravci, lignany tvoří mechanickou výztuhu rostlinného těla a jiné polyfenoly mohou fungovat jako signální molekuly [82][83].

Jako sekundární metabolity rostlin jsou běžnou součástí lidské stravy a vykazují širokou škálu biologických účinků v lidském organismu. Existuje mnoho důkazů, že polyfenolické sloučeniny jsou účinnějšími antioxidanty než antioxidační vitamíny. Mají silné antioxidační vlastnosti a přispívají k ochraně buněk před poškozením volnými radikály. Jsou důležité pro zdraví a mohou pomáhat snižovat riziko různých nemocí, jako jsou srdeční choroby, rakovina nebo cukrovka. Polyfenoly jsou široce využívány v kosmetických přípravcích díky

svým regeneračním, hojivým a antioxidačním vlastnostem. Ovlivňují tvorbu kolagenu a elastinu, chrání, zklidňují a zvláčňují pokožku a poskytují ochranu před nežádoucími mikroorganismy [84][85].

2.3.1 Rozdělení polyfenolů

V současné době je známo přes 8000 druhů polyfenolů, které lze rozdělit na základě chemické struktury do několika tříd. Ta se může velmi lišit, od jednoduchých sloučenin s jedním aromatickým kruhem až po složité polymerní struktury, jako jsou taniny (trísloviny). Nejjednodušší rozdělení polyfenolů je na flavonoidy a nonflavonoidy. Do skupiny flavonoidů patří flavony, flavonoly, flavanony, flavanoly, antokyany a isoflavony. Skupina nonflavonoidů zahrnuje stilbeny a deriváty fenolových kyselin, kyseliny gallové, kávové a hydroxyskořicové [36][81][82].

2.3.2 Flavonoidy

Flavonoidy jsou deriváty 2-fenylchromanu, které obsahují tři fenolické kruhy s několika hydroxylovými skupinami. Předpokládá se, že umístění a počet hydroxylových skupin na fenolových kruzích ovlivňují jejich antioxidační a antimikrobiální účinnost i relativní toxicitu pro mikroorganismy. Výzkumy naznačují, že vyšší stupeň hydroxylace zvyšuje mikrobiální toxicitu těchto sloučenin. Flavonoidy jsou rozděleny do několika podskupin, například flavonoly, flavony, flavanony, isoflavony nebo antokyany, přičemž jejich biologická aktivita se liší v závislosti na strukturních modifikacích [81].

Flavonoidy jsou rostlinná barviva, která se nacházejí ve slupkách, semenech, listech a dalších částech rostlin. Dodávají rostlinám jejich typické zbarvení, jako jsou červené, světle žluté, modré či fialové odstíny. Flavonoidy se vyskytují v bobulovém ovoci (borůvky, ostružiny, maliny), třešních, švestkách, jablkách, hruškách, cibuli, sóji, černém a zeleném čaji. Klinické studie naznačují, že u člověka mohou snižovat riziko vzniku některých nádorových a cévních onemocnění. Snaží se zpomalit přirozený proces stárnutí a chrání buňky před poškozením způsobeným volnými radikály. Studie na zvířatech a *in vitro* poukazují na to, že flavonoidy ovlivňují imunitní systém a mohou působit i antibioticky [82][86].

Antokyany

Zbarvení některých rostlin a plodů, dokonce i listů (červené zeli) je zapříčiněno antokyany, které se vyskytují ve vakuolách rostlinných buněk. Antokyany jsou ve vodě rozpustné pigmenty, vyskytují ve formě glykosidů, jsou tedy tvořeny cukernou a necukernou složkou (anthokyanidin). Anthokyanidinem může například být: kyanidin obsažený v růži, černém rybízu, ostružině, delfinidin v borůvkách, peonidin zastoupený v červeném víně. Barva antokyanů se mění v závislosti na pH, v zásaditém prostředí bývají modré nebo zelené, v kyselém prostředí mají červenou barvu. Antokyany lze tedy použít jako acidobazické indikátory [8][15][87].

Flavonoly

Flavonoly patří mezi nejrozšířenější a nejběžnější flavonoidy v potravinách, hlavními zástupci jsou kvercetin, kaempferol a myricetin. Tyto látky se nacházejí v zelenině, jako je cibule, pórek, brokolice a ovoci ve své glykosylované formě. Cukernou složkou je často glukóza, ale může být i galaktóza, xylóza nebo arabinóza. Myricetin je nejvíce zastoupen v bobulích, červeném víně, čaji a bylinkách [88].

Flavonoly mají příznivé účinky proti kardiovaskulárním onemocněním, zánětům a rakovině, a také vykazují antivirovou a antimikrobiální aktivitu [89][90].

Flavony

Látky jako apigenin, luteolin a baicalein se vyskytují v relativně malých množstvích v obilovinách, zelenině (např. petržel, celer) a bylinkách. Slupky citrusových plodů, červené a žluté druhy ovoce a zeleniny jsou bohaté na tangeretin a nobiletin. Tyto látky jsou dobře známé pro své farmakologické účinky. Baicalein vykazuje široké spektrum buněčných aktivit, včetně protizánětlivých a antikarcinogenních [90][91].

Flavanoly

Hlavními flavanoly jsou katechiny (katechin, epikatechin, epigallokatechin) a jejich estery s kyselinou galovou. Katechin a epikatechin jsou obsaženy v ovoci, zatímco gallokatechin a epigallokatechin se nachází v luštěninách a čaji. Další zdroje jsou červené víno, čokoláda a kakao. Přináší řadu benefitů pro naše zdraví, působí na oběhový systém a snižují riziko

kardiovaskulárních onemocnění. Flavanoly existují také v polymerní formě jako proanthokyanidiny, které jsou známé jako kondenzované taniny a tvoří dimery, oligomery a polymery katechinů. Taniny jsou zodpovědné za adstringentní charakter ovoce a nápojů, jako je čaj a víno, a za hořkost čokolády. Tato svíravost se v průběhu zrání ovoce mění a často mizí, když ovoce dosáhne zralosti [84][86].

Flavanony

Flavanony se nacházejí v některých aromatických rostlinách, jako je máta, a ve vysokých koncentracích jsou přítomny pouze v citrusových plodech. Jsou rovněž nazývány „citrusovými“ flavonoidy. Mezi hlavní zástupce patří naringenin v grapefruitu, hesperetin v pomerančích [84][86].

2.3.3 Nonflavonoidy

Stilbeny

Stilbeny jsou obranné fenolické sloučeniny, které se přirozeně vyskytují v červených hroznech, červeném víně, bobulích (ostružiny, černý rybíz, borůvky), švestkách, luštěninách a sóje. Rostliny je syntetizují v reakci na UV záření a mikrobiální infekci [92].

Stilbeny mají mnoho biologických funkcí, jako je antioxidační, protirakovinné, protizánětlivé, antivirové (proti viru HIV a viru Herpes simplex) a antidiabetické působení [92]. Představitelem stilbenů je resveratrol, který je přírodním antifungicidem a účinným antioxidantem. Resveratrol vykazuje antikarcinogenní účinky a širokou škálu biologických funkcí, prospěšných pro lidské tělo. Například zvyšuje přežití buněk a snižuje tvorbu reaktivních kyslíkových sloučenin (ROS) v keratinocytech vystavených UVB záření, čímž zabráňuje stárnutí kůže způsobené UV zářením. Řada studií potvrdila jeho účinnost v ochraně buněk před poškozením [93][94].

Tabulka 3 Rozdělení antioxidantů podle původu a rozpustnosti [zdroj vlastní]

Antioxidant	Původ	Rozpustnost
	Přírodní (P) Syntetický (S)	ve vodě (v) v oleji (o) v ethanolu (EtOH)
BHA	S	o
BHT	S	o
Galláty (Propylgallát)	S	o
Antokyany	P	v
Betakaroten	P	o
Hesperetin	P	EtOH
Katechiny	P	v
Kyselina askorbová	P/S	v
Myricetin	P	EtOH
Kvercetin	P	EtOH
Resveratrol	P	v
Stilbeny	P	EtOH
Taniny	P	v
Selen	P	o
Vitamin A	P	o
Vitamin E	P	o

2.4 Antioxidační ochranný systém

Žádný antioxidant není univerzální, proto antioxidační ochrana musí být komplexní a zahrnovat jak enzymové antioxidanty rozpustné ve vodě a tucích, tak i neenzymatické antioxidanty, ionty a vitamíny. Molekuly antioxidantů lze rozdělit podle biologické funkce na enzymatické antioxidační systémy a neenzymatické antioxidanty, které spolu vzájemně spolupracují a vytvářejí tak účinný ochranný systém [32].

2.4.1 Enzymatické antioxidační systémy

Čtyři základní, přirozeně se vyskytující enzymatické antioxidační obranné systémy jsou představovány superoxiddismutázou, glutathionperoxidázou, katalázou a peroxiredoxinem [40]. Superoxiddismutáza (SOD) slouží jako první obranná linie proti ROS a katalyzuje přeměnu superoxidových radikálů ($\cdot O_2^{\bullet-}$) na peroxid vodíku a molekulární kyslík. Peroxid vodíku je následně rozkládán katalázou. Tento metaloprotein (s obsahem mědi, zinku a manganu) je fylogeneticky velmi starý, vyskytuje se ve třech hlavních izoformách. V rostlinách a bobulovitých plodech se nejčastěji nachází SOD1, tedy Cu/Zn-superoxiddismutáza. Tato forma enzymu je lokalizována převážně v cytoplazmě a chloroplastech rostlinných buněk. SOD2, obsahuje mangan a je přítomna v mitochondriích a SOD3 je přítomná v extracelulárním prostoru, u rostlin je méně běžná, častější je u savců [63][95].

Glutathionperoxidáza (GPx) náleží do rodiny peroxidáz, jejichž cílem je chránit organismus před oxidačním stresem, snižovat tvorbu hydroperoxidů lipidů a jejich odpovídajících alkoholů a snižovat hladinu volně se vyskytujícího peroxidu vodíku. GPx hraje klíčovou roli při ochraně buněčných membrán a lipidů před oxidačním poškozením [96]. Katalázy jsou důležitou skupinou enzymatických antioxidantů, které katalyzují rozklad peroxidu vodíku na vodu a kyslík. Kataláza (CAT) se primárně nachází v peroxisomech a je vysoce účinná při odstraňování H_2O_2 produkovaného během různých metabolických procesů [97]. Peroxiredoxiny jsou rodinou thiolově specifických peroxidáz, které katalyzují redukci H_2O_2 a organických hydroperoxidů pomocí thioredoxinu (Trx) jako redukčního činidla. Peroxiredoxin se účastní několika buněčných procesů, včetně redox signalizace, skládání proteinů a opravy DNA [95][98].

Závěrem lze říct, že enzymatický antioxidační obranný systém je komplexní a vysoce účinný ochranný systém, který chrání organismy před oxidačním poškozením způsobeným ROS.

2.4.2 Neenzymatické antioxidační systémy

Mezi hlavní neenzymatický antioxidační systém patří glutathion (GSH), koenzym Q10, kyselina močová, askorbát a tokoferol, které poskytují účinnou ochranu před oxidačním poškozením v buňkách [95].

Glutathion (GSH) je tripeptid složený z kyseliny glutamové, cysteinu a glycinu. GSH chrání organismus před oxidačním stresem a podílí se na odstraňování peroxidu vodíku. Glutathion hraje klíčovou roli v antioxidační ochraně buněk a detoxikaci škodlivých látek v organismu. Jeho funkcí je mimo jiné regenerace dalších antioxidantů, jako je vitamín C a E, a neutralizace volných radikálů a peroxidů [96].

Koenzym Q10 (ubichinon) je lokalizován na vnitřní membráně mitochondrií, kde hraje důležitou roli v elektronovém transportním řetězci a významně se podílí na tvorbě chemicky vázané energie. Je zásadní pro tvorbu apoptosomů a dalších adaptivních proteinů důležitých pro život buňky [63]. Koenzym Q10, přirozeně se vyskytující látka rozpustná v tucích, se nachází ve vysokých hladinách v epidermis. Jeho přítomnost ve většině buněk v těle a schopnost reagovat s reaktivními formami kyslíku vedly ke zkoumání jeho systémového použití u mnoha chorob stárnutí, jako jsou srdeční choroby a ateroskleróza. Stejně jako jiné přirozeně se vyskytující kožní antioxidanty se vyčerpává vystavením UV záření. Koenzym Q10 chrání vitamín E přítomný v pokožce, který pomáhá bojovat proti poškození volnými radikály [50].

Na antioxidační ochraně organismu se také podílí stopové prvky. Významnou roli má například zinek, selen nebo měď. Zinek a měď jsou kofaktory enzymu superoxiddismutázy, selen je kofaktorem glutathionperoxidázy [32][63].

Kyselina močová vychytává alkoxylový radikál a kyselinu chlornou, a váže železo a měď tak, aby nekatalyzovaly radikálové reakce [31].

Součástí neenzymatického antioxidačního systému jsou také již zmíněné vitaminy A, C a E, stejně jako karotenoidy a polyfenoly. Mezi polyfenoly patří fenolické kyseliny, například kyselina kávová, skořicová a kumarová, které mají antioxidační, antivirové, antibakteriální a protizánětlivé účinky [81]. Důležitou roli hrají i flavonoidy, mezi něž patří například resveratrol a kvercetin, jak již bylo uvedeno. Mezi základní mechanismy působení polyfenolů se řadí zhášení volných radikálů, chelatace přechodných kovů, inhibice prooxidačních enzymů a podpora antioxidačních enzymů [99].

3 JEŘÁB

Jeřáb (*Sorbus*) je rod dřevin z čeledi růžovitých (*Rosaceae*), který zahrnuje keře i statné stromy. Nejčastěji dorůstá 16 až 18 metrů, ale některé druhy mohou dosahovat až 25 či dokonce 30 metrů. Jeřáby jsou beztrnné, opadavé, s širokou, rozložitou korunou, která jim dodává majestátní vzhled [100][101].

Tento rod je rozšířen v mírném pásmu severní polokoule a vyskytuje se především v Evropě a Asii, méně často v Severní Americe a severní Africe. Několik druhů obývá také Čínu, některé se dokonce přizpůsobily extrémním podmínkám Islandu a pobřeží Grónska [27][101].

Co činí jeřáby výjimečnými, je jejich neuvěřitelná přizpůsobivost. Jsou schopny přežít i v extrémních lokalitách, kde by jiné dřeviny neměly šanci. Často rostou na skalnatých svazích a stěnách, kde zakořeňují v úzkých štěrbinách s minimem půdy. Jejich nároky na živiny jsou nízké, a proto prospívají i v chudých a kyselých půdách [27][100][101].

Jeřáb rozkvétá smetanově bílými, pětičetnými květy, které jsou pravidelné a oboupohlavné. Uspořádané jsou do bohatých květenství a mají charakteristický zápach, způsobený přítomností trimetylaminu [100].

Po odkvětu se objevují malvice různých velikostí a tvarů, známé jako jeřabiny. Ty mohou být bílé, žluté, růžové, oranžové nebo červené. Některé druhy jsou jedlé i pro člověka, zatímco jiné mají spíše okrasný a ekologický význam. Jeřabiny jsou bohatým zdrojem potravy pro ptáky, kteří pomáhají rozšiřovat semena a zajišťují tak přirozené šíření těchto odolných stromů. Díky své odolnosti a nenáročnosti jsou jeřáby nejen důležitou součástí krajiny, ale také oblíbenými stromy v parcích a zahradách, kde vyniknou nejen svou vitalitou, ale i krásnými plody, které dodávají stromu jedinečné kouzlo [27][101].

3.1 Historie a původ

Jméno *Sorbus* pochází z latinského *sorbere*, které znamená usrkávat nebo polykat. Toto pojmenování není náhodné – plody jeřábu i jejich šťáva byly už ve starověku ceněny jako potravina a léčivý prostředek. Keltové nazývali jeřáb „stromem čarodějů“, neboť věřili v jeho magickou moc a ochranné schopnosti. Na severu Řecka byly jeřabiny oblíbené nejen pro své výživové hodnoty, ale také pro léčivé účinky [25].

3.1.1 Jeřabiny v tradiční medicíně a potravinářství

Plody tohoto odolného stromu sehrály významnou roli i při výrobě alkoholických nápojů. Přidávaly se do vína, piva i lihovin, nejen pro svou svíravou a hořkou chuť, ale i díky přirozenému obsahu cukru, který podporoval kvašení. Jeřabiny měly také konzervační schopnosti, což z nich činilo cennou surovinu při výrobě tradičních nápojů [25][27][100].

V lidovém léčitelství se jeřabiny využívaly při zažívacích potížích, jako je neprůchodnost střev, průjem či problémy s játry a žlučníkem. V Rumunsku se plody používaly k léčbě kašle, revmatismu, tuberkulózy a pro své diuretické, protizánětlivé, antidiabetické a vasodilatační vlastnosti [25][27].

Jeřabiny byly také považovány za stimulátor chuti k jídlu a bohatý zdroj vitamínů, zejména kyseliny askorbové (vitamín C). Jeřabinová šťáva se využívala nejen ke kloktání, ale i jako jemný projímavý prostředek. Lidová medicína doporučovala jeřabiny při léčbě hemoroidů, vysokého krevního tlaku, infekcí dýchacích cest, revmatismu a dny [27].

Sladší odrůdy, jako jeřáb muk, jeřáb oskeruše a jeřáb břek, našly využití i v cukrovinkách a džemech, kde přispívají svou jedinečnou chutí [25][27].

Ve farmacii byla droga známá jako „*fructus sorbi*“ (*Baccae aucupariae*) a využívala se pro své antiemetické, adstringentní a diuretické vlastnosti. Díky svým bohatým nutričním hodnotám, léčivým účinkům a širokému využití v kuchyni zůstává jeřáb dodnes ceněnou dřevinou, která spojuje tradici, zdraví i chuťové potěšení [27][101].

3.1.2 Šlechtění sladkoplodých jeřabin

Na počátku 20. století se ruský botanik a šlechtitel I. V. Mičurin zaměřil na zvýšení sladkosti jeřabin, aby byly lépe odolné v drsnějších klimatických podmínkách. Jeho experimenty s mezidruhovým a mezirodovým křížením vedly k vytvoření nových odrůd s většími, tmavšími plody s méně svíravou chutí. Velkým přínosem těchto kříženců je významný obsah antioxidantů, zejména fenolických látek. Jedním z jeho nejslavnějších kříženců je jeřáb 'Granátový', vzniklý spojením jeřábu obecného a hlohu sibiřského. Tento a další Mičurinovy hybridy pomohly rozšířit využití jeřabin do potravinářských, ale i kosmetických a zdravotních produktů [102][103].

3.2 Taxonomie

Rod jeřáb (*Sorbus*) patří ke kritickým taxonům. Má mnoho odrůd a druhů, které se liší velikostí stromu, tvarem listů, vzhledem, chutí plodů i využitím. Mezi druhy existuje velké

množství kříženců, často i napříč vnitrorodovými taxonomickými skupinami. Je tedy zřejmé, že tento rod je po stránce taxonomické značně komplikovaný [100][101].

Rod jeřáb (*Sorbus*) je členěn na pět základních podrodů [101].

- ***Sorbus*** – 103 druhů (např. *Sorbus aucuparia* – jeřáb ptačí)
- ***Aria*** – 57 druhů (např. *Sorbus aria* – jeřáb muk)
- ***Chamaemespilus*** – 1 druh (*Sorbus chamaemespilus* – jeřáb mišpulka)
- ***Cormus*** – 1 druh (*Sorbus domestica* – jeřáb oskeruše)
- ***Torminaria*** – 1 druh (*Sorbus torminalis* – jeřáb břek)

Tabulka 4 Vědecká klasifikace [100]

Jeřáb (<i>Sorbus</i>)		
Říše	<i>Plantae</i>	rostliny
Podříše	<i>Tracheobionta</i>	cévnaté rostliny
Oddělení	<i>Magnoliophyta</i>	krytosemenné
Třída	<i>Rosopsida</i>	vyšší dvouděložné
Řád	<i>Rosales</i>	růžotvaré
Čeleď	<i>Rosaceae</i>	růžovité
Rod	<i>Sorbus</i>	jeřáb

3.3 Základní druhy rostoucí na území ČR

V Česku roste 39 taxonů jeřábů, včetně nepůvodních druhů a kříženců. Nejhojnější je jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*), v teplejších oblastech se vyskytuje jeřáb břek (*Sorbus torminalis*), zatímco jeřáb muk (*Sorbus aria*) preferuje skalnatá stanoviště. Endemitem Krkonoš je jeřáb sudetský (*Sorbus sudetica*) a zdomácnělým druhem je jeřáb oskeruše (*Sorbus domestica*). Kromě zmíněných druhů existují i mezirodoví kříženci jeřábu, například jeřáboplodec (*Sorbaronia*). Toto označení je pro křížence jeřábu (*Sorbus*) a aronie (*Aronia*) [100][101].

