

Chemické vlastnosti oleje ze semen vinné révy

Bc. Petra Kodůusková

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. Petra Koďoušková
Osobní číslo:	T22588
Studijní program:	N0711A130011 Biomateriály a kosmetika
Forma studia:	Kombinovaná
Téma práce:	Chemické vlastnosti oleje ze semen vinné révy

Zásady pro vypracování

Student v teoretické části rozpracuje okruhy týkající se vinné révy jako rostliny, zmíní se o výrobě vína a produkovaných odpadech.

Stěžejní částí bude kapitola o oleji z vinných hroznů, kde bude kladen důraz na způsoby jeho získávání, chemické složení, oxidační stabilitu a v neposlední řadě jeho využití v kosmetice a potravinářství.

V praktické části se získané vzorky oleje z vinných hroznů analyzují na obsah mastných kyselin a peroxidové číslo, případně další dostupné charakteristiky.

Experimenty budou následně sledovat oxidační chování oleje v různě zbarvených skleněných lahvích, případně v nádobách polymerních a to změnou peroxidového čísla.

Navíc součástí práce budou i experimenty urychleného oxidačního stárnutí.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] FIC, Vlastimil a kol. *Vino – analýza, technologie, gastronomie*. **2015**, ISBN 978-80-86380-77-3.
- [2] BJELICA, Miloš a kol. *Some Chemical Characteristics and Oxidative Stability of Cold Pressed Grape Seed Oils Obtained from Different Winery Waste*. *European Journal of Lipid Science and Technology*. **2019**, 121, 8, DOI:10.1002/ejlt.201800416.
- [3] PARDO, Jose Emilio a kol. *Characterization of grape seed oil from different grape varieties (Vitis vinifera)*. *European Journal of Lipid Science and Technology*. **2009**, 111, 2, 188–193, DOI:10.1002/ejlt.200800052.
- [4] KAPCSÁNDI, Viktória a kol. *Characterization of fatty acid, antioxidant, and polyphenol content of grape seed oil from different Vitis vinifera L. varieties*. *Oilseeds and fats, Crops and Lipids*. **2021**, 28, DOI: 10.1051/ocl/2021017.
- [5] KISHIMOTO, Norihito. *Influence of Exposure to Sunlight on the Oxidative Deterioration of Extra Virgin Olive Oil during Storage in Glass Bottles*. *Food Science and Technology Research*. **2019**, 25, 4, DOI: 10.3136/fstr.25.539.
- [6] GARGOURI, Bouthaina a kol. *Effect of containers on the quality of Chemlali olive oil during storage*. *Journal of Food Science and Technology*. **2015**, 52, 4, DOI:10.1007/s13197-014-1273-2.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Ondřej Rudolf, 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

Hroznový olej získávaný ze semen révy vinné (*Vitis vinifera* L.) představuje cenný vedlejší produkt vinařského průmyslu. Díky vysokému obsahu nenasycených mastných kyselin a přirozených antioxidantů, jako je vitamin E, nachází uplatnění v potravinářství, kosmetice i farmacii. Jeho výroba je však technologicky náročná, semena je nejprve nutné oddělit z matolin, vysušit a následně upravit pro extrakci oleje. Každý krok zpracování přitom může ovlivnit výslednou kvalitu a složení produktu.

Předmětem práce bylo zhodnocení chemických vlastností a oxidační stability čtyř komerčně dostupných vzorků hroznového oleje. Pomocí plynové chromatografie bylo stanoveno zastoupení mastných kyselin, kdy největší podíl měla kyselina linolová 62,7–74 %, následovaná kyselinou olejovou 15,7–26,9 % a menšími podíly nasycených mastných kyselin, které byly přibližně 9–10 %. Oxidační stabilita byla hodnocena experimentem, který sledoval chování oleje při skladování v různě barevném skle (čirém, modrém a hnědém). Ke zhodnocení míry oxidace sloužilo sledování změn peroxidového čísla v průběhu času. Oxidační odolnost olejů byla dále posuzována pomocí urychleného oxidačního stárnutí měřeného na přístroji Rancimat. Doplnková měření, jako bylo stanovení čísla kyselosti a indexu lomu, poskytla další informace o kvalitativních vlastnostech a stabilitě jednotlivých vzorků.

Klíčová slova: hroznový olej, réva vinná, mastné kyseliny, oxidační stabilita, peroxidové číslo, Rancimat, skladování v barevném sklu, plynová chromatografie, číslo kyselosti, index lomu

ABSTRACT

Grapeseed oil, obtained from the seeds of the grapevine (*Vitis vinifera* L.), is a valuable by-product of the wine industry. Due to its high content of unsaturated fatty acids and natural antioxidants such as vitamin E, it finds application in the food, cosmetics, and pharmaceutical industries. However, its production is technologically demanding, as the seeds must first be separated from the pomace, dried, and then prepared for oil extraction. Each processing step can affect the final quality and composition of the product.

This study focused on evaluating the chemical properties and oxidative stability of four commercially available grapeseed oil samples. Using gas chromatography, the fatty acid composition was determined, with linoleic acid being the most abundant (62.7-74%), followed by oleic acid (15.7-26.9%) and lower amounts of saturated fatty acids (approximately 9-10%). Oxidative stability was assessed through an experiment monitoring the oil's behaviour during storage in differently coloured glass (clear, blue, and brown). Changes in the peroxide value over time served to evaluate the degree of oxidation. Oxidative resistance was further assessed through accelerated oxidative ageing measured using a Rancimat instrument. Additional measurements, such as acid value and refractive index, provided further insight into the quality characteristics and stability of the individual samples.

Keywords: grapeseed oil, *Vitis vinifera*, fatty acids, oxidative stability, peroxide value, Rancimat, coloured glass storage, gas chromatography, acid value, refractive index

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu práce, ing. Ondřeji Rudolfovi, Ph.D., za jeho cenné rady, podporu a trpělivost, které mi poskytl během celého procesu psaní diplomové práce. Jeho odborné vedení, připomínky a konstruktivní kritika mi pomohly práci úspěšně dokončit.

Dále bych chtěla poděkovat své rodině za jejich trpělivost, podporu a pochopení po celou dobu studia.

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 VINOHRADNICTVÍ V ČESKÉ REPUBLICE.....	11
1.1 MORFOLOGIE A FYZIOLOGIE RÉVY VINNÉ.....	12
1.2 BIOCHEMIE ZRÁNÍ HROZNŮ	13
1.2.1 Morfologická stavba hroznů a bobule.....	13
1.2.2 Vývojové fáze bobule	15
1.2.3 Parametry a hodnocení zralosti hroznů	17
2 VÝROBA VÍNA A VEDLEJŠÍ PRODUKTY	18
2.1 VÝROBA VÍNA	18
2.2 ODPADNÍ PRODUKTY	20
2.2.1 Matoliny	20
2.2.2 Vinné kaly	21
2.2.3 Vinné třapiny.....	21
3 VÝROBA OLEJE ZE SEMEN RÉVY VINNÉ.....	22
3.1 SEPARACE SEMEN RÉVY VINNÉ Z MATOLIN	22
3.2 ZAŘÍZENÍ PRO SUŠENÍ SEMEN	23
3.3 VOLBA TECHNOLOGICKÉ LINKY PRO ZPRACOVÁNÍ MATOLIN.....	24
3.4 PŘEDÚPRAVA SEMEN.....	25
3.5 ZÍSKÁVÁNÍ OLEJE ZE SEMEN	26
3.5.1 Lisování.....	27
3.5.2 Extrakce rozpouštědly	27
3.5.3 Ultrazvuková extrakce	28
3.5.4 Superkritická extrakce CO ₂ (SFE).....	28
3.5.5 Tlaková kapalinová extrakce (PLE).....	29
3.6 ČIŠTĚNÍ OLEJE	29
4 VLASTNOSTI HROZNOVÉHO OLEJE.....	30
4.1 CHEMICKÉ VLASTNOSTI HROZNOVÉHO OLEJE.....	30
4.1.1 Mastné kyseliny	30
4.1.2 Fytosteroly.....	31
4.1.3 Vitamín E	32
4.1.4 Fenolové sloučeniny.....	32
4.1.5 Pigmenty	34
4.2 OXIDAČNÍ STABILITA HROZNOVÉHO OLEJE.....	34
4.3 STABILITA A SKLADOVÁNÍ OLEJŮ	38
5 VYUŽITÍ HROZNOVÉHO OLEJE	40
5.1 KOSMETIKA.....	40

5.2	POTRAVINÁŘSTVÍ	40
5.3	FARMACIE	41
5.4	PRŮMYSL	42
II	PRAKTICKÁ ČÁST	43
6	CÍL PRÁCE	44
7	MATERIÁL A PŘÍSTROJE	45
7.1	POUŽITÉ CHEMIKÁLIE	49
7.2	POMŮCKY	49
7.3	PŘÍSTROJE	49
8	METODIKA	51
8.1	PŘÍPRAVA VZORKŮ	51
8.2	MĚŘENÍ INDEXU LOMU	51
8.3	STANOVENÍ MASTNÝCH KYSELIN POMOCÍ PLYNOVÉ CHROMATOGRAFIE	51
8.4	STANOVENÍ PEROXIDOVÉHO ČÍSLA	53
8.5	STANOVENÍ ČÍSLA KYSELOSTI	54
8.6	URYCHLENÉ OXIDAČNÍ STÁRNUTÍ, METODA RANCIMAT	55
9	VÝSLEDKY A DISKUZE	57
9.1	VÝSLEDEK ABBEHO REFRAKTOMETR	57
9.2	ZASTOUPENÍ MASTNÝCH KYSELIN (PLYNOVÁ CHROMATOGRAFIE)	57
9.2.1	Zastoupení MK vzorek MS	58
9.2.2	Zastoupení MK vzorek B	58
9.2.3	Zastoupení MK vzorek KH	59
9.2.4	Zastoupení MK vzorek AB	60
9.2.5	Celkové zastoupení mastných kyselin ve vzorcích	60
9.3	VÝSLEDKY ČÍSLA KYSELOSTI	62
9.4	PEROXIDOVÉ ČÍSLO	63
9.4.1	Vyhodnocení peroxidového čísla pro MS	63
9.4.2	Vyhodnocení peroxidového čísla B	65
9.4.3	Vyhodnocení peroxidového čísla KH	66
9.4.4	Vyhodnocení peroxidového čísla pro olej AB	67
9.4.5	Vyhodnocení peroxidového čísla pro všechny vzorky	68
9.5	URYCHLENÁ OXIDACE, METODA RANCIMAT	68
	ZÁVĚR	75
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	77
	SEZNAM OBRÁZKŮ	88
	SEZNAM TABULEK	89
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	90

ÚVOD

Tato diplomová práce se zabývá chemickými vlastnostmi oleje ze semen révy vinné. Cílem práce je zpracovat okruhy týkající se vinné révy jako rostliny, výroby vína a odpadních produktů. Hlavní pozornost je věnována způsobům získávání oleje, chemickému složení, oxidační stabilitě a také možnostem jeho využití v kosmetice a potravinářství.

Réva vinná (*Vitis vinifera* L.) je jedním z nejvíce pěstovaných druhů ovoce na světě. Malá část sklizených hroznů se uvádí na trh jako čerstvé stolní hrozny, většina je však určena k výrobě vína. Tento proces je spojen se vznikem velkého množství vedlejších produktů, které byly dříve považovány za odpad. V současné době se stále častěji objevují způsoby, jak tyto odpadní materiály dále využít na další bioprodukty s přidanou hodnotou. Jedním z těchto vedlejších produktů jsou matoliny, vinné kaly a vinné třapiny.

Hroznová semena se získávají z matolin, přičemž jejich separace není zcela jednoduchá. Po vysušení a úpravě se ze semen vyrábí olej, který se získává nejčastěji lisováním nebo extrakcí pomocí organických rozpouštědel. Obsahuje převážně nenasycené mastné kyseliny, vitamín E a další bioaktivní látky. Díky svému složení je tento olej ceněn nejen z nutričního hlediska, ale i pro své technologické vlastnosti a široké možnosti využití zejména v potravinářství, kosmetice a farmacii.

Rostlinné oleje jsou náchylné k oxidaci, která negativně ovlivňuje jejich kvalitu. Dochází při ní ke změnám chuti, vůně a barvy a zároveň k poklesu výživové hodnoty. Oxidační procesy vedou ke vzniku nežádoucích látek a mohou výrazně zkrátit trvanlivost oleje. Rychlost oxidace závisí na složení oleje a podmínkách skladování, zejména na přístupu vzduchu, světla a teploty.

Praktická část této práce se právě zaměřuje na hodnocení oxidační stability olejů z hroznových jader. Pro účely experimentu byly vybrány čtyři komerčně dostupné vzorky oleje, které byly vystaveny různým podmínkám skladování. Oxidační stabilita byla sledována při uchovávání ve skleněných lahvích různých barev (čiré, hnědé a modré), přičemž jako hlavní ukazatel oxidace sloužilo peroxidové číslo. Dále byly vzorky analyzovány z hlediska obsahu mastných kyselin, čísla kyselosti a indexu lomu. V další fázi bylo provedeno urychlené oxidační stárnutí pomocí přístroje Rancimat, jehož cílem bylo posoudit, jak jsou jednotlivé vzorky odolné vůči degradaci. Výsledky posloužily k porovnání stability olejů a zhodnocení vlivu obalu na rychlost jejich oxidace při skladování.

I TEORETICKÁ ČÁST

1 VINOHRADNICTVÍ V ČESKÉ REPUBLICE

Z ekonomického pohledu se réva vinná (*Vitis vinifera* L.) řadí mezi nejdůležitější zemědělské plodiny na světě. Celosvětová plocha vinic je 7,66 mil. ha, kdy největší rozlohu vinohradů zabírá Evropa 57,9 %, poté Asie 21,3 % a Amerika 13 %. [1, s. 14–16] Podle údajů z roku 2009, které poskytla Organisation de la Vigne et du Vin (OIV), se celosvětově zpracovává přibližně 66,5 milionu tun vinných hroznů, z nichž 38 milionů tun připadá na Evropu. [2]

Česká republika patří mezi menší vinařské země s obhospodařovanou plochou 17,75 tisíc hektarů vinic. Sklizeň hroznů révy vinné v roce 2023 činila 77 tisíc tun. [3] S rostoucím zájmem o víno roste i jeho spotřeba, proto se předpokládá další rozvoj vinohradnictví. [1, s. 14–16]

Z geografického hlediska spadá ČR do severně položené vinařské oblasti a řadí se k vinohradnictví chladného podnebí. Výhodou tohoto podnebí jsou příznivé podmínky pro zrání hroznů, kdy se střídají teplé dny a chladné noci. Tyto teplotní podmínky pozitivně přispívají k rozvoji aromatických a fenolických látek v bobulích. [1, s. 14–16], [4, s. 13]

Na území ČR se dle vinařského zákona č. 321/2004 Sb. rozkládají dvě vinařské oblasti a to Čechy a Morava, které se dále dělí na vinařské podoblasti, vinařské obce a viniční tratě, které stanovuje Ministerstvo zemědělství. [5]

Na těchto vinicích se pěstují převážně moštové odrůdy, které slouží k vinařským účelům. Pro výrobu a distribuci vína se mohou používat pouze hrozny odrůd, které jsou zapsány ve Státní odrůdové knize nebo v Odrůdových knihách ostatních zemí Evropských společenství. [6, s. 29] Státní odrůdová kniha obsahuje 34 bílých a 26 modrých moštových odrůd, přičemž 13 z nich jsou PIWI¹ odrůdy, které jsou odolné vůči houbovým chorobám. V knize je evidováno i 9 stolních odrůd. [7, s. 48-69]

Výběr odrůd révy vinné je ovlivněn specifickými podmínkami stanoviště, které jsou zásadní pro dosažení optimální kvality hroznů a pravidelné dozrávání. Pro tento vztah se využívá francouzský termín *terroir*, který zahrnuje vzájemné interakce mezi révou vinnou, vinicí, klimatickými faktory a lidským vlivem. *Terroir* rovněž charakterizuje mesoklimatické

¹ PIWI odrůdy jsou speciální odrůdy révy vinné, které vynikají svou odolností vůči houbovým chorobám. Tento termín pochází z německého slova "pilzwiderstandsfähigkeit", což znamená "odolnost vůči houbám". Dříve byly tyto odrůdy označovány jako interspecifické, ale dnes je preferováno označení PIWI. [7, s. 48-69]

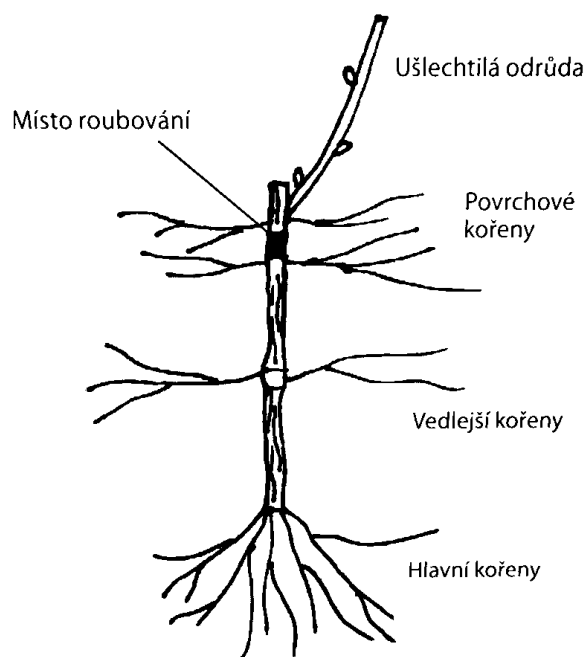
podmínky daného stanoviště, zahrnující podnebí, proměnlivost počasí, orientaci vinice, sklon svahu a geologické a půdní vlastnosti. [7, s. 48-69]

1.1 Morfologie a fyziologie révy vinné

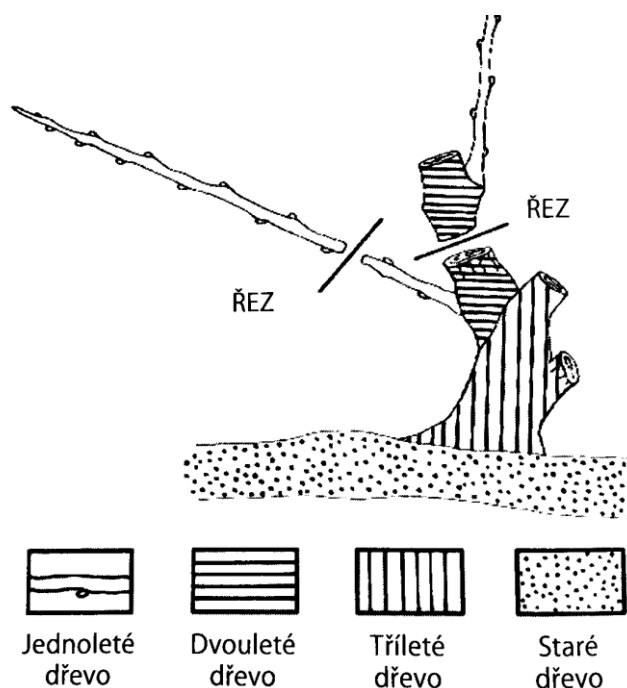
Réva vinná patří do čeledi révovitých (*Vitaceae L.*), která zahrnuje přibližně 700 druhů rozdělených do 14 rodů. [1, s. 16-23]

Evolučním vývojem se z plané lesní révy (*Vitis vinifera subsp. silvestris*) vyvinula kulturní réva vinná (*Vitis vinifera subsp. sativa*). Jedná se o liánovitou dřevinu, která se kvůli své morfologické stavbě pěstuje převážně na opěrných konstrukcích. [1], [7, s. 12-33]

Z morfologického hlediska můžeme rostlinu rozdělit na podzemní část, kterou představuje kořenový systém obrázek č. 1 a nadzemní část, tvořící dřevnaté a zelené části keře. Kořenový systém upevňuje a ukotvuje révový keř v půdě, ukládá zásobní látky, přijímá vodu a živiny z půdy a dochází v něm k tvorbě rostlinných hormonů. Dřevnatou část tvoří staré dřevo, které se skládá z kmene a kordonových ramen, dvouleté a jednoleté dřevo. Uspořádání dřeva na keři podle stáří můžeme vidět na obrázku č. 2. Jednoleté dřevo vzniká po ukončení vegetačního období, kdy letorosty zdřevnatí a opadají z nich listy. Letorosty jsou zásadní pro vývoj a plodnost rostliny, protože se na nich nacházejí pupeny (očka), listy, zálistky, květenství, úponky a hrozny. [1, s. 47-59], [7, s. 12-33]



Obr. č. 1 Kořenový systém [1]



Obr. č. 2 Uspořádání dřeva na keři podle stáří [1]

1.2 Biochemie zrání hroznů

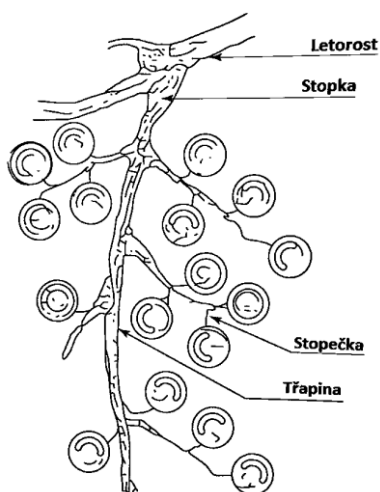
Základem moderního pěstování révy vinné je důležitá znalost morfologických, fyziologických a biochemických procesů, které se odehrávají v bobulích a hroznech v průběhu vegetačního cyklu. Tyto procesy ovlivňují nejen růst a zrání hroznů, ale také jejich výslednou kvalitu a potenciál pro výrobu vína. Díky těmto poznatkům lze efektivně naplánovat zemědělské činnosti, jako jsou zelené práce, péče o půdu, výživa a hnojení, ochrana před chorobami a škůdci či dodatečná závlaha. [1, s. 61–81]

1.2.1 Morfologická stavba hroznu a bobule

Tvar hroznu je jedním z ampelografických² znaků, které charakterizují jednotlivé odrůdy révy vinné. Hrozen se tvoří po opylení a oplození květů v květenství, kdy se osa květenství

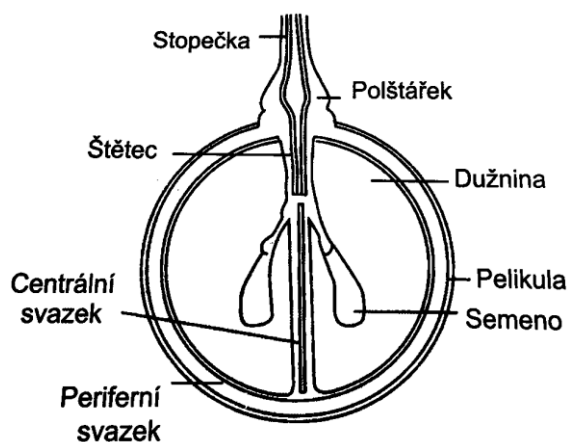
² Ampelografické znaky jsou charakteristické vlastnosti vinné révy, které slouží k jejímu popisu a identifikaci. Patří sem morfologické rysy, jako je tvar, barva a velikost listu, květu, hroznu, bobulí a semínek, stejně jako další vlastnosti např. odolnost vůči chorobám nebo výnosnost odrůdy.

změní na třapinu, na níž vyrůstají bobule připevněné na stopečkách. Strukturu hroznu vidíme na obrázku č. 3. [7, s. 12–33]



Obr. č. 3 Kompozice hroznu [4]

Plody révy vinné jsou bobule, které se řadí do skupiny dužnatých plodů se semeny. Řez zralé bobule je na obrázku č. 4.



Obr. č. 4 Schématický řez zralou bobulí [8]

Semena se nacházejí uprostřed a mají hruškovitý tvar s prodlouženým zobáčkem. Semena jsou obklopena oplodím (perikarp), které se dělí na slupku (exokarp), dužninu (mezokarp) a pletivo ohraničující semena (endokarp). Během dozrávání semen dochází k dřevnatění jejich obalů. Semena mění barvu od zelených tónů, které jsou charakteristické pro nevyzrálá semena obsahující vysoký podíl tříslovin, až po tmavohnědé odstíny, jež značí jejich plnou zralost. [1], [7, s. 12–33]

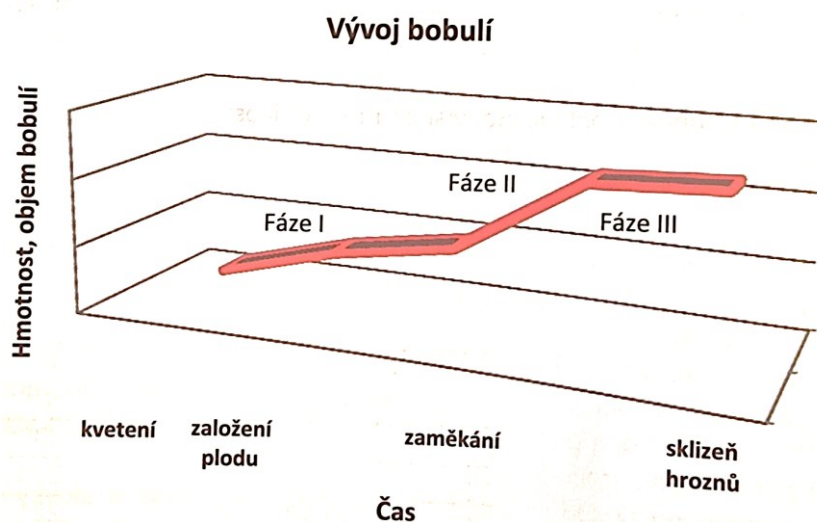
Znalost vývoje semen mezi fázemi kvetení a sklizně je zásadní pro efektivní agrotechnické postupy. Na základě těchto vývojových změn lze provádět zásahy, které mohou zvýšit výnos a zlepšit kvalitu hroznů, zejména jejich cukernatost, obsah šťávy, chuťové projevy, kyselost a aromatické látky. [1], [7, s. 12–33]

Vodivá pletiva, zajišťující transport látek, se rozvětvují těsně pod slupkou, vnější části dužniny. Dužnina je nejdůležitější část bobule a tvoří 75–85 % její celkové hmotnosti. Konzistence se liší podle odrůdy např. u moštových odrůd je měkká a šťavnatá, což zajišťuje vysoký obsah šťávy, zatímco u stolních odrůd bývá pevnější a křupavá. Je složena z velkých mnohoúhelníkových buněk s tenkými buněčnými stěnami, které jsou uspořádány do 25–30 vrstev rozdělených na tři části. Dužnina je bohatá na cukry, především glukózu a fruktózu, zatímco sacharóza se vyskytuje jen minimálně. Z kyselin dominují kyselina vinná a jablečná, z anorganických pak kyselina fosforečná. Obsahuje také důležité kationty, zejména draslík, vápník, hořčík, sodík a zinek. Dusíkaté látky představují 20–25 % celkového obsahu dusíku v bobuli, přičemž hlavními složkami jsou amonné ionty, aminokyseliny a bílkoviny. Mošt, což je kapalina získaná lisováním hroznů, obsahuje 40–220 mM/l dusíku v amoniakální nebo organické formě, přičemž amonné ionty představují snadno asimilovatelný zdroj dusíku pro kvasinky. Podíl aminokyselin v moštu se pohybuje v rozmezí 2–13 mM/l, přičemž nejběžněji zastoupené aminokyseliny jsou prolin, arginin, treonin a kyselina glutamová.

Sekundární metabolity zahrnují aromatické látky, které přispívají k vůni. [1], [7], [8]

1.2.2 Vývojové fáze bobule

Vývoj bobulí od semeníku až po zralý plod probíhá ve třech fázích, během nichž se mění průměr, hmotnost a objem bobulí obrázek č. 5. Tento proces je obdobný pro všechny bobule.



Obr. č. 5 Etapy vývoje bobulí [8]

První fáze růstu bobulí révy vinné, označovaná jako bylinný růst, trvá 45–65 dní po odkvětu a je charakterizována intenzivním dělením a růstem buněk ve slupce a dužnině. Přítomnost semen zásadně ovlivňuje intenzitu buněčného dělení i tvorbu růstových hormonů, jako jsou cytokininy a gibereliny. Během této fáze je dominantním pigmentem chlorofyl, bobule vykazují vysokou metabolickou aktivitu, zvýšenou respiraci a rychlou akumulaci organických kyselin, zejména kyseliny jablečné. Kvalitu bobulí určuje počet, velikost a tvar buněk. Tato etapa růstu končí zhruba dva týdny před zaměkáním. [1, s. 61–81], [8, s. 13–16]

Druhá vývojová fáze bobulí, označovaná jako fáze pomalého růstu nebo „lag phase“, probíhá s minimálním zvětšováním velikosti a hmotnosti bobulí, avšak s významnými změnami v jejich chemickém složení. Bobule u barevných odrůd se začínají vybarvovat, u bílých odrůd slupka získává průsvitnost a bobule postupně měknou. Tato fáze obvykle trvá 8–15 dní, což je ovlivněno odrůdou, prostředím a délkou kvetení. Proces probíhá nerovnoměrně nejen mezi bobulemi na jednom hrozně, ale i napříč vinicí. Dochází k poklesu syntézy růstových látek a k nárůstu obsahu kyseliny abscisové, která hraje významnou roli v tomto období. [1, s. 61–81], [8, s. 13–16]

Třetí růstová fáze vinné révy, známá jako fáze dozrávání bobulí, začíná zaměkáním a vybarvováním bobulí. Bobule zrají a zvětšují svou velikost, stávají se měkčí, sladší, s nižší kyselostí a výraznějším zbarvením a aromatem. Tento proces trvá přibližně 35–55 dní a má klíčový vliv na kvalitu hroznů pro výrobu vína. [1, s. 61–81], [8, s. 13–16]

Při dozrávání dochází k akumulaci cukrů, aminokyselin, minerálních látek a fenolů, zatímco obsah kyseliny jablečné a taninů klesá. Růstové hormony auxiny, cytokininy a gibereliny hrají zásadní roli v růstu bobulí a ovlivňují jejich velikost. Tento růst je také ovlivněn vnějšími faktory, především klimatickými podmínkami. Optimální teploty pro růst bobulí jsou mezi 20–25 °C, přičemž extrémní teploty mohou růst negativně ovlivnit. [1, s. 61–81], [8, s. 13–16]

Během této fáze dochází k postupnému poklesu intenzity fotosyntézy a hromadění organických kyselin. Naopak se zvyšuje syntéza antokyanů, což přispívá k intenzivnímu zbarvení a chuti bobulí. Bobule s více semeny mají větší hmotnost, ale nižší cukernatost. V průběhu této fáze bobule dosahují ideálních podmínek pro sklizeň. [1, s. 61–81], [8, s. 13–16]

1.2.3 Parametry a hodnocení zralosti hroznů

Zralost hroznů nelze určit jedním ukazatelem, ale vždy jde o kombinaci několika parametrů, jako jsou cukernatost, obsah kyselin (vinné a jablečné), hodnota pH, aromatická a fenolická zralost nebo obsah asimilovatelného dusíku v moštu. [1, s. 82–93], [8, s. 99]

Analýzy pro určení kvalitativních parametrů se většinou provádějí na reprezentativním vzorku moštu, který se získá z 500 až 800 bobulí, což je asi 1–1,5 kg. [9]

Mezi hlavní typy zralosti patří fyziologická, průmyslová a technologická.

Fyziologická zralost se většinou určuje senzoricky, projevuje se zbarvením bobulí, jejich průhledností a vybarvením semen dohněda. [1, s. 82–93], [9]

Průmyslová zralost se soustředí na maximalizaci výnosů při přiměřené cukernatosti, aniž by brala v úvahu další kvalitativní parametry. [1, s. 82–93], [8, s. 99]

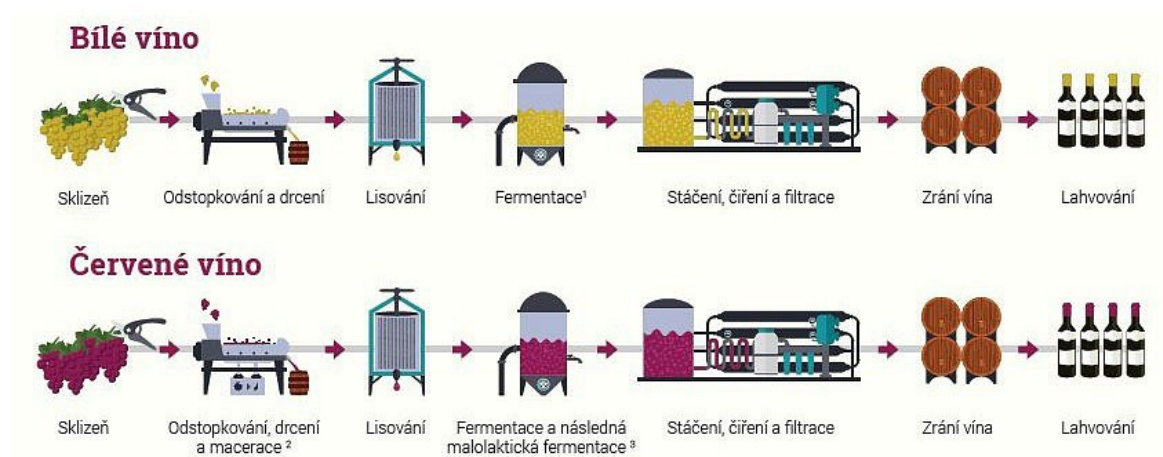
Technologická zralost představuje rovnováhu mezi cukernatostí, kyselinami, pH a fenolickou zralostí. [1, s. 82–93], [9]

2 VÝROBA VÍNA A VEDLEJŠÍ PRODUKTY

Tato kapitola se zaměřuje na technologický proces výroby vína. První část podrobně popisuje jednotlivé fáze od sklizně hroznů až po lahvování. Druhá část se věnuje vedlejším produktům vznikajícím během vinifikace³, jako jsou matoliny, vinné kaly a třapiny a zkoumá možnosti jejich dalšího využití.

2.1 Výroba vína

Proces výroby vína je rozdílný u bílého a červeného vína obrázek č. 6. [10]



Obr. č. 6 Technologické procesy výroby vína [10]

U bílého vína začíná sklizní hroznů, která se obvykle provádí od poloviny srpna (pro velmi rané odrůdy) až do poloviny listopadu. Hrozny mohou být sklizeny ručně, částečně mechanizovaně nebo plně mechanizovaným způsobem. [1, s. 82–93]

Po sklizni probíhá odstopkování, při kterém se oddělují bobule od třapin, které jsou následně využity jako hnojivo ve vinici. Po odstopkování následuje drcení, při kterém se hrozny rozdrtí na rmut. U bílého vína následuje lisování, které slouží k separaci moštu od hroznového rmutu a může být prováděno různými metodami, jako je mechanické lisování, lisování tlakem nebo odstředivou silou. Zatímco u červeného vína se po drcení hrozny nechávají několik dní macerovat spolu se slupkami, aby se extrahovala barviva, třísloviny a další polyfenolové látky, které ovlivňují strukturu a chuť vína. [9, s. 35–38], [11, s. 167–171], [12]

³ kompletní proces výroby vína, od sklizně hroznů až po lahvování

Dalším krokem je alkoholové kvašení, při kterém kvasinky, zejména druh *Saccharomyces cerevisiae*, přeměňují cukry (glukózu a fruktózu) z hroznového moštu na ethanol a oxid uhličitý.

Proces probíhá v několika fázích, odpovídajících růstovým stádiím kvasinek. Jeho průběh ovlivňuje druh a kmen kvasinek i podmínky kvašení. V závěru kvašení se mošt mění na mladé víno, přičemž klesá jeho hustota a objem. [9, s. 74–79], [12, s. 43–46]

Po dokončení alkoholového kvašení může následovat jablečno-mléčná fermentace (JMF), při kterém mléčné bakterie přeměňují kyselinu L-jablečnou na jemnější kyselinu L-mléčnou a oxid uhličitý. Používá se hlavně u červených vín. JMF zjemňuje chuť vína a zajišťuje jeho mikrobiální stabilitu. [4, s. 127]

Po kvašení víno prochází procesem školení, který zahrnuje stáčení, číření a filtrace. Stáčení slouží k oddělení vína od kalů a podpoře jeho přirozeného čištění. Zároveň ovlivňuje oxidačně-redukční vlastnosti vína podle toho, jaký je při stáčení kontakt vína se vzduchem. Číření, pomocí speciálních absorpčních materiálů, pomáhá odstranit nežádoucí látky a zlepšit chuť, barvu a stabilitu vína. Následuje filtrace, která odstraňuje pevné částice a zajišťuje čistotu a stabilitu vína, aniž by narušila jeho chemické složení, chuť nebo aroma. [4, s. 128–129], [9, s. 146–148], [12]

Ve vinařství se pro zrání vína využívají různé typy nádob, které významně ovlivňují jeho konečný charakter, chuť, aroma a barvu. Nejčastěji se využívají dřevěné sudy, zejména dubové, které díky mikrooxidaci přes póry dřeva podporují jemný vývoj vína a zlepšují jeho vlastnosti. Kromě dřeva se pro zrání vína používají i další nádoby, jako jsou nerezové nádrže, skleněné nádoby, plastové nádoby, betonové nádrže a keramické nádoby. [9, s. 202–230], [12]

Na závěr víno prochází lahvováním, což je běžný standard pro kvalitní vína, protože pomáhá zajistit jejich stabilitu. Při tomto procesu je důležité vybrat vhodný uzávěr, který ovlivňuje přístup kyslíku do láhve. Korkové uzávěry jsou ideální pro dlouhodobé zrání, zatímco šroubovací uzávěry jsou vhodné pro vína určená k rychlé spotřebě. Víno je také chráněno tmavým sklem, které ho chrání před negativními účinky světla a pomáhá uchovat jeho kvalitu. Mezi hlavní metody plnění vína patří ruční, automatizované a sterilní plnění. [9, s. 258–279], [11], [12, s. 93–95]

2.2 Odpadní produkty

Odhaduje se, že přibližně 80 % sklizených hroznů se zpracovává ve vinařství, což vede k produkci značného množství vedlejších materiálů. Pokud tyto materiály nejsou následně využity, stávají se odpadem. Mezi hlavní složky tohoto odpadu patří matoliny (13 % hmotnosti), vinné kaly (6 %) a třapiny (3 %), což celkově představuje asi 22 % hmotnosti zpracovaných hroznů. Množství odpadu není výrazně ovlivněno odrůdou hroznů ani použitou technologií výroby vína. [13], [14]

V současnosti se stále více hledají nové metody pro efektivní likvidaci těchto odpadů, které by umožnily přeměnit odpadní materiály na bioprodukty s přidanou hodnotou. Takové procesy by pomohly řešit ekologické problémy a zároveň vytvořily nové příjmy, které by přispěly k vyšší ekonomické efektivitě vinařské výroby. [15]

2.2.1 Matoliny

Matolina se skládá ze semen, slupek a zbytků třapin obrázek č. 7. Její podíl závisí na způsobu lisování, přičemž z 1000 kg hroznů vzniká 230–300 kg matolin a 40–60 kg třapin. Matolina je využívána v různých technologických procesech. Mezi nejběžnější patří výroba matolinového vína (např. grappa, marc), což je lihovina vyráběná ze zkvašených matolin. Výroba tohoto destilátu je regulována nařízením Evropské unie, které stanovuje maximální množství přidaných vinných kalů a požaduje minimální obsah ethanolu. [14], [2]



Obr. č. 7 Matolina [2]

Dalšími možnostmi využití matolin je kompostování, výroba energetických produktů (např. pelety) a extrakce přírodních antioxidantů. [14], [2]

Vinná semena obsažená v matolinách jsou cenným zdrojem nenasycených mastných kyselin a fenolických látek, které se často využívají při výrobě vinných olejů. Podrobně se olejem z hroznových jader zabývá kapitola 3. [14]

2.2.2 Vinné kaly

Vinné kaly vznikají po hlavním kvašení vína a obsahují mikrobiální biomasu, nerozpustné sacharidy, fenolické látky, minerální látky a kyselinu vinnou. Často se likvidují zaoráním do půdy, ale tato metoda může způsobit její okyselení. Nejvýznamnějším způsobem jejich využití je získávání kyseliny vinné, která má široké uplatnění v potravinářství, farmacii i vinařství. Kaly lze dále využít k výrobě ethanolu, jako zdroj mikrobiální biomasy nebo antioxidantů. Postup při výrobě vína ovlivňuje koncentraci fenolických látek. [14]

2.2.3 Vinné třapiny

Vinné třapiny, tvořené převážně stonky hroznů, se často ukládají na pole nebo kompostují. Tento postup však může snižovat pH půdy a není ekologicky ideální. Obsahují polyfenolické látky s antioxidačními, antimikrobiálními a antikancerogenními účinky. Látky extrahované z třapin se zkoumají jako možná ekologická alternativa oxidu siřičitého při konzervaci vína. Třapiny jsou také bohatým zdrojem vlákniny, která přispívá ke snížení cholesterolu a prevenci kardiovaskulárních onemocnění i některých typů rakoviny. Kromě toho mohou být využity jako substrát pro biotechnologické procesy díky obsahu ligninolytických enzymů a dalších bioaktivních látek. [14]

3 VÝROBA OLEJE ZE SEMEN RÉVY VINNÉ

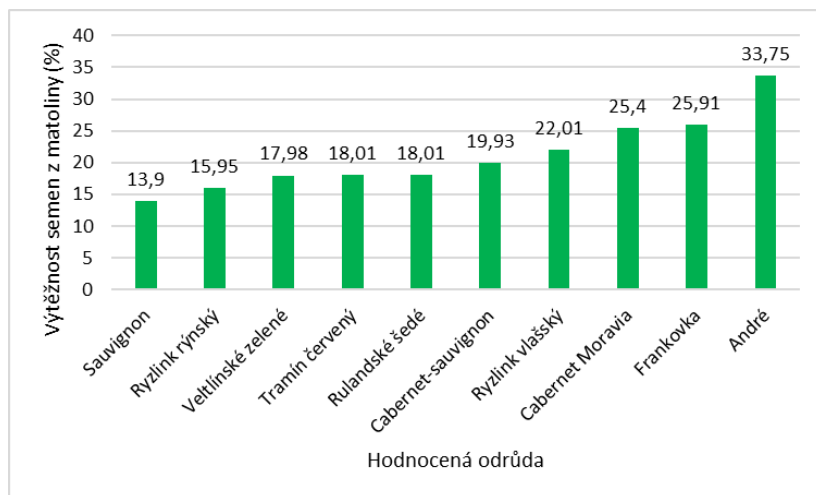
Olej z hroznových jader je cenný vedlejší produkt vinařského průmyslu, který není jednoduché získat. Nejprve je nutné oddělit semena od matolin, což vyžaduje efektivní separační metody, protože semena jsou drobná a obalená zbytky dužniny a slupek. Po separaci následuje důkladné sušení semen na optimální vlhkost. V některých případech je nutná další úprava semene, například mletí, enzymatická či ultrazvuková úprava nebo aplikace pulsních elektrických polí (PEF), čímž se zvyšuje výtěžnost oleje.