3.3.1 Jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia* L.)

Jeřáb ptačí, známý také jako jeřáb obecný, roste divoce v lesích a parcích. Jeho jasně oranžově červené plody – jeřabiny – jsou kulovité, drobné malvice o průměru kolem 1 cm. Každá obsahuje 2–4 špičatá semena hořké chuti, ukrytá v blanitých pouzdrech jádřince. Strom je mrazuvzdorný a jeho plody setrvávají na větvích až do jara [25]. Plody sladkoplodých kultivarů se zavařují a jsou ceněny jako pikantní koření do sirupů, kompotů, vína, dochucování zvěřinové pečeně a omáček. Pro lidskou konzumaci jsou však vhodné pouze šlechtěné odrůdy – divoké jeřabiny mají silně svíravou, trpkou chuť a nejsou požitelné [101][104].



Obrázek 1 Jeřáb ptačí [104]

3.3.2 Jeřáb břek (*Sorbus torminalis* (L.) CRANTZ)

Jeřáb břek je listnatý strom, zřídka keř, s košatou korunou dorůstající výšky až 25 metrů, výjimečně i 30 metrů. Jeho plody, kulovité až vejcovité malvice o velikosti 1 až 1,5 cm, dozrávají na podzim. Po dozrání získávají hnědou barvu s tečkováním a v přezrálém stavu jsou jedlé – chutí připomínají datle. V oblasti Vídeňského lesa v Rakousku, kde se jeřáb břek hojně vyskytuje, se jeho plody využívají k výrobě marmelád, medu a k ochucení pokrmů, zejména zvěřiny. Ve Francii, především v Alsasku, se z plodů tohoto jeřábu vyrábí vysoce ceněný likér [100][101][105].



Obrázek 2 Jeřáb břek [105]

3.3.3 Jeřáb muk (*Sorbus aria* (L.) CRANTZ)

Muk je odolný strom či větší keř, který najdeme především v Českém krasu, Moravském krasu a na Znojemsku. Na první pohled upoutá svými listy – zatímco svrchní strana je lesklá a tmavě zelená, spodní část překvapí šedobílým, plstnatým povrchem. Plody jeřábu jsou větší, tmavočervené malvice kulovitého až vejčitého tvaru, dorůstající délky kolem 1,5 cm. Dozrávají v září a díky své sladké chuti mají zajímavé využití – dříve se rozemleté plody přidávaly do chlebové mouky. Jeřáb muk se dnes často vysazuje v parcích a zahradách pro svůj dekorativní vzhled [25][101][106][107].



Obrázek 3 Jeřáb muk [107]

3.3.4 Jeřáb sudetský (*Sorbus sudetica* (L.))

Jeřáb sudetský je nízký keř dorůstající výšky 0,3–1,5 metru a představuje nejznámější český endemit mezi jeřáby, chráněný zákonem. Plody jsou široce elipsoidní až kulovité,

tmavěčervené, lesklé malvice se zaschlým vytrvalým kalichem, o průměru 10–13 mm. Zralé mají příjemnou chuť a obsahují 1–2 semena kapkovitého tvaru s mandlovou příchutí. Kvůli extrémní vzácnosti je tento druh zařazen mezi kriticky ohrožené rostliny (C1b) podle "Černého a červeného seznamu cévnatých rostlin ČR z roku 2000". Stejně tak je chráněn vyhláškou MŽP ČR č. 395/92 Sb. (§1) [101][108].



Obrázek 4 Jeřáb sudetský [108]

3.3.5 Jeřáb oskeruše (*Sorbus domestica* L.)

Jeřáb oskeruše dorůstá výšky 8–18 metrů. V Česku se oskeruše nachází v Českém středohoří a na jihovýchodě Moravy, na Slovensku, kde je rozšířena od Pálavských vrchů po Vizovickou vrchovinu. Plodem je malvice, která může být kulovitá, hruškovitá nebo vejčitá, se žlutozelenou až hnědozelenou barvou. Plody oskeruše jsou sladké a aromatické, ale k přímé konzumaci se hodí až po změknutí. Využívají se k výrobě kompotů, marmelád, sušeného ovoce i tradiční pálenky (oskerušovice). Mají léčivé účinky – pomáhají při střevních potížích, revmatu a horečce. Směs oskerušovice s bylinkami a medem se užívá na nachlazení [101][109].



Obrázek 5 Jeřáb oskeruše [109]

3.4 Mezidruhové kříženci

V praktické části diplomové práce jsem se zaměřila na tři mezidruhové křížence jeřábu: Jeřáb Arnoldův 'Pink Veil', Jeřáb obecný 'Konzentra' a Jeřáb granátový/ 'Granatnaja'. Jejich plody zaujmou jedinečným zbarvením a tvarem, a zároveň jsou jedlé a mají příjemně sladkou chuť. Tito kříženci jeřábů jsou známí nejen pro své atraktivní zbarvení a tvar plodů, ale také svou schopností adaptovat se na různé podmínky. Díky své odolnosti jsou oblíbení nejen ve výsadbě okrasných dřevin, ale také v oblasti zemědělství a potravinářství. Díky své mrazuvzdornosti a odolnosti vůči chorobám představují výhodnou alternativu k jiným odrudám jeřábů [100][101][104].

3.4.1 Jeřáb Arnoldův 'Pink Veil' (*Sorbus arnoldiana* 'Pink Veil')

Jeřáb Arnoldův je kříženec *Sorbus aucuparia* a *Sorbus discolor* (jeřáb různobarevný). Plody jsou ve shlucích, jsou kulaté a mají bílou až světle růžovou barvu. Dozrávají od září do října a po tepelné úpravě jsou jedlé – využívají se například k výrobě kompotů nebo sušeného ovoce, přičemž chutí připomínají brusinky. Strom dorůstá do 10 metrů, je velmi mrazuvzdorný a snáší teploty až do -29°C [6][110][111].

3.4.2 Jeřáb obecný 'Konzentra' (*Sorbus aucuparia* 'Konzentra')

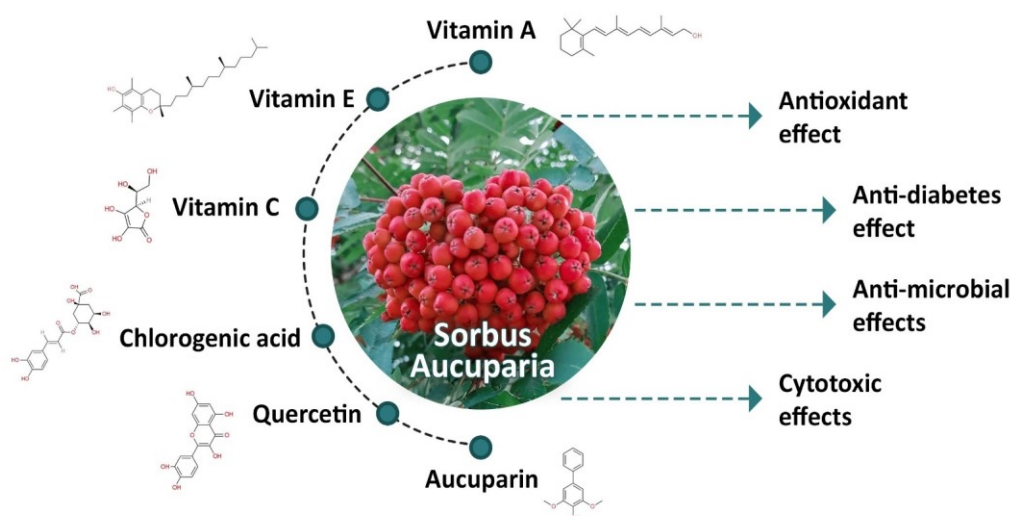
Jeřáb 'Konzentra' je menší strom, který dorůstá do výšky 4-6 metrů. Jeho plody jsou jedlé, větší než u jeřábu ptačího, s nakyslou chutí bohatou na vitamin C. Dozrávají v srpnu až září a mají oranžově červenou barvu. Jeřabiny lze konzumovat čerstvé, sušené či zavařené, a hodí se i na přípravu marmelád, jeřabinové šťávy či likéru. Strom je mrazuvzdorný a odolný vůči chorobám [103].

3.4.3 Jeřáb granátový / 'Granatnaja'

Jeřáb granátový je kříženec jeřábu obecného s hlohem sibiřským (*Sorbus aucuparia* x *Crataegus sanguinea*), který vyšlechtil r. 1926 v Rusku I. V. Mičurin. Vyznačuje se zejména velkými hranatými plody, které mají atraktivní granátově červenou barvu (uvnitř jsou oranžové). Chuť plodů je příjemná, sladkokyselá a nejsou trpké. Jejich velikost je srovnatelná s višní, jsou vhodné pro konzervářský průmysl, výrobu destilátů nebo jako součást cukrářských výrobků. Odrůda dorůstá do výšky 3–6 m [112].

4 JEŘABINA – ZDROJ BIOAKTIVNÍCH SLOUČENIN

Jeřabiny, plody jeřábu (*Sorbus*), jsou bohatým zdrojem živin a bioaktivních látek. Obsahují vysoké množství vitamínu C, vitamíny skupiny B, vitamín A, důležité minerály, jako jsou draslík, hořčík, vápník, železo a fosfor. Jsou také bohaté na přírodní antioxidanty, včetně polyfenolů, flavonoidů a karotenoidů, a obsahují organické kyseliny, například kyselinu jablečnou a citronovou. Jeřabiny také obsahují dietní vlákninu, která podporuje trávení [27].



Obrázek 6 Jeřáb ptačí [27]

4.1 Chemické složení jeřabin

Chemické složení jeřabin je bohaté a rozmanité a závisí na lokalitě, původu, druhu, klimatických podmínkách i fázi zrání.

Glukóza je hlavním cukrem v plodech jeřábu, označovaná jako hroznový cukr. Patří mezi monosacharidy ze skupiny aldohexos a spolu s fruktózou tvoří hlavní monosacharidy většiny potravin. V plodech jeřábu je glukosa zastoupena v množství $47,3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ [27].

Sorbitol (glucitol) je detekován a kvantifikován v plodech jeřabin. Tento název je odvozen od latinského názvu rodu jeřábu *Sorbus*, v jehož plodech byl poprvé prokázán. Je to cukerný alkohol sladké chuti, který se v lidském těle pomalu metabolizuje, a proto je vhodný jako přírodní sladidlo pro lidi trpící cukrovkou. Slouží také jako výživový prostředek pro

diabetiky. Sorbitol je v jeřabinách zastoupen ve vysoké koncentraci a obsah jedlého podílu dosahuje 3,4–5,3 % [27][100][113][114].

Jeřabiny patří mezi ovoce s nejvyšším obsahem organických kyselin ze všech analyzovaných druhů – předčí například brusinky, černý rybíz, červený angrešt i arónii. Ve složení plodů se nachází řada kyselin, včetně kyseliny sorbové (v nezralých plodech kyselina parasorbová), dále kyseliny jablečné, vinné, citronové a askorbové. Z hlediska zastoupení jednoznačně převažuje kyselina jablečná, která se řadí mezi dikarboxylové hydroxykyseliny. Tato čtyřuhlíkatá cukerná kyselina se v jeřabinách přirozeně vyskytuje pouze ve formě L-izomeru (levotočivé formy) [27][113][115].

Kyselina sorbová je významnou nenasycenou kyselinou a přirozeně se vyskytující v bobulích stromu jeřábu ptačího (*Sorbus aucuparia* – odtud i její pojmenování). Byla poprvé izolována v roce 1859 z plodů jeřábu ptačího. Kyselina sorbová a její soli (sorbáty) jsou účinnými inhibitory řady plísní, kvasinek a některých bakterií, proto se používá v potravinářství jako konzervační činidlo. V kosmetice se používá v syntetické podobě jako konzervační přísada, která je povolena i v přírodní kosmetice. Zabraňuje růstu mikroorganismů a prodlužuje trvanlivost produktu. Ale u velmi citlivých jedinců může způsobit podráždění pokožky [27][113][116].

Jeřabiny jsou bohatým zdrojem vitamínu C. Studie uvádějí, že obsahují až třikrát více kyseliny askorbové než pomeranče. V bobulích *S. aucuparia* bylo stanoveno 0,1 mg·g⁻¹ kyseliny askorbové, přičemž ve 100 g sušených jeřabin se nachází 10–42 mg této kyseliny. Doporučená denní dávka kyseliny askorbové je 60 mg [27][117].

Plody jeřábu jsou bohaté na karotenoidy a některé odrůdy lze považovat za jejich významný zdroj, podobně jako mrkev. Hlavním zástupcem je β -karoten, červeno-oranžový pigment a prekurzor vitamínu A. Mezi další přítomné karotenoidy patří především kryptoxantin, ale také zeaxantin a γ -karoten. Plody *Sorbus aucuparia* obsahují 2,5 mg celkových karotenoidů na 100 g sušeného ovoce [27].

Vitamin E se vyskytuje ve formě tokoferolů, které patří mezi důležité vitamíny rozpustné v tucích. Aktivitu vitamínu E vykazují α -tokoferol, δ -tokoferol a γ -tokoferol. Studie prokázaly vyšší obsah α -tokoferolu (3,34 μ g/g sušiny) v plodech *S. aucuparia*, zatímco obsah γ -tokoferolu byl výrazně nižší (0,25 μ g/g sušiny). Doporučený denní příjem vitamínu E pro dospělé se pohybuje v rozmezí 7 až 15 mg. Epidemiologické studie ukázaly, že lidé

konzumující potraviny bohaté na vitamín E mají nižší riziko vzniku rakoviny, demence a kardiovaskulárních onemocnění [113][114].

Jasně červené plody jsou známé vysokým obsahem osmi esenciálních minerálů: draslíku, vápníku, fosforu, hořčíku, železa, zinku, mědi a manganu. Koncentrace těchto prvků se však liší v závislosti na genotypu a prostředí, z něhož rostlina pochází. Kůra stromu *S. domestica* je považována za dobrý zdroj vápníku, zinku a železa, zatímco semena obsahují vyšší množství draslíku, hořčíku, železa a zinku. V oleji ze semen *S. aucuparia* převládají mastné kyseliny, mezi nimiž dominuje kyselina linolová a kyselina olejová [113][114].

4.1.1 Obsah fenolických sloučenin v jeřabinách

Polyfenolické látky obsažené v plodech *Sorbus* jsou klíčové pro jejich antioxidační vlastnosti. Mezi nejvýznamnější patří fenolové kyseliny, flavonoly, jako jsou kvercetin, isokvercetin, hyperosid, rutin, katechin a epikatechin, a také antokyany, především kyanidin. Výzkumy ukazují, že nejen samotné ovoce a šťáva představují cenný zdroj přírodních antioxidantů s biologickými účinky, ale i výlisky jeřabin mají významný potenciál pro využití v potravinářství, kosmetickém a farmaceutickém průmyslu [117].

V posledních letech vzrůstá zájem o fenolické sloučeniny, protože jejich příjem ve stravě je spojován s prevencí chronických a degenerativních onemocnění. Mezi ně patří kardiovaskulární choroby, diabetes, osteoporóza, některé druhy rakoviny a neurodegenerativní poruchy, jako je Alzheimerova a Parkinsonova choroba. Předpokládá se, že tyto sloučeniny mají ochranné účinky, a proto se jejich role ve výživě stala klíčovým tématem současného potravinářského výzkumu [117].

4.1.2 Celkový obsah fenolů

Fenolické sloučeniny jsou významné pro své antioxidační vlastnosti a jejich obsah se liší v závislosti na druhu rostliny a její části. Obecně platí, že listy a květenství druhů *Sorbus* obsahují vyšší množství celkových fenolů (TPC) než samotné plody. TPC se obvykle vyjadřuje v ekvivalentech kyseliny gallové (GAE). Nejvyšší koncentrace fenolů byla naměřena v sušených listech *S. wilfordii* (12,31 % GAE) a v květenstvích *S. aucuparia* (11,83 % GAE). Mezi plody vynikala *S. aria* s obsahem 2,98 % GAE v suché hmotnosti,

zatímco plody *S. aucuparia* obsahovaly jen o něco méně – 2,68 % GAE. Obsah fenolických látek se však může výrazně měnit v závislosti na zralosti bobulí, zatímco výtěžnost fenolických látek závisí na extrakčním rozpouštědle [113][114][117].

Sladké kultivary jeřabin, jako *Burka*, *Granatnaja*, *Rosina* a *Titan*, vynikají vysokým obsahem antioxidantů a fenolů. Jejich fenolický obsah se pohybuje mezi 550 a 1014 mg na 100 g čerstvé hmotnosti, přičemž tato hodnota je srovnatelná nebo dokonce vyšší než u borůvek (846 mg/100 g) či brusinek (717 mg/100 g). Celkově lze říct, že sladké jeřabiny patří k ovoci s vysokým obsahem fenolů, a to i ve srovnání s divokými odrůdami. Kromě toho se v hybridních kultivarech jeřabin nachází i významné množství antokyanů (6–80 mg), které přispívají k jejich charakteristickému zbarvení a biologické aktivitě [118].

4.1.3 Fenolové kyseliny

Jeřabiny obsahují významné množství fenolových kyselin, které přispívají k jejich antioxidačním vlastnostem. Mezi fenolickými látkami v jeřabinách dominují především kyseliny chlorogenová (29–160 mg) a neochlorogenová (34–104 mg), jejichž koncentrace se téměř vyrovnají těm, které se nacházejí v kávě. Obsah kyseliny chlorogenové ve sladkých jeřabinách může dosahovat až 200 mg/100 g a je tedy srovnatelný s obsahem v kávových zrnech odrůdy *Arabica*, které patří k nejbohatším zdrojům této fenolové kyseliny s obsahem 280 mg/100 g [113][114][118]. Výzkumy ukázaly, že bez ohledu na pěstitelskou oblast tvoří chlorogenové a neochlorogenové kyseliny hlavní podíl fenolických kyselin v jeřabinách. Jsou přítomné nejen v plodech, ale také ve výliscích, kde tvoří 56–80 % celkového obsahu fenolů. Studie *in vivo* a *in vitro* prokázaly, že kyselina chlorogenová navíc může mít ochranný účinek proti škodlivým látkám, jako jsou houbové a bakteriální toxiny, těžké kovy, pesticidy nebo některá léčiva [27][118].

Kromě těchto hlavních fenolových kyselin se v jeřabinách vyskytují i další látky ve stopovém množství, například kyselina skořicová, vanilová, p-kumarová a benzoová. Kyselina kávová a její deriváty byly identifikovány v bobulích několika druhů jeřabin, včetně *S. aucuparia*, *S. domestica* a *S. torminalis* [114].

Ve šťávě z jeřabin bylo detekováno osm flavonolových glykosidů, z toho šest kvercetinových a dva kaempferolové. Celkový obsah flavonolů dosáhl 291 mg. l⁻¹. Studie

Gil-Izquierdo a kol. (2021) uvádí, že jedna porce jeřabinové šťávy (0,33 l) poskytuje přibližně 70 mg flavonolů a 196 mg chlorogenových kyselin, což potvrzuje její vysokou nutriční hodnotu [119].

Další zajímavou fenolickou sloučeninou je aucuparin, který patří mezi stilbeny a fytoalexiny – látky, jež rostliny produkují k obraně proti patogenům. Má silné antimikrobiální a antioxidační vlastnosti, zejména proti houbovým infekcím. Poprvé byl izolován právě z jeřábu ptačího (*Sorbus aucuparia*), podle kterého dostal i své jméno [27].

4.1.4 Flavonoidy v jeřabinách

Flavonoidy jsou skupinou přírodních látek, které mají silné antioxidační vlastnosti a přispívají k ochraně rostlin proti stresovým faktorům, jako jsou UV záření, patogeny a znečištění.

V rámci výzkumů provedených na plodech, listech a květenstvích různých kultivarů rodu *Sorbus* byly jako hlavní flavonoidy identifikovány kvercetin, isokvercetin, kaempferol, rutin a hyperosid. Tyto látky byly přítomny v různých koncentracích v závislosti na druhu a části rostliny [117].

Studie Sarv a kol. (2020) poskytuje konkrétní údaje o obsahu flavonoidů v plodech několika druhů jeřabin. Kvercetin byl nalezen v nejvyšší koncentraci v plodech *S. aucuparia* ($0,51 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$), následován *S. intermedia* ($0,31 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$) a *S. aria* ($0,09 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$). Kaempferol byl kvantifikován ve všech zkoumaných vzorcích (plody, listy, květenství) druhu *S. aucuparia* a nejvyšší obsah byl zaznamenán v plodech [113][114].