Poté následuje samotná izolace oleje, která se provádí různými metodami, jako je lisování, extrakce rozpouštědly, ultrazvuková extrakce či moderní techniky, například superkritická extrakce CO₂. Získaný olej obsahuje mechanické nečistoty, případně zbytky rozpouštědel nebo jiných látek, a proto musí projít procesem čištění. Tyto jednotlivé kroky budou v následujících kapitolách podrobně popsány. [2], [16], [17]

3.1 Separace semen révy vinné z matolin

Separace semen z matolin je zásadní fází při výrobě oleje z hroznových jader, která má přímý vliv na množství a kvalitu oleje. Množství a kvalita matoliny závisí na několika faktorech, mezi které patří odrůda hroznů, způsob sklizně, technologie zpracování a především vybraný způsob lisování. Podíl matoliny na celkové hmotnosti zpracovávaných hroznů obvykle dosahuje 20–30 %. [2], [18]

Obsah semen v matolině se obvykle pohybuje mezi 14–30 % viz obrázek grafu č. 8, který znázorňuje procentuální podíl semen v matolině podle jednotlivých odrůd. Zbytek matoliny tvoří zbytky třapin 8–10 % a slupky vylisovaných bobulí. [2]



Obr. č. 8 Výtěžnost semen z matoliny (%) podle jednotlivých odrůd [2]

Současné výzkumy se zaměřují na problematiku separace semen z matoliny, přičemž jsou testovány různé separační metody. Účinnost těchto metod je však často omezena charakteristikami matoliny, protože semena jsou po vylisování stlačena mezi slupkami bobulí a díky zbytkové vlhkosti jsou adhezivně pojena. Kromě toho je proces separace časově omezený, což zvyšuje riziko mikrobiální kontaminace. [2], [19]

Pro efektivní separaci semen je důležité zvolit technologii a strojní zařízení, které reaguje na specifické vlastnosti matoliny. V praxi se využívají dvě základní metody separace a to suchá a mokrá. Suchá separace využívá různé typy sít, jako jsou poloválcová statická síta, válcová rotační síta či rovinná vibrační síta, které umožňují mechanické oddělení semen na základě rozdílů ve velikosti částic. Naproti tomu mokrá separace, založená především na principu flotace, pracuje s rozdíly v hustotě a povrchových vlastnostech částic, přičemž oddělení probíhá v kapalném prostředí. [2]

3.2 Zařízení pro sušení semen

Semena získaná po separaci je třeba vysušit na požadovanou vlhkost, která by měla být mezi 5–7 %. Tato úroveň vlhkosti zajistí mikrobiologickou stabilitu semen a ochrání je před znehodnocením, jako je například plesnivění. Zařízení pro sušení semen se dělí do několika typů, z nichž každý je vhodný pro různé materiály a způsoby provozu. [2]

Skříňové a komorové sušárny mají podobný princip, kdy je materiál umístěn do uzavřeného prostoru, kde je přiváděn sušící vzduch. Po usušení se materiál vyjme a proces se opakuje. Tyto sušárny jsou ideální pro menší objemy materiálu, jako jsou kusové, stébelné a zrnité materiály. [2], [20]

Stolové sušárny slouží k sušení tenkých vrstev materiálů. Mají prodyšnou pracovní plochu, na kterou je přiváděn teplý vzduch. U zrnitých materiálů se pro urychlení sušení používá jejich mechanické promísení. [2]

Bubnové sušárny využívají otáčející se válcové bubny, ve kterých se materiál obrací a suší horkým vzduchem. Tento typ je vhodný pro zrnitý, práškový a krystalický materiál. [2]

Pásové sušárny pracují tak, že materiál prochází sušící komorou na perforovaném pásu, přičemž je možné měnit rychlost pásů a tím upravit dobu sušení. Tento systém je ideální pro kontinuální sušení. [2]

3.3 Volba technologické linky pro zpracování matolin

Při zpracování většího množství matolin je nezbytné určit požadovanou denní kapacitu technologické linky, což je důležité pro správný výběr zařízení, jako jsou separátory a sušárny. Pro stanovení této kapacity (W_D) se využívá následující vzorec:

$$W_D = \frac{G_S}{T} \quad (1)$$

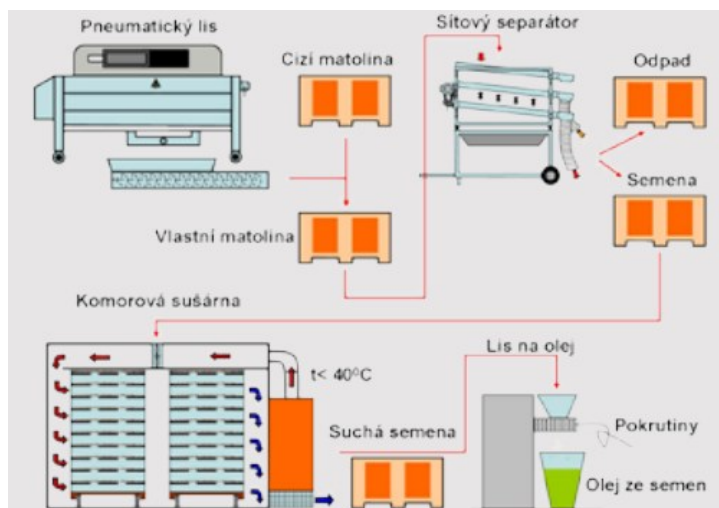
kde:

W_D – je požadovaná denní kapacita linky (v tunách na směnu),

G_S – představuje množství získaných semen (v tunách),

T – označuje fond pracovního času v rámci sezóny, což je počet pracovních směn (běžně 30 pracovních dnů, což odpovídá přibližně 6 týdnům, od 15. září do 30. října).

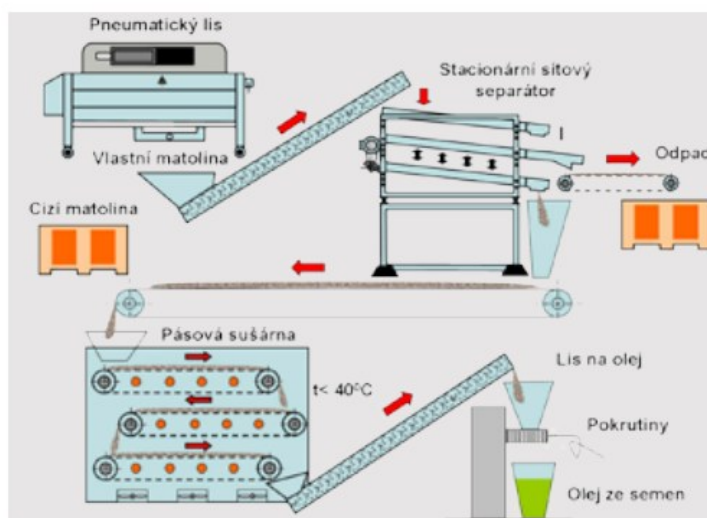
Pro menší a střední vinařské provozy, které zpracovávají ročně 100–400 t hroznů (přičemž odpovídají pěstitelské ploše 10–50 ha vinic), je požadovaná výkonnost technologických zařízení relativně nízká. Například separátor s kapacitou 50 kg semen za hodinu je pro tento typ provozu dostačující. Schéma technologické linky pro menší a střední vinařský provoz ukazuje obrázek č. 9, kde je znázorněno uspořádání separátoru, sušárny a lisu na olej. Výhody tohoto typu linky spočívají v nižších investicích, mobilních zařízeních a menších prostorových nárocích. [21]



Obr. č. 9 Schéma technologické linky pro menší a střední vinařský provoz [21]

Naopak u větších vinařských provozů, které zpracovávají více než 400 t hroznů ročně, což odpovídá pěstitelské ploše 50–250 ha vinic, je třeba počítat s podstatně vyššími

požadavky na výkonnost linky. Produkce semen může dosahovat až 30 000 kg, která odpovídá produkci až 5 000 kg surového oleje. Tento typ provozu vyžaduje pokročilou technologii se šnekovými a pásovými dopravníky obrázek č. 10 a vyššími investičními a prostorovými nároky. [21]



Obr. č. 10 Schéma technologické linky pro střední a velký vinařský provoz [21]

Z ekonomického hlediska je tedy nutné zohlednit všechny náklady spojené s provozem linky, včetně nákladů na separaci, sušení, lisování a manipulaci. [21]

3.4 Předúprava semen

Předúprava semen hroznového vína mezi sušením a samotným lisováním je důležitá pro zajištění vysokého výtěžku oleje a zlepšení jeho kvality. Tento proces zahrnuje různé metody, které usnadňují získávání oleje ze semen. [22]

V praxi se často používá mletí semen, při němž se sušená semena rozemelou na prášek s částicemi menšími než 0,5 mm. Tím se zvětší jejich povrchová plocha a zlepší přístup oleje k lisovacím mechanismům nebo rozpouštědlům, což může zvýšit výtěžek například z 8 % na 16 %. [22]

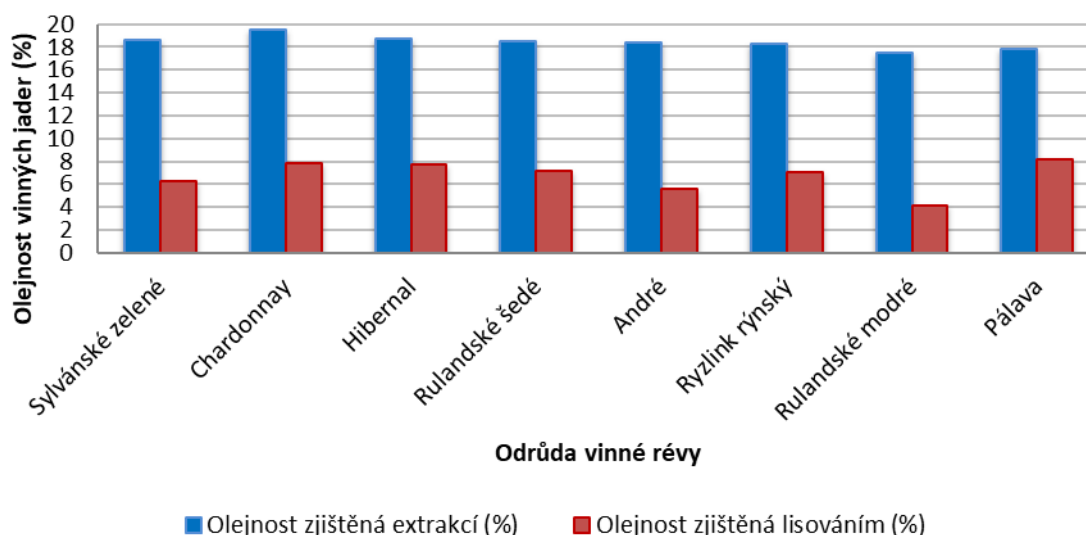
Další možnost představuje ultrazvukové ošetření, které narušuje buněčné stěny semen a usnadňuje uvolňování oleje. Tento postup navíc podporuje extrakci bioaktivních látek, jako je vitamín E (α -tokoferol), a přispívá tak k vyšší kvalitě oleje. [22]

Před lisováním lze také aplikovat enzymatickou úpravu, při níž enzymy jako proteázy a celulázy rozkládají buněčné struktury a zlepšují tak uvolnění oleje, přičemž zároveň snižují množství zbytkového materiálu. [23]

Jednou z modernějších technik je využití pulsních elektrických polí (PEF), která zvyšují propustnost buněčných membrán a podporují efektivní uvolnění oleje i dalších cenných látek, například sterolů a fenolických sloučenin. [22]

3.5 Získávání oleje ze semen

Existuje několik metod extrakce, které se liší v efektivitě, výtěžku a vlivu na kvalitu získaného oleje. Mezi nejběžnější techniky patří lisování, extrakce rozpouštědly, ultrazvuková extrakce, superkritická extrakce CO₂ a extrakce pomocí tlakových kapalin. Výtěžek oleje z hroznových jader se pohybuje v rozmezí 3,9 až 18,5 % (g oleje na 100 g suché hmotnosti vedlejšího produktu), přičemž tento výnos závisí na použité metodě. Například lisování obvykle poskytuje nižší výtěžky než Soxhletova metoda nebo superkritická extrakce. Výnos je ovlivněn nejen metodou extrakce, ale i faktory jako je typ rozpouštědla, provozní podmínky, environmentální podmínky úrody hroznů a odrůda hroznů. V grafu na obrázku č. 11 je zobrazeno porovnání olejnatosti zjištěné extrakcí a prakticky dosažené výtěžnosti oleje při lisování u vybraných odrůd révy vinné. Jak je z grafu patrné, různé odrůdy vykazují výrazné rozdíly v obsahu oleje. Například odrůda Pálava dosahuje vysoké olejnatosti jak při extrakci, tak i při lisování, zatímco odrůda Hibernál vykazuje nižší hodnoty olejnatosti. Každá z těchto metod má své specifické výhody a nevýhody, které budou podrobněji probrány v následujících podkapitolách. [22]



Obr. č. 11 Porovnání olejnatosti a výtěžnosti oleje u vybraných odrůd révy vinné [24]

3.5.1 Lisování

Lisování je jednou z nejstarších metod získávání oleje, která zahrnuje přímé stlačení celých semen hroznů nebo semenné mouky. Tento proces se dělí na dvě fáze a to předlisování a dolisování. Předlisování, které se provádí při tlaku 5–16 MPa, je určeno pro suroviny s vyšším obsahem oleje a produkuje kvalitnější olej. Po předlisování zůstává v pokrutinách 5–20 % oleje. Dolisování, prováděné při vyšším tlaku (až 40 MPa), snižuje obsah zbytkového oleje na méně než 5 %. Lisování může zvýšit teplotu oleje o 40–50 °C, což ovlivňuje jeho antimikrobiální a antioxidační vlastnosti. Pro kontrolu teploty během procesu se používá chlazení, které pomáhá udržet teplotu oleje v požadovaném rozmezí. Používají se různé typy lisů, například šnekové nebo hydraulické lisy. Výkonnost lisu závisí na otáčkách šnekovnice a šířce šterbiny, přičemž výtěžnost oleje ovlivňují faktory jako tlak, teplota, rychlost lisování a odrudové rozdíly v olejnatosti. Lisování má tu výhodu, že olej neobsahuje chemická rozpouštědla, což zaručuje jeho čistotu a vhodnost pro potravinářské produkty. Tento proces je však spojen s nižším výtěžkem oleje. [22], [24]

3.5.2 Extrakce rozpouštědly

Tato technika je vysoce efektivní a rychlá. Zajišťuje vysoký výtěžek oleje díky dlouhé interakci mezi semeny a rozpouštědlem. Nejčastěji se používají organická rozpouštědla jako hexan, methanol nebo ethanol. Z těchto látek se tradičně nejvíce využívá hexan a to především díky své vysoké schopnosti extrahovat nepolární lipidové složky. I když je tato metoda efektivní, má i své nevýhody, především v nákladech a možném nebezpečí spojeném s použitím organických rozpouštědel, která mohou zůstat v oleji. [22]

V posledních letech se však zvyšuje využívání ethanolu, který je považován za bezpečný pro konzumaci, pokud jsou všechny zbytky chemikálií odstraněny. Kromě toho ethanol díky své vyšší polaritě ve srovnání s hexanem umožňuje extrakci nejen oleje samotného, ale také polárnějších bioaktivních látek, jako jsou fenolické sloučeniny, flavonoidy nebo další antioxidanty. Tyto látky mohou pozitivně ovlivnit výslednou kvalitu oleje, a to jak z hlediska jeho nutriční hodnoty, tak i antioxidační stability. [25], [26], [27]

Alternativně se stále více preferuje použití 2-methyloxolanu (2-MeOx), což je ekologičtější a bezpečnější volba než tradiční hexan. Toto zelené rozpouštědlo nabízí vysokou účinnost při extrakci oleje a navíc má nižší toxikologické riziko. 2-MeOx je schválen pro použití v potravinářství, což z něj činí zajímavou alternativu k hexanu, zejména pokud jde o bezpečnost a udržitelnost. Tato metoda navíc umožňuje získat olej s vyšším obsahem

polyfenolů a dalších bioaktivních složek, které jsou cenné nejen pro potraviny, ale i pro kosmetické aplikace. Mezi nejčastěji využívané metody extrakce oleje rozpouštědly patří Soxhletova metoda. [28]

Soxhletova metoda byla použita například ve studii, která zkoumala profil mastných kyselin a triacylglycerolů v olejích z hroznových semen získaných různými metodami extrakce (Soxhlet a studené lisování) u sicilských odrůd hroznů. Výsledky ukázaly, že Soxhletova extrakce poskytla vyšší výtěžnost oleje než studené lisování: u červených hroznů to bylo 8,1 g oleje na 100 g semena při Soxhletově extrakci oproti 7,6 g/100 g při studeném lisování. U bílých hroznů byl výtěžek 6,8 g/100 g při Soxhletově extrakci a 5,5 g/100 g při studeném lisování. [29]

3.5.3 Ultrazvuková extrakce

Ultrazvuková extrakce využívá kavitace, což je jev, při kterém se vytvářejí mikroskopické bubliny v kapalině, které praskají a narušují buněčné membrány, což umožňuje rychlejší extrakci oleje. Tato metoda je považována za rychlou a efektivní, zejména pokud je kombinována s organickými rozpouštědly. Výhodou této techniky je, že se dosahuje vysoké kvality oleje s minimální oxidací a degradací hodnotných sloučenin. [22]

Studie ukázala, že při použití ultrazvukové extrakce za optimálních podmínek (20 kHz a 150 W po dobu 30 minut) lze dosáhnout výtěžnosti oleje podobné tradiční Soxhletově extrakci, přičemž doba extrakce je výrazně zkrácena. Kromě toho, oleje extrahované ultrazvukem vykazovaly nižší úroveň oxidace, což přispívá k lepší kvalitě oleje a delší trvanlivosti. [30]

3.5.4 Superkritická extrakce CO₂ (SFE)

Superkritická extrakce CO₂ je inovativní metoda, jež využívá CO₂ v superkritickém stavu pro extrakci oleje. Tento proces je ekologický, protože CO₂ je netoxický a lze jej snadno odstranit bez zanechání zbytků. Při vysokém tlaku a teplotě CO₂ umožňuje získat olej s vysokým výtěžkem, přičemž jeho kvalita zůstává téměř neovlivněná. Tato metoda, i když náročná na zařízení a provozní podmínky, je ideální pro aplikace, kde je kladen důraz na vysokou kvalitu oleje. [22]