Existuje mnoho studií zaměřených na účinky kvercetinu v prevenci různých onemocnění. Má psychostimulační účinky a zlepšuje jak duševní, tak fyzickou výkonnost. Kvercetin může hrát důležitou roli v prevenci a léčbě mozkových poruch spojených se stárnutím a různých degenerativních onemocnění, včetně Parkinsonovy a Alzheimerovy choroby. Jako silný antioxidant inhibuje peroxidaci lipidů a stimuluje mitochondriální biogenezi. Stejně jako ostatní flavonoidy zabraňuje agregaci krevních destiček, tvorbě aterosklerotických plátů a podporuje relaxaci hladkého svalstva kardiovaskulárního systému. Má také antiarytmické účinky a pomáhá při zmírňování hypotenze. Kvercetin vyniká svou

protizánětlivou aktivitou a zmírňuje komplikace diabetu. Snižuje riziko infekce a vykazuje antivirové vlastnosti proti mnoha kmenům chřipkového viru, herpesviru, cytomegaloviru a varicella-zoster viru [27][117].

4.2 Toxické složky jeřabin

Čerstvé plody jeřabin nejsou úplně bezpečné ke konzumaci. Mohou způsobit lehkou otravu, a to díky obsahu kyseliny parasorbové. Kyselina parasorbová, klíčový inhibitor klíčení, byla identifikována v množství 4–7 mg·g⁻¹ čerstvé hmotnosti v plodech a 0,08–0,12 mg·g⁻¹ v semenech. Tato sloučenina dráždí žaludeční sliznici a trávicí trakt. Při nadměrné konzumaci může způsobit zažívací potíže, slinění, dávení i poškození ledvin. Bylo prokázáno na zvířatech, že při injekčním podání má kyselina parasorbová karcinogenní účinky. Tepelné zpracování nebo zmrazení však přeměňuje kyselinu parasorbovou na netoxickou kyselinu sorbovou. Jelikož je citlivá na změny teploty, sklizeň bobulí po prvním mrazu ji přirozeně eliminuje. V pěstovaných hybridech je navíc její obsah minimální [27][113][116].

Další potenciálně škodlivou složkou jeřabin je kyanogenní glykosid prunasin, odvozený od aminokyseliny fenyalaninu. Při jeho rozkladu se může uvolnit kyanovodík (HCN), přičemž 1 g prunasinu může uvolnit 91,5 mg HCN. Pokud koncentrace HCN v semenech přesáhne 2–3 mg·l⁻¹, hrozí respirační selhání, v extrémních případech i smrt. Proto je při zpracování jeřabinových výlisků klíčové pečlivé odstranění semen [27][113].

4.3 Biofarmaceutické vlastnosti jeřabin

Četné studie ukazují, že fytochemické látky obsažené v lesních plodech, zejména fenolické sloučeniny, vykazují široké spektrum biologických účinků. Patří mezi ně antioxidační, protizánětlivé, antidiabetické, protiprůjmové, protinádorové, diuretické, vazodilatační a buněčně regulační účinky. U jeřabin se předpokládá, že hlavní podíl na jejich zdravotních účincích mají chlorogenové kyseliny, které tvoří přibližně 80 % fenolických sloučenin. Kyselina chlorogenová, poprvé izolovaná z kávových zrn, kde se nachází v nejvyšší známé koncentraci, je známá svými schopnostmi zachytávat volné radikály. Díky tomu hraje ochrannou roli v patologických stavech souvisejících s reaktivními formami kyslíku, včetně kardiovaskulárních a neurologických onemocnění či rakoviny. Také může zlepšit

glukózovou toleranci a podpořit hubnutí. Chlorogenní kyseliny, široce studované fytochemikálie, mohou snižovat riziko diabetu 2. typu a kardiovaskulárních komplikací [27].

Na rozdíl od izolovaných nebo syntetických chemických sloučenin obsahují rostlinné materiály specializované metabolity, které ve výtažcích působí synergicky a aditivně, čímž podporují zdraví a vykazují farmakologické účinky [27][120].

Mnohé studie se zaměřují na účinky extraktů z plodů jeřabiny, jejich výlisků a dalších částí rostliny v souvislosti s různými chorobami a patogeny [27].

4.3.1 Výroba nanočástic

Výzkumníci zkoumali potenciál extraktu z jeřabin při redukci solí zlata a stříbra za vzniku nanočástic těchto kovů. Výsledkem byla úspěšná syntéza extrémně monodisperzních, stabilních a biokompatibilních nanočástic zlata a stříbra pomocí jednoduché, účinné a ekonomické metody využívající vodný extrakt z jeřabin.

Analýza různými technikami potvrdila, že biologicky aktivní látky obsažené v extraktu sehrály klíčovou roli při redukci a stabilizaci vzniklých nanočástic. Vodný extrakt z listů jeřabin byl navíc úspěšně využit jako redukční činidlo pro syntézu těchto nanočástic ze slaných roztoků [27][121].

5 ANTIOXIDANTY V KOSMETICE

Oxidační stres je považován za jednu z hlavních příčin stárnutí. Vzniká, když v těle chybí dostatečná antioxidační ochrana, což vede k nadměrné tvorbě volných radikálů. Tyto nestabilní molekuly poškozují zdravé buňky, narušují kožní bariéru a snižují odolnost pleti vůči vnějším vlivům [120].

Mnoho moderních kosmetických přípravků proto obsahuje antioxidanty jako klíčové složky. Lokálně aplikované antioxidanty dokážou přerušit řetězové reakce volných radikálů tím, že je neutralizují a zároveň zpomalují další oxidační procesy. Mezi tyto účinné látky patří enzymy i nízkomolekulární antioxidanty, které darováním elektronu zabraňují radikálovým reakcím [71].

Kromě ochrany pokožky slouží antioxidanty v kosmetice i jako stabilizátory, které zabraňují žluknutí lipidů. K oxidaci lipidů dochází nejen v kosmetických produktech, ale i v lidském těle. Díky přítomnosti antioxidantů mohou kosmetické přípravky plnit hned několik funkcí současně [27].

Během oxidace lipidů dochází k postupné degradaci tukových složek. V iniciační fázi se zvyšuje počet volných radikálů, zatímco v propagační fázi reagují s molekulárním kyslíkem a mastnými kyselinami, čímž vznikají hydroperoxydy. Tyto nestabilní sloučeniny se dále rozpadají a podporují další oxidaci. V terminační fázi pak převládají radikálové reakce, které mohou vést k dalšímu poškození buněk [122].

Příroda si však s tímto problémem poradila – rostliny přirozeně produkují antioxidační sloučeniny, které je chrání před oxidačním stresem způsobeným slunečním zářením a kyslíkem. Tyto přírodní antioxidanty se proto stále častěji využívají i v kosmetickém průmyslu, kde pomáhají chránit pleť před předčasným stárnutím a škodlivými vnějšími vlivy [120].

5.1 Přírodní antioxidanty v péči o pleť

Přírodní antioxidanty jsou v kosmetice stále populárnější díky svým ochranným vlastnostem. Lokálně aplikované antioxidanty, obsažené v kosmetických přípravcích, jsou považovány za bezpečné a široce využívané. Přesto však jejich skutečný přínos nelze vždy

jednoznačně prokázat, protože chybí dostatek klinických studií a dostupné údaje často nejsou dostatečně relevantní.

Jedním z problémů je, že vědecké publikace mnohdy neuvádějí, jakým způsobem byly antioxidanty do přípravků zapracovány, nebo zda byla ověřena jejich biologická dostupnost v cílových vrstvách kůže. Přesto poskytují dermatologům důležité poznatky, které mohou být užitečné při lokální terapii [50][120].

Ačkoli jsou přírodní antioxidanty obecně bezpečné, v ojedinělých případech mohou vyvolat alergické reakce, například kontaktní dermatitidu, multiformní erytém nebo xantomatózní reakce. Rostlinné extrakty obsahují mnoho aktivních látek, jejichž přesné složení je stále předmětem výzkumu. Nedostatek separačních technik navíc komplikuje jejich podrobnější analýzu [66].

Další nevýhodou je vyšší cena kosmetiky s přírodními antioxidanty ve srovnání se syntetickými alternativami. I když předběžné studie naznačují pozitivní účinky, pro jejich definitivní potvrzení jsou nutné rozsáhlejší klinické studie [44][50].

Přírodní antioxidanty jsou také citlivé na okolní podmínky – polyfenoly přítomné v bylinkách mají nízkou stabilitu a jejich účinnost může snižovat působení světla a tepla. To omezuje jejich použití v kosmetických produktech. Kromě toho mohou antioxidanty způsobovat různé nežádoucí účinky, jako jsou akutní toxicita, podráždění kůže a očí, senzibilizace kůže a fotosenzitivitu [50].

Navzdory těmto výzvám však zůstávají přírodní antioxidanty důležitou složkou moderní kosmetiky, protože nabízejí šetrnější alternativu k syntetickým variantám a mohou pomáhat chránit pleť před škodlivými vnějšími vlivy [120].

I. PRAKTICKÁ ČÁST

6 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem této diplomové práce bylo ověřit možnost využití antioxidantů obsažených v netradičním ovoci, konkrétně v plodech jeřabin (*Sorbus spp.*) a dřínu (*Cornus*), pro potřeby kosmetického průmyslu. Práce byla zaměřena na stanovení obsahu polyfenolických sloučenin v extraktech připravených z těchto druhů ovoce a na zhodnocení jejich schopnosti transdermálního prostupu pomocí *in vitro* modelu s využitím prasečí kůže.

Stanovení polyfenolů bylo provedeno metodou Folin-Ciocalteu, která je běžně využívána pro kvantifikaci těchto bioaktivních látek. U vybraných vzorků byla následně testována jejich schopnost prostupu kůží pomocí metody transdermálního prostupu aktivních látek *in vitro*. K tomu byla využita prasečí kůže jako modelová bariéra ve Franzových difúzních komůrkách, přičemž byla sledována migrace polyfenolů až do receptorové kapaliny. Po 24 hodinách inkubace byla koncentrace opět stanovena metodou Folin-Ciocalteu, a to nejen v receptorové kapalině, ale také v jednotlivých vrstvách kůže, čímž bylo možné posoudit jejich distribuci v kožní tkáni.

Součástí práce bylo rovněž mikrobiologické hodnocení extraktů a krémového základu, včetně testování přítomnosti plísní a kvasinek. Tato část experimentu ověřila hygienickou nezávadnost materiálů s ohledem na jejich potenciální využití v kosmetických formulacích.

7 MATERIÁL A PŘÍSTROJE

K praktické části diplomové práce byly použity čerstvé plody tří kříženců jeřábu a vzorek dřínu. Vzorky pocházely ze soukromého pěstitelství v Lednici.

- Jeřáb obecný 'Konzentra' (oranžová odrůda)
- Jeřáb Arnoldův 'Pink Veil' (bílá odrůda)
- Jeřáb granátový 'Granatnaja' (červená odrůda)
- Dřín 'Fruchtal'

7.1 Chemikálie a pomůcky

- Odměrné baňky, kádinky, lžičky, pinzety, nůžky, skalpel, lepící páska, žiletky, Franzovy difúzní komůrky (JM-GLASS s.r.o.), filtrační papíry KA4 (papírna Pernštejn s.r.o., ČR), mikrofiltr CHROMSERVIS NY 0,45µm, třecí miska s tloučkem, lékovky, Petriho misky, skleněná hokejka, plynový kahan, mikropipety, mikrozkuhavky, filtrační aparatura, laboratorní sklo, elektrický vařič
- Destilovaná voda, Folin-Ciocalteu roztok (Penta), uhličitán sodný bezvodý p.a., methanol, ethanol, fosfátem pufovaný fyziologický roztok (Fluka), gentamycin sulfát (Himedia)
- Vzorky jeřabin, dřínu, prasečí ucho

7.2 Přístroje

- Analytické váhy KERN ABT 220 - 4NM
- Analytické váhy RADWAG® WLC 2/A2
- MPA 10 stanice (Multi Probe Adapter, Made in Germany)
- Franzova difúzní komůrka (JM-GLASS, s.r.o.)
- Ultrazvuková čistička (Kraintek K-10LE)
- Termostatová lázeň se silikonovými hadičkami (Isotemp 4100 H5P)
- Vortex Mixer – Labnet
- Tloušťkoměr Schut (Made in Germany)

- SPECORD 210/Plus (Made in Germany)
- Počítadlo kolonií Schütt count^{plus}
- Třepačka s lázní MEMMERT (Made in Germany)
- Magnetické nerezové míchadlo typ MIX 15 eco (Unimed)
- Ruční mixér MAYAM

8 METODIKA STANOVENÍ

8.1 Stanovení celkového obsahu polyfenolů

V praktické části diplomové práce byl celkový obsah polyfenolů v čerstvých plodech kříženců jeřábu a dřínu stanoven metodou s Folin-Ciocalteu činidlem – TPC. Pomocí této metody byl určen celkový obsah polyfenolů přítomných v dužnině a slupce jeřabin a dřínu.

Analýza celkových polyfenolů Folin-Ciocalteuovou metodou je velmi jednoduchá, pohodlná, a vyžaduje pouze běžné vybavení. Výsledky se vyjadřují v $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ kyseliny gallové. Polyfenoly v rostlinných extraktech reagují s Folin-Ciocalteuovým činidlem za vzniku modrého komplexu, který může být kvantifikován pomocí VIS spektrometrie. Modře zbarvený komplex má maximální absorpci v oblasti od 750 nm. Folin-Ciocalteuovo činidlo je tvořeno z kyseliny fosfowolframové ($\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$) a fosfomolybdenové ($\text{H}_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$), které se po oxidaci polyfenoly redukují na směs modrých oxidů wolframu (W_8O_{23}) a molybdenu (Mo_8O_{23}) [123][124].

Stanovení polyfenolů bylo prováděno v laboratořích ÚAČHP standardizovanou metodou.

8.1.1 Postup přípravy extraktů jeřabin a dřínu

Nejprve bylo nutné připravit vodné extrakty z čerstvých vzorků jeřabin a dřínu. Zkoumané vzorky zahrnovaly tři mezidruhovité křížence jeřábu – Jeřáb Arnoldův 'Pink Veil' (bílá odrůda – JB), Jeřáb obecný 'Konzentra' (oranžová odrůda – JO) a Jeřáb granátový 'Granatnaja' (červená odrůda – JC) a dále Dřín 'Fruchtal' (D). Vzorky byly rozmělněny v třecí misce s tloučkem na co nejjemnější kaši, následně bylo na analytických vahách s přesností 0,0001 g naváženo 4 g této homogenní směsi do lékovek. Poté bylo přidáno 20 ml extrakční směsi methanol/voda (30:70).



Obrázek 7 Odrůdy jeřabin [zdroj vlastní]



Obrázek 8 Dřín [zdroj vlastní]



Obrázek 9 Vzorek Jeřáb obecný 'Konzentra' [zdroj vlastní]

Z každého druhu jeřabiny a dřínu byly připraveny dva vzorky, celkem tedy osm vzorků. Tyto vzorky byly umístěny do třepačky s lázní o teplotě 50 °C a ponechány po dobu 1 hodiny. Po ochlazení na pokojovou teplotu byly zfiltrvány přes filtrační papír a získaný filtrát (extrakt s účinnými látkami) byl použit k analýze.



Obrázek 10 Třepačka s lázní [zdroj vlastní]

Ze získaného filtrátu, umístěného v odměrné baňce o objemu 10 ml, bylo pomocí pipety odebráno 0,1 ml vzorku. K tomuto vzorku bylo pipetou přidáno 5 ml destilované vody a 0,5 ml Folin-Ciocalteu činidla. Po jeho přidání se vzorek zabarvil do žluta. Následně bylo do odměrné baňky přidáno 1,5 ml 20% roztoku Na_2CO_3 , čímž vzorek změnil barvu ze žluté na modrou. Tato reakční směs byla zazátkována, promíchána a po 30 minutách nachystána k měření. Každý vzorek byl připraven ve dvou odměrných baňkách a dvakrát proměřen. Výsledné hodnoty byly zprůměrovány. Měření absorbance probíhalo pomocí UV-VIS spektrofotometru při vlnové délce 765 nm.



Obrázek 11 Vzorky k měření absorbance [zdroj vlastní]

Slepý pokus (Blank)

Slepý pokus byl proveden tak, že do odměrné baňky o objemu 10 ml bylo přidáno 5 ml destilované vody, 0,5 ml Folin-Ciocalteu činidla a 1,5 ml 20% roztoku Na_2CO_3 . Poté byla baňka doplněna destilovanou vodou po rysku. Následně byla provedena kalibrace stejným postupem jako při stanovení vzorků, avšak místo vzorku byly použity jednotlivé koncentrace standardu: 800, 600, 400, 200, 100 a 50 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$.

8.1.2 Kalibrační přímka kyseliny gallové

Kvantifikace celkového obsahu polyfenolových sloučenin byla provedena spektrofotometrickou metodou za použití kyseliny gallové rozpuštěné v metanolu jako kalibračního standardu. Obsah polyfenolů byl vyjádřen jako ekvivalent kyseliny gallové (GAE). Absorbance jednotlivých standardních roztoků byla měřena při vlnové délce 765 nm; získané hodnoty jsou uvedeny v Tabulce 5. Na základě naměřených hodnot absorbance

byla sestavena kalibrační křivka (Obrázek 12), která znázorňuje závislost absorbance na koncentraci kyseliny gallové a slouží k výpočtu obsahu polyfenolů ve vzorcích jeřabin a dřínu.

Tabulka 5 Koncentrace standardu kyseliny gallové a naměřené absorbance [zdroj vlastní]

Koncentrace kyseliny gallové [$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$]	Absorbance [-]
800	0,732
600	0,597
400	0,420
200	0,225
100	0,107
50	0,056

Z regresní rovnice kalibrační přímky pro kyselinu gallovou (Obrázek 12) a absorbance jednotlivých vzorků byla vypočítaná koncentrace polyfenolů podle rovnice $y = 0,00093x + 0,0196$. V rovnici je vyčíslena směrnice regresní přímky $a = (0,00093 \pm 0,00004)$ a absolutní člen $b = (0,0196 \pm 0,0013)$. Za y byla vložena naměřená absorbance, hodnota x udávala obsah polyfenolů ve vzorku vyjádřený jako ekvivalent kyseliny gallové.

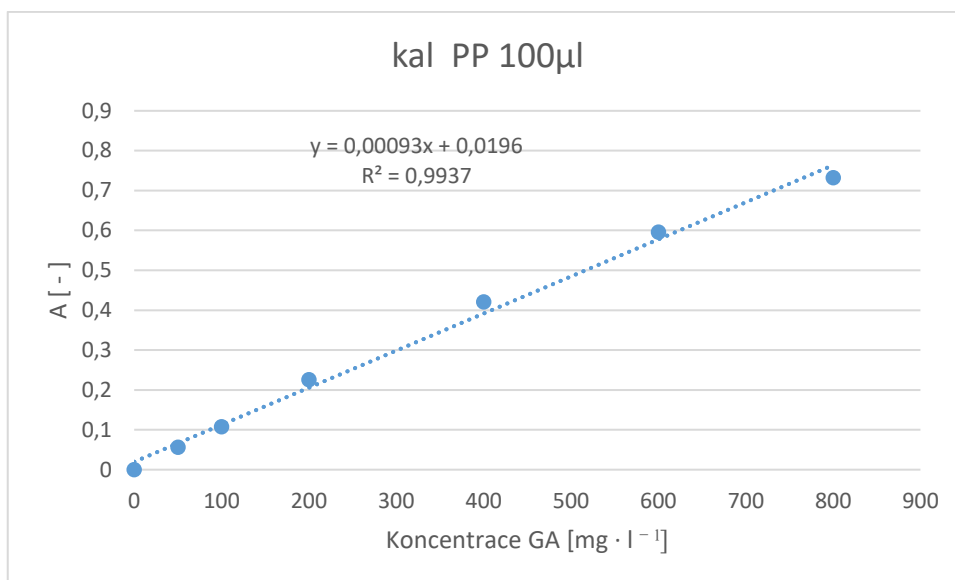
$$y = 0,00093x + 0,0196$$

$$A = (0,00093 \cdot C) + 0,0196$$

$$C = \frac{(A - 0,0196)}{0,00093} [\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}] \quad (1)$$

Kde:

- A = absorbance vzorku
- C = koncentrace polyfenolů [$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$]



Obrázek 12 Graf kalibrační přímky standardu kyseliny gallové (GA) [zdroj vlastní]

Následně byl vypočítán celkový obsah polyfenolických látek ve vzorcích oranžové (JO), bílé (JB), červené jeřabině (JC) a dřínu (D). Stanovení bylo provedeno dvakrát u každého ze dvou vzorků, které byly připraveny pro každý druh ovoce. Výsledné hodnoty a výpočty jsou zapsány v Tabulkách 6, 7 a 8 pro vzorky jeřabin. Naměřené hodnoty absorbance a výpočty polyfenolů pro vzorek dřínu jsou uvedeny v Tabulce 9.

8.1.3 Výsledky a diskuse

Celková koncentrace polyfenolů (PP) byla vypočtena z regresní rovnice kalibrační křivky kyseliny gallové. Po dosazení do rovnice regrese (přímky) $y = 0,00093x + 0,0196$ za y naměřené hodnoty absorbancí u vzorků jeřabin a dřínu, pak je výsledná hodnota x koncentrace polyfenolů ve vzorku vyjádřena jako ekvivalent standardu kyseliny gallové (C). Absorbance byly změřeny při vlnové délce 765 nm. Množství polyfenolů v ovoci je vypočteno v $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$.

Příklad výpočtu celkového množství polyfenolů pro vzorek jeřabina oranžová JO1a:

- Nejprve byla z rovnice (1) vypočtena koncentrace PP v extraktu jeřabiny oranžové JO1a.

$$C = \frac{(0,5343 - 0,0196)}{0,00093}$$

$$C = 553,4409 [\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}]$$

$$\text{množství polyfenolů} = \frac{(C \cdot V)}{\text{navážka}} \quad [\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}] \quad (2)$$

- Po dosazení do rovnice (2), kde V je objem extraktu 20 ml (0,02 l) a C vypočítaná koncentrace PP v extraktu JO1a, získáme množství polyfenolů v ovoci na gram vzorku.

$$\text{množství polyfenolů} = \frac{(553,4409 \cdot 0,02)}{4,0989} \quad [\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}]$$

$$\text{množství polyfenolů JO1a} = 2,7004 \quad [\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}]$$

Tabulka 6 Naměřené hodnoty pro vzorek Jeřáb obecný 'Konzentra' - jeřabina oranžová (JO) [zdroj vlastní]

Vzorek	Navážka [g]	Absorbance [-]	Koncentrace PP na kys. gallovou [$\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$]	Množství polyfenolů [$\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$]
JO1a	4,0989	0,5343	553,44	2,7004
JO1b	4,0989	0,5348	553,98	2,7030
JO2a	4,0079	0,5247	543,12	2,7102
JO2b	4,0079	0,5237	542,04	2,7048
Průměr	4,0534	-	548	2,705
Směrodatná odchylka průměru SE			4	0,002

V Tabulce 6 jsou uvedeny naměřené hodnoty absorbance při vlnové délce 765 nm a vypočítané množství polyfenolů. Průměrná celková koncentrace polyfenolů (PP) ve vzorku Jeřáb obecný 'Konzentra' (JO) byla určena pomocí rovnice (1) z kalibrační křivky kyseliny gallové a činí $(548 \pm 4) \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Množství polyfenolů ve vzorku ovoce bylo vypočteno podle rovnice (2). Průměrná hodnota pro vzorek jeřabina oranžová (JO) byla **$(2,705 \pm 0,002) \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$** .

Tabulka 7 Naměřené hodnoty pro vzorek Jeřáb Arnoldův 'Pink Veil' - jeřabina bílá (JB)
[zdroj vlastní]

Vzorek	Navážka [g]	Absorbance [-]	Koncentrace PP na kys. gallovou [mg·l ⁻¹]	Množství polyfenolů [mg·g ⁻¹]
JB1a	4,0994	0,4754	490,11	2,3911
JB1b	4,0994	0,4777	492,58	2,4032
JB2a	4,0869	0,4143	424,41	2,0769
JB2b	4,0869	0,4147	424,84	2,0790
Průměr	4,0932	-	458	2,24
Směrodatná odchylka průměru SE			19	0,10

V Tabulce 7 jsou zaznamenány naměřené hodnoty absorbance druhého vzorku jeřabina bílá (JB) a odpovídající množství polyfenolů. Z této tabulky je patrné, že průměrná koncentrace polyfenolů (PP) ve druhém vzorku Jeřáb Arnoldův 'Pink Veil' (JB) činí $(458 \pm 19) \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ a množství polyfenolů v ovoci je $(2,24 \pm 0,10) \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$.

Tabulka 8 Naměřené hodnoty pro vzorek Jeřáb granátový 'Granatnaja'- jeřabina červená (JC) [zdroj vlastní]

Vzorek	Navážka [g]	Absorbance [-]	Koncentrace PP na kys. gallovou [mg·l ⁻¹]	Množství polyfenolů [mg·g ⁻¹]
JC1a	4,1048	0,7622	798,49	3,8905
JC1b	4,1048	0,7600	796,13	3,8790
JC2a	4,0210	0,7161	748,92	3,7251
JC2b	4,0210	0,7144	747,10	3,7160
Průměr	4,0629	-	773	3,80
Směrodatná odchylka průměru SE			14	0,05

Do Tabulky 8 jsou zaznamenány naměřené hodnoty absorbance při vlnové délce 765 nm a vypočítané množství polyfenolů pro třetí vzorek Jeřáb granátový 'Granatnaja' (JC). Celková změřená koncentrace polyfenolů (PP) v odrůdě 'Granatnaja' činí $(773 \pm 14) \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ a množství polyfenolů v ovoci je $(3,80 \pm 0,05) \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$.

Tabulka 9 Naměřené hodnoty pro vzorek Dřín 'Fruchtal' (D) [zdroj vlastní]

Vzorek	Navážka [g]	Absorbance [-]	Koncentrace PP na kys. gallovou [mg·l ⁻¹]	Množství polyfenolů [mg·g ⁻¹]
D1a	4,0921	0,9508	1 001,29	4,8938
D1b	4,0921	0,9502	1 000,65	4,8906
D2a	4,0483	0,9288	977,63	4,8299
D2b	4,0483	0,9218	970,11	4,7927
Průměr	4,0702	-	987	4,85
Směrodatná odchylka průměru SE			8	0.03

Posledním měřeným vzorkem byl Dřín 'Fruchtal' (D). Jak je patrné z Tabulky 9, jeho koncentrace polyfenolů (PP) patří k nejvyšším ze všech měřených vzorků a dosahuje hodnoty $(987 \pm 8) \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Množství polyfenolů v plodech dřínu činí **$(4,85 \pm 0,03) \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$** .

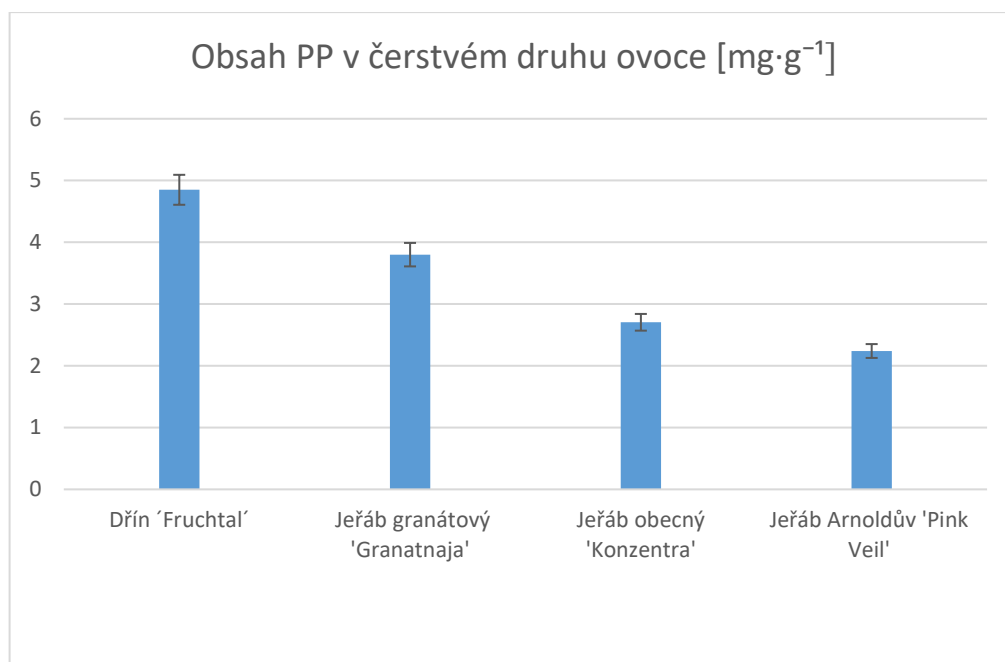
Obsah polyfenolů

V Tabulce 10 jsou uvedeny průměrné hodnoty celkového obsahu polyfenolických látek v $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ u jednotlivého druhu ovoce. Z výsledků jednoznačně vyplývá, že nejvyšší množství polyfenolických látek je obsaženo ve vzorku dřínu odrůdy 'Fruchtal' $4,85 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ čerstvé hmoty. Naopak nejnižší množství polyfenolických látek je obsaženo ve vzorku jeřabiny odrůdy 'Pink Veil' (JB) $2,24 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ čerstvé hmoty.

Tabulka 10 Průměrný obsah polyfenolů v čerstvém druhu ovoce [zdroj vlastní]

Druh	Množství polyfenolů v čerstvém druhu ovoce [mg·g ⁻¹]
Dřín 'Fruchtal'	$4,85 \pm 0,03$
Jeřáb granátový 'Granatnaja'	$3,80 \pm 0,05$
Jeřáb obecný 'Konzentra'	$2,705 \pm 0,002$
Jeřáb Arnoldův 'Pink Veil'	$2,24 \pm 0,10$

Průměrné hodnoty obsahu polyfenolů v čerstvých plodech, uvedené v Tabulce 10, jsou graficky znázorněny také na Obrázku 13.



Obrázek 13 Graf obsahu polyfenolů (PP) v čerstvém druhu ovoce [zdroj vlastní]

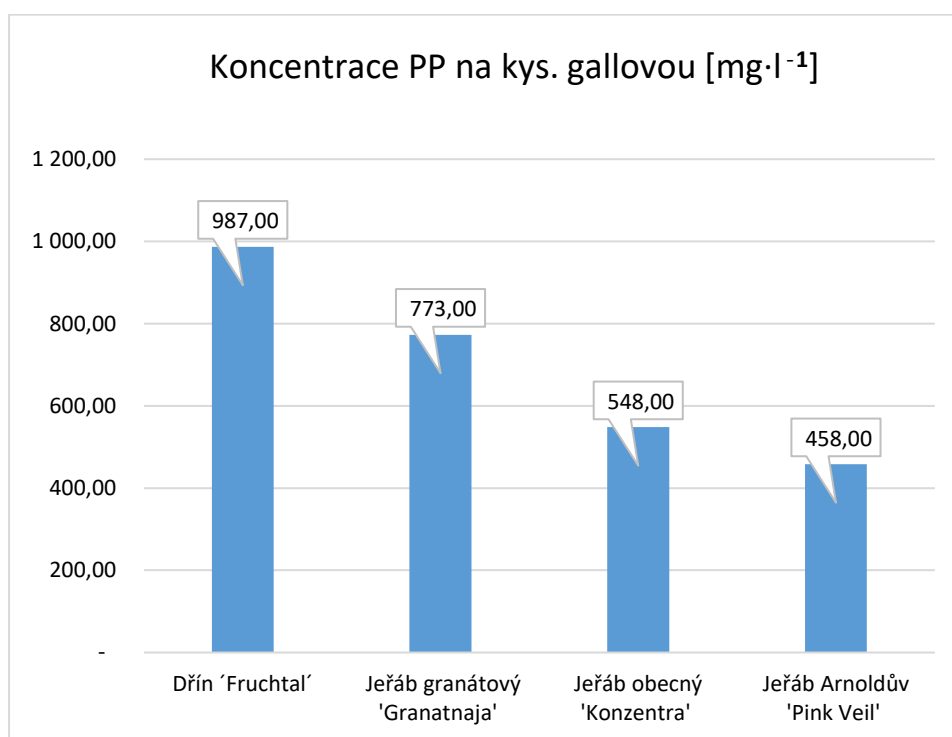
Graf na Obrázku 13 přehledně zobrazuje koncentrace polyfenolických sloučenin ve vybraných druzích netradičního ovoce v sestupném pořadí. Nejvyšší koncentrace byla zaznamenána u dřínu 'Fruchtal', a to $4,85 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$. Mezi jednotlivými odrůdami jeřabin byly pozorovány mírné rozdíly. Jeřáb granátový 'Granatnaja' (JC) dosáhl hodnoty $3,80 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, následovaný odrůdou 'Konzentra' (JO) s $2,705 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ a jeřábem Arnoldovým 'Pink Veil' (JB), který vykazoval nejnižší koncentraci – $2,24 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$.

Pro ověření, zda existují statisticky významné rozdíly v hodnotách koncentrace polyfenolických sloučenin mezi jednotlivými druhy vybraného netradičního ovoce, byla provedena jednofaktorová analýza rozptylu (ANOVA). Výsledky testu ukázaly, že existuje statisticky významný rozdíl mezi skupinami ($F(3, 12) = 481.7, p < 0.0001$).

Následně byl proveden post-hoc test pomocí Tukeyho HSD, který potvrdil, že všechny porovnávané dvojice skupin se mezi sebou významně liší (všechny $p < 0.001$). Nejvyšší hodnota koncentrace byla zaznamenána u dřínu 'Fruchtal', zatímco nejnižší u jeřábu Arnoldovým 'Pink Veil' (JB). Rozdíl mezi těmito skupinami činil přibližně $2.61 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$.

Vypočítané hodnoty koncentrace polyfenolů (PP) přepočtené na kyselinu gallovou pro jednotlivé druhy ovoce jsou zaznamenány v grafu (viz Obrázek 14). Z výsledků je patrné, že nejvyšší koncentrace polyfenolů byla naměřena u dřínu 'Fruchtal' – 987 mg·l⁻¹, zatímco nejnižší hodnotu vykazoval jeřáb Arnoldův 'Pink Veil' – 458 mg·l⁻¹.

Ze tří analyzovaných vzorků jeřabin vykazoval nejvyšší koncentraci polyfenolických látek jeřáb granátový 'Granatnaja' (773 mg·l⁻¹), následoval jeřáb obecný 'Konzentra' (548 mg·l⁻¹) a nejnižší hodnotu měl jeřáb Arnoldův 'Pink Veil' (458 mg·l⁻¹).



Obrázek 14 Graf koncentrace polyfenolů (PP) v extraktech jeřabin a dřínu [zdroj vlastní]

Koncentrace polyfenolických látek (PP) na kyselinu gallovou obsažených v extraktech čtyř druhů ovoce je v grafu (viz Obrázek 14) uspořádána sestupně v následujícím pořadí: dřín 'Fruchtal', jeřáb granátový 'Granatnaja', jeřáb obecný 'Konzentra' a jeřáb Arnoldův 'Pink Veil'. Rozdíl mezi nejbohatším (dřín 'Fruchtal') a nejchudším (jeřáb Arnoldův 'Pink Veil') vzorkem v extraktu činí 529 mg·l⁻¹, tedy více než dvojnásobek. Výsledky potvrzují, že zkoumané druhy ovoce, zejména dřín 'Fruchtal' a jeřáb granátový 'Granatnaja' (JC) představují cenný přírodní zdroj polyfenolů a mohou být využity jako funkční složky v kosmetických přípravcích se zaměřením na antioxidační účinky.

8.2 Transdermální prostup aktivních látek *in vitro*

Transdermální absorpce látek je důležitým testem používaným k hodnocení bezpečnosti chemických sloučenin. Hlavní bariérou kůže, která reguluje průnik látek z vnějšího prostředí do organismu, je *stratum corneum*. Chemické látky mohou do těla pronikat různými cestami, například intracelulárně, přes buňky epidermis, vlasovými folikuly nebo prostřednictvím potních a mazových žláz.

Samotné testování transdermální absorpce aktivních látek *in vitro* se provádí pomocí difúzních komůrek, tzv. Franzových komůrek. Ty se skládají ze dvou skleněných částí – donorové (horní) a receptorové (spodní). Při testování se receptorová kapalina umístí do receptorové části a mezi obě komůrky se vloží testovaný vzorek kůže, vždy tak, aby dermis směřovala nahoru. Na předem připravený vzorek kůže o známém rozměru a tloušťce, u něhož byla stanovena transepidermální ztráta vody (TEWL), se aplikuje přesné množství testované látky.

Doba průběhu testu se může lišit, avšak nejčastěji se doporučuje 24 hodin. Po ukončení experimentu se testovaná látka může nacházet na povrchu kůže, v rohové vrstvě, hlubších vrstvách pokožky, ve škáře nebo v receptorové kapalině. Následně se jednotlivé vrstvy kůže oddělí a obsah testované látky v každé z nich se stanoví vhodnou analytickou metodou. K tomuto účelu se nejčastěji používají spektroskopické nebo chromatografické techniky. Výběr analytické metody se vždy odvíjí od chemické povahy zkoumané látky a od technických možností laboratoře, kde je výzkum prováděn [125].

V této práci byla pro stanovení koncentrace polyfenolických sloučenin využita UV/VIS spektroskopie ve spojení s Folin-Ciocalteuovou metodou, která umožňuje kvantifikovat celkový obsah polyfenolů. Pro přesnější identifikaci jednotlivých typů polyfenolů lze využít vysokoúčinnou kapalinovou chromatografii (HPLC), která umožňuje separaci a specifickou detekci jednotlivých sloučenin na základě jejich fyzikálně-chemických vlastností [124][125].

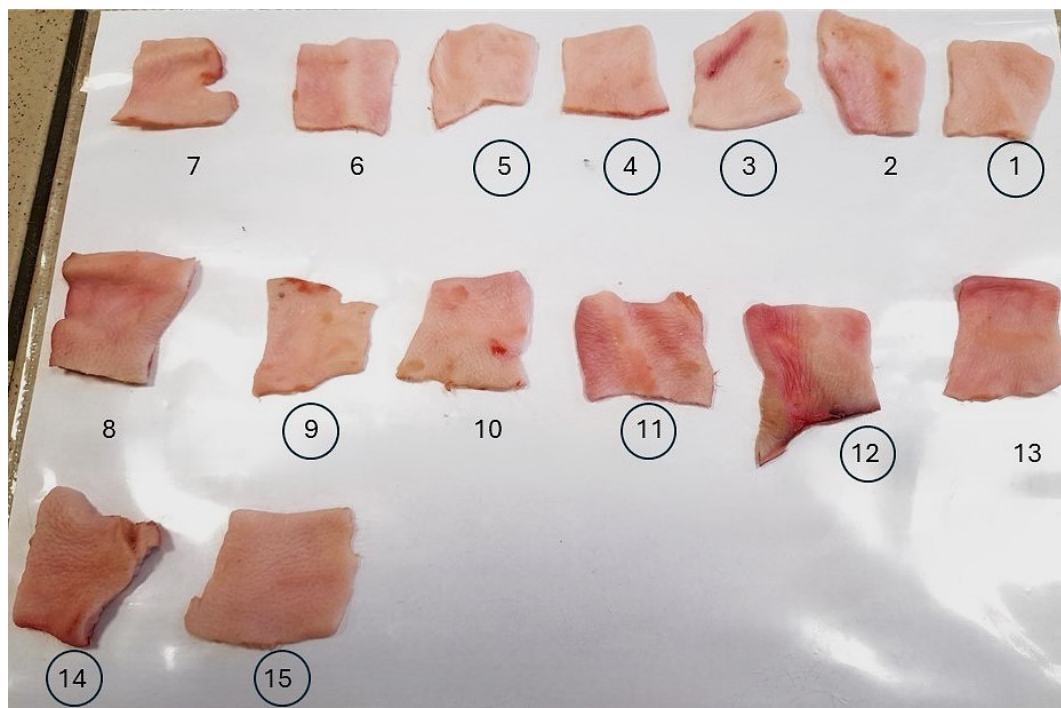
8.2.1 Příprava biologického materiálu

K testování transdermálního prostupu aktivních látek *in vitro* byly použity pouze extrakty z jeřabin – oranžové, bílé a červené – připravené podle postupu uvedeného v kapitole 8.1.1. Extrakt z dřínu nebyl zařazen, neboť cílem bylo porovnat transdermální prostupnost polyfenolů mezi třemi vybranými odrůdami jeřabin. Tyto odrůdy byly zvoleny s ohledem na jejich rozdílné barevné typy, dostupnost a také i s ohledem na jejich dosavadní využití v komerčních kosmetických produktech, což podporuje jejich potenciál pro další výzkum a praktické uplatnění. Pro testování byly zvoleny koncentrovanější extrakty jeřabin a každý z nich byl analyzován třikrát. Pro toto stanovení byla použita kůže z vnitřní části ucha prasete. Kůže nebyla spařena a její vnitřní část byla opatrně oddělena od chrupavky pomocí skalpelu. Následně byly jednorázovou žiletkou odstraněny chlupy z povrchu stažené kůže.



Obrázek 15 Zpracování kůže [zdroj vlastní]

Takto připravená kůže byla nastříhána na čtvercové terčíky o rozměru 3×3 cm. Tloušťka každého terčíku byla změřena ve třech opakováních tloušťkoměrem, a následně byla stanovena transepidermální ztráta vody (TEWL). Z celkového počtu 15 vzorků prasečí kůže bylo vybráno 9, které splňovaly požadovaná kritéria tloušťky a hodnot transepidermální ztráty vody (TEWL). Vzorky s extrémně vysokými nebo naopak velmi nízkými hodnotami TEWL byly z další analýzy vyřazeny (viz Obrázek 16).