V Chorvatsku byl proveden experiment na optimalizaci superkritické extrakce CO₂ oleje z hroznových semen. Nejlepších výsledků bylo dosaženo při tlaku 400 bar a teplotě 41 °C,

což vedlo k výtěžku 14,49 % a vysoké antioxidační aktivitě. Tento ekologický proces nevyžaduje chemická rozpouštědla a výsledný olej obsahuje 36,05 mg/kg tokoferolů. [31]

3.5.5 Tlaková kapalinová extrakce (PLE)

Metoda tlakové kapalinové extrakce je rychlá a účinná technika pro extrakci analytů z různých typů vzorků pomocí kapalných rozpouštědel při různých teplotách a tlacích. Hlavní výhodou tlakové kapalinové extrakce oproti lisování a extrakci rozpouštědlem je to, že rozpouštědla pod tlakem zůstávají kapalná, dokonce i při teplotách nad jejich normálními body varu, což usnadňuje extrakci za vysokých teplot. Aplikace této metody vedla k vyššímu obsahu vitamínu E v oleji z hroznových jader. To potvrzuje studie provedená v Brazílii, která ukázala, že PLE byla efektivnější než tradiční metody, jako je Soxhletova extrakce a mechanické lisování. [22], [32]

3.6 Čištění oleje

Po extrakci oleje ze semen hroznů je nezbytné provést čištění (rafinaci), aby se odstranily nečistoty, zbytky rozpouštědel a nežádoucí pachy. Proces rafinace, který zahrnuje několik operací, jako je odslizování, slouží k odstranění slizů, fosfolipidů a bílkovin. Odkyselování eliminuje volné mastné kyseliny a zbytky fosfolipidů. Při bělení se odstraňují barviva, mýdla, polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH) a oxidační produkty. Deodorace zbavuje volných mastných kyselin, nežádoucích pachů, oxidačních produktů, sterolů a vonných látek. Po těchto operacích je olej čirý, světlý a chuťově i pachově neutrální, což zajišťuje jeho stabilitu a zlepšuje jeho celkovou kvalitu. Nicméně, rafinace odstraňuje některé cenné složky, jako jsou vitamíny, esenciální mastné kyseliny a antioxidanty. [24], [33]

Olej získaný lisováním za studena prochází šetrnými metodami čištění, jako je promývání vodou a mechanické procesy, jako je filtrace, sedimentace a odstředování. Tyto metody pomáhají odstranit nežádoucí látky, aniž by došlo k poškození přirozené kvality oleje. [22], [24]

4 VLASTNOSTI HROZNOVÉHO OLEJE

Hroznový olej je charakteristický bohatým složením a širokou škálou vlastností, které ovlivňují jeho stabilitu, kvalitu a možné využití. Jeho chemické složení zahrnuje mastné kyseliny, fytosteroly, vitamín E, fenolové sloučeniny, pigmenty a další bioaktivní látky, které mu dodávají nutriční hodnotu a antioxidační vlastnosti. Oxidační stabilita hroznového oleje je důležitým faktorem pro jeho trvanlivost. Pro správné skladování oleje je zásadní zajistit a prodloužit jeho stabilitu. Všechny tyto vlastnosti budou podrobněji rozebrány v následujících podkapitolách. [16], [17]

4.1 Chemické vlastnosti hroznového oleje

Hroznový olej (GSO) je tvořen převážně triglyceridy, které obvykle představují asi 99 % jeho složení a nezmýdelnitelnými látkami, jež činí přibližně 1 %. Triacylglyceroly vznikají esterifikací mastných kyselin (FA) a glycerolu. [22], [34]

Mezi hlavní nezmýdelnitelné složky hroznového oleje patří karotenoidy, fytosteroly, fenoly a vitamín E. [22]

4.1.1 Mastné kyseliny

Největší podíl v oleji tvoří polynenasycené mastné kyseliny (PUFA), následované mononenasycenými mastnými kyselinami (MUFA) a nasycenými mastnými kyselinami (SFA). Tento profil mastných kyselin je charakteristický bez ohledu na metodu extrakce oleje. [22]

Mezi hlavní mastné kyseliny obsažené v oleji z hroznových jader patří kyselina linolová (omega-6), která tvoří většinu oleje a to v rozmezí 58 až 75 %. Kyselina olejová (omega-9) je druhou nejčastější mastnou kyselinou v tomto oleji, její obsah se pohybuje od 6 % do 25 %. Další významnou mastnou kyselinou je kyselina palmitová, která se v oleji vyskytuje v rozmezí od 6 % do 24 %. Kyselina stearová, která je nasycenou mastnou kyselinou, se vyskytuje v rozmezí od 3 % do 11 %. Kyselina α -linolenová (omega-3) i kyselina palmitolejová, která patří mezi mononenasycené mastné kyseliny, se v oleji z hroznových semen vyskytují pouze v zanedbatelném množství. [22]

Extrakční metody, jako je lisování, Soxhlet, ultrazvuková extrakce a superkritické tekutiny, mohou mít mírný vliv na profil mastných kyselin, přičemž některé metody vedou k vyšší koncentraci určitého typu mastných kyselin. Například oleje získané lisováním mají obvykle

vyšší obsah kyseliny olejové, zatímco oleje získané Soxhletovou extrakcí mají tendenci vykazovat vyšší koncentrace kyseliny palmitové. [22] To potvrzuje studie, která se zaměřila na porovnání metod získávání olejů z hroznových semen (Soxhlet a studené lisování) u hroznů pěstovaných na Sicílii. Výsledky ukázaly, že oleje extrahované studeným lisováním vykazují vyšší obsah kyseliny olejové, a to v rozmezí 16,62–20,4 %, zatímco u olejů získaných Soxhletovou extrakcí byla koncentrace kyseliny olejové nižší, v rozmezí 17,5–19,8 %. [30]

Důležitým faktorem, který ovlivňuje obsah mastných kyselin v oleji, je také odrůda hroznů. Například odrůdy jako Pinot noir a Merlot vykazují vyšší koncentrace kyseliny linolové a nižší koncentrace kyseliny α -linolenové. [22]

Studie, která zkoumala složení mastných kyselin v oleji z hroznových semen, byla provedena na devíti tunisijských odrůdách hroznů, konkrétně Merlot, Syrah, Sangiovese, Muscat d'Alexandrie, Razagui, Razaki, Khamri, Marsaoui a Carignan. Výsledky ukázaly, že obsah mastných kyselin v těchto olejích se výrazně liší podle odrůdy. Nejvyšší podíl kyseliny linolové (C18:2 n-6) byl nalezen u odrůdy Muscat d'Alexandrie 75,37 %, následované Carignan 75,16 % a Syrah 70,25 %. Naopak odrůda Razagui obsahovala nejnižší podíl kyseliny linolové, přibližně 61,67 %. [35]

Podobně i studie provedená ve Španělsku v regionu Castilla-La Mancha a Murcia v roce 2009 ukázala, že složení mastných kyselin v oleji z hroznových semen se liší u různých odrůd. U odrůdy Monastrell byl zaznamenán vysoký obsah olejové kyseliny 18,40 % a linolové kyseliny 66,84 %, zatímco u Garnacha Tintorera dominovala kyselina linolová 67,11 % a olejová kyselina 18,43 %. Odrůda Petit Verdot vykazovala nejvyšší podíl linolové kyseliny 69,16 % při nižší koncentraci olejové kyseliny 16,07 %, zatímco Syrah měla vysoký obsah olejové kyseliny 21,84 % a linolové kyseliny 64,53 %. [15]

Tento výskyt rozdílů ve složení mastných kyselin u různých odrůd hroznů naznačuje, že výběr odrůdy může významně ovlivnit chemické vlastnosti extrahovaného oleje. [15]

4.1.2 Fytosteroly

Fytosteroly jsou lipofilní sloučeniny rostlinného původu, které jsou známé svou schopností snižovat cholesterol. Jsou přidávány do potravin ve volné nebo esterifikované formě. Olej z hroznových semen je cenným zdrojem různých fytosterolů. Je důležité zmínit, že v oleji z hroznových semen bylo nalezeno 16 fytosterolových sloučenin bez ohledu na odrůdu. Fytosteroly s nejvyššími uváděnými koncentracemi v oleji z hroznových semen byly

β -sitosterol, následovaný stigmasterolem a campesterolem, v tomto pořadí, bez ohledu na použitou metodu extrakce, ať už se jednalo o lisování, Soxhletovu extrakci nebo superkritické kapaliny. Na druhou stranu, použití nových metod extrakce, jako jsou superkritické kapaliny, bylo zjištěno, že zvyšuje celkový obsah fytosterolů v oleji z hroznových semen ve srovnání s tradičními technikami extrakce, např. obsah fytosterolů vzrostl z 2417 na 3874,7 mg/kg oleje (lisování), z 1609,9 na 3814,6 mg/kg oleje (Soxhlet), a z 4680,4 na 4926,7 mg/kg oleje při použití superkritických kapalin. [22], [36]

4.1.3 Vitamín E

Hlavní sloučeniny vitamínu E nalezené v oleji z hroznových semen jsou izomery tokoferolů (α , β , γ , δ) a tokotrienolů (α , β , γ , δ). Oba typy jsou vitamíny, které se rozpouštějí v tucích. Mají strukturu, která zahrnuje centrální část nazývanou chromanolová skupina a dlouhý postranní řetězec, známý jako prenylový řetězec. Tento řetězec se skládá z opakujících se molekul, které jsou spojeny do řady a hrají klíčovou roli v jejich rozpustnosti v tucích. Tokoferoly a tokotrienoly jsou považovány za přírodní antioxidanty díky své schopnosti chránit proti radikálům, které způsobují peroxidaci lipidů. Obecně se tokoferoly nacházejí v zelených částech rostlin, zatímco tokotrienoly jsou převážně v semenech. [22], [32], [37]

Bylo zjištěno, že izomery α a γ jsou nejhojnější tokoferoly a tokotrienoly v oleji z hroznových semen. Bez ohledu na metodu extrakce vykazuje olej z hroznových semen vyšší koncentrace izomerů tokotrienolu než tokoferolů. Dále se ukázalo, že nekonvenční metody extrakce mohou zlepšit výtěžnost tokoferolů a tokotrienolů. Například extrakce pomocí superkritických kapalin vedla k větší extrakci těchto sloučenin, kde bylo dosaženo hodnoty 567–263 mg/kg ve srovnání se Soxhletovou extrakcí 248–438 mg/kg. [22], [38] Podobně ultrazvuková extrakce poskytla vyšší množství α -tokoferolů 18,3–27,7 mg/kg než metoda lisování 5,4–16,7 mg/kg. [39] Optimalizovaná předúprava pomocí pulzního elektrického pole před extrakcí superkritickými kapalinami také zlepšila výtěžnost tokoferolů a tokotrienolů. Tato ekologická metoda extrakce představuje velmi příznivou možnost pro výrobu oleje obohaceného vitamínem E. [22], [32]

4.1.4 Fenolové sloučeniny

Fenolové sloučeniny mají nízkou rozpustnost v olejových fázích, ale malé množství se může přenést z pevných částí semene do oleje během procesu extrakce. Olej z hroznových semen vykazuje značné rozdíly v obsahu fenolů, který se pohybuje od 0,93 do 154,0 mg GAE/100 g oleje (vyjádřeno jako ekvivalent kyseliny gallové/g). Tato variabilita může být způsobena

různými faktory, jako je způsob sušení semen, který zvyšuje obsah fenolů (sušení při 50 °C po dobu 6 hodin oproti sušení při 20 °C po dobu 7 dnů). Rafinace oleje (centrifugace, filtrace nebo dekantace) může snížit obsah polyfenolů, protože po rafinaci byl v oleji zjištěn pouze malý obsah katechinu, epikatechinu a *trans*-resveratrolu. Také typ použitého rozpouštědla ovlivňuje stanovení fenolů v oleji, což ukazuje, že výběr rozpouštědla je důležitý pro určení skutečného obsahu fenolů v oleji z hroznových jader. [22]

Tradiční Soxhletova metoda účinně extrahuje fenolické sloučeniny, přičemž dosahuje až 113,0 mg GAE/100 g oleje. Ultrazvuková metoda se ukázala jako nadějná alternativa, která dokázala extrahovat až 154,0 mg GAE/100 g oleje. Bylo rovněž zjištěno, že použití ultrazvukové předúpravy v kombinaci se superkritickou extrakcí CO₂ může zvýšit účinnost extrakce fenolických sloučenin z oleje z hroznových semen. [13] Studie provedená v oblasti Grombalia v Tunisku ukázala, že obsah polyfenolů v čištěném oleji z hroznových semen (odrůda Carignan), získaném lisováním, dosahoval 35,2 mg GAE/100 g oleje 0,35 mg GAE/g oleje, což je vyšší než v oleji z olivových semen. [40] Nižší obsah fenolických látek v oleji získaném lisováním je způsoben tím, že tyto sloučeniny zůstávají převážně ve výlisku. Do oleje přechází pouze malé množství, a to kvůli jejich omezené rozpustnosti v olejové fázi. [40], [42]

Ve studii provedené v oblasti Galicie ve Španělsku byl obsah fenolů v hroznovém oleji extrahovaném lisováním uveden mezi 77 mg GAE/100 g oleje (odrůda Albariño) a 123 mg GAE/100 g oleje (sušený vzorek). [42] Tyto hodnoty jsou vyšší než u mandlového oleje (5 mg GAE/100 g oleje) a oleje z granátového jablka (54 mg GAE/100 g oleje), ale nižší než u oleje ze semen vlašských ořechů (802 mg GAE/100 g oleje). [43]

Výsledky naznačují, že na extrakci fenolických sloučenin v oleji z hroznových semen má vliv několik faktorů, jako je odrůda, způsob předúpravy semen, použité metody extrakce a techniky stanovení fenolů. Při porovnání různých extrakčních metod byly zaznamenány značné rozdíly v typu extrahovaných fenolických sloučenin. Například lisování vedlo k vyššímu výtěžku kyseliny ursolové a resveratrolu, zatímco Soxhletova metoda byla neúčinnější pro extrakci kyseliny gallové. Superkritická extrakce CO₂ se ukázala jako neefektivnější pro získání kyseliny *trans*-ferulové a *p*-kumarové. Tyto alternativní metody extrakce ukazují na potenciál pro zvýšení výtěžnosti fenolických sloučenin a zlepšení obsahu antioxidantů v oleji z hroznových semen. [22], [44]

4.1.5 Pigmenty

Olej z hroznových jader obsahuje kromě hlavních složek také karotenoidy a chlorofyl, které mají vliv na jeho barvu a antioxidační vlastnosti. Výzkum provedený ve Španělsku v roce 2009 ukázal, že v panenském hroznovém oleji získaném lisováním byly hodnoty karotenoidů 26,7 mg/kg u odrůdy Syrah a 26,5 mg/kg u odrůdy Tintorera. Chlorofyl byl přítomen v koncentraci kolem 90 mg/kg ve všech zkoumaných vzorcích. Tyto pigmenty nejen ovlivňují barvu oleje, ale přispívají i k jeho antioxidačním vlastnostem, což zvyšuje stabilitu oleje. [45]

Studie provedená v Brazílii, publikovaná v roce 2018 ukázala, že v komerčně dostupných olejích získaných lisováním za studena byly koncentrace karotenoidů mezi 3,0 a 4,0 mg/kg, přičemž v některých vzorcích dosahovaly hodnoty až 598,5 mg/kg. Tyto vyšší koncentrace karotenoidů zvyšují nutriční hodnotu oleje, protože karotenoidy působí jako pro-vitamin A, což je pro lidské zdraví důležité, zejména pro zdraví očí a imunitní systém. [46]

V Itálii v roce 2015, analyzovali koncentrace karotenoidů a tokoferolů v olejích extrahovaných různými metodami. U Soxhletovy extrakce byly koncentrace karotenoidů mezi 2,6 mg/kg u odrůdy Chardonnay a 4 mg/kg u Barbera, zatímco u extrakce superkritickým CO₂ se hodnoty pohybovaly mezi 2,7 mg/kg Chardonnay a 4,8 mg/kg Barbera. Koncentrace tokoferolů se pohybovaly od 1,0 mg/kg u Chardonnay až po 3,8 mg/kg u Barbera. [38]

Chlorofyl, který je nejběžnějším přírodním pigmentem, může v oleji zvyšovat náklady na rafinaci a negativně ovlivnit jeho kvalitu, protože působí jako prooxidant a snižuje oxidační stabilitu oleje. V některých případech může koncentrace chlorofylu v oleji z hroznových jader dosáhnout až 400 ppm, což znamená, že je nutné tento pigment odstranit během procesu rafinace, aby byla zajištěna stabilita oleje. Budoucí výzkum se zaměřuje na vývoj rafinačních technik, které umožní efektivní odstranění chlorofylu a dalších nežádoucích sloučenin, aniž by došlo ke ztrátě prospěšných antioxidačních látek. [22], [26]

4.2 Oxidační stabilita hroznového oleje

Oxidace lipidů představuje závažný problém v potravinářském a kosmetickém průmyslu, protože snižuje kvalitu výrobků, zhoršuje jejich senzorické vlastnosti a vede ke vzniku škodlivých sloučenin. Tyto látky mohou narušit biologické membrány, poškodit proteiny a přispět k oxidačnímu stresu v lidském těle, což zvyšuje riziko různých onemocnění.

Oxidační stabilita olejů je odolnost vůči oxidaci během zpracování a skladování a je jedním z ukazatelů stanovení kvality oleje, protože během oxidace vznikají nízkomolekulární sloučeniny. [49]

Radikálová peroxidace lipidů je proces, při kterém dochází k tvorbě lipidových radikálů a jejich reakcím s kyslíkem, což vede k degradaci nenasycených lipidů. Rychlost této reakce závisí nejen na dostupnosti kyslíku a teplotě, ale také na přítomnosti volných radikálů a kovových iontů, které ji urychlují. Když radikály reagují mezi sebou, dochází k jejich zániku a terminaci (ukončení) řetězové reakce, což vede ke vzniku neradikálových produktů. Primární produkty oxidace lipidů, včetně hydroperoxidů (ROOH), jsou relativně stabilní při pokojové teplotě a v nepřítomnosti kovových iontů. V přítomnosti kovových iontů, jako jsou Fe^{2+} nebo Cu^{2+} , nebo při zvýšených teplotách, se však hydroperoxy snadno rozkládají za vzniku alkoxylových ($\text{RO}\bullet$) a peroxylových ($\text{ROO}\bullet$) radikálů. Tyto reaktivní produkty dále podporují peroxidaci lipidů a vedou ke vzniku sekundárních produktů, jako jsou aldehydy, ketony, kyseliny, estery, alkoholy a uhlovodíky s krátkým řetězcem. [50]

Oxidace lipidů se skládá z několika fází a je ovlivněna chemickou strukturou nenasycených mastných kyselin, jejich stupněm nenasycenosti a fyzikálním stavem (kapalný nebo pevný). Oxidace lipidů probíhá prostřednictvím různých mechanismů, včetně autooxidace, fotooxidace a enzymatické oxidace. Tento proces je urychlován přítomností anorganických oxidantů, jako jsou ionty kovů (Fe^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+}), nebo organických sloučenin, například hemoglobinu a myoglobinu. Míra oxidace je rovněž ovlivněna přítomností antioxidantů, podmínek zpracování, balení a skladování potravin. [51]

Enzymatická oxidace je katalyzována lipoxygenázou, cyklooxygenázou a peroxidázou, které katalyzují přidání kyslíku do polynenasyceného uhlovodíkového řetězce a vedou ke vzniku peroxidů a hydroperoxidů. Tomuto typu oxidace jsou vystaveny zejména oleje získané lisováním za studena. [52]

Fotooxidaci podporuje především ultrafialové (UV) záření za přítomnosti Fotosenzibilizátorů/chromoforů (chlorofyl, myoglobin, riboflavin a další), které absorbují světlo a iniciují řetězec fotochemických reakcí. Fotooxidace probíhá dvěma hlavními mechanismy a to přímou fotolýzou a nepřímou reakcí s reaktivními formami kyslíku produkovanými fotosenzibilizátory. V rostlinných olejích se tyto mechanismy často uplatňují současně, což vede ke vzniku širokého spektra degradačních produktů ovlivňujících stabilitu a kvalitu. [53]