Obrázek 16 Foto vybraných terčů [zdroj vlastní]

Přehled vybraných vzorků kůže, včetně hodnot TEWL a změřené tloušťky kůže v milimetrech, je uveden v Tabulce 11.

Tabulka 11 Tloušťka kůže a naměřené hodnoty (TEWL) [zdroj vlastní]

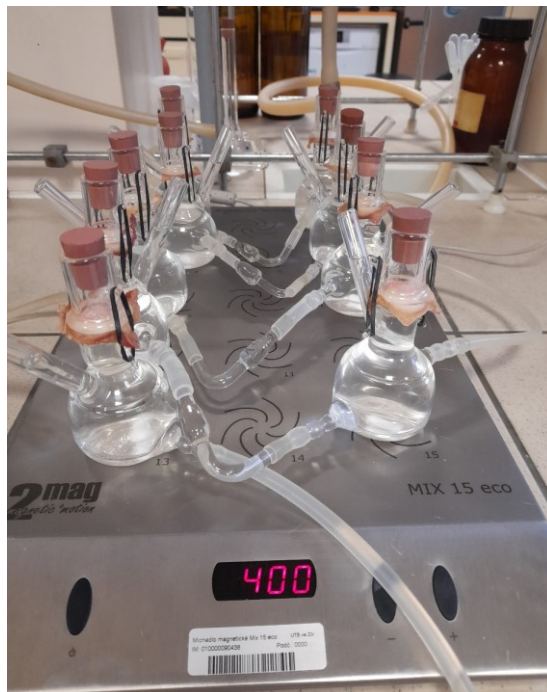
Vzorek kůže	Průměrná tloušťka kůže [mm]	TEWL [g/hm ²]
1	2,00	16,0
3	2,07	9,6
4	2,23	2,1
5	2,33	18,8
9	1,56	13,3
11	2,06	25,8
12	1,60	8,6
14	2,20	13,7
15	2,10	11,7

8.2.2 Testování vzorků

Franzovy difúzní komůrky byly umístěny na magnetickou desku s míchadly a propojeny silikonovými hadičkami. Tento systém byl připojen k vodní lázni s termostatem, který po celou dobu měření udržoval konstantní teplotu 32 °C.

Receptorové části difúzních komůrek byly naplněny až po okraj receptorovou kapalinou, tvořenou pufrovaným fyziologickým roztokem s 0,05% Gentamycin sulfátem, která byla předem odplyněna v ultrazvukové lázni. Na horní část komůrek byly umístěny vzorky kůže rohovou vrstvou směrem vzhůru, aby mezi kůží a receptorovou kapalinou nevznikaly vzduchové bublinky. Na střed terčíku prasečí kůže bylo automatickou mikropipetou nanášeno 150 μ l vzorku s největší zjištěnou koncentrací PP (viz kapitola 8.1.3 – JO1b, JB1b, JC1a), který byl následně rovnoměrně rozetřen skleněnou hokejkou.

Poté byla kůže zakryta donorovou částí a obě části Franzovy difúzní komůrky pevně spojeny pomocí gumiček. Tento test byl proveden ve třech paralelních stanoveních. Experiment probíhal po dobu 24 hodin. Po uplynutí této doby byla prasečí kůže dále zpracovávána.



Obrázek 17 Franzovy difúzní komůrky [zdroj vlastní]

8.2.3 Zpracování vzorků kůže

Po ukončení reakční doby byla prasečí kůže vyjmuta z Franzovy komůrky a jednotlivé frakce byly rozděleny do mikrozkušavek.

- Do první mikrozkušavky byl proveden oplach víčka (capu).
- Poté byl odstřižen terčík vzniklý přitlačením horní donorové části na kůži. Okraje terčíku byly rozstříhány na menší kousky a vloženy do druhé mikrozkušavky.
- Do třetí mikrozkušavky byly uloženy první a druhý strip svrchní vrstvy kůže (*stratum corneum*), získané pomocí lepicí pásky.
- Do čtvrté mikrozkušavky byly vloženy třetí a čtvrtý strip svrchní vrstvy kůže.
- Vzorek prasečí kůže byl následně umístěn na horký vařič. Zahříváním došlo k vytvoření puchýře, který umožnil oddělení epidermis od dermis. Následně byl puchýř pomocí pinzety oddělen od dermální vrstvy, rozstříhán na malé fragmenty a vložen do páté mikrozkušavky pro další analýzu.
- Do šesté mikrozkušavky byla následně přenesena zbývající část dermis, ze které byl předtím oddělen epidermální puchýř. Tento fragment dermis byl rozstříhán na menší kousky a poté vložen do mikrozkušavky pro následné zpracování.
- Sedmá mikrozkušavka obsahovala 1 ml receptorové kapaliny.

Do všech mikrozkušavek (kromě sedmé) byl přidán 1 ml methanolu. Takto rozdělené frakce byly připraveny pro tři paralelní vzorky. Celkem vzniklo 63 mikrozkušavek, které byly uloženy do mrazničky při teplotě $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$ pro další testování.

8.3 Stanovení celkového obsahu polyfenolů po transdermální absorpci

Po stanovení transdermálního prostupu aktivních látek (kapitola 8.2) byl opět analyzován celkový obsah polyfenolů, které prošly prasečí kůží, pomocí Folin-Ciocalteuova činidla. Toto stanovení bylo provedeno s extrakty jeřabin připravenými v kapitole 8.2.1. Všechny vzorky byly nejprve důkladně promíchány ve vortexu. Z každé mikrozkušavky bylo napipetováno 500 μl vzorku do 10 ml odměrné baňky obsahující 5 ml destilované vody. Následně bylo přidáno 500 μl Folin-Ciocalteuova činidla a 1,5 ml 20% roztoku Na_2CO_3 , který slouží jako spouštěč reakce. Směs byla doplněna destilovanou vodou na konečný

objem 10 ml a ponechána 30 minut reagovat. Po uplynutí reakční doby byla změřena absorbance při vlnové délce 765 nm.

Vzorky jeřabin byly označeny písmeny, zatímco jednotlivé mikrozkušavky čísly. Mikrozkušavky obsahovaly oplach capu (1), odstřížek terčíku (2), první a druhé stripování svrchní vrstvy kůže (3), třetí a čtvrtý strip (4), vzorek epidermis (5), vzorek dermis (6) a receptorovou kapalinu (7).

8.3.1 Výsledky a diskuse

Po uplynutí reakční doby 30 minut byla změřena absorbance u vzorků, kde došlo k modrému zbarvení. U oranžové jeřabiny (JO) byl měřitelný obsah polyfenolů u vzorku A1 v následujících frakcích: oplach capu (1), odstřížek terčíku (2), dermis (6) a receptorová kapalina (7). Ve vzorku B3 byla navíc detekována koncentrace polyfenolů i po prvním a druhém stripování (3), ostatní frakce odpovídaly vzorku A1. U vzorku C4 byla měřitelná absorbance pouze v odstřížku terčíku (2), v dermis (6) a v receptorové kapalině (7). Všechny naměřené hodnoty absorbance příslušných frakcí pro jeřabinu oranžovou (JO) jsou zaznamenány v Tabulce 12. Výpočet obsahu PP v jednotlivých vrstvách kůže byl proveden následujícím postupem:

- Nejprve byla z rovnice (1) vypočtena koncentrace PP v extraktu.

$$C = \frac{(A-0,0196)}{0,00093} \quad [\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}] \quad (1)$$

- Při výpočtu PP z kalibrační křivky, je potřeba C (koncentraci) dělit 5, protože bylo pipetováno 500 μl vzorku do 10 ml odměrné baňky, nikoli 100 μl v případě kalibrace (rovnice 3) a získáme průměrný obsah PP v koncentrovaném vzorku kůže.

$$\text{Prům. obsah PP v konc. vzorku kůže} = \frac{C}{5} \quad [\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}] \quad (3)$$

- Po dosazení do rovnice (4), získáme obsah PP v jednotlivých vrstvách kůže v [%].

$$\text{Obsahu PP v jednotl. vrstvách kůže} = \frac{\text{Prům. obsah PP v konc. vzorku kůže} \cdot 100}{\text{Obsah PP ve vzorku}} \quad (4)$$

Příklad výpočtu obsahu PP v jednotlivých vrstvách kůže po aplikaci extraktu jeřabiny JO1b,

Na vzorku kůže A1, ve frakci oplach capu (1):

$$\text{Obsah PP (1)} = \frac{4,0860 \cdot 100}{553,98} \quad [\%]$$

$$\text{Obsah PP (1)} = 0,74 \quad [\%]$$

Tabulka 12 Vypočítané koncentrace polyfenolů a jejich procentuální zastoupení v jednotlivých vrstvách prasečí kůže po aplikaci extraktu oranžové jeřabiny (JO) [zdroj vlastní]

Vzorek JO1b	Obsah PP ve vzorku [mg·l ⁻¹]	Vzorek kůže	Absorbance [-]	Průměrný obsah PP v konc. vzorku kůže [mg·l ⁻¹]	Obsah PP v jednotlivých vrstvách kůže [%]
A1	553,98	oplach capu (1)	0,0386	4,0860	0,74
		odstřížek terčíku (2)	0,4107	84,1075	15,18
		dermis (6)	0,1606	30,3226	5,47
		receptorová kapalina (7)	0,0874	14,5806	2,63
B3	553,98	oplach capu (1)	0,0250	1,1613	0,21
		odstřížek terčíku (2)	0,3826	78,0645	14,09
		první a druhé stripování (3)	0,2070	40,3011	7,27
		dermis (6)	0,2421	47,8495	8,64
		receptorová kapalina (7)	0,0762	12,1720	2,20
C4	553,98	odstřížek terčíku (2)	0,4470	91,9140	16,59
		dermis (6)	0,1530	28,6882	5,18
		receptorová kapalina (7)	0,0995	17,1828	3,10

U jeřabiny bílé (JB) byl měřitelný obsah polyfenolů ve vzorku D5 v následujících frakcích: odstřížek terčíku (2), dermis (6) a receptorová kapalina (7). Stejně frakce s měřitelnými hodnotami byly zaznamenány také u vzorků E9 a F11. Všechny naměřené hodnoty jsou uvedeny v Tabulce 13. U všech tří vzorků nebylo možné stanovit obsah polyfenolů v oplachu capu (1), při prvním a druhém stripování (3), třetím a čtvrtém stripování (4) ani v epidermis (5).

Tabulka 13 Vypočítané koncentrace polyfenolů a jejich procentuální zastoupení v jednotlivých vrstvách prasečí kůže po aplikaci extraktu bílé jeřabiny (JB) [zdroj vlastní]

Vzorek JB1b	Obsah PP ve vzorku [mg·l ⁻¹]	Vzorek kůže	Absorbance [-]	Průměrný obsah PP v konc. vzorku kůže [mg·l ⁻¹]	Obsah PP v jednotlivých vrstvách kůže [%]
D5	492,58	odstřížek terčíku (2)	0,4212	86,3656	17,53
		dermis (6)	0,3130	63,0968	12,81
		receptorová kapalina (7)	0,1158	20,6882	4,20
E9	492,58	odstřížek terčíku (2)	0,4928	101,7634	20,66
		dermis (6)	0,0973	16,7097	3,39
		receptorová kapalina (7)	0,1098	19,3978	3,94
F11	492,58	odstřížek terčíku (2)	0,4084	83,6129	16,97
		dermis (6)	0,4541	93,4409	18,97
		receptorová kapalina (7)	0,0939	15,9785	3,24

Tabulka 14 Vypočítané koncentrace polyfenolů a jejich procentuální zastoupení v jednotlivých vrstvách prasečí kůže po aplikaci extraktu jeřabiny červené (JC) [zdroj vlastní]

Vzorek JC1a	Obsah PP ve vzorku [mg·l ⁻¹]	Vzorek kůže	Absorbance [-]	Průměrný obsah PP v konc. vzorku kůže [mg·l ⁻¹]	Obsah PP v jednotlivých vrstvách kůže [%]
G12	798,49	odstřížek terčíku (2)	0,4989	103,0753	12,91
		receptorová kapalina (7)	0,0733	11,5484	1,45
H14	798,49	oplach capu (1)	0,2301	45,2688	5,67
		dermis (6)	0,1983	38,4301	4,81
		receptorová kapalina (7)	0,1012	17,5484	2,20
J15	798,49	oplach capu (1)	0,5718	118,7527	14,87
		dermis (6)	0,1987	38,5161	4,82
		receptorová kapalina (7)	0,1018	17,6774	2,21

V Tabulce 14 jsou uvedeny všechny naměřené hodnoty absorbance jednotlivých frakcí pro jeřabinu červenou (JC), která byla třetím testovaným vzorkem v rámci stanovení transdermální absorpce metodou *in vitro*. U vzorku G12 byl měřitelný obsah polyfenolů zaznamenán v odstřížku terčíku (2) a v receptorové kapalině (7), zatímco ve zbývajících

frakcích nebyla přítomnost polyfenolů detekována. U vzorků H14 a J15 byla měřitelná absorbance zaznamenána v oplachu capu (1), v dermis (6) a receptorové kapalině (7). Výsledky ukazují rozdíly v rozložení polyfenolů mezi jednotlivými vzorky i frakcemi a svědčí tak o variabilitě transdermálního průniku.

Při porovnání tří testovaných odrůd jeřabin – oranžové (JO), bílé (JB) a červené (JC) – byly zaznamenány rozdíly v počtu i typu frakcí, ve kterých byl měřitelný obsah polyfenolů.

U jeřabiny oranžové (JO) byly polyfenoly detekovány ve více frakcích (např. odstřížek terčíku, dermis, receptorová kapalina, v některých případech také v prvním a druhém stripování a oplach capu), a naznačuje tak vyšší schopnost prostupu i akumulace aktivních látek v různých vrstvách kůže.

U jeřabiny bílé (JB) byla měřitelná koncentrace polyfenolů stabilně přítomna ve frakcích odstřížku terčíku, v dermis a receptorové kapalině, a tím potvrzuje jejich schopnost pronikat až do receptorové kapaliny.

U jeřabiny červené (JC) byly polyfenoly detekovány u dvou vzorků ve třech frakcích (oplach capu, dermis, receptorová kapalina) a u jednoho vzorku pouze ve dvou frakcích (odstřížek terčíku, receptorová kapalina). Nejspíš tyto výsledky byly pravděpodobně způsobeny případným únikem vzorku do okrajových částí terčíku kůže, nebo kvůli nedokonalému těsnění komůrek. Tento výsledek ukazuje na nižší, avšak stále detekovatelnou schopnost transdermální absorpce.

Tato studie navazovala na práci Polákové (2024), která testovala průnik polyfenolů z netradičního ovoce aronie černé a rakytníku řešetlákového přes prasečí kůži transdermální absorpcí *in vitro*, a to převážně v okrajových částech kůže. Použitím koncentrovanějších extraktů jeřabin se v mém experimentu podařilo prokázat, že polyfenoly byly kvantifikovány v několika frakcích, a to v oplachu capu, odstřížku terčíku, po stripování svrchní vrstvy kůže, v dermis a v receptorové kapalině. Významnější průnik aktivních látek byl nejen do svrchních vrstev, ale také do dermis a receptorové kapaliny.

Celkově vykazovala jeřabina oranžová nejširší spektrum prostupu polyfenolů přes kožní bariéru, následovaná jeřabinou bílou, zatímco jeřabina červená vykazovala nejnižší a nejméně konzistentní distribuci aktivních látek. Tyto výsledky mohou být dále využity pro výběr vhodného extraktu v rámci dermálních aplikací.

Tato práce se zaměřila na analýzu tří kultivarů jeřabin a dřínu, přičemž hlavním cílem bylo stanovení celkového obsahu polyfenolických látek. V rámci experimentální části byla u

plodů dřínu zjištěna koncentrace polyfenolů $987 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, což odpovídá průměrné koncentraci $4,85 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ v čerstvé hmotnosti. Podle studie Bijelić a kol. (2015) se celkový obsah polyfenolů v plodech dřínu pohyboval v rozmezí 497–704 mg/100 g čerstvé hmotnosti [23]. V některých případech byly zaznamenány i vyšší hodnoty, například až $924,65 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ u odrůdy 'Uholok', jak uvádějí studie Klymenko a kol. (2021) [117]. Mé výsledky tedy naznačují vyšší koncentraci polyfenolických látek, to může být ovlivněno ve zralosti plodů nebo specifickými podmínkami pěstování.

Na základě mnou provedených analýz lze konstatovat, že sladké kultivary jeřabin (*Sorbus aucuparia*), jako 'Granatnaja', 'Konzentra' a 'Pink Veil' vykazují vysoký obsah celkových polyfenolických látek, pohybující se v rozmezí $2,24\text{--}3,80 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ čerstvé hmotnosti. Nejvyšší hodnoty byly zaznamenány u odrůdy 'Granatnaja' ($3,80 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$), zatímco nejnižší u odrůdy 'Pink Veil' ($2,24 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$). Celková koncentrace polyfenolů v odrůdách jeřabin se pohybuje od $458\text{--}773 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Tyto výsledky jsou v souladu s literárními údaji (Orsavová, 2023), které uvádějí obsah polyfenolů v rozmezí 550–1014/100 g čerstvé hmotnosti u různých kultivarů jeřabin [117]. To je srovnatelné nebo dokonce vyšší než u borůvek (846 mg/100 g) a brusinek (717 mg/100 g), jak uvádí studie Hukkanen a kol. (2006) [118].

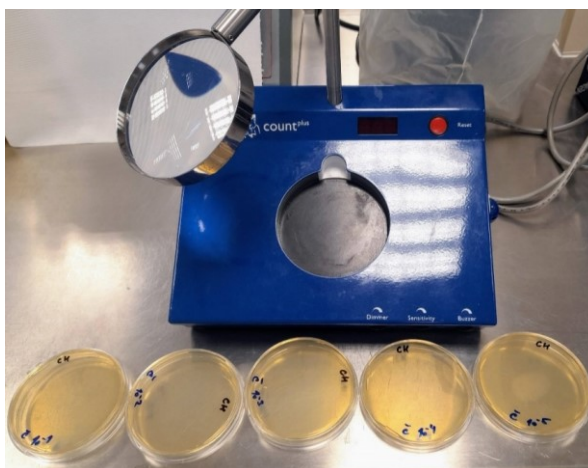
9 MIROBIOLOGICKÉ TESTOVÁNÍ

9.1 Nepřímé stanovení počtu životaschopných bakterií plotnovou metodou

Mezi nepřímé metody stanovení počtu mikroorganismů patří metody kultivační. Pomocí kultivace části vzorku lze zjistit počet životaschopných buněk, které jsou schopné vytvořit kolonie. Při některých fyziologických a genetických experimentech je nutné znát počet buněk ve vzorku. Počet buněk slouží jako standard pro porovnání výsledků mezi různými vzorky. Jednotkou výpočtu plotnové metody je počet životaschopných (na plotnách rostoucích) buněk v 1 ml média/vzorku, tzv. colony forming units – CFU/ml (počet bakterií schopných vytvořit kolonii/ml) [126].

Princip plotnové (kultivační) metody spočívá ve stanovení počtu narostlých kolonií za předpokladu, že každá životaschopná buňka vytvoří jednu izolovanou kolonii. Metodu lze provést dvěma způsoby, smícháním vzorku s temperovaným tekutým agarem, nebo nanesením vzorku na agarovou misku a jeho rozetřením pomocí skleněné hokejky [125].

Pro stanovení počtu buněk v různých typech vzorků existuje celá řada metod a volí se vždy ta, která nejlépe vyhovuje konkrétnímu účelu. Výsledky se obvykle přepočítávají na 1 ml původního vzorku. V laboratorní praxi lze navíc využít automatické počítače kolonií pro zefektivnění a zpřesnění stanovení (viz Obrázek 18 – foto vlastní.) [126].



Obrázek 18 Počítadlo kolonií Schütt count^{plus} [zdroj vlastní]

9.1.1 Postup odběru a ředění vzorků

Ředění a odběry vzorků byly prováděny za použití sterilních nástrojů. Z připravených extraktů jeřabin (viz kapitola 8.1.1) byla vytvořena desítková ředicí řada až do ředění 10^{-5} . Stejným způsobem byly naředěny všechny vzorky dle následujícího postupu:

- Do sady pěti sterilních zkumavek bylo napipetováno po 4,5 ml sterilního fyziologického roztoku.
- Z dobře promíchaného extraktu jeřabiny bylo odebráno 500 μ l mikropipetou a přeneseno do první zkumavky, čímž vzniklo ředění 10^{-1}
- Obsah první zkumavky byl promíchán, poté bylo odebráno 500 μ l a přeneseno do druhé zkumavky.
- Tento postup ředění a promíchání byl opakován až do páté zkumavky, čímž byla připravena ředicí řada do ředění 10^{-5} .