Autooxidace lipidů je jednou z nejběžnějších oxidačních reakcí v olejích a tucích, která vede k degradaci lipidů a tvorbě nežádoucích produktů ovlivňujících kvalitu potravin. Její inhibice je důležitá zejména v potravinářském průmyslu, kde pomáhá prodloužit trvanlivost výrobků. Jednou z nejefektivnějších metod zpomalení autooxidace je použití přírodních antioxidantů, jako jsou tokoferoly, polyfenoly či flavonoidy, které neutralizují volné radikály a brání oxidačním řetězovým reakcím. Chelatační látky, například kyselina citronová, mohou navíc vázat ionty kovů katalyzující oxidaci. Použití těchto látek nejen stabilizuje lipidy, ale také přispívá k ochraně zdraví tím, že omezuje vznik škodlivých oxidačních produktů. [49], [51]

Hodnocení antioxidační aktivity jedlých olejů se provádí několika standardními metodami. Mezi nejčastěji používané patří DPPH (2,2-difeny-1-pikrylhydrazyl) a ABTS (2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazolin-6-sulfonová kyselina), které měří schopnost antioxidantů neutralizovat volné radikály prostřednictvím jejich stabilizace. Tyto metody jsou založené na principu tzv. zhášení volných radikálů, kdy antioxidant „zachytí“ volný elektron, čímž zabrání dalším oxidačním reakcím. ORAC (oxygen radical absorbance capacity) sleduje kinetiku pohlcování radikálů v čase, zatímco FRAP (ferric reducing antioxidant power) hodnotí schopnost vzorku redukovat železité ionty (Fe^{3+}), což nepřímo vyjadřuje jeho antioxidační sílu. [22], [26]

Několik studií potvrzuje, že olej z hroznových jader je bohatý na antioxidanty. Jejich účinnost se však liší v závislosti na odrůdě hroznů a je ovlivněna především způsobem lisování a metodami extrakce, jako jsou Soxhletova extrakce, ultrazvuková extrakce a využití superkritických tekutin. [13], [47], [54], [55]

Studie publikovaná v roce 2016 v časopise LWT - Food Science and Technology se zaměřila na srovnání olejů ze semen šesti odrůd révy vinné, které byly extrahovány dvěma metodami: superkritickou extrakcí CO_2 (sc- CO_2) a Soxhletovou extrakcí s n-hexanem. Cílem bylo analyzovat bioaktivní složky a antioxidační aktivitu, zejména ve vztahu k oxidační stabilitě olejů. Výsledky ukázaly, že oleje extrahované metodou sc- CO_2 měly vyšší obsah antioxidantů, zejména tokoferolů, tokotrienolů a karotenoidů, ve srovnání s oleji extrahovanými Soxhletovou metodou. Díky tomu vykazovaly vyšší lipofilní antioxidační aktivitu, která se pohybovala v rozmezí 4,9–8,2 mmol trolox/g oleje, zatímco u Soxhletovy extrakce to bylo 4,4–6,5 mmol trolox/g oleje. Naopak celkový obsah fenolů a hydrofilní antioxidační aktivita nebyly extrakční metodou ovlivněny. [38]

Podobné výsledky přinesl výzkum provedený v Chorvatsku, který optimalizoval podmínky extrakce oleje superkritickým CO₂. Při tlaku 400 bar, teplotě 41 °C a době extrakce 90 minut s průtokem CO₂ 1,94 kg/h dosáhl olej antioxidační aktivity (DPPH) 37,06 %. Tento efekt byl spojen s přítomností α -tokoferolu 36,05 mg/kg, jenž chrání olej před oxidací a prodlužuje jeho stabilitu. [31]

Vědci z Univerzity Niši v Bělehradě zjistili, že oleje extrahované ultrazvukem (UAE) mají vyšší oxidativní stabilitu než ty lisované za studena (CP). Indukční perioda podle Rancimat testu byla u CP 1,30–2,86 h, zatímco u UAE 4,71–8,09 h. Rovněž počáteční teplota oxidace (OOT) byla u lisovaných olejů nižší 162,20–167,10 °C než u ultrazvukově extrahovaných 170,47–184,30 °C. V testu DPPH vykazovaly UAE oleje vyšší antioxidační kapacitu (EC50: 32,96–42,68 mg/mg DPPH) než CP oleje (43,32–65,18 mg/mg DPPH). Výsledky potvrzují, že ultrazvuková extrakce zvyšuje stabilitu i antioxidační vlastnosti. [54]

Antioxidační kapacita hroznového oleje souvisí spíše s lipofilními než hydrofilními složkami, protože olej obsahuje vyšší podíl antioxidantů rozpustných v tucích. [38]

Výzkum provedený v Brazílii v letech 2018 a 2023 prokázal významnou závislost mezi lipofilními složkami (karotenoidy, tokoferoly, tokotrienoly, fytosteroly) a hydrofilními látkami (flavonoidy, fenolové kyseliny) s jejich schopností vychytávat volné radikály. Metoda ORAC ukázala silnou vazbu mezi fytosteroly a lipofilní ORAC ($r = 0,910$, $p < 0,01$) a mezi fenolickými látkami a tokoferoly ($r = 0,822$, $p < 0,05$), což potvrzuje význam obou skupin látek pro antioxidační vlastnosti oleje. [46], [56]

V roce 2016 byla v časopise Food Science and Technology publikována další studie, která analyzovala antioxidační aktivitu oleje z odrůdy Barbera při použití různých extrakčních metod. Výsledky ukázaly, že olej získaný superkritickou extrakcí vykazoval lipofilní antioxidační aktivitu v rozmezí 4,9–8,2 $\mu\text{mol trolox/g}$ oleje a hydrofilní aktivitu 0,9–2,0 $\mu\text{mol trolox/g}$. Olej extrahovaný n-hexanem měl hydrofilní aktivitu 2,1 $\mu\text{mol trolox/g}$ a lipofilní aktivitu 6,5 $\mu\text{mol trolox/g}$ oleje. [38]

Výzkum z roku 2023 realizovaný v Chorvatsku se zaměřil na extrakci oleje z odrůdy Graševina metodou lisování za studena a SFE. Zjistilo se, že lisování za studena umožňuje vyšší koncentraci hydrofilních antioxidantů 39,7 mg/kg ve srovnání s CO₂ extrakcí 23,9 mg/kg, což je přičítáno lepší extrakci fenolových sloučenin. [36]

Tato zjištění potvrzují pozitivní závislost mezi obsahem fenolických látek v oleji z hroznových semen a jeho antioxidační kapacitou měřenou DPPH testem. [57]

V Moldavsku byl proveden experiment sledující oxidaci hroznového, vlašského a kukuřičného oleje v přítomnosti peroxidu vodíku a měďnatých iontů. U hroznového oleje byl pozorován prudký nárůst oxidačních produktů mezi 6. a 18. hodinou, přičemž vykazoval vyšší produkci hexanalů než ostatní oleje, což naznačuje jeho nižší oxidační stabilitu.

Antioxidanty *n*-octyl gallát a L-askorbyl 6-palmitát (0,1 %) účinně zpomalily oxidaci, zatímco α -tokoferol a extrakt z matcha čaje (1 %) byly méně efektivní. Výsledky potvrzují vysokou náchylnost hroznového oleje k oxidaci a význam antioxidantů pro jeho stabilizaci. [49]

Portugalská studie z roku 2013 analyzovala přímý vztah mezi izomery vitamínu E (α - a γ -tokotrienol, α -tokoferol) a antioxidační aktivitou oleje. Nejvyšší hodnoty DPPH byly naměřeny u odrůd Cornifesto 69,89 %, Tinto Cão 67,83 % a Marufo 65,39 %, zatímco odrůda Trincadeira Preta měla nejnižší aktivitu 38,68 %. Tato zjištění naznačují, že vyšší koncentrace izomerů vitamínu E může významně zlepšit antioxidační vlastnosti oleje. [58]

4.3 Stabilita a skladování olejů

Kvalita a trvanlivost rostlinných olejů jsou ovlivněny různými faktory, přičemž mezi hlavní patří teplota, světlo, přístup kyslíku a typ obalového materiálu. Oxidace a hydrolyza jsou klíčové degradační procesy, které způsobují zhoršení chuti, vůně a nutričních hodnot oleje. Pro jejich minimalizaci je zásadní dodržování správných skladovacích podmínek a výběr vhodných obalů. [59], [60], [61], [62]

Výzkumy ukázaly, že nejvýznamnějším faktorem ovlivňujícím stabilitu oleje je vystavení světlu. Studie provedená v Japonsku 2019 prokázala, že oleje skladované v čirých skleněných lahvích vykazovaly po pěti týdnech vystavení světlu výrazně vyšší peroxidové číslo a pokles obsahu fenolických antioxidantů ve srovnání s oleji uchovávanými v tmavých lahvích nebo chráněnými hliníkovou fólií. [61] Podobně výzkum z Tuniska 2014 zjistil, že po šesti měsících skladování byla oxidační stabilita nejnižší u olejů balených v PET (polyethylentereftalát) lahvích a čirém skle, zatímco nejlepší ochranu poskytovaly plechové nádoby a tmavé sklo. [60]

Kromě světla hraje důležitou roli i teplota. Studie z Íránu 2004 prokázala, že při skladování slunečnicového oleje při 38 °C došlo ke zkrácení jeho trvanlivosti na pouhých 35 dní, zatímco při pokojové teplotě přesáhla 365 dní. [62] Další experimenty z Bosny 2021

potvrdily, že oleje uchovávané v PET lahvích měly po šesti měsících vyšší peroxidové číslo než oleje skladované ve skle. [59]

Jedním z ukazatelů tepelné stability oleje je také bod zakouření, který určuje maximální teplotu, přičemž olej může být bezpečně zahřát bez rizika degradace. Vyšší bod zakouření znamená, že olej je vhodnější pro tepelnou úpravu, jako je smažení, protože je odolnější vůči vysokým teplotám. Studie v Srbsku 2021 zjistila, že průměrná hodnota u lisovaného oleje byla 214,9 °C, zatímco u ultrazvukově extrahovaného oleje 210,8 °C. [54] Výzkum z roku 2023 v Iráku uvádí, že kouřový bod oleje z hroznových jader dosahuje 235 °C, což je vyšší hodnota než u kukuřičného 217 °C a olivového oleje 192 °C. [66]

Pro zachování kvality oleje je nezbytné eliminovat faktory urychlující jeho degradaci. Ideální skladovací teplota je pod 15 °C, což výrazně zpomaluje oxidační procesy. [59], [62] Světlo podporuje fotooxidaci oleje, a proto je doporučeno používat tmavé skleněné lahve nebo kovové nádoby, které poskytují nejlepší ochranu. [61] Kontakt s kyslíkem podporuje vznik peroxidů a následnou degradaci chuti, proto je vhodné volit hermeticky⁴ uzavřené obaly nebo dusíkové blanketování⁵, které mohou významně prodloužit trvanlivost oleje. [60]

Důležitou roli hraje i volba obalu. Zkoumání ukázalo, že nejlepší ochranu poskytují kovové nádoby a tmavé sklo, zatímco PET (polyethylentereftalát) a HDPE (vysokohustotní polyethylen) polymery oxidaci zabraňují velmi málo. [60], [62] Tmavé sklo a nerezová ocel jsou považovány za ideální materiály pro skladování, protože minimalizují průnik světla a kyslíku. [60] Naopak čiré sklo a plastové lahve, zejména bez UV filtru, nejsou vhodné pro dlouhodobé uchovávání oleje, protože urychlují degradaci. [61]

Na základě uvedených poznatků je vhodné skladovat olej v tmavém prostoru, nebo v tmavých nádobách, při nízkých teplotách a s minimálním přístupem kyslíku tak, aby se zabránilo jeho znehodnocení. [59]

⁴ Hermetický obal – je obal, který je dokonale utěsněný a nepropouští vzduch, vlhkost ani jiné látky z okolí.

⁵ Blanketování – je odborný výraz pro překrytí nebo ochranu povrchu plynem, nejčastěji dusíkem.

5 VYUŽITÍ HROZNOVÉHO OLEJE

Hroznový olej patří mezi významné vedlejší produkty vinařského průmyslu, který je díky svému unikátnímu složení stále více předmětem vědeckého zkoumání. Obsahuje vysoké množství nenasycených mastných kyselin, polyfenolů a tokoferolů, které přispívají k jeho antioxidačním, protizánětlivým, protinádorovým a antimikrobiálním účinkům. Díky těmto vlastnostem se hroznový olej uplatňuje nejen v kosmetice, potravinářství a farmacii, ale také v průmyslových odvětvích.

5.1 Kosmetika

Hroznový olej je cennou složkou kosmetických přípravků díky svému vysokému obsahu tokoferolů (vitamínu E) a polyfenolů, které pomáhají chránit pokožku před volnými radikály a zpomalují proces stárnutí. [26] Studie provedená v Palestině v roce 2022 prokázala, že aplikace nanoemulgelu s hroznovým olejem vedla ke zlepšení elasticity pokožky, zvýšení hydratace a snížení tvorby kožního mazu a erytému⁶. [63]

Díky svým hydratačním a regeneračním účinkům je hroznový olej často využíván v krémech proti vráskám a přípravcích na hojení jizev a pigmentových skvrn. [45], [54] Jeho protizánětlivé vlastnosti přispívají k péči o akné a citlivou pleť, kde pomáhá zmírnit podráždění a podporuje regeneraci pokožky. [64]

Novější výzkumy navíc popisují použití hroznového oleje v pokročilých formulacích, jako jsou liposomy nebo transdermální systémy, které zlepšují průnik aktivních složek do hlubších vrstev kůže. Dále byl zaznamenán potenciál oleje při snižování hyperpigmentace díky obsahu resveratrolu a dalších fenolických sloučenin. [65]

5.2 Potravinářství

V potravinářském průmyslu je hroznový olej využíván jako zdravější alternativa živočišných tuků, protože obsahuje vysoké množství nenasycených mastných kyselin, které podporují zdraví srdce. [66]

Studie provedená v Iráku v roce 2023 ukázala, že přidání hroznového oleje do jogurtu pozitivně ovlivnilo jeho chemické a mikrobiální vlastnosti a přispívá k prodloužení trvanlivosti produktu. [66]

⁶ Erytém je zčervenání kůže způsobené rozšířením kapilár, často jako reakce na zánět.

Studie provedená v Turecku v roce 2022 ukázala, že přidání hroznového oleje ve formě nanoemulze do obalu rybích produktů prodlužuje jejich trvanlivost a zabraňuje oxidaci lipidů. [67]

Kromě přímé aplikace v potravinách se hroznový olej využívá také jako přírodní antioxidant ke stabilizaci jiných rostlinných olejů, kde významně přispívá ke zpomalení oxidace lipidů a snižování tvorby peroxidů během skladování i tepelného zpracování. [25]

Z hlediska sensorických vlastností potravin je olej z hroznových semen atraktivní i díky svému profilu těkavých aromatických sloučenin. Obsahuje například estery, aldehydy a alkoholy, jako ethylacetát, hexanal či isoamylalkohol, které přispívají k jeho jemné vůni a potenciálnímu využití jako přírodní dochucovací složky. [48]

Studie rovněž prokázaly antimikrobiální aktivitu hroznového oleje vůči vybraným mikroorganismům, zejména gram-pozitivním bakteriím, jako je *Staphylococcus aureus*, a kvasinkám typu *Candida albicans*, čímž se rozšiřují možnosti jeho aplikace i v oblasti mikrobiální bezpečnosti potravin. [64], [69]

5.3 Farmacie

Ve farmaceutickém průmyslu se hroznový olej využívá pro své antioxidantní, protizánětlivé a antimikrobiální vlastnosti. Obsah polyfenolů a tokoferolů napomáhá snižování hladiny LDL cholesterolu a prevenci kardiovaskulárních onemocnění. [68]

Další studie potvrdila možné využití hroznového oleje v přípravcích pro hojení ran a ochranu pokožky před UV zářením. [69]

Využívá se jako součást doplňků stravy (nutraceutik), kde pomáhá snižovat oxidační stres a podporuje cévní funkce. Tento účinek je připisován zejména vysokému obsahu polyfenolů, tokoferolů a fytosterolů, které přispívají k ochraně buněk před poškozením volnými radikály a mohou pomoci regulovat zánětlivé procesy v organismu. [44]

Nezmýditelná část hroznového oleje, která obsahuje hlavně skvalen a fytosteroly, může pozitivně ovlivňovat hormonální rovnováhu a chránit buňky. Výzkumy ukázaly, že tato složka pomáhá snižovat tvorbu škodlivých reaktivních forem kyslíku (ROS) a ovlivňuje geny, které se podílejí na zánětlivých procesech, zejména v imunitních buňkách. [35]

5.4 Průmysl

Studie provedená ve Španělsku v roce 2024 zkoumala využití hroznového oleje při výrobě biopaliv, přičemž se zaměřila na dopad metod extrakce na uhlíkovou stopu a spotřebu energie. Závěry ukázaly, že výsledná efektivita silně závisí na zvoleném způsobu zpracování a některé metody mohou vyžadovat další úpravy pro dosažení udržitelného přínosu. [71]

Další oblastí zájmu je vývoj biologicky rozložitelných obalových materiálů, kde je hroznový olej využíván jako funkční přísada do chitosanových filmů, zlepšující jejich bariérové vlastnosti, antioxidační účinnost i trvanlivost balených potravin. [70]

II PRAKTICKÁ ČÁST

6 CÍL PRÁCE

Cílem této práce bylo provést analýzu čtyř komerčně dostupných olejů z hroznových jader na složení mastných kyselin a oxidační stabilitu. Složení mastných kyselin bylo určeno pomocí plynové chromatografie. Oxidační stabilita byla posuzována sledováním změn peroxidového čísla. Vzorky byly skladovány v různě barevném sklu, které simulovalo různé světelné podmínky.

Experimenty urychleného oxidačního stárnutí byly prováděny pomocí přístroje Rancimat 892, přičemž byla měřena indukční perioda jak s přidáním antioxidantu, tak i bez něj.

Doplňkové charakteristiky zahrnovaly stanovení čísla kyselosti a indexu lomu.

Výsledky těchto analýz byly využity k porovnání stability jednotlivých olejů a posouzení vlivu obalového materiálu na průběh oxidace během skladování.

7 MATERIÁL A PŘÍSTROJE

Pro účely sledování oxidační stability byly vybrány čtyři vzorky olejů, které byly zakoupeny na českém trhu v roce 2023. Níže jsou podrobněji popsány zakoupené oleje a navíc použité chemikálie a složitější přístroje.

Vzorek č. 1 Olej z hroznových jader, rafinovaný obázek č. 12,

Pro tento vzorek je v následujícím textu používána zkratka MS.

Olej je získaný lisováním za studena a rafinován. Produkt byl dodán v plastové láhvi se šroubovacím uzávěrem, o objemu 500 ml, za cenu přibližně 189 Kč. Trvanlivost výrobku byla deklarována po dobu 18 měsíců. Distribuci zajišťuje PhDr. Ľubica Belásová, IČ: 88174956 přes internetový obchod www.mydlovysvet.cz. Níže je uveden výpis klíčových údajů převzatých z technického listu:



Obr. č. 12 Olej z hroznových jader rafinovaný

Senzorické vlastnosti:

- Vzhled: Světle žlutá až světle zelená kapalina
- Vůně: Bez zápachu

Analytické hodnoty:

- | | |
|---|--|
| • Peroxidové číslo: <5 meq O ₂ /kg | • Volné mastné kyseliny (jako olejová): <1,0 % |
| • Kyselost: <2 mg KOH/g | • Index lomu: 1,473–1,477 (při 20 °C) |

Profil mastných kyselin:

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| • Kyselina linolová (C18:2): 60–78 % | • Kyselina olejová (C18:1): 12–28 % |
|--------------------------------------|-------------------------------------|

- Kyselina palmitová (C16:0): 5–11 %
- Kyselina stearová (C18:0): 3–6,5 %
- Ostatní (arachidová, linolenová apod.): max. 1,5 % [72]

Vzorek č. 2 Olej z hroznových jader BEWIT obrázek č. 13

Pro tento vzorek byla použita v textu zkratka B.

Prodejcem oleje je BEWIT Natural Medicine, s.r.o. Olej byl dodán ve skleněné láhvi se šroubovacím uzávěrem, v balení o objemu 500 ml, za cenu okolo 227 Kč. Níže je uveden výpis známých údajů k tomuto vzorku.



Obr. č. 13 Olej z hroznových jader BEWIT [73]

Profil mastných kyselin:

- Kyselina linolová (C18:2): 67,9 %
- Kyselina palmitová (C16:0): 6,8 %
- Kyselina olejová (C18:1): 19,6 %
- Kyselina stearová (C18:0): 3,9 %

Vzorek č. 3 Olej z jader hroznů Karel Hádek obrázek č. 14

Pro tento vzorek oleje byla používána zkratka KH.

jedná se o za tepla lisovaný olej z hroznových jader o objemu 500 ml, zakoupený přibližně za 369 Kč. Olej byl dodán v plastové láhvi se šroubovacím uzávěrem.



Obr. č. 14 Olej z jader hroznů Karel Hádek [74]

Senzorické vlastnosti: Světle žlutá olejovitá kapalina.

Nenasycené mastné kyseliny:

- Kyselina linolová (C18:2): cca 72 %.
- Kyselina olejová (C18:1): cca 17 %.

Vitamíny:

- Vitamín A.
- Vitamín E.

Další látky:

- Flavonoidy [74]

Vzorek č. 4 Olej z hroznových jader AGRO Boskovštejn obrázek č. 15

Pro tento vzorek oleje byla používána zkratka AB.

Za studena lisovaný olej z hroznových jader od výrobce Agro Boskovštejn, je balený ve skleněné lahvi o objemu 187 ml, za cenu 140 Kč. Výrobce uvádí, že jde o 100% přírodní

produkt, bez přídavných látek a konzervantů, lisovaný šetrně z jader hroznů pěstovaných v oblasti Znojemska.



Obr. č. 15 Olej z hroznových jader Agro Boskovštej [75]

Senzorické vlastnosti:

- Vzhled: Světle zelenožlutá
- Vůně: Jemná, lehce oříšková

Obecné složení (dle výrobce):

- | | |
|--|---------------------------------------|
| • Polynenasycené mastné kyseliny: 88 % | • Mononenasycené mastné kyseliny: 8 % |
| | • Nasycené mastné kyseliny: 8 % |

Dále obsahuje:

- Kyselinu linolovou (omega-6)
- Kyselinu olejovou (omega-9)
- Antioxidanty (vitamín E)
- Polyfenoly a flavonoidy [76]

7.1 Použité chemikálie

Všechny použité chemikálie byly v analytické (laboratorní) čistotě a nebyly dále upravovány.

Stanovení peroxidového čísla:

Jodid draselný (KI), destilovaná voda (H_2O), thiosíran sodný ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), dichroman draselný ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), kyselina chlorovodíková (HCl), škrobový maz.

Číslo kyselosti:

Xylen, směs isomerů (C_8H_{10}), neutrální ethanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), fenolftalein ($\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$), ethanolický hydroxid draselný (KOH).

Methylesterifikace olejů, deprivatizace vzorků:

Methanol (CH_3OH), methanolický methoxid sodný (MeONa), toluen (C_7H_8), petrolether, chlorid sodný (NaCl),

Urychlené stárnutí, metoda Rancimat:

Antioxidant Rozmarýnový extrakt CO_2 , (35–40% ve slunečnicovém oleji), www.mydlovysvet.cz, Distributor Ľubica Belásová

7.2 Pomůcky

Běžné laboratorní sklo, analytické váhy, varné kamínky, topné hnízda, magnetické míchačky.

7.3 Přístroje

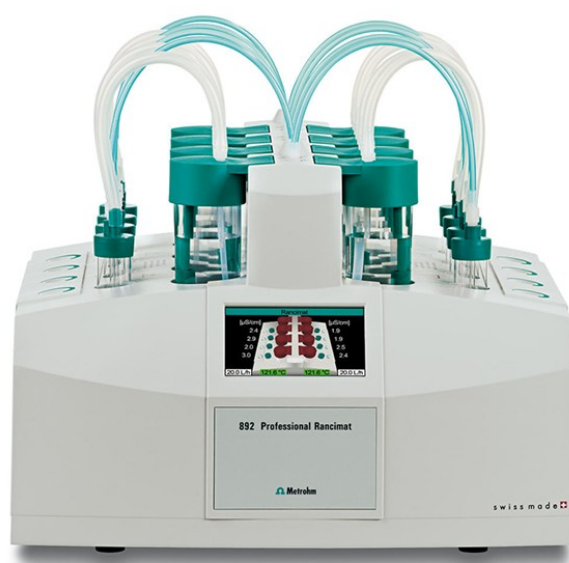
Plynový chromatograf Shimadzu GC–14A s plamenově ionizační detekcí (FID) s polární kapilární kolonou Agilent DB Wax ($25\text{ m} \times 0,2\text{ mm} \times 0,2\text{ }\mu\text{m}$) obrázek č. 16

Professional Rancimat 892 (Metrohm) obrázek č. 17

Abbeho refraktometr



Obr. č. 16 Plynový chromatograf



Obr. č. 17 Professional Rancimat 892 [77]

8 METODIKA

Pracovní postupy v laboratoři vycházely z laboratorních návodů předmětu Chemie a technologie tuků I a II.

8.1 Příprava vzorků

Každý vzorek oleje byl rozvážen do tří typů skleněných obalů, konkrétně do čirého, hnědého a modrého skla, aby bylo možné sledovat vliv zabarvení obalu na stabilitu olejů. Vzorky byly uchovávány od listopadu 2023 do května 2024 v laboratorních podmínkách, na denním světle při laboratorní teplotě přibližně 23–26 °C. Zbylé vzorky olejů byly uskladněny v původních obalech v lednici a následně využity pro analýzu pomocí plynové chromatografie či jiné laboratorní práce.

8.2 Měření indexu lomu

Měření indexu lomu vzorků oleje bylo provedeno pomocí Abbeho refraktometru temperovaného na 25 °C. Měřicí plochy přístroje byly před měřením očištěny acetonem a osušeny. Na spodní hranol byl pomocí kapátka nanesen olejový vzorek. Pomocí mikrometrického šroubu bylo nastaveno rozhraní mezi světlou a tmavou oblastí v zorném poli a následně byl odečten index lomu ze stupnice přístroje. Po každém měření bylo provedeno důkladné očištění měřicích ploch. Od každého vzorku byla provedena vždy tři měření.

8.3 Stanovení mastných kyselin pomocí plynové chromatografie

Pro potřeby analýzy mastných kyselin pomocí plynové chromatografie bylo nejprve nutné převést přítomné mastné kyseliny na odpovídající methylestery. K této analýze byly použity vzorky olejů ze semen vinné révy, uchovávané v lednici. Pro extrakci připravených methylesterů byl použit petrolether (frakce s bodem varu 40–65 °C) jako náhrada běžně používaného, ale nákladnějšího hexanu.

Do varné baňky o objemu 100 ml byly odváženy přibližně 2 g vzorku oleje s přesností na tři desetinná místa. K tomuto množství bylo následně přidáno 15 ml methanolu a 15 ml 1% methanolického roztoku methoxidu sodného (MeONa). Pro zlepšení mísitelnosti jednotlivých fází bylo ke směsi přidáno 0,5 ml toluenu a několik varných kamínků. Směs byla zahřívána po dobu minimálně 30 minut pod zpětným chladičem na topném hnízdě.

Po ukončení reakční doby byla baňka ochlazena a její obsah byl převeden do dělicí nálevky. Reakční baňka byla poté promyta 10 ml petroletheru, který byl přelit do nálevky spolu s 15 ml 20% roztoku NaCl. Obsah nálevky byl důkladně protřepán a vodná fáze byla oddělena do druhé dělicí nálevky, kam bylo přidáno dalších 10 ml petroletheru. Po opětovném protřepání byly fáze znovu odděleny.

Obě petroletherové vrstvy byly sloučeny a promyty 15 ml 20% roztoku NaCl. Po oddělení vodné fáze byla organická fáze vysušena bezvodým síranem sodným v Erlenmeyerově baňce. Vysušený roztok byl přefiltrován přes papírový filtr do 25ml odměrné baňky.

Před samotným stanovením bylo vzorky potřeba naředit v poměru 1:4, což odpovídá smíchání 200 μ L vzorku a 800 μ L petroletheru.

Analýza mastných kyselin

Připravené vzorky methylesterů mastných kyselin byly následně analyzovány pomocí plynové chromatografie. K měření byl použit plynový chromatograf Shimadzu GC 14A vybavený plamenově-ionizačním detektorem (FID) a polární kapilární kolonou Agilent DB Wax (25 m $\times$ 0,2 mm $\times$ 0,2 μ m). Jako nosný plyn byl použit dusík o průtoku 2,5 kg/cm².

Vzorky byly do systému aplikovány ručně pomocí mikrostříkačky Hamilton, a to v objemu 2 μ L přes septum přímo do injektoru. Následná analýza probíhala za těchto podmínek, kdy teplota injektoru byla nastavena na 225 °C, detektor pracoval při teplotě 230 °C. Chromatografická pec byla nastavena v počáteční teplotě 110 °C, kde bylo provedeno 3minutové zdržení. Poté následoval ohřev na konečných 220 °C rychlostí 15 °C/min, s následným zdržením na této teplotě po dobu 10 minut. Doba jedné analýzy nepřesáhla 15 minut.

Před měřením vzorků byly do přístroje nadávkovány komerční směsi methylesterů mastných kyselin Supelco 37 Component FAME Mix a Supelco F.A.M.E. Mix C8–C22. Následně byly za stejných podmínek analyzovány jednotlivé vzorky hroznových olejů. Mezi nástřiky bylo nutné vždy vyčkat, dokud přístroj nedosáhl výchozí teploty, aby byly zachovány jednotné podmínky.

Získané chromatogramy byly vyhodnoceny pomocí softwaru CSW32 DataApex, Praha. Identifikace mastných kyselin byla provedena porovnáním retenčních časů se standardem a kvantifikace byla založena na plochách chromatografických píků metodou vnitřní normalizace.

8.4 Stanovení peroxidového čísla

Tato metoda byla založena na titračním určení množství jódu, který se uvolnil z jodidu draselného reakcí s hydroperoxidy přítomnými v nenasycených tucích v kyselém prostředí.

Nejdříve byl připraven nasycený roztok jodidu draselného (KI), odvážením 12,5 g KI, který byl následně rozpuštěn v 15 ml destilované vody. Tento roztok byl přelit do tmavé skleněné nádoby, přičemž bylo důležité, aby nevykazoval výrazné žluté zbarvení. Roztok se vždy připravoval čerstvý pro každé laboratorní stanovení v daný den.

Stanovení a příprava přesné koncentrace 0,01M roztoku thiosíranu sodného:

Titrační roztok thiosíranu sodného ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) o koncentraci 0,01M, který se připravil zředěním zásobního 0,1M roztoku, odpipetováním 25 ml do 250ml odměrné baňky a doplnil se destilovanou vodou po rysku.

Pomocí titrační metody byla stanovena přesná koncentrace připraveného roztoku podle postupu níže neboť thiosíran sodný není základní látkou:

Do 100ml Erlenmayerovy baňky bylo odpipetováno 10 ml 0,01N dichromanu draselného (0,0017M), následně byly nedělenou pipetou přidány 2 ml koncentrované kyseliny chlorovodíkové a 1 ml čerstvě připraveného roztoku jodidu draselného. Směs se promíchala, nádoba se uzavřela zátkou a nechala se pět minut odstát ve tmě.

Poté bylo dolito 20 ml destilované vody a několik kapek škrobového mazu, který sloužil k přesnější vizualizaci ukončení titrace.

Směs se titrovala připraveným 0,01M thiosíranem sodným až do úplného odbarvení.

Byly provedeny tři paralelní titrace.

Přesná koncentrace připraveného roztoku thiosíranu sodného byla vypočtena na základě následujícího vztahu:

$$M = \frac{0,01 \times b}{a} \quad (2)$$

kde:

a – objem 0,01M roztoku $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ spotřebovaný při titraci [ml]

b – objem 0,01 N roztoku $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ použitý při stanovení [ml]

Vlastní stanovení peroxidového čísla hroznového oleje bylo provedeno navážením vzorku v množství 1,0 až 1,5 g přímo do 250ml Erlenmayerovy baňky. Navážka byla provedena s přesností na čtyři desetinná místa. Poté byl vzorek rozpuštěn ve 25 ml směsi chloroformu a kyseliny octové v objemovém poměru 1:1.

Do takto připraveného roztoku byl následně přidán 1 ml roztoku čerstvého KI. Směs byla promíchána a ponechána po dobu pěti minut ve tmě, aby mohla proběhnout reakce. Po vytažení ze tmy bylo přidáno přibližně 75 ml destilované vody a 2 ml škrobového mazu. Poté byla směs titrována 0,01M roztokem thiosíranu sodného za stálého protřepávání až do úplného odbarvení.

Pro každý vzorek, byly provedeny alespoň dvě titrace a stejným principem byl proveden i slepý pokus bez navážky oleje.

Výpočet peroxidového čísla byl proveden na základě následujícího vztahu:

$$P. \text{ č.} = \frac{1000 \times M \times (a - b)}{n} \quad (\mu\text{val} \cdot \text{g}^{-1}) \quad (3)$$

kde:

M – přesná koncentrace roztoku $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

a – spotřeba roztoku $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ při titraci vzorku [ml]

b – spotřeba roztoku $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ při slepém pokusu [ml]

n – hmotnost naváženého vzorku tuku [g]

8.5 Stanovení čísla kyselosti

Byly připraveny tři kulaté zábrusové baňky o objemu 250 ml. Do každé z nich byly diferenčně naváženy 2 g vzorku oleje s přesností na čtyři desetinná místa. Pomocí odměrného válce bylo ke každému vzorku přidáno 5 ml xylenu a 30 ml neutrálního ethanolu. Dále bylo do roztoku přikápnuto přibližně 20 kapek fenolftaleinu jako indikátoru. Do každé baňky byly vloženy skleněné perly, aby se při zahřívání zabránilo nekontrolovanému utajenému varu. Při manipulaci se dbalo na to, aby nedošlo ke kontaminaci hrdla baněk olejem ani roztokem hydroxidu.

Vzorky byly následně zahřívány na topném hnízdě pod zpětným chladičem. Teplota byla udržována v rozmezí 70–80 °C po dobu přibližně 10 až 15 minut. Po zahřátí byl roztok ještě za tepla titrován přímo v baňce ethanolickým roztokem hydroxidu draselného o koncentraci

0,1M. Titrace probíhala až do dosažení trvalého růžového zabarvení, které přetrvávalo minimálně 10 sekund. Spotřeba titračního činidla byla zaznamenána. Byl proveden také slepý pokus opět bez přítomnosti navážky oleje.

Výpočet čísla kyselosti se provede podle vztahu níže:

$$\text{číslo kyselosti} = \frac{(a - b) \times c_{KHO} \times M_{KOH}}{n} \quad (4)$$

Kde:

a – objem ethanolického roztoku KOH spotřebovaný na titraci vzorku [ml]

b – objem ethanolického roztoku KOH spotřebovaný při slepém pokusu [ml]

c_{KOH} – koncentrace ethanolického roztoku KOH [$\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$]

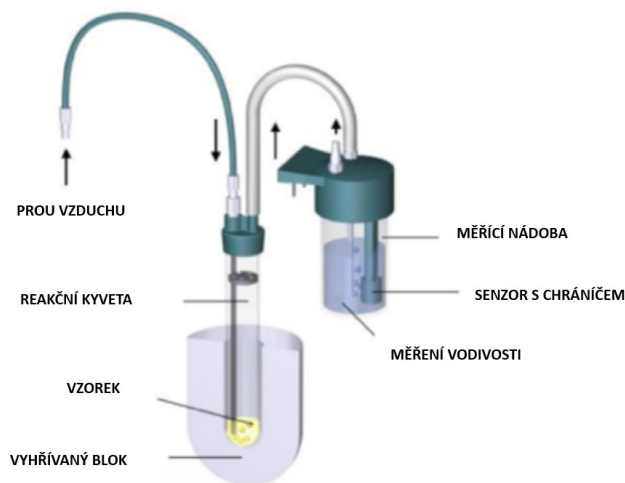
M_{KOH} – molární hmotnost hydroxidu draselného (KOH) [$56,106 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$]

n – hmotnost naváženého vzorku [g]

8.6 Urychlené oxidační stárnutí, metoda Rancimat

Oxidační stabilita vzorků hroznových olejů byla stanovena metodou urychleného stárnutí pomocí přístroje 892 Professional Rancimat (Metrohm). Princip metody spočívá ve vystavení vzorku řízené zvýšené teplotě a průtoku vzduchu, čímž dochází k urychlené oxidaci. Těkavé rozkladné produkty, zejména nižší mastné kyseliny, jsou unášeny proudem vzduchu do měřicí nádoby s destilovanou vodou, kde způsobují změnu vodivosti roztoku. Indukční doba (čas do prudkého nárůstu vodivosti) je následně zaznamenán a slouží jako ukazatel oxidační stability daného vzorku, zaznamenává se indukční čas nebo perioda.

Na schématu obrázek č. 18 je znázorněno uspořádání měřicího systému. Vzorek oleje je umístěn do reakční kyvety, která se zahřívá ve vyhřívaném bloku. Průchod vzduchu způsobuje přenos těkavých oxidovaných složek do měřicí nádoby, kde je zaznamenávána změna vodivosti pomocí vodivostního senzoru. [77]



Obr. č. 18 Schéma měřicího systému [77]

Podmínky měření:

Přístroj: 892 Professional Rancimat (Metrohm)

Teploty stanovení: 90, 100 a 110 °C

Hmotnost vzorku: 3 g (s přesností na čtyři desetinná místa)

Měřicí pozice: 8 (dvě řady po 4 místech)

Objem destilované vody: 50 ml

Průtok vzduchu: 20 L/h

Hodnocený parametr: indukční doba (hod)

9 VÝSLEDKY A DISKUZE

V této části jsou prezentovány výsledky experimentů, které jsou dále diskutovány a porovnávány s poznatky z jiných studií zaměřených na olej z hroznových semen.

9.1 Výsledek Abbeho refraktometru

Index lomu oleje je důležitým parametrem pro hodnocení kvality a čistoty oleje. FAO/WHO stanovuje, že by měl být mezi 1,467 a 1,477 při 40 °C

Index lomu byl stanoven pomocí Abbeho refraktometru při teplotě 25 °C, která odpovídá standardním podmínkám pro hodnocení rostlinných olejů. Měření bylo provedeno třikrát pro každý vzorek a následně byl vypočten aritmetický průměr.

Výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 1. Nejnižší index lomu byl naměřen u MS 1,4714, což může souviset s jeho nižším obsahem nenasycených mastných kyselin v důsledku technologického zpracování. Vzorek KH dosáhl hodnoty 1,4722 a B 1,4728. Nejvyšší hodnota byla zaznamenána u vzorku AB 1,4735, která by mohla být způsobena vyšším podíl nenasycených lipidových složek, typických pro šetrně lisované oleje.

Tabulka č. 1 Výsledky indexu lomu

vzorek	1. měření	2. měření	3. měření	průměr
MS	1,4715	1,4714	1,4714	1,4714
B	1,4727	1,4729	1,4727	1,4728
AB	1,4737	1,4731	1,4738	1,4735
KH	1,4723	1,4720	1,4723	1,4722

Studie provedené v Brazílii (2023) ukazují, že oleje extrahované lisováním, Soxhletovou metodou i ultrazvukem měly index lomu 1,47. Další studie z Turecka 2017 uvádí index v rozmezí 1,4750–1,4758 u olejů extrahovaných Soxhletovou metodou. Všechny výsledky spadají do běžného rozmezí pro oleje z hroznových jader, které se podle literatury pohybuje mezi 1,4700 až 1,4750 při 25 °C. [25], [26]

9.2 Zastoupení mastných kyselin (plynová chromatografie)

Vzorky hroznového oleje byly před analýzou převedeny na methylestery mastných kyselin a následně analyzovány pomocí plynové chromatografie s plamenově-ionizační detekcí (GC-FID). Postup přípravy i podmínky měření odpovídají metodice uvedené výše. Pro účely identifikace byly před analýzou vzorků nadávkovány standardní směsi methylesterů

mastných kyselin (Certificate of Composition, Supelco), které sloužily k určení retenčních časů referenčních sloučenin.

V tabulce č. 2 níže jsou uvedeny pouze retenční časy těch mastných kyselin, které byly následně identifikovány ve vzorcích hroznového oleje. Identifikace byla provedena porovnáním retenčních časů s hodnotami získanými ze standardu. Kvantifikace byla založena na plochách chromatografických píků, vyhodnocených softwarem CSW32.

Tabulka č. 2 Retenční časy standardu

Mastná kyselina	Retenční čas (min)	Typ kyseliny
Kyselina palmitová C16:0	9,39–9,45	Nasyčená
Kyselina stearová C18:0	10,75–10,80	Nasyčená
Kyselina olejová C18:1 (<i>cis</i> -9)	10,91–10,97	Mononenasyčená
Kyselina linolová C18:2 (<i>cis</i> -9,12)	11,31–11,37	Polynenasycená (omega-6)

9.2.1 Zastoupení MK vzorek MS

Ve vzorku MS byly identifikovány čtyři dominantní píky s retenčními časy 9,40 min (kyselina palmitová, C16:0), 10,75 min (kyselina stearová, C18:0), 10,920 min (kyselina olejová, C18:1, omega-9) a 11,31 min (kyselina linolová, C18:2, omega-6). Na základě ploch těchto píků bylo určeno zastoupení jednotlivých mastných kyselin ve vzorku.