K přípravě testování krémového základu byl použit komerčně vyráběný mastný krémový základ od firmy Likochem, Šlapanice. Krémový kosmetický základ použitý v této práci je mastný hydrofilní krém typu olej ve vodě (O/V), založený na gelové bázi, která umožňuje dobrou mísitelnost s vodními i tukovými složkami. Tento typ emulze je vhodný zejména pro dermální aplikaci, neboť se snadno roztírá, rychle vstřebává a nezanechává mastný film na pokožce.

Složení krému dle INCI: aqua, cocos nucifera oil, alcohol denat., sodium polyacrylate, ethylhexyl stearate, isotridecyl alcohol, potassium sorbate. Jednotlivé složky plní specifické technologické a funkční úlohy:

- **Aqua (voda)** tvoří základní složku emulze, slouží jako rozpouštědlo pro další složky. Umožňuje správnou konzistenci krému a zajišťuje hydrataci pokožky.
- **Cocos nucifera oil (kokosový olej)** v krémovém základu působí jako emolient, který zjemňuje, zvláčňuje a vyživuje pokožku, a zároveň na jejím povrchu vytváří ochranný lipidový film, jenž brání transepidermální ztrátě vody (TEWL). Tím napomáhá udržení hydratace a přispívá k celkové regeneraci pokožky. Kokosový olej rovněž vykazuje antimikrobiální aktivitu – působí jako přírodní antibiotikum schopné potlačovat růst širokého spektra patogenů, včetně bakterií, virů, kvasinek a plísní [127].

- **Alcohol denat. (denaturovaný alkohol)** je přítomen jako rozpouštědlo a konzervační činidlo, které omezuje mikrobiální kontaminaci.
- **Sodium polyacrylate (Polyakrylát sodný)** plní funkci zahušřovadla, emulgátoru a gelotvorné látky, která zajišťuje krémovou texturu a stabilitu emulze. Zároveň působí jako humektant, tedy látka vázající vlhkost. Má schopnost vázat vodu a může přispívat k udržení vlhkosti v pokožce [128].
- **Ethylhexyl stearate** je emolientní složka, která zlepšuje roztíratelnost krému, podporuje jeho vstřebávání do pokožky a napomáhá se vstřebatelností dalších látek. Rovněž chrání produkt před vysycháním [129].
- **Isotridecyl alcohol** zajišťuje jemnou texturu přípravku, stabilizuje emulzi, snižuje lepivost jiných složek a zlepšuje její senzorické vlastnosti [130].
- **Potassium sorbate (Sorbát draselný)** je účinný konzervační prostředek, který je povolen v přírodní a BIO kosmetice. Sorbát draselný je běžně používán jako šetrnější alternativa k parabenním konzervantům. Má antimykotické účinky, zabraňuje tak růstu plísní, kvasinek a hub, ovšem nechrání produkt před bakteriemi. Zajišťuje mikrobiologickou stabilitu přípravku a prodlužuje trvanlivost produktu [131].

Tato formulace představuje vhodnou základní matici pro dermální aplikaci přírodních antioxidantů, protože umožňuje dobré zapracování bioaktivních látek a zároveň zajišťuje požadované technologické vlastnosti krému.

9.1.2 Očkování a kultivace vzorků

Z každého připraveného ředění bylo odebráno 100 µl vzorku, který byl naočkován na Petriho misku se specifickou živnou půdou. Vzorek byl následně rovnoměrně rozetřen pomocí sterilní skleněné hokejky. Metodu lze provést dvěma způsoby, smícháním vzorku s temperovaným tekutým agarem, nebo nanesením vzorku na agarovou misku a jeho rozetřením pomocí sterilní skleněné hokejky po celém povrchu agaru, aby bylo dosaženo izolovaného růstu kolonií. Během roztírání byla Petriho miska otáčena opačným směrem, než byl veden pohyb skleněné hokejky. Misky byly při manipulaci otevírány co nejméně, aby se předešlo kontaminaci.

9.1.3 Celkové počty mikroorganismů

K určení celkového počtu mikroorganismů byl použit masopeptonový agar (MPA), který obsahuje výtažek z masa, pepton, sůl a agar. Po naočkování byly vzorky kultivovány při teplotě 37 °C po dobu 24 hodin. Testování probíhalo ze všech připravených ředění. Měření a výpočty jsou zapsány v Tabulce 15.

Tabulka 15 Počty kolonií celkového počtu mikroorganismů [zdroj vlastní]

Ředění	Počet kolonií ve vzorku JO				Počet kolonií ve vzorku JB				Počet kolonií ve vzorku JČ				Počet kolonií ve vzorku krémový základ			
	1.	2.	průměr počtu kolonií	CFU/ml	1.	2.	průměr počtu kolonií	CFU/ml	1.	2.	průměr počtu kolonií	CFU/ml	1.	2.	průměr počtu kolonií	CFU/ml
10 ⁻¹	0	0	0	0	30	20	25	2,5 · 10 ³	0	0	0	0	Neměřitelné			
10 ⁻²	0	0	0	0	3	3	3	3,0 · 10 ³	0	0	0	0	0	0	0	0
10 ⁻³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10 ⁻⁴	9	6	7,5	7,5 · 10 ⁵	5	4	4,5	4,5 · 10 ⁵	0	0	0	0	0	0	0	0
10 ⁻⁵	0	0	0	0	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Hodnocení počtu kolonií na masopeptonovém agaru (MPA)

Počet životaschopných mikroorganismů (CFU/ml) byl stanoven podle následujícího

vzorce: **CFU/ml** = průměrný počet kolonií · hodnota ředění (kladný exponent) · 10

Při vyhodnocení výsledků se jako nejvhodnější pro odečet počtu kolonií ukázalo ředění 10⁻⁴, ze kterého byl po zprůměrování vypočten počet životaschopných mikroorganismů (CFU/ml):

- **Jeřabina oranžová (JO):** 7,5 · 10⁵ CFU/ml
- **Jeřabina bílá (JB):** 4,5 · 10⁵ CFU/ml
- **Jeřabina červená (JC):** bez detekovatelných kolonií

- **Krémový základ:** bez detekovatelných kolonií, pouze při ředění 10^{-1} byl zaznamenán rozsáhlý růst nespočítatelného množství kolonií, pravděpodobně v důsledku nedostatečného promíchání nebo chyby při aplikaci vzorku.

Výsledky ukazují, že nejvyšší mikrobiální zátěž vykazovala jeřabina oranžová (JO), zatímco u červené jeřabiny a krémového základu nebyl na MPA potvrzen žádný měřitelný růst mikroorganismů.

9.1.4 Plísňe a kvasinky

Pro stanovení množství kvasinek a plísní byla použita specifická živná půda CHYGA (chloramfenikol-glukózový agar), která je složená z vody, glukózy, agaru, kvasničného extraktu a chloramfenikolu. Přídavek antibiotika slouží k inhibici růstu bakteriální mikroflóry a umožňuje selektivní růst plísní a kvasinek.

Po naočkování na Petriho misky byly vzorky kultivovány při pokojové teplotě po dobu pěti dnů. Testována byla všechna připravená ředění, stejně jako u stanovení celkových počtů mikroorganismů. Měření a výpočty jsou zaznamenány v Tabulce 16.

Tabulka 16 Počty kolonií plísní a kvasinek [zdroj vlastní]

[illegible]

Hodnocení počtu kolonií kvasinek a plísní na živné půdě CHYGA

Po ukončení kultivace byly vyhodnoceny výsledky pro vzorky extraktů jeřabiny oranžové (JO), bílé (JB), červené (JC) a krémového základu podle počtu narostlých kolonií.

- **Jeřabina oranžová (JO):** bez detekovatelných kolonií
- **Jeřabina bílá (JB):** bez detekovatelných kolonií
- **Jeřabina červená (JC):** bez detekovatelných kolonií
- **Krémový základ:** 50 CFU/ml při ředění 10^{-1}

9.1.5 Výsledky a diskuse

Výsledky hodnocení počtu kolonií kvasinek a plísní na selektivní živné půdě CHYGA ukazují, že extrakty jeřabiny oranžové (JO), bílé (JB) a červené (JC) neobsahovaly měřitelný počet kvasinek ani plísní. Všechny tyto vzorky vykazovaly negativní růst, což naznačuje dobrou mikrobiologickou čistotu a potenciální antimikrobiální vlastnosti extraktů. Podle studií autorů Arvinte a kol. (2023) [27], Orsavové a kol. (2023) [117] a Sarvové a kol. (2021) [114] vykazují extrakty z jeřabin významnou antimikrobiální aktivitu a působí proti růstu plísní a kvasinek. Výsledky vlastního experimentu tato zjištění téměř potvrdily, neboť mikrobiologická analýza odhalila mírnou kontaminaci u dvou analyzovaných extraktů z jeřabin.

Pouze krémový základ vykazoval nízkou mikrobiální kontaminaci kvasinkami nebo plísněmi, konkrétně 50 CFU/ml při nejnižším ředění (10^{-1}). Tento výsledek poukazuje na mírnou přítomnost kvasinek nebo plísní ve vzorku krémového základu, případně druhotnou kontaminací během manipulace nebo přípravy vzorku. Z hygienického hlediska jsou hodnoty nízké a neindikují závažné znečištění, nicméně je vhodné v dalších testech ověřit stabilitu a čistotu krémového základu.

Z mikrobiologického hlediska je výsledek uspokojivý, avšak pro zvýšení bezpečnosti a dlouhodobé stability je doporučeno provést opakovanou kontrolu vzorku krémového základu, případně optimalizovat podmínky jeho přípravy a uchovávání.

ZÁVĚR

Tato diplomová práce byla zaměřena na hodnocení obsahu polyfenolických látek v extraktech z různých druhů jeřabin (oranžová, bílá, červená) a dřínu, stanovení jejich koncentrace v čerstvých plodech, sledování transdermálního průniku přes prasečí kůži metodou *in vitro* a mikrobiologické testování extraktů jeřabin a krémového základu.

Výsledky spektrofotometrické analýzy potvrdily, že zkoumané druhy netradičního ovoce – zejména dřín obecný odrůdy 'Fruchtal' a jeřáb granátový 'Granatnaja' – vykazují vysoký obsah přírodních antioxidantů. Nejvyšší koncentrace polyfenolů byla stanovena u dřínu ($4,85 \pm 0,03 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$), následovaný červenou jeřabinou ($3,80 \pm 0,05 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$). Tyto hodnoty potvrzují jejich vysoký potenciál jako zdrojů bioaktivních látek s antioxidačním účinkem.

Při hodnocení extraktů jednotlivých odrůd jeřabin vykazoval nejvyšší koncentraci polyfenolických látek extrakt z červené jeřabiny 'Granatnaja' ($773 \pm 14 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$), následovaný jeřabinou oranžovou 'Konzentra' ($548 \pm 4 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) a bílou 'Pink Veil' ($458 \pm 19 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$). Tyto odrůdy byly vybrány s ohledem na různorodost jejich pigmentace, dostupnost a dosavadní využití v kosmetických produktech, a mají tedy vysoký potenciál pro další výzkum i praktické uplatnění.

V praktické části bylo cílem ověřit, zda polyfenoly z extraktů jeřabin pronikají do jednotlivých vrstev kůže. Transdermální testy prokázaly, že extrakt z oranžové jeřabiny má nejlepší schopnost pronikat přes prasečí kůži, a tím vykazuje vysoký aplikační potenciál pro kosmetické či farmaceutické využití. Ostatní odrůdy vykazovaly nižší nebo omezený průnik. Tyto poznatky rovněž poukazují na možné využití nosičových systémů (např. emulzí, liposomů), které by mohly podpořit efektivní transport účinných látek do hlubších vrstev kůže.

Součástí práce bylo také mikrobiologické testování extraktů z jeřabin, jehož cílem bylo ověřit jejich potenciální příspěvek k mikrobiologické stabilitě kosmetických přípravků. Mírná kontaminace byla zaznamenána pouze u extraktů z oranžové a bílé jeřabiny, zatímco u extraktu z červené jeřabiny nebyl pozorován žádný nárůst mikroorganismů. Při testování na přítomnost kvasinek a plísní v extraktech jeřabin nebyl zjištěn žádný nárůst. Pouze u krémového základu při nejnižším ředění (10^{-1}) byla zaznamenána mírná kontaminace, která mohla být způsobena manipulací během přípravy vzorku nebo nedostatečným promícháním složek. Tyto výsledky zdůrazňují význam důsledného dodržování hygienických standardů při formulaci kosmetických produktů a potřebu zajistit homogenní distribuci účinných látek

v celém objemu přípravku. Přítomnost kyseliny sorbové v jeřabinách, jak uvádí studie Arvinte a kol. (2023) je významná, protože tato látka je známá jako účinný inhibitor plísní, kvasinek a některých bakterií [27]. Kyselina sorbová je využívána jako konzervační činidlo v kosmetickém průmyslu, kde je povolena i v přírodní kosmetice, zabraňuje růstu mikroorganismů a prodlužuje trvanlivost produktů. Výsledky mikrobiologického hodnocení extraktů z jeřabin tedy potvrzují jejich vhodnost pro použití v kosmetických formulacích se sníženou potřebou syntetických konzervantů.

Na základě získaných údajů lze konstatovat, že extrakt z oranžové jeřabiny je z hlediska obsahu polyfenolů a schopnosti transdermální absorpce nejvhodnější pro další využití v kosmetických a farmaceutických aplikacích, zejména jako antioxidant nebo složka podporující regeneraci pokožky. Do budoucna by bylo vhodné zaměřit se na testování biologické aktivity těchto extraktů na buněčných modelech, porovnat různé extrakční metody z hlediska výtěžnosti a stability a dále studovat chování účinných látek v hotových formulacích při různých skladovacích podmínkách. Za perspektivní směr dalšího výzkumu lze považovat i rozšíření testování na dobrovolnících (probandech) nebo realizaci přímých klinických aplikací.

Vzhledem k rostoucímu zájmu o přírodní látky a udržitelný přístup ve vývoji kosmetiky představuje využití netradičního ovoce, jako jsou dřín a jeřabiny, slibnou cestu pro další výzkum i komerční aplikaci. Polyfenoly obsažené v těchto extraktech přispívají nejen k neutralizaci volných radikálů, ale vykazují také protizánětlivé, zklidňující a fotoprotektivní účinky, které jsou v moderní kosmetice vysoce ceněné. Extrakty z těchto plodů tak představují perspektivní složky pro vývoj inovativních dermokosmetických přípravků zaměřených na ochranu a regeneraci pokožky.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HECKER, Katrin a HECKER, Frank. *Jedlé a jedovaté rostliny a plody: poznejte rozdíl*. Praha: Grada, 2021. ISBN 978-80-271-3038-2. S. 94-111.
- [2] ALBERTS, Andreas; MULLEN, Peter a SPOHN, Margot. *Léčivé stromy a keře: jednotlivé druhy a jejich léčebné účinky*. Kapesní průvodce přírodou. Praha: Beta-Dobrovský, 2006. ISBN 80-7306-230-5. S. 58-139.
- [3] GRULICH, Vít. *ROSACEAE Juss. – růžovité / ružovité*. Online. Botany.cz. 2020. Dostupné z: <https://botany.cz/cs/rosaceae/>. [cit. 2025-02-19].
- [4] FRANCOVÁ, Adriána. *Rakytník pěstování*. Online. <https://www.rostlinky.cz/>. 2021. Dostupné z: <https://www.rostlinky.cz/blog/rakytnik-pestovani.html>. [cit. 2025-02-19].
- [5] NOVOTNÝ, František. *Záhady a zajímavosti lidské kůže: [proč a jak stárne lidská kůže, dekorativní a korektivní líčení ...]*. Strom života. Praha: Grada, 2000. ISBN 80-7169-961-6. S. 92.
- [6] KAPLAN, Zdeněk; DANIHELKA, Jiří; CHRTEK, Jindřich; KIRSCHNER, Jan; KUBÁT, Karel et al. *Klíč ke květeně České republiky*. 2.dopl. vyd. Praha: Academia, 2019. ISBN 978-80-200-2660-6.
- [7] HORÁČEK, Petr. *Keře v zahradě*. Abeceda české zahrady. Brno: CP Books, 2005. ISBN 80-251-0249-1. S.49-70.
- [8] GUO, Liangchuan; QIAO, Jinli; ZHANG, Lijun a YAN, Weijiao. Critical review on anthocyanins in blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* L.) and their function. Online. *Plant Physiology and Biochemistry*. 11/2023, roč. 204, article 108090. ISSN 0981-9428. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2023.108090>. [cit. 2025-02-19].
- [9] KUCHARSKA, Alicja Z.; SOKÓŁ-LETOWSKA, Anna a OSZMIANSKI, Jan. Iridoids, Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Edible Honeysuckle Berries (*Lonicera caerulea* var. *kamtschatica* Sevast.). Online. *Molecules*. 2017, roč. 22(3), article 405, s. 20. ISSN 1420-3049. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/molecules22030405>. [cit. 2025-02-19].

- [10] ROP, Otakar. Antioxidační charakteristiky plodů růže dužnoplodé (*Rosa pomifera* Herm.). Online. *Zahradnictví*. 7/2011. Dostupné z: <https://zahradaweb.cz/antioxidacni-charakteristiky-plodu-ruze-duznoplode-rosa-pomifera-herrm/>. [cit. 2025-02-19].
- [11] MLČEK, Jiří. *Netradiční druhy potravin – jejich význam, vlastnosti a využití*. Teze přednášek ke jmenování profesorem. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2020. ISBN 978-80-7454-908-3.
- [12] LOBO, V; PATIL, A; PHATAK, A a CHANDRA, N. Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. Online. *Pharmacognosy Reviews*. 2010, roč. 4, č. 8, s. 118-126. ISSN 0973-7847. Dostupné z: <https://doi.org/10.4103/0973-7847.70902>. [cit. 2025-02-22].
- [13] LIMBERAKI, E.; ELEFThERIOU, P. a VAGDATLI, E. Serum antioxidant status among young, middle-aged and elderly people before and after antioxidant rich diet. Online. *Hippokratia*. 2012 Apr-Jun, roč. 16, č. 2, article PMID: 23935266, s. 118-123. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3738412/>. [cit. 2025-02-22].
- [14] OSZMIAN'SKI, Jan; WOJDYŁO, Aneta a LACHOWICZ, Sabina. Effect of dried powder preparation process on polyphenolic content and antioxidant activity of blue honeysuckle berries (*Lonicera caerulea* L. var. *kamtschatica*). Online. *LWT – Food Science and Technology*. 2016, roč. 67, s. 214-222. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.11.051>. [cit. 2025-02-22].
- [15] WANG, Yuehua; ZHU, Jinyan a MENG, Xianjun. Comparison of polyphenol, anthocyanin and antioxidant capacity in four varieties of *Lonicera caerulea* berry extracts. Online. *Food Chemistry*. 2016, č. Volume 197, Part A, s. s. 522-529. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814615301515>. [cit. 2025-02-26].
- [16] KINCL, Lubomír; KINCL, Miloslav a JAKRLOVÁ, Jana. *Biologie rostlin pro 1. ročník gymnázií*, přeprac. vyd. 4. Praha: Fortuna, 2006. ISBN 80-7168-947-5.
- [17] JUDD, Walter S. (ed.). *Plant systematics: a phylogenetic approach*. 2nd ed. Sunderland, Mass.: Sinauer Associates, 2002. ISBN 0-87893-402-2.

- [18] SLAVÍKOVÁ, Zdeňka. *Morfologie rostlin*. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. Praha: Karolinum, 2002. ISBN 80-246-0327-6. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:a09b3660-1030-11e6-9740-005056827e51>.
- [19] SKROVANKJOVA, Sona; SUMCZYNSKI, Daniela a MLCEK, Jiri. Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in Different Types of Berries. Online. *Molecular Sciences*. Roč. 2015, č. 16(10), s.24673-24706. ISSN 1422-0067. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ijms161024673>. [cit. 2025-02-26].
- [20] DUYMUS, Hale Gamze; GÖGER, Fatih a BASER, Hüsnü Can. In vitro antioxidant properties and anthocyanin compositions of elderberry extracts. Online. *Food Chem*. 2014, roč. 15, č. 155, s. 112-119. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.028>, PMID: 24594162. [cit. 2025-02-26].
- [21] HUKKANEN, Anne T; PÖLÖNEN, Satu a KÄRENLAMPI, Sirpa O. Antioxidant capacity and phenolic content of sweet rowanberries. Online. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2006, roč. 54, č. 1, s. 112-119. ISSN 0021-8561. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/jf051697g>. [cit. 2025-02-26].
- [22] ROP, Otakar; ERCİŞLİ, Sezai a MLČEK, Jiří. Antioxidant and radical scavenging activities in fruits of 6 sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) cultivars. Online. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2014, roč. 38, č. 2, s. 224-232. ISSN 1300-011X. Dostupné z: <https://doi.org/10.3906/tar-1304-86>. [cit. 2025-02-26].
- [23] BIJELIĆ, Sandra; GOLOŠIN, Branislava a CEROVIĆ, Slobodan. POMOLOGICAL CHARACTERISTICS OF CORNELIAN CHERRY (*CORNUS MAS* L.) SELECTIONS IN SERBIA AND THE POSSIBILITY OF GROWING IN INTENSIVE ORGANIC ORCHARDS. Online. *ACTA UNIVERSITATIS AGRICULTURAE ET SILVICULTURAE MENDELIANAE BRUNENSIS*. 2015, roč. 63 (4), s. 1101-1104. Dostupné z: <https://doi.org/10.11118/actaun201563041101>. [cit. 2025-02-26].
- [24] ROP, Otakar. Obsah minerálních prvků v evropských odrůdách dřínu obecného (*Cornus mas* L.). Online. *Zahradnictví*. 2010. Dostupné z: <https://zahradaweb.cz/obsah-mineralnich-prvku-v-evropskych-odrudah-drinu-obecneho-cornus-mas-l/>. [cit. 2025-02-26].