Největší podíl měla kyselina linolová, která tvořila přibližně 62,7 % z celkového obsahu. Kyselina olejová byla zastoupena 26,9 %, kyselina palmitová 7 % a kyselina stearová 3,4 %. Výsledné rozložení je znázorněno v grafu na obrázku č. 19.

Zjištěné hodnoty byly porovnány s rozmezím uvedeným v technickém listu výrobce, který udává pro kyselinu linolovou 60–78 %, olejovou 12–28 %, palmitovou 5–11 % a stearovou 3–6,5 %. Naměřené výsledky se do těchto intervalů plně vešly, což potvrzuje správnost provedené analýzy i deklarované složení vzorku.

9.2.2 Zastoupení MK vzorek B

U vzorku B byly opět zaznamenány čtyři hlavní píky s retenčními časy 9,45 min (kyselina palmitová, C16:0), 10,800 min (kyselina stearová, C18:0), 10,970 min (kyselina olejová, C18:1, omega-9) a 11,370 min (kyselina linolová, C18:2, omega-6).

Největší zastoupení mastných kyselin tvoří kyselina linolová, která dosahovala 67,1 %. Kyselina olejová byla zastoupena 23,9 %, kyselina palmitová 5,9 % a kyselina stearová 3,1 %. Výsledky jsou přehledně znázorněny v grafu na obrázku č. 19

Podle informací uvedených výrobcem by měl olej obsahovat 67,9 % kyseliny linolové, 19,6 % kyseliny olejové, 6,8 % kyseliny palmitové a 3,9 % kyseliny stearové. Naměřené hodnoty se od těchto údajů mírně odlišují, celkové složení však zůstává v souladu s charakterem výrobku deklarovaným výrobcem.

9.2.3 Zastoupení MK vzorek KH

U vzorku značky KH bylo stanoveno následující zastoupení mastných kyselin, kdy opět dominovaly čtyři výrazné signály s retenčními časy 9,44 min (kyselina palmitová, C16:0), 10,80 min (kyselina stearová, C18:0), 10,96 min (kyselina olejová, C18:1, ω 9) a 11,36 min (kyselina linolová, C18:2, ω 6).

Nejvyšší podíl měla kyselina linolová, která tvořila 69,7 %. Kyselina olejová byla zastoupena 19,9 %, kyselina palmitová 6,8 % a kyselina stearová 3,6 %. Procentuální složení je znázorněno v grafu na obrázku č. 19.

Výrobce na svých webových stránkách uvádí, že olej obsahuje přibližně 72 % kyseliny linolové (C18:2) a 17 % kyseliny olejové (C18:1). Přesnější informace o dalších mastných kyselinách ani rozmezí hodnot nejsou specifikovány.

Ve vzorku analyzovaném v této práci byla zjištěna kyselina linolová v mírně nižším množství cca 70 % a kyselina olejová naopak o něco vyšší cca 20 %, než uvádí výrobce. Rozdíl může souviset s technologickými a surovinovými faktory, jako je odrůda hroznů, podmínky skladování, způsob extrakce nebo klimatické podmínky během vegetace.

Z hlediska vlivu způsobu zpracování na složení mastných kyselin existují relevantní studie, které potvrzují rozdíly mezi lisováním za studena a za tepla. Menezes et al. (2023) ve své práci porovnávají různé metody extrakce hroznového oleje a uvádějí, že lisování bez tepelného zatížení (za studena) vede k vyššímu obsahu kyseliny linolové. Vyšší teploty mohou naopak způsobit její částečný úbytek. Dále studie Rombaut et al. (2015) ukazuje, že přehřev semen při teplotách 90 °C a 120 °C ovlivňuje jak výtěžnost oleje, tak i jeho složení, včetně změn v zastoupení mastných kyselin. Podobně Bjelica et al. (2019) upozorňuje na to, že vysoké teploty během technologického zpracování mohou snižovat obsah bioaktivních látek a ovlivňovat stabilitu oleje. [26], [41], [78]

Z těchto poznatků vyplývá, že zjištěné hodnoty u tohoto vzorku odpovídají běžnému složení hroznového oleje, přičemž drobné odchylky mohou být vysvětleny právě použitím lisování za tepla, jak výrobce uvádí

9.2.4 Zastoupení MK vzorek AB

U čtvrtého vzorku AB byly zaznamenány píky s retenčními časy 9,39 min (kyselina palmitová, C16:0), 10,75 min (kyselina stearová, C18:0), 10,910 min (kyselina olejová, C18:1, ω 9) a 11,33 min (kyselina linolová, C18:2, ω 6), které odpovídají nejvíce zastoupeným mastným kyselinám ve vzorku.

Nejvýrazněji byla ve složení zastoupena kyselina linolová s hodnotou 74 %, následovaná kyselinou olejovou 15,7 %, palmitovou 6,8 % a stearovou kyselinou 3,5 %. Výsledky jsou znázorněny v grafickém přehledu na obrázku č. 19.

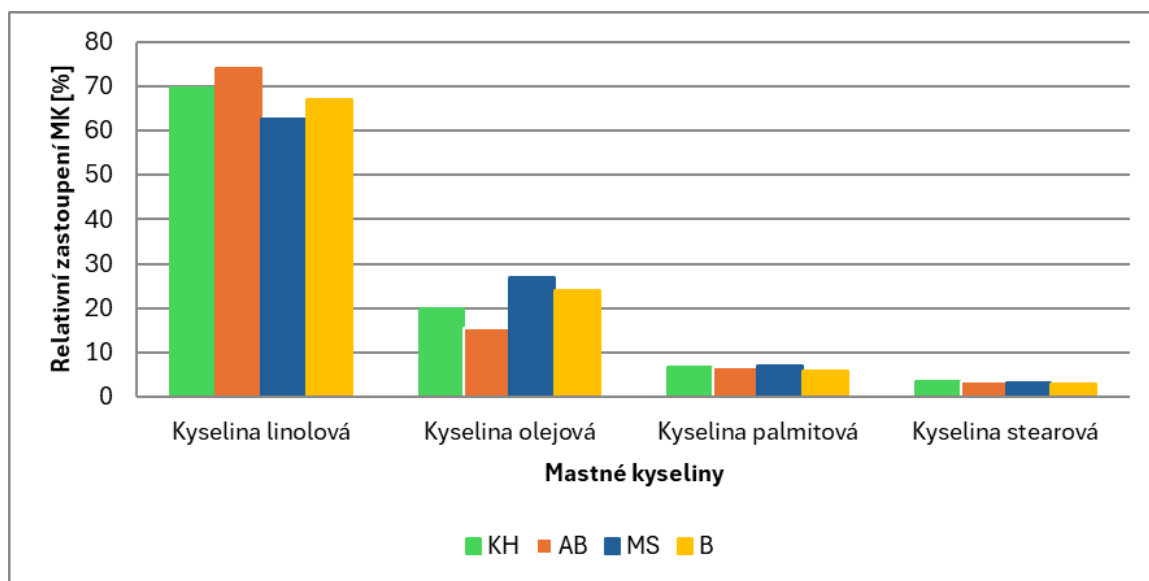
Výrobce na svých webových stránkách uvádí, že olej je lisovaný za studena a obsahuje přibližně 88 % polynenasycených, 8 % mononenasycených a 8 % nasycených mastných kyselin.

Výsledky analýzy v této práci tomuto složení víceméně odpovídají. Polynenasycená kyselina linolová tvořila přibližně 74 %, mononenasycená kyselina olejová přibližně 16 %, a součet nasycených mastných kyselin (palmitová a stearová) činil kolem 9 %. Mírně vyšší podíl kyseliny olejové může být ovlivněn různými faktory, například použitou odrůdou, ročníkem sklizně nebo postupem při následném zpracování oleje.

Skutečnost, že se jedná o olej lisovaný za studena, zároveň odpovídá vyššímu podílu nenasycených mastných kyselin. Odborné publikace uvádějí, že šetrnější metody zpracování, jako je právě lisování za studena, přispívají k lepšímu zachování přirozeného složení oleje, včetně vysokého obsahu kyseliny linolové. [26]

9.2.5 Celkové zastoupení mastných kyselin ve vzorcích

Složení mastných kyselin ve všech čtyřech analyzovaných vzorcích hroznového oleje je znázorněno v grafu na obrázku č. 19, kde je vidět zastoupení čtyř hlavních mastných kyselin. Nejvyšší podíl ve všech vzorcích zaujímal kyselina linolová, jejíž obsah se pohyboval od 62,7 % (MS) do 74 % (AB). Obsah kyseliny olejové se pohyboval v rozmezí 15,7–26,9 %, zatímco nasycené kyseliny (palmitová a stearová) tvořily menší část profilu, a to přibližně mezi 3 a 7 %.



Obr. č. 19 Zastoupení mastných kyselin u všech vzorků hroznového oleje

Přehlednější rozdělení mastných kyselin podle skupin stupně nenasycenosti, používané i v odborné literatuře, jako jsou nasycené (SFA), mononenasycené (MUFA) a polynenasycených (PUFA) je uvedeno v tabulce č. 3. Největší zastoupení mají ve všech vzorcích PUFA, a to 74 %. Tyto kyseliny, ačkoli nutričně hodnotné, mohou podle některých studií zvyšovat citlivost oleje k oxidaci, protože více dvojných vazeb v jejich struktuře znamená větší reaktivitu vůči kyslíku. Naproti tomu přirozeně přítomné antioxidanty obsažené v hroznových jádrech mohou působit jako ochranné látky, které mohou mít vliv na stabilitu oleje i při vyšším obsahu PUFA, jak uvádí například studie Yalcin a kol. [25]

Tabulka č. 3 Zastoupení nasycených a nenasycených mastných kyselin

	Karel Hádek	Rafinovaný	Znojmo	Bewit
	[%]			
SFA	10,4	10,4	10,3	9
MUFA	19,9	26,9	15,7	23,9
PUFA	69,7	62,7	74	67,1

Při porovnání získaných výsledků s odbornou literaturou lze konstatovat, že složení všech vzorků odpovídá profilu běžného hroznového oleje. Například Carmona-Jiménez a kol. uvádějí 61–73 % kyseliny linolové a 14–25 % kyseliny olejové. Dabetic a kol. stanovili průměrný obsah linolové kyseliny na 66 % a olejové na 19 %. Velmi podobné hodnoty 69,9–71,9 % linolové a 18,4–19,9 % olejové uvádí i Surco-Laos a kol. Všechny tyto údaje jsou ve shodě s našimi výsledky. [57], [68], [69]

9.3 Výsledky čísla kyselosti

Číslo kyselosti bylo stanoveno podle metodiky uvedené výše, přičemž hodnoty byly získány z čerstvých vzorků jednotlivých olejů. Tento parametr vyjadřuje množství volných mastných kyselin, které vznikají hydrolýzou triglyceridů, a slouží jako ukazatel míry rozkladu oleje v důsledku enzymatické nebo chemické degradace. Naměřené hodnoty jsou uvedeny včetně směrodatných odchylek, které vyjadřují rozptyl dat v tabulce č. 4.

Tabulka č. 4 Výsledky čísla kyselosti

vzorek	číslo kyselosti [mg KOH·g ⁻¹ tuku]
KH	0,42 ± 0,12
AB	0,47 ± 0,18
MS	0,29 ± 0,07
B	0,20 ± 0,09

Z výsledků vyplývá, že všechny oleje měly poměrně nízké hodnoty kyselosti, nejnižší byla zaznamenána u vzorku B 0,20 ± 0,09 (mg KOH·g⁻¹ tuku), následovaná MS 0,29 ± 0,07 (mg KOH·g⁻¹ tuku). Vyšší hodnoty měly vzorky KH 0,42 ± 0,12 (mg KOH·g⁻¹ tuku) a AB 0,47 ± 0,18 (mg KOH·g⁻¹ tuku). Rozdíly mohou souviset s druhem zpracování (např. rafinace) a skladovacími podmínkami před analýzou.

Podle Codex Alimentarius a dalších norem by číslo kyselosti u rafinovaných olejů nemělo přesáhnout 0,1–0,2 % (tedy přibližně 0,56–1,12 mg KOH/g oleje), zatímco pro nerafinované (panenské) oleje může být akceptováno číslo kyselosti až do 4 mg KOH/g.

Hodnoty získané v tomto experimentu se pohybují přibližně v rozmezí 0,2–0,5 mg KOH/g, což odpovídá vysoké kvalitě všech analyzovaných vzorků. [22], [26]

Například ve studii Menezes et al. 2023 bylo číslo kyselosti u olejů získaných lisováním a extrakcí ze semen odrůdy Cabernet Sauvignon v rozmezí 1,83–2,50 mg KOH/g, zatímco u šetrnějšího sušení a lisování byly hodnoty nižší. Podobně jiné studie uvádějí rozmezí 0,52–0,81 mg KOH/g podle způsobu extrakce. [22], [26]

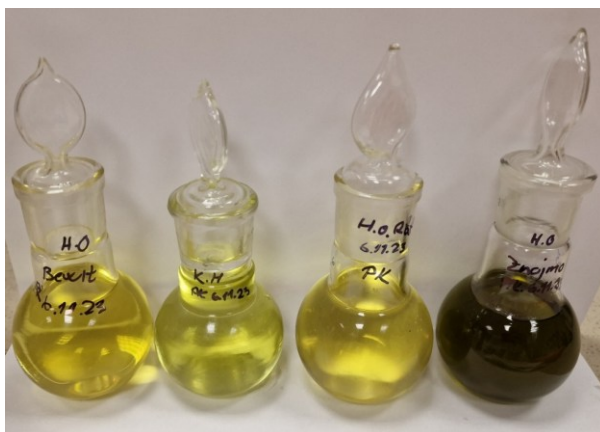
Studie z Brazílie 2023 uvádí, že oleje extrahované lisováním měly číslo kyselosti mezi 0,520–0,653 mg KOH/g, zatímco oleje získané ultrazvukovou extrakcí vykazovaly vyšší hodnoty 0,677–0,813 mg KOH/g. Vyšší číslo kyselosti bylo také pozorováno při sušení při 40 °C 1,83–2,50 mg KOH/g ve srovnání s 80 °C 1,23–2,20 mg KOH/g. [26], [57]

Při porovnání s literaturou vykazovaly analyzované vzorky výrazně nižší hodnoty kyselosti, což svědčí o jejich dobré kvalitě a nízkém stupni rozkladu. Nejnižší hodnotu měl vzorek B, což může být dáno jak použitou výrobní technologií, tak i šetrnými podmínkami skladování v chladu.

9.4 Peroxidové číslo

Stanovení peroxidového čísla bylo provedeno za účelem sledování oxidační stability hroznového oleje během jeho dlouhodobého skladování. Peroxidové číslo slouží jako důležitý ukazatel počátečních stadií oxidace tuků a olejů, protože měří koncentraci hydroperoxidů, primárních produktů oxidace nenasycených mastných kyselin. Tyto látky jsou prvním signálem probíhajících degradačních procesů, které negativně ovlivňují kvalitu oleje, jeho chuť, vůni i výživovou hodnotu.

Celkem bylo provedeno šest měření od listopadu do května (210 dní), které probíhalo dle metodiky výše. Sledováním vývoje peroxidového čísla bylo možné posoudit, jak se změnila oxidační stabilita oleje v čase a jaký vliv měla barva skleněného obalu na rychlost těchto změn. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulkách spolu se směrodatnými odchylkami, které vyjadřují variabilitu mezi dvěma opakovanými měřeními peroxidového čísla pro každý vzorek. Směrodatná odchylka byla vypočítána na základě rozdílů mezi těmito dvěma měřeními, což ukazuje na rozptyl výsledků. Výsledky umožňují porovnat, do jaké míry jednotlivé typy skla (čiré obrázek č. 20, modré a hnědé) chrání olej před působením světla a zpomalují oxidační procesy.



Obr. č. 20 Oleje v čirém sklu

9.4.1 Vyhodnocení peroxidového čísla pro MS

Výsledky stanovení peroxidového čísla u MS jsou uvedeny v tabulce č. 5 a znázorněny v grafu na obrázku č. 21. Z naměřených hodnot je patrné, že ve všech typech skleněných

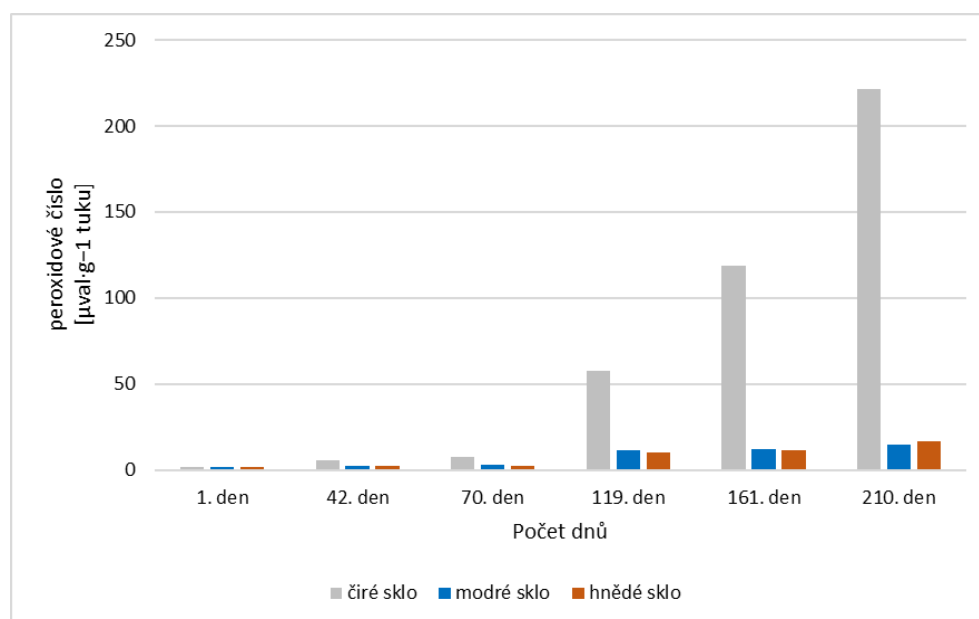
obalů docházelo v průběhu skladování ke zvyšování peroxidového čísla, což ukazuje na postupující oxidaci oleje.

Nejvýraznější nárůst peroxidového čísla byl zaznamenán u vzorku uchovávaného v čířém skle, kde hodnota vzrostla z $1,73 \mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$ tuku na začátku až na $221,10 \mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$ tuku po 210 dnech. Tento výsledek potvrzuje, že číré sklo poskytuje nejnižší ochranu proti světlu, a tím i nejmenší ochranu proti oxidaci.

Naopak modré a především hnědé sklo vykazovaly výrazně nižší nárůst hodnoty peroxidového čísla. U modrého skla dosáhlo po 210 dnech hodnoty $15,14 \mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$ tuku, zatímco u hnědého skla činilo $16,92 \mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$ tuku. I když jsou tyto hodnoty vyšší než na začátku, rozdíl oproti čířému sklu je zásadní.