- [25] NOVÁK, Jan, VĚTVIČKA, Václav (ed.). *Flora naší krajiny: v ilustracích Květoslava Híška*. Artia. Praha: Aventinum, 2024. ISBN 978-80-7442-154-9. s. 110,167.
- [26] BŘEŠŤANSKÁ, Monika. Dřín, pěstování pro krásu i užitek. Online. *Rastlinky.cz*. 2023. Dostupné z: <https://www.rastlinky.cz/blog/search.html?query=d%C5%99%C3%ADn>. [cit. 2025-02-26].
- [27] ARVINTE, Ofelia Marioara; SENILA, Lăcrimioara; BECZE, Anca a AMARIEI, Sonia. Rowanberry—A Source of Bioactive Compounds and Their Biopharmaceutical Properties. Online. *Plants*. 2023, roč. 12, č. 18. ISSN 2223-7747. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/plants12183225>. [cit. 2025-02-26].
- [28] TASIC, Nebojsa; JAKOVLJEVIC, Vladimir L. J.; MITROVIC, Miroslav; DJINDIC, Boris a TASIC, Danijela. Black chokeberry *Aronia melanocarpa* extract reduces blood pressure, glycemia and lipid profile in patients with metabolic syndrome: a prospective controlled trial. Online. *Molecular and Cellular Biochemistry*. 2021, roč. 476, č. 7, s. 2663-2673. ISSN 0300-8177. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11010-021-04106-4>. [cit. 2025-02-26].
- [29] JURIKOVA, Tunde; MLCEK, Jiri a SKROVANKOVA, Sona. Fruits of Black Chokeberry *Aronia melanocarpa* in the Prevention of Chronic Diseases. Online. *Molecules*. 2017, roč. 22, č. 6, s. 1-23. ISSN 1420-3049. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules22060944>. [cit. 2025-02-26].
- [30] AUTOR, Neznámý. *Kdoule*. Online. In: NÁRODNÍ ZDRAVOTNICKÝ INFORMAČNÍ PORTÁL [ONLINE]. NZIP.CZ. 24. 10. 2023. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/clanek/1054-kdoule>. [cit. 2025-02-28].
- [31] ŠTÍPEK, Stanislav. *Antioxidanty a volné radikály ve zdraví a nemoci*. Praha: Grada, 2000. ISBN 80-7169-704-4. s. 21-69,277-281.
- [32] HOLEČEK, Václav. Volné radikály, antioxidanty a jak dále? Online. *Klinická biochemie a metabolismus*. Roč. 2006, č. 3, s. 140-145. Dostupné z: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://nts.prolekare.cz/cls/odkazy/kbm0603-140.pdf>. [cit. 2025-02-26].

[33] PARCHETA, Monika; ŚWISŁOCKA, Renata; ORZECOWSKA, Sylwia a AKIMOWICZ, Monika. Recent Developments in Effective Antioxidants: The Structure and Antioxidant Properties. Online. *Materials*. 2021, roč. 14, č. 8. ISSN 1996-1944. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/ma14081984>. [cit. 2025-02-26].

[34] POKORNÝ, Jan. Are natural antioxidants better – and safer – than synthetic antioxidants? Online. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2007, roč. 109, č. 6, s. 629-642. ISSN 1438-7697. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/ejlt.200700064>. [cit. 2025-02-26].

[35] HALLIWEL, Barry a MC GUTTERIDGE, John MC. 11 Stárnutí, výživa, nemoci a terapie: role antioxidantů? Online. In: *Volné radikály v biologii a medicíně*. 5. New York: Oxford University Press, 2015, s. 639–696. ISBN 9780191802133. Dostupné z: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1753639>. [cit. 2025-03-01].

[36] FUCHS, Martin. Antioxidanty – desatero otázek a odpovědí. Online. *Alergie* 2. 2013, s. 113-121. Dostupné z: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.tigis.cz/images/stories/Alergie/2013/02/07_fuchs_al_2-13.pdf. [cit. 2025-02-26].

[37] PHAM-HUY, Lien Ai; HE, Hua a PHAM-HUY, Chuong. Free Radicals, Antioxidants in Disease and Health. Online. *International journal of Biomedical science*. 2008, roč. 4, č. 2, s. 89-96. Dostupné z: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3614697/pdf/IJBS-4-89.pdf>. [cit. 2025-02-26].

[38] SEN, Saikat a CHAKRABORTY, Raja. The Role of Antioxidants in Human Health. Online. In: ANDREESCU, Silvana a HEPEL, Maria (ed.). *Oxidative Stress: Diagnostics, Prevention, and Therapy*. ACS Symposium Series. Washington, DC: American Chemical Society, 2011, s. 1-37. ISBN 9780841226838. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/bk-2011-1083.ch001>. [cit. 2025-03-03].

[39] HALLMANN, Anna. Ocena cytotoxycznego działania menadionu, wodoronadtlenku tert-butyłu i nadtlenku wodoru w komórkach choriocarcinoma. Online, doktorská práce,

vedoucí Jerzy Klimek. Gdańsk: Medical Univeristy of Gdańsk (MUG), 2008. Dostupné z: <https://pbc.gda.pl/dlibra/doccontent?id=4941>. [cit. 2025-03-03].

[40] AMIR ASLANI, Banafsheh a GHOBADI, Sirous. Studies on oxidants and antioxidants with a brief glance at their relevance to the immune system. Online. *Life Sciences*. 2016, roč. 146, s. 163-173. ISSN 00243205. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2016.01.014>. [cit. 2025-02-26].

[41] PONCZEK, Michał Błażej a WACHOWICZ, Barbara. Interaction of reactive oxygen and nitrogen species with proteins. Online. *Postepy Biochem*. Roč. 2005, article 2, s. 140-145. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16209351/>. [cit. 2025-03-03].

[42] HALLIWELL, Barry a GUTTERIDGE, John M. C. Antioxidant defences synthesized in vivo. Online. In: *Free radicals in biology and medicine*. Fifth edition. Oxford: Oxford University Press, 2015, s. 77-90. ISBN 978-0-19-871748-5. Dostupné z: https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=3DlKCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&ots=bqjJ8Wyu0_&sig=Emy-RmPQ0fexsUDgjiBWrTasrpc&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false. [cit. 2025-03-03].

[43] SCHMIDT, Štefan. *Antioxidanty a oxidačné zmeny tukov v potravinách*. Edícia monografií. Bratislava: Nakladateľstvo STU, 2011. ISBN 978-80-227-3491-2. s.183-184.

[44] POLJSAK, Borut; ŠUPUT, Dušan a MILISAV, Irina. Achieving the Balance between ROS and Antioxidants: When to Use the Synthetic Antioxidants. Online. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2013, roč. 2013, s. 1-11. ISSN 1942-0900. Dostupné z: <https://doi.org/10.1155/2013/956792>. [cit. 2025-03-06].

[45] RAMIS-RAMOS, G. ANTIOXIDANTS | Synthetic Antioxidants. Online. In: *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. 2. vydání. Elsevier, 2003, s. 265-275. ISBN 9780122270550. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/00054-7>. [cit. 2025-03-06].

[46] VELÍŠEK, Jan a HAJŠLOVÁ, Jana. *Chemie potravin*. 1. 3., rozš. a přepr. vyd. Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-15-2. S. 558.

[47] WINTER, Ruth. *A consumer's dictionary of food additives*. 7th ed. New York, N.Y.: Three Rivers Press, 2009. ISBN 978-0-307-40892-1. s. 258, 520.

- [48] *Butylated hydroxyanisole*. Online. In: Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001, 9 December 2024. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Butylated_hydroxyanisole. [cit. 2025-03-06].
- [49] NATIONAL CENTER OF BIOTECHNOLOGY INFORMATION. *Butylated Hydroxyanisole*. Online. An official website of the United States government. 8600 Rockville Pike, Bethesda, MD 20894: National Library of Medicine, 2005, 2025-03-01. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/24667>. [cit. 2025-03-06].
- [50] LUPO, Mary P. Antioxidants and vitamins in cosmetics. Online. *Clinics in Dermatology*. 2001, roč. 19, č. 4, s. 467-473. ISSN 0738081X. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0738-081X\(01\)00188-2](https://doi.org/10.1016/S0738-081X(01)00188-2). [cit. 2025-03-06].
- [51] *E 320 Butylhydroxyanisol*. Online. DTEST, O.P.S. DTest. Dostupné z: <https://www.dtest.cz/ecka/144/e-320-butylhydroxyanisol>. [cit. 2025-03-06].
- [52] YEH, C.C; CHUHG, J.G; WU, H.C a LI, Y.C. Effects of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene on DNA adduct formation and arylamines N-acetyltransferase activity in PC-3 cells (human prostate tumor) in vitro. Online. *Food and Chemical Toxicology*. 2000, roč. 38, č. 11, s. 977-983. ISSN 02786915. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0278-6915\(00\)00100-9](https://doi.org/10.1016/S0278-6915(00)00100-9). [cit. 2025-03-06].
- [53] BIOOO.CZ S.R.O. *Butylhydroxyanisol (BHA)*. Online. BIOOO.CZ S.R.O. Dostupné z: <https://encyklopedie.biooo.cz/vyhledat-slozeni/butylhydroxyanisol-bha/>. [cit. 2025-03-06].
- [54] BIOOO.CZ S.R.O. *Butylhydroxytoluen (BHT)*. Online. BIOOO.CZ S.R.O. Dostupné z: <https://encyklopedie.biooo.cz/vyhledat-slozeni/butylhydroxytoluen-bht/>. [cit. 2025-03-06].
- [55] SPOLKU FÉR POTRAVINA, Z.S. *E321 – Butylhydroxytoluen (BHT)*. Online. <https://www.ferpotravina.cz/>. Dostupné z: <https://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E321>. [cit. 2025-03-06].
- [56] NATIONAL CENTER OF BIOTECHNOLOGY INFORMATION. *Butylated Hydroxytoluene*. Online. An official website of the United States government. 8600 Rockville Pike, Bethesda, MD 20894: National Library of Medicine, 2005, 2025-03-01. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/31404>. [cit. 2025-03-06].

- [57] Final Report on the Safety Assessment of BHT. Online. *International Journal of Toxicology*. 2002, roč. 21, č. 2_suppl, s. 19-94. ISSN 1091-5818. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10915810290096513>. [cit. 2025-03-06].
- [58] YEHYE, Wageeh A.; RAHMAN, Noorsaadah Abdul a ARIFFIN, Azhar. Understanding the chemistry behind the antioxidant activities of butylated hydroxytoluene (BHT): A review. Online. *European Journal of Medicinal Chemistry*. 2015, roč. 101, s. 295-312. ISSN 02235234. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2015.06.026>. [cit. 2025-03-06].
- [59] BIOOO.CZ S.R.O. *Propyl Gallate*. Online. BIOOO.CZ S.R.O. Dostupné z: <https://encyklopedie.biooo.cz/vyhledat-slozeni/propyl-gallate/>. [cit. 2025-03-06].
- [60] SPOLKU FÉR POTRAVINA, Z.S. *E310 Propylgallát*. Online. <https://www.ferpotravina.cz/>. Dostupné z: <https://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E310>. [cit. 2025-03-06].
- [61] VRBOVÁ, Tereza. *Víme, co jíme? aneb, Průvodce "Éčky" v potravinách*. [Česko]: EcoHouse, 2008. ISBN 9788023875041.
- [62] KUNOVÁ, Václava. *Zdravá výživa*. Vyd. 2. Zdraví & životní styl. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-0736-5. S. 41-51.
- [63] OPLETAL, Lubomír; CHLEBEK, Jakub a MACÁKOVÁ, Kateřina. Antioxidanty a degenerativní onemocnění. Online. *Praktické lékařství*. 2013, roč. 9, article 3, s. 135–138. Dostupné z: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://farmaciepropraxi.cz/pdfs/lek/2013/03/11.pdf>. [cit. 2025-03-06].
- [64] CONTESSA, Cecilia; MELLANO, Maria Gabriella; BECCARO, Gabriele Loris a GIUSIANO, Annalisa. Total antioxidant capacity and total phenolic and anthocyanin contents in fruit species grown in Northwest Italy. Online. *Scientia Horticulturae*. 2013, roč. 160, s. 351-357. ISSN 03044238. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.06.019>. [cit. 2025-03-06].
- [65] PANTELIDIS, G; VASILAKAKIS, M; MANGANARIS, G a DIAMANTIDIS, G. Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries,

blackberries, red currants, gooseberries and Cornelian cherries. Online. *Food Chemistry*. 2007, roč. 102, č. 3, s. 777-783. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.021>. [cit. 2025-03-06].

[66] HLÚBIK, Pavol a OPLTOVÁ, Libuše. *Vitaminy*. Praha: Grada, 2004. ISBN 8024703734. s.55-60.

[67] BURKE, Karen E. Interaction of vitamins C and E as better cosmeceuticals. Online. *Dermatologic Therapy*. 2007, roč. 20, č. 5, s. 314-321. ISSN 13960296. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1529-8019.2007.00145.x>. [cit. 2025-03-06].

[68] TANAYDIN, Volkan; CONINGS, Jurek; MALYAR, Masoud a VAN DER HULST, René. The Role of Topical Vitamin E in Scar Management: A Systematic Review. Online. *Aesthetic Surgery Journal*. 2016, roč. 36, č. 8, s. 959-965. ISSN 1090-820X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/asj/sjw046>. [cit. 2025-03-06].

[69] SIDGWICK, G. P.; MCGEORGE, D. a BAYAT, A. A comprehensive evidence-based review on the role of topicals and dressings in the management of skin scarring. Online. *Archives of Dermatological Research*. 2015, roč. 307, č. 6, s. 461-477. ISSN 0340-3696. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00403-015-1572-0>. [cit. 2025-03-06].

[70] BIOOO.CZ S.R.O. *Vitamín E (Tocopherol)*. Online. BIOOO.CZ S.R.O. Dostupné z: <https://encyklopedie.biooo.cz/vyhledat-slozeni/vitamin-e-tocopherol/>. [cit. 2025-03-06].

[71] GĘGOTEK, Agnieszka a SKRZYDLEWSKA, Elżbieta. Ascorbic acid as antioxidant. Online. In: *Antioxidants. Vitamins and Hormones*. Elsevier, 2023, s. 247-270. ISBN 9780443157684. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/bs.vh.2022.10.008>. [cit. 2025-03-09].

[72] LAVILLA, Isela; ROMERO, Vanesa; COSTAS, Paula a BENDICHO, Carlos. Kinetic spectrophotometric assay for the determination of vitamin C in cosmetics following ultrasound-assisted emulsification. Online. *Analytical Methods*. 2023, roč. 15, č. 7, s. 951-958. ISSN 1759-9660. Dostupné z: <https://doi.org/10.1039/D2AY01795D>. [cit. 2025-03-06].

[73] BIOOO.CZ S.R.O. *Vitamin A*. Online. BIOOO.CZ S.R.O. Dostupné z: <https://encyklopedie.biooo.cz/vyhledat-slozeni/vitamin-a/>. [cit. 2025-03-06].

[74] VELKÝ LÉKAŘSKÝ SLOVNÍK ONLINE... *Vitamin A*. Online. Copyright © Maxdorf 1998-2025. Dostupné z: <https://lekarske.slovníky.cz/pojem/vitamin-a>. [cit. 2025-03-06].

[75] VELKÝ LÉKAŘSKÝ SLOVNÍK ONLINE... *Retinoidy*. Online. Copyright © Maxdorf 1998-2025. Dostupné z: <https://lekarske.slovníky.cz/lexikon-pojem/retinoidy-6>. [cit. 2025-03-06].

[76] BIOOO.CZ S.R.O. *Betakaroten*. Online. Dostupné z: <https://encyklopedie.biooo.cz/vyhledat-slozeni/betakaroten/>. [cit. 2025-03-06].

[77] BIOOO.CZ S.R.O. *Selen*. Online. Dostupné z: <https://encyklopedie.biooo.cz/vyhledat-slozeni/selen/>. [cit. 2025-03-06].

[78] AUTOR, Neznámý. *Selen*. Online. In: NÁRODNÍ ZDRAVOTNICKÝ INFORMAČNÍ PORTÁL [ONLINE]. NZIP.CZ. 17. 4. 2024. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/clanek/1153-selen>. [cit. 2025-03-06].

[79] RYU, Moon-Suhn a AYDEMIR, Tolunay Beker. Zinc. Online. In: *Present Knowledge in Nutrition*. Elsevier, 2020, s. 393-408. ISBN 9780323661621. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-66162-1.00023-8>. [cit. 2025-03-10].

[80] BIOOO.CZ S.R.O. *Zinek*. Online. Dostupné z: <https://encyklopedie.biooo.cz/vyhledat-slozeni/zinek/>. [cit. 2025-03-10].

[81] AYALA-ZAVALA, J.F.; VEGA-VEGA, V.; ROSAS-DOMÍNGUEZ, C. a PALAFOX-CARLOS, H. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. Online. *Food Research International*. 2011, roč. 44, č. 7, s. 1866-1874. ISSN 09639969. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.02.021>. [cit. 2025-03-10].

[82] MANACH, Claudine; SCALBERT, Augustin; MORAND, Christine; RÉMÉSY, Christian a JIMÉNEZ, Liliana. Polyphenols: food sources and bioavailability. Online. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2004, roč. 79, č. 5, s. 727-747. ISSN 00029165. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/ajcn/79.5.727>. [cit. 2025-03-10].

[83] CIEŚLIK, Ewa; GRĘDA, Anna a ADAMUS, Wiktor. Contents of polyphenols in fruit and vegetables. Online. *Food Chemistry*. 2006, roč. 94, č. 1, s. 135-142. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.11.015>. [cit. 2025-03-10].

[84] SOURI, E.; AMIN, G. a FARSAM, H. Screening of antioxidant activity and phenolic content of 24 medicinal plant extracts. Online. *DARU Journal of Pharmaceutical*. 2007, č. 16, article 2, s. 83-87. Dostupné z: file:///C:/Users/carme/Downloads/Screening_of_antioxidant_activity_and_ph.pdf. [cit. 2025-03-10].

[85] ČESKÁ LÉKAŘSKÁ SPOLEČNOST JANA EVANGELISTY PURKYNĚ. *Polyfenoly*. Online. In: NÁRODNÍ ZDRAVOTNICKÝ INFORMAČNÍ PORTÁL [ONLINE]. NZIP.CZ. 29. 6. 2020. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/clanek/600-polyfenoly>. [cit. 2025-03-10].

[86] *Flavonoidy*. Online. In: MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ, TĚŠNOV 65/17, PRAHA 1, Informační centrum bezpečnosti potravin. Dostupné z: <https://bezpecnostpotravin.cz/termin/flavonoidy/>. [cit. 2025-03-10].

[87] HOFFMAN, Jan a KABLUKOV, Vadim. bobulové v rostlinách. Online. *Studium chemie*. 2009–2025 ©. Dostupné z: <https://studiumchemie.cz/experiment/anthokyany-v-rostlinach/>. [cit. 2025-03-10].

[88] TAHERI, Yasaman; SULERIA, Hafiz Ansar Rasul; MARTINS, Natália a SYTAR, Oksana. Myricetin bioactive effects: moving from preclinical evidence to potential clinical applications. Online. *BMC Complementary Medicine and Therapies*. 2020, roč. 20, č. 1. ISSN 2662-7671. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s12906-020-03033-z>. [cit. 2025-03-10].

[89] CRIZEL, Rosane Lopes; ZANDONÁ, Giovana Paula; ROSSI, Rochele Cassanta; FERREIRA, Cristiano Dietrich a HOFFMANN, Jessica Fernanda. Solid-phase extraction for determination of phenolic compounds in food and beverage. Online. In: *Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering*. Elsevier, 2023. ISBN 9780124095472. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-15978-7.00001-1>. [cit. 2025-03-12].

[90] ESSELEN, Melanie a BARTH, Stephan W. Food-Borne Topoisomerase Inhibitors. Online. In: *Advances in Molecular Toxicology*. Elsevier, 2014, s. 123-171. ISBN 9780444634061. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63406-1.00004-0>. [cit. 2025-03-11].

- [91] DEVKOTA, Hari Prasad; ADHIKARI-DEVKOTA, Anjana a DIRAR, Amina Ibrahim. Nobiletin. Online. In: *Naturally Occurring Chemicals Against Alzheimer's Disease*. Elsevier, 2021, s. 185-196. ISBN 9780128192122. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819212-2.00016-5>. [cit. 2025-03-12].
- [92] TEKA, Tekleab; ZHANG, Lele a GE, Xiaoyan. Stilbenes: Source plants, chemistry, biosynthesis, pharmacology, application and problems related to their clinical Application- A comprehensive review. Online. *Phytochemistry*. 2022, roč. 197. ISSN 00319422. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2022.113128>. [cit. 2025-03-15].
- [93] DAS, Amiya; PANDITA, Deepti a JAIN, Gaurav Kumar. Role of phytoconstituents in the management of COVID-19. Online. *Chemico-Biological Interactions*. 2021, roč. 341. ISSN 00092797. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2021.109449>. [cit. 2025-03-15].
- [94] ŘEZANKA, Tomáš; KOLOUCHOVÁ, Irena; GHARWALOVÁ, Lucia a SIGLER, Karel. Metabolic Screening of Wine (Grapevine) Resveratrol. Online. In: *Studies in Natural Products Chemistry*. Elsevier, 2018, s. 1-30. ISBN 9780444641793. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64179-3.00001-3>. [cit. 2025-03-15].
- [95] SAHAKYAN, Naira; NASIM, Muhammad Jawad a JACOB, Claus. Redoxification (of the Organism) Through Diet and Supplementation with a Focus on Natural Polymeric Redox Modulators. Online. *Current Pharmacology Reports*. 2024, roč. 10, č. 2, s. 85-95. ISSN 2198-641X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s40495-024-00353-3>. [cit. 2025-03-15].
- [96] VAŠKOVÁ, Janka; KOČAN, Ladislav a VAŠKO, Ladislav. Glutathione-Related Enzymes and Proteins: A Review. Online. *Molecules*. 2023, roč. 28, č. 3. ISSN 1420-3049. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules28031447>. [cit. 2025-03-15].
- [97] YUZUGULLU KARAKUS, Yonca. Typical Catalases: Function and Structure. Online. In: DULCE BAGATINI, Margarete (ed.). *Glutathione System and Oxidative Stress in Health and Disease*. IntechOpen, 2020. ISBN 978-1-83880-125-0. Dostupné z: <https://doi.org/10.5772/intechopen.90048>. [cit. 2025-03-15].
- [98] FORSHAW, Tom E.; HOLMILA, Reetta a NELSON, Kimberly J. Peroxiredoxins in Cancer and Response to Radiation Therapies. Online. *Antioxidants*. 2019, roč. 8, č. 1. ISSN 2076-3921. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/antiox8010011>. [cit. 2025-03-15].

[99] KOLEČKÁŘ, V.; BROJEROVÁ, E. a OPLETAL, L. Antioxidanty, volné radikály, mechanismus působení a využití při terapii yperitem navozených poškození. Online. *Česká a slovenská farmacie*. Roč. 56, č. 2, s. 73-76. Dostupné z: <https://doi.org/>. Čes. slov. farm. 56(2):. [cit. 2025-03-15].

[100] PŘÍSPĚVATELÉ WIKIPEDIE. *Jeřáb (strom)*. Online. In: WIKIPEDIE: OTEVŘENÁ ENCYKLOPEDIE. Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2024. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Je%C5%99%C3%A1b_\(strom\)&oldid=24328485](https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Je%C5%99%C3%A1b_(strom)&oldid=24328485). [cit. 2025-03-15].

[101] MUSIL, Ivan a MÖLLEROVÁ, Jana. *Listnaté dřeviny: přehled dřevin v rámci systému rostlin krytosemenných : (Lesnická dendrologie 2) : [určeno pro posluchače Fakulty lesnické a environmentální ČZU]*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2005. ISBN 80-213-1367-6. S. 77-104.

[102] MLČEK, Jiří; ROP, Otakar a ŘEZNÍČEK, Vojtěch. Minerální prvky v plodech mezidruhových kříženců jeřábu. Online. *Zahradnictví*. 2011, roč. 52, č. 3, s. 15-17. ISSN 1213-7596. Dostupné z: <https://zahradaweb.cz/mineralni-prvky-v-plodech-mezidruhovych-krizencu-jerabu/>. [cit. 2025-03-16].

[103] LOKOČ, Radim; TINZOVÁ, Bohumila a DOVALA, Ondřej. *Moravský sladkoplodý jeřáb: z Ostružné do světa*. Jeseník: Eberesche, 2012. ISBN 978-80-260-3686-9.

[104] PŘÍSPĚVATELÉ WIKIPEDIE. *Jeřáb ptačí*. Online. In: WIKIPEDIE: OTEVŘENÁ ENCYKLOPEDIE. Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2022. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Je%C5%99%C3%A1b_pta%C4%8D%C3%AD&oldid=21318069. [cit. 2025-03-16].

[105] PŘÍSPĚVATELÉ WIKIPEDIE. *Jeřáb břek*. Online. In: WIKIPEDIE: OTEVŘENÁ ENCYKLOPEDIE. Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2021. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Je%C5%99%C3%A1b_b%C5%99ek&oldid=20603570. [cit. 2025-03-16].

[106] PŘÍSPĚVATELÉ WIKIPEDIE. *Jeřáb muk*. Online. In: WIKIPEDIE: OTEVŘENÁ ENCYKLOPEDIE. Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2021. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Je%C5%99%C3%A1b_muk&oldid=20331864. [cit. 2025-03-16].

[107] *Jeřáb muk*. Online. In: Zahradnictví Spomyšl. Dostupné z: https://www.zahradnictvi-spomysl.cz/jerab-muk-magnifica-2/?variantId=358999&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwhMq-BhCFARIsAGvo0KfGUfzhbQNaj4A8VfB5eXOGAMe6fLv6kzIWRXOIIMS4Yy4ayKHwVo0aAj5pEALw_wcB. [cit. 2025-03-16].

[108] PŘÍSPĚVATELÉ WIKIPEDIE. *Jeřáb sudetský*. Online. In: WIKIPEDIE: OTEVŘENÁ ENCYKLOPEDIE. Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2022. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Je%C5%99%C3%A1b_sudetsk%C3%BD&oldid=21000311. [cit. 2025-03-16].

[109] *Jeřáb oskeruše*. Online. In: Zahradnictví Spomyšl. Dostupné z: <https://www.zahradnictvi-spomysl.cz/jerab-oskeruse/>. [cit. 2025-03-16].

[110] *Jeřáb Arnoldův 'Pink Veil'*. Online. In: Zahradnictví Spomyšl. Dostupné z: <https://www.zahradnictvi-spomysl.cz/jerab-arnolduv--pink-veil/>. [cit. 2025-03-16].

[111] PEŠEK, Radim. *Staré odrůdy org, Ovocná školka Bojkovice*. Online. Copyright 2025 Ovocná školka Bojkovice | [stareodrudy.org](https://www.stareodrudy.org). Dostupné z: <https://www.stareodrudy.org/jerab--pink-veil/>. [cit. 2025-03-18].

[112] PEŠEK, Radim. *JEŘÁB 'GRANÁTOVÝ / GRANATNAJA'*. Online. Copyright 2025 Ovocná školka Bojkovice | [stareodrudy.org](https://www.stareodrudy.org). Dostupné z: <https://www.stareodrudy.org/jerab--granatovy-granatnaja/>. [cit. 2025-03-18].

[113] SARV, Viive; VENSKUTONIS, Petras Rimantas a BHAT, Rajeev. The Sorbus spp.—Underutilised Plants for Foods and Nutraceuticals: Review on Polyphenolic Phytochemicals and Antioxidant Potential. Online. *Antioxidants*. 2020, roč. 9, č. 9. ISSN 2076-3921. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/antiox9090813>. [cit. 2025-03-31].

- [114] SARV, Viive; VENSKUTONIS, Petras Rimantas a RÄTSEP, Reelika. Antioxidants Characterization of the Fruit, Juice, and Pomace of Sweet Rowanberry (*Sorbus aucuparia* L.) Cultivated in Estonia. Online. *Antioxidants*. 2021, roč. 10, č. 11. ISSN 2076-3921. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/antiox10111779>. [cit. 2025-03-31].
- [115] *Malic acid*. Online. In: Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001, 10.02.2025. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Malic_acid&oldid=1275061226. [cit. 2025-03-31].
- [116] NATIONAL CENTER OF BIOTECHNOLOGY INFORMATION. *Sorbic Acid*. Online. An official website of the United States government. 8600 Rockville Pike, Bethesda, MD 20894: National Library of Medicine, 2005, 2016-05-02. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/643460>. [cit. 2025-03-31].
- [117] ORSAVOVÁ, Jana; JURÍKOVÁ, Tunde; BEDNAŘÍKOVÁ, Růžena a MLČEK, Jiří. Total Phenolic and Total Flavonoid Content, Individual Phenolic Compounds and Antioxidant Activity in Sweet Rowanberry Cultivars. Online. *Antioxidants*. 2023, roč. 12, č. 4. ISSN 2076-3921. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/antiox12040913>. [cit. 2025-04-03].
- [118] HUKKANEN, Anne T.; PÖLÖNEN, Satu S.; KÄRENLAMPI, Sirpa O. a KOKKO, Harri I. Antioxidant Capacity and Phenolic Content of Sweet Rowanberries. Online. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2006, roč. 54, č. 1, s. 112-119. ISSN 0021-8561. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/jf051697g>. [cit. 2025-04-03].
- [119] GIL-IZQUIERDO, A. a MELLENTIN, A. Identification and quantitation of flavonols in rowanberry (*Sorbus aucuparia* L.) juice. Online. *European Food Research and Technology*. 2001, roč. 213, č. 1, s. 12-17. ISSN 1438-2377. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s002170100328>. [cit. 2025-04-03].
- [120] HOANG, Hien Thi; MOON, Ju-Young a LEE, Young-Chul. Natural Antioxidants from Plant Extracts in Skincare Cosmetics: Recent Applications, Challenges and Perspectives. Online. *Cosmetics*. 2021, roč. 8, č. 4. ISSN 2079-9284. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/cosmetics8040106>. [cit. 2025-04-03].
- [121] SINGH, Priyanka a MIJAKOVIC, Ivan. Rowan Berries: A Potential Source for Green Synthesis of Extremely Monodisperse Gold and Silver Nanoparticles and Their

Antimicrobial Property. Online. *Pharmaceutics*. 2022, roč. 14, č. 1. ISSN 1999-4923. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics14010082>. [cit. 2025-04-03].

[122] GÓRNAŚ, Paweł a RUDZIŃSKA, Magdalena. Seeds recovered from industry by-products of nine fruit species with a high potential utility as a source of unconventional oil for biodiesel and cosmetic and pharmaceutical sectors. Online. *Industrial Crops and Products*. 2016, roč. 83, s. 329-338. ISSN 09266690. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.01.021>. [cit. 2025-04-03].

[123] SINGLETON, Vernon L.; ORTHOFER, Rudolf a LAMUELA-RAVENTÓS, Rosa M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. Online. In: *Oxidants and Antioxidants Part A. Methods in Enzymology*. Elsevier, 1999, s. 152-178. ISBN 9780121822002. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1). [cit. 2025-04-03].

[124] BLAINSKI, Andressa; LOPES, Gisely a DE MELLO, João. Application and Analysis of the Folin Ciocalteu Method for the Determination of the Total Phenolic Content from Limonium Brasiliense L. Online. *Molecules*. 2013, roč. 18, č. 6, s. 6852-6865. ISSN 1420-3049. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules18066852>. [cit. 2025-04-03].

[125] KOTINGOVÁ, Lenka; BORSKÁ, Lenka a FIALA, Zdeněk. TESTOVÁNÍ TRANSDERMÁLNÍ ABSORPCE CHEMICKÝCH LÁTEK IN VITRO. Online. *Chem. Listy*. 2009, roč. 103, s. 533-539. Dostupné z: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2009_07_533-539.pdf. [cit. 2025-04-15].

[126] KOPECKÁ, Jana a ROTKOVÁ, Gabriela. *Skripta ke cvičení z obecné mikrobiologie, cytologie a morfologie bakterií*. Brno: Tribun EU, 2016. ISBN 978-80-263-1123-2. s. 55-61.

[127] BIOOO.CZ S.R.O. *Kokosovník (Cocos nucifera)*. Online. BIOOO.cz. Dostupné z: <https://encyklopedie.biooo.cz/vyhledat-slozeni/kokosovnik-cocos-nucifera/>. [cit. 2025-04-18].

[128] BIOOO.CZ S.R.O. *Sodium Polyacrylate*. Online. BIOOO.cz. Dostupné z: <https://encyklopedie.biooo.cz/vyhledat-slozeni/sodium-polyacrylate/>. [cit. 2025-04-18].

[129] BIOOO.CZ S.R.O. *Ethylhexyl Stearate*. Online. BIOOO.cz. Dostupné z: <https://encyklopedie.bioooo.cz/vyhledat-slozeni/ethylhexyl-stearate/>. [cit. 2025-04-18].

[130] NATIONAL CENTER OF BIOTECHNOLOGY INFORMATION. *Isotridecanol*. Online. An official website of the United States government. 8600 Rockville Pike, Bethesda, MD 20894: National Library of Medicine, 2005, 2025-04-12. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Isotridecanol>. [cit. 2025-04-18].

[131] BIOOO.CZ S.R.O. *Potassium sorbate*. Online. BIOOO.cz. Dostupné z: <https://encyklopedie.bioooo.cz/vyhledat-slozeni/potassium-sorbate/>. [cit. 2025-04-18].

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Jeřáb ptačí [104]	38
Obrázek 2 Jeřáb břek [105]	39
Obrázek 3 Jeřáb muk [107]	39
Obrázek 4 Jeřáb sudetský [108]	40
Obrázek 5 Jeřáb oskeruše [109]	41
Obrázek 6 Jeřáb ptačí [27]	43
Obrázek 7 Odrůdy jeřabin [zdroj vlastní]	57
Obrázek 8 Dřín [zdroj vlastní]	58
Obrázek 9 Vzorek Jeřáb obecný 'Konzentra' [zdroj vlastní]	58
Obrázek 10 Třepačka s lázní [zdroj vlastní]	58
Obrázek 11 Vzorky k měření absorbance [zdroj vlastní]	59
Obrázek 12 Graf kalibrační přímky standardu kyseliny gallové (GA) [zdroj vlastní]	61
Obrázek 13 Graf obsahu polyfenolů (PP) v čerstvém druhu ovoce [zdroj vlastní]	65
Obrázek 14 Graf koncentrace polyfenolů (PP) v extraktech jeřabin a dřínu [zdroj vlastní]	66
Obrázek 15 Zpracování kůže [zdroj vlastní]	68
Obrázek 16 Foto vybraných terčíků [zdroj vlastní]	69
Obrázek 17 Franzovy difúzní komůrky [zdroj vlastní]	70
Obrázek 18 Počítadlo kolonií Schütt count ^{plus} [zdroj vlastní]	77

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Reaktivní formy kyslíku – upraveno [31][36]	19
Tabulka 2 Reaktivní formy dusíku – upraveno [31][36]	19
Tabulka 3 Rozdělení antioxidantů podle původu a rozpustnosti [zdroj vlastní]	32
Tabulka 4 Vědecká klasifikace [100]	37
Tabulka 5 Koncentrace standardu kyseliny gallové a naměřené absorbance [zdroj vlastní]	60
Tabulka 6 Naměřené hodnoty pro vzorek Jeřáb obecný 'Konzentra' - jeřábina oranžová (JO) [zdroj vlastní]	62
Tabulka 7 Naměřené hodnoty pro vzorek Jeřáb Arnoldův 'Pink Veil' - jeřábina bílá (JB) [zdroj vlastní]	63
Tabulka 8 Naměřené hodnoty pro vzorek Jeřáb granátový 'Granatnaja' - jeřábina červená (JC) [zdroj vlastní]	63
Tabulka 9 Naměřené hodnoty pro vzorek Dřín 'Fruchtal' (D) [zdroj vlastní]	64
Tabulka 10 Průměrný obsah polyfenolů v čerstvém druhu ovoce [zdroj vlastní]	64
Tabulka 11 Tloušťka kůže a naměřené hodnoty (TEWL) [zdroj vlastní]	69
Tabulka 12 Vypočítané koncentrace polyfenolů a jejich procentuální zastoupení v jednotlivých vrstvách prasečí kůže po aplikaci extraktu oranžové jeřabiny (JO) [zdroj vlastní]	73
Tabulka 13 Vypočítané koncentrace polyfenolů a jejich procentuální zastoupení v jednotlivých vrstvách prasečí kůže po aplikaci extraktu bílé jeřabiny (JB) [zdroj vlastní]	74
Tabulka 14 Vypočítané koncentrace polyfenolů a jejich procentuální zastoupení v jednotlivých vrstvách prasečí kůže po aplikaci extraktu jeřabiny červené (JC) [zdroj vlastní]	74
Tabulka 15 Počty kolonií celkového počtu mikroorganismů [zdroj vlastní]	80
Tabulka 16 Počty kolonií plísní a kvasinek [zdroj vlastní]	81

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

A	Absorbance
ANOVA	Analýza rozptylu (Analysis of variance)
AO	Antioxidanty
BAL	Biologicky aktivní látky
BHA	Butylovaný hydroxyanisol
BHT	Butylovaný hydroxytoulén
C	Koncentrace
CAT	Kataláza
CFU	Colony Forming Units (Kolonie tvořící jednotky)
CHYGA	Chloramfenikol-glukózový agar
CIR Expert Panel	Cosmetic Ingredient Review Expert Panel (Odborný panel pro přezkum kosmetických složek)
cm	Centimetr, jednotka délky
ČR	Česká republika
D	Dřín 'Fruchtal'
DNA	Deoxyribonukleová kyselina
EU	Evropská unie
E 310	Propylgallát
E 320	Butylhydroxyanisol
E 321	Butylhydroxytoluén
EtOH	Ethanol
g	Gram, jednotka hmotnosti
GA	Kyselina gallová
GAE	Ekvivalent kyseliny gallové
GSH	Glutathion

GPx	Glutathionperoxidáza
g/hm ²	Gram na metr čtvereční za hodinu (jednotka TEWL)
HPLC	Vysokoúčinná kapalinová chromatografie (high-performance liquid chromatography)
INCI	International Nomenclature of Cosmetic Ingredients (Mezinárodní názvosloví kosmetických přísad)
JB	Jeřáb Arnoldův 'Pink Veil' (jeřabina bílá)
JC	Jeřáb granátový 'Granatnaja' (jeřabina červená)
JO	Jeřáb obecný 'Konzentra' (jeřabina oranžová)
kal	Kalibrace
l	Litr, jednotka objemu
mg	Miligram, jednotka hmotnosti
ml	Mililitr, jednotka objemu
mm	Milimetr, jednotka délky
MPA	Masopectonový agar
nm	Nanometr, jednotka délky
(o)	Olej
O/V	Olej ve vodě
p	Statistický ukazatel náhodnosti výsledku
p.a.	Pro analýzu, čistota chemické látky
pH	Záporný dekadický logaritmus koncentrace vodíkových iontů
PP	Polyfenoly
RNA	Ribonukleová kyselina
RNS	Reaktivní formy dusíku (reactive nitrogen species)
RO•	Alkoxylový radikál
ROO•	Alkylperoxylový radikál
ROONO	Alkylperoxynitrit
ROS	Reaktivní formy kyslíku (reactive oxygen species)
SE	Směrodatná odchylka průměru
SOD	Superoxiddismutáza
SOD1	Superoxiddismutáza 1[Cu-Zn]
SOD2	Superoxiddismutáza 2 (mitochondriální)
SOD3	Extracelulární superoxiddismutáza [Cu-Zn]

s.r.o.	Společnost s ručením omezeným
TEWL	Transepidermální ztráta vody
TPC	Analýza celkového obsahu fenolů (Total Phenolic Content)
TRx	Thioredoxin
UV	Ultrafialové záření
ÚAČHP	Ústav analýzy a chemie potravin
V	Objem
(v)	Voda
VIS	Viditelné záření
μg	Mikrogram, jednotka hmotnosti
μl	Mikrolitr, jednotka objemu
μm	Mikrometr, jednotka délky
%	Procento
°C	Stupeň Celsia, jednotka teploty