Tabulka č. 5 Výsledky peroxidového čísla MS

MS		číré sklo	modré sklo	hnědé sklo
měření	počet dnů	peroxidové číslo [$\mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$ tuku]		
1.	1. den	$1,73\pm 0,96$	$1,73\pm 0,96$	$1,73\pm 0,96$
2.	42. den	$5,99\pm 1,28$	$2,36\pm 0,96$	$2,36\pm 0,99$
3.	70. den	$7,84\pm 0,68$	$3,40\pm 0,01$	$2,77\pm 0,40$
4.	119. den	$57,74\pm 0,01$	$11,29\pm 0,54$	$10,37\pm 0,47$
5.	161. den	$118,82\pm 0,02$	$11,94\pm 0,22$	$11,36\pm 0,23$
6.	210. den	$221,10\pm 0,22$	$15,14\pm 0,31$	$16,92\pm 0,21$



Obr. č. 21 Výsledek měření peroxidového čísla MS

9.4.2 Vyhodnocení peroxidového čísla B

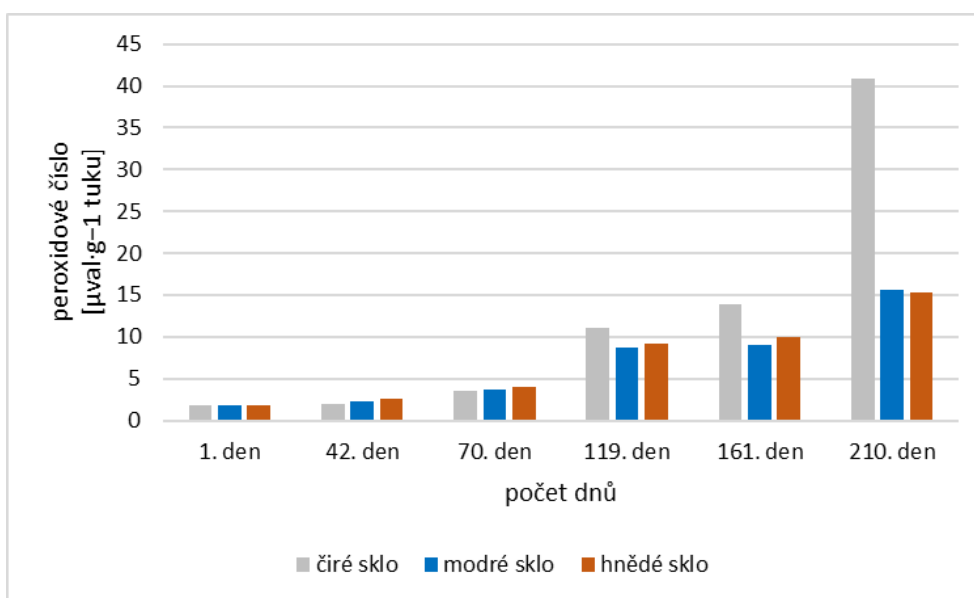
Výsledky stanovení peroxidového čísla u vzorku B jsou uvedeny v tabulce č. 6 a znázorněny v grafu na obrázku č. 22. I v tomto případě docházelo během sledovaného období ke zvyšování peroxidového čísla, což odpovídá postupující oxidaci oleje.

Nejvyšší nárůst hodnot byl opět zaznamenán u vzorku uchovávaného v čirém skle, kde peroxidové číslo stoupl z počáteční hodnoty $1,76 \mu\text{val} \cdot \text{g}^{-1}$ tuku na $40,81 \mu\text{val} \cdot \text{g}^{-1}$ tuku po 210 dnech.

Vzorky skladované v modrém a hnědém skle vykazovaly výrazně mírnější nárůst peroxidového čísla. Po 210 dnech činily hodnoty v modrém sklu $15,57 \mu\text{val} \cdot \text{g}^{-1}$ tuku a hnědém sklu $15,37 \mu\text{val} \cdot \text{g}^{-1}$ tuku, přičemž průběh oxidace byl v obou případech pomalejší a stabilnější ve srovnání s čirým sklem.

Tabulka č. 6 Výsledky peroxidového čísla B

B		čiré sklo	modré sklo	hnědé sklo
měření	počet dnů	peroxidové číslo [$\mu\text{val} \cdot \text{g}^{-1}$ tuku]		
1.	1. den	$1,76 \pm 1,13$	$1,76 \pm 1,13$	$1,76 \pm 1,13$
2.	42. den	$2,02 \pm 1,80$	$2,25 \pm 0,76$	$2,67 \pm 0,10$
3.	70. den	$3,57 \pm 1,49$	$3,64 \pm 0,27$	$4 \pm 0,75$
4.	119. den	$11,07 \pm 0,53$	$8,74 \pm 0,26$	$9,12 \pm 0,55$
5.	161. den	$13,85 \pm 0,89$	$9,07 \pm 0,80$	$9,93 \pm 0,09$
6.	210. den	$40,81 \pm 0,23$	$15,57 \pm 0,34$	$15,37 \pm 0,19$



Obr. č. 22 Výsledky měření peroxidového čísla B

9.4.3 Vyhodnocení peroxidového čísla KH

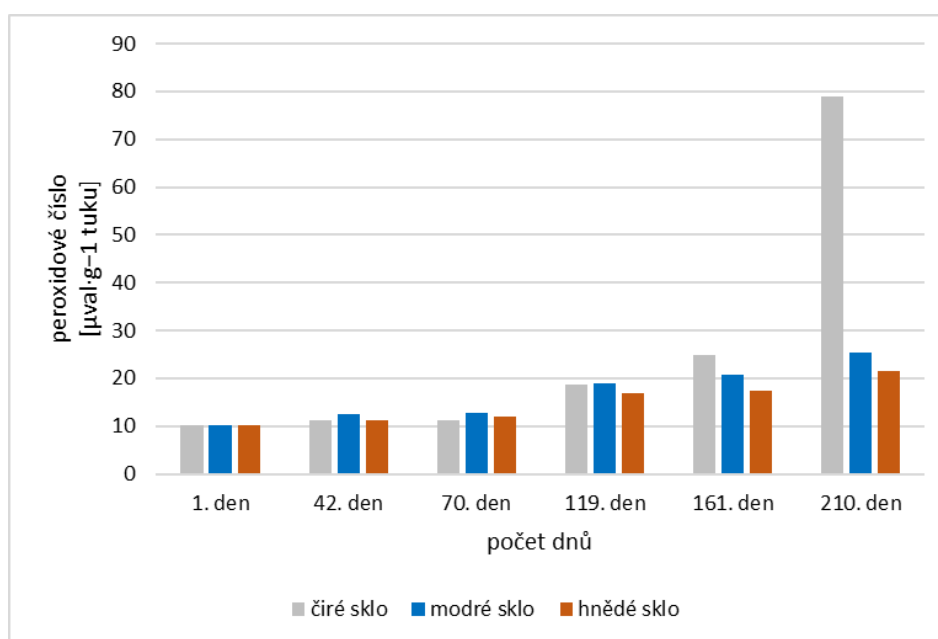
Výsledky stanovení peroxidového čísla u vzorku KH jsou uvedeny v tabulce č. 7 a znázorněny v grafu na obrázku 23. V porovnání s předchozími vzorky měl tento olej výrazně vyšší výchozí hodnoty peroxidového čísla, a to u všech typů obalů. Již první den dosahovaly hodnoty $10,22 \mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$ tuku, což může naznačovat nižší počáteční kvalitu nebo delší dobu od lisování.

V průběhu skladování došlo ke znatelnému nárůstu peroxidového čísla především u vzorku uloženého v čirém skle, kde hodnota po 210 dnech vzrostla na $78,99 \mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$ tuku.

Vzorky v modrém a hnědém skle měly nižší hodnoty peroxidového čísla. Modré $25,31 \mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$ tuku a hnědé $21,49 \mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$ tuku po 210 dnech. Jejich vývoj byl plynulejší a nárůst oxidace pomalejší, což opět potvrzuje lepší ochranné vlastnosti tmavšího skla.

Tabulka č. 7 Výsledky peroxidového čísla KH

KH		čiré sklo	modré sklo	hnědé sklo
měření	počet dnů	peroxidové číslo [$\mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$ tuku]		
1.	1. den	$10,22\pm 0,72$	$10,22\pm 0,72$	$10,22\pm 0,72$
2.	42. den	$11,08\pm 2,20$	$12,41\pm 0,64$	$11,11\pm 0,12$
3.	70. den	$11,11\pm 0,12$	$12,78\pm 0,15$	$11,91\pm 0,05$
4.	119. den	$18,55\pm 0,88$	$18,97\pm 0,57$	$16,91\pm 0,70$
5.	161. den	$24,73\pm 0,84$	$20,67\pm 0,07$	$17,29\pm 0,28$
6.	210. den	$78,99\pm 0,10$	$25,31\pm 0,09$	$21,49\pm 0,54$



Obr. č. 23 Výsledky měření peroxidového čísla Karel Hádek

9.4.4 Vyhodnocení peroxidového čísla pro olej AB

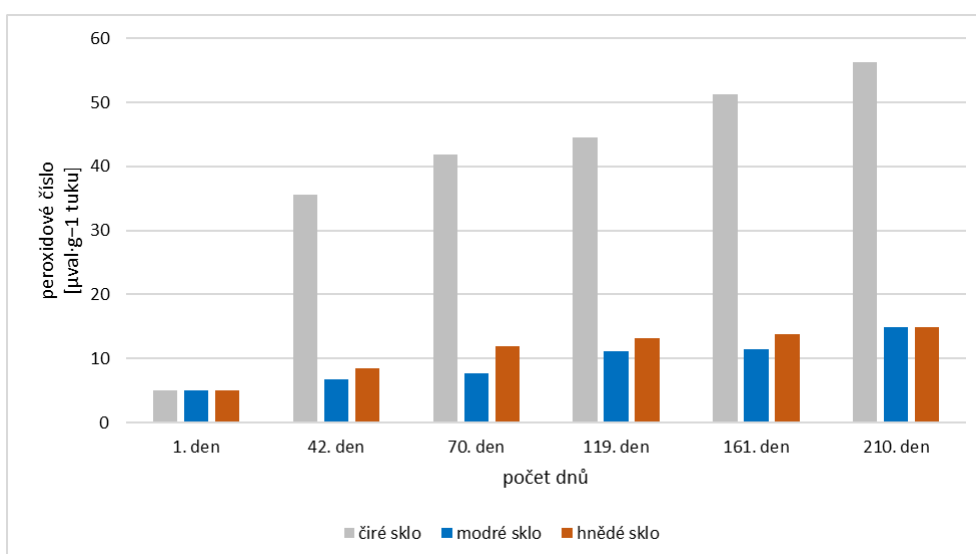
Naměřené hodnoty peroxidového čísla pro vzorek AB jsou uvedeny v tabulce č. 8 a znázorněny v grafu na obrázku číslo 24. Výchozí hodnoty peroxidového čísla byly u všech tří typů obalů shodné, a to $5,01 \mu\text{val} \cdot \text{g}^{-1}$ tuku. V průběhu sledovaného období však došlo k postupnému nárůstu, přičemž rozdíly mezi jednotlivými obaly byly poměrně výrazné.

Nejvyšší hodnoty byly zaznamenány u vzorku uchovávaného v čirém skle, kde peroxidové číslo na konci sledovaného období dosáhlo $56,28 \mu\text{val} \cdot \text{g}^{-1}$ tuku. Nárůst byl výrazný již po prvních 42 dnech a následně hodnoty dále pozvolna rostly.

Naopak modré a hnědé sklo přispěly k udržení nižších hodnot peroxidového čísla, rozdíl oproti čirému sklu byl po celou dobu měření výrazný. Oba typy obalů zajišťovaly srovnatelnou úroveň ochrany, a to i v závěru experimentu, kdy se hodnoty ustálily okolo $15 \mu\text{val} \cdot \text{g}^{-1}$ tuku.

Tabulka č. 8 Výsledky peroxidového čísla hroznového oleje AB

AB		čiré sklo	modré sklo	hnědé sklo
měření	počet dnů	peroxidové číslo [$\mu\text{val} \cdot \text{g}^{-1}$ tuku]		
1.	1. den	$5,01 \pm 2,28$	$5,01 \pm 2,28$	$5,01 \pm 2,28$
2.	42. den	$35,59 \pm 4,95$	$6,70 \pm 0,15$	$8,53 \pm 1,10$
3.	70. den	$41,88 \pm 0,82$	$7,74 \pm 0,14$	$11,93 \pm 0,49$
4.	119. den	$44,59 \pm 0,58$	$11,11 \pm 0,22$	$13,14 \pm 0,10$
5.	161. den	$51,25 \pm 0,89$	$11,46 \pm 0,21$	$13,84 \pm 0,58$
6.	210. den	$56,28 \pm 0,45$	$14,84 \pm 0,01$	$14,87 \pm 0,06$



Obr. č. 24 Výsledky měření peroxidového čísla AB

9.4.5 Vyhodnocení peroxidového čísla pro všechny vzorky

Z výsledků jednotlivých olejů jsme viděli, že největší nárůst peroxidového čísla nastal u vzorků uchovávaných v čířém skle. Tento vývoj potvrzuje, že číré sklo poskytuje oleji nižší úroveň ochrany proti světelnému záření, a tedy i nižší ochranu před oxidací.

Nejvyšší hodnoty dosáhl MS, u kterého peroxidové číslo po 210 dnech přesáhlo $220 \mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$ tuku, přičemž prudký nárůst nastal již kolem 119. dne. U ostatních vzorků (B, KH, AB) byly hodnoty v čířém skle nižší, ale stále výrazně vyšší než u vzorků ve skle modrém a hnědém. Zajímavostí je, že i když u oleje AB oxidace začala rychle, její nárůst se po počátečním vzestupu ustálil a dále stoupal relativně pozvolna. U olejů KH a B naopak výraznější nárůst v čířém skle nastal až na samém konci sledovaného období, tedy kolem 210. dne.

Je však důležité poznamenat, že uvedené dny jsou pouze orientační, protože jednotlivé titrace byly prováděny s poměrně velkými časovými odstupy.

Ve všech případech se právě hnědé a modré sklo ukázaly jako mnohem vhodnější obaly, protože bránily přístupu světla a výrazně zpomalily oxidační procesy. Hodnoty peroxidového čísla v těchto obalech se na konci sledovaného období pohybovaly mezi 14 a $25 \mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$ tuku.

Hodnoty zjištěné v tomto experimentu odpovídají informacím popsaným v odborné literatuře. Například studie Khakbaz Heshmati et al. 2022 uvádí, že čistý hroznový olej měl peroxidové číslo kolem $7,21 \mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$ tuku, přičemž po tepelném zatížení a smažení tyto hodnoty výrazně narostly. Podobně Hashemi et al. 2017 prokázali, že při vystavení hroznového oleje vysoké teplotě a UV záření může peroxidové číslo vzrůst až nad $130 \mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$ tuku. Pardo et al. 2009 uvádějí, že některé nerafinované oleje mohou mít zvýšené peroxidové číslo už na začátku, zejména pokud nebyly vhodně skladovány nebo byly získány méně šetrným způsobem.

Podle běžně přijímaných norem (např. Codex Alimentarius) by peroxidové číslo u jedlých olejů nemělo překročit $10 \mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$ tuku, což bylo v tomto experimentu u vzorků v čířém skle překročeno ve všech případech, často i několikanásobně. Naproti tomu hodnoty u vzorků ve tmavém skle byly sice zvýšené, ale zůstávaly na úrovni, která je ještě považována za přijatelnou z hlediska senzorických vlastností a bezpečnosti. [15], [79], [80]

9.5 Urychlená oxidace, metoda Rancimat

Testování oxidační stability vzorků hroznového oleje bylo provedeno pomocí metody Rancimat, která umožňuje měřit rychlost oxidace při různých teplotních podmínkách.

Přehled průběhu měření:**První měření:**

První měření bylo provedeno pro všechny čtyři vzorky hroznového oleje. Každý vzorek byl měřen ve čtyřech opakováních (4x naváženo přibližně 3 g) na celé jedné řadě přístroje.

Jelikož přístroj umožňuje měřit pouze dva vzorky současně (2 řady), bylo potřeba provést dvě po sobě jdoucí měření – v každém měření byly současně analyzovány dva různé oleje.

Teplota měření: 100 °C

Druhé měření:

Druhé měření bylo zaměřeno na vzorek oleje B, který byl analyzován při dvou různých teplotách: (Opět asi 3 g ve čtyřech pozicích = jeden vzorek na jednu řadu)

První řada: 110 °C

Druhá řada: 90 °C

Třetí měření:

Třetí měření se týkalo opět vzorku , tentokrát s přidavkem rozmarýnového antioxidantu (0,3 %), což odpovídalo 0,09 g přidavku na vzorek.

První řada: 100 °C

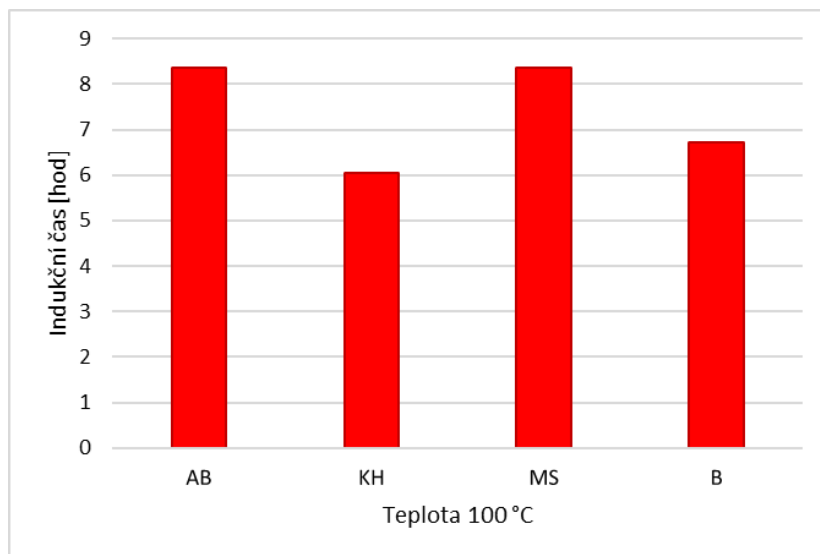
Druhá řada: 110 °C

První dvě měření byla zaměřena na srovnání všech čtyř značek hroznových olejů, a to vždy při teplotě 100 °C. Nejprve byly analyzovány vzorky AB a MS, následně oleje KH a B.

V tabulce č. 9 jsou uvedeny hmotnosti vzorků a výsledné hodnoty indukčních časů (IT). Hodnoty jsou průměry z čtyř samostatných měření, a to včetně směrodatné odchylky. IT jsou znázorněny ve sloupcovém grafu obrázek č. 25.

Tabulka č. 9 Výsledné hodnoty z přístroje Rancimat a hmotnosti vzorků pro teplotu 100°C

vzorek	m [g]	1. měření	2. měření	3. měření	4. měření	IT [h]
AB	3,04±0,00	8,31	8,1	8,77	8,29	8,37±0,28
KH	3,01±0,00	6,19	5,51		6,48	6,06±0,50
MS	3,02±0,01	9	8,25	7,62	8,62	8,37±0,59
B	3,04±0,03	6,68		6,87	6,6	6,72±0,14



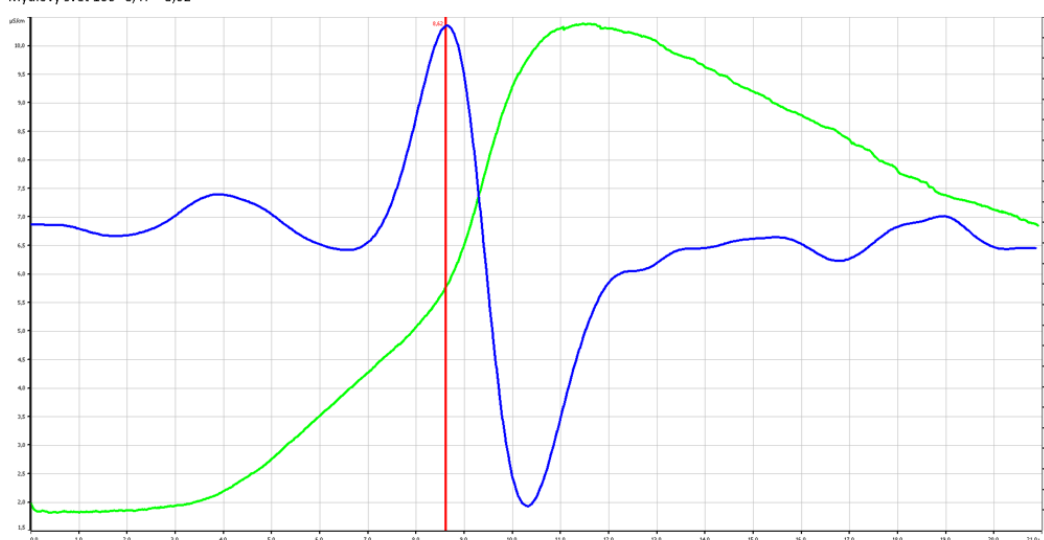
Obr. č. 25 Indukční časy vzorků při teplotě 100 °C

Ukázkový graf z analýzy přístroje je na obrázku č. 26, který zobrazuje změnu vodivosti měřicího roztoku v čase.

Zelená křivka ukazuje zvýšení vodivosti, která je způsobena přenosem těkavých oxidačních látek vznikajících při oxidaci oleje. Tyto látky jsou unášeny do nádoby s destilovanou vodou a to zvyšuje vodivost roztoku.

Modrá křivka ukazuje rychlost změny vodivosti, tedy jak rychle se vodivost mění. Když modrá křivka dosáhne svého vrcholu, znamená to, že oxidace začíná prudce zrychlovat. Tento bod, označený červenou svislou čarou, odpovídá okamžiku, kdy vzorek ztrácí svou oxidační stabilitu, což je indukční doba. Pro vzorek MS byla indukční doba naměřena 8,62 hodin.

Mýdlový svět 100 °C, IT = 8,62

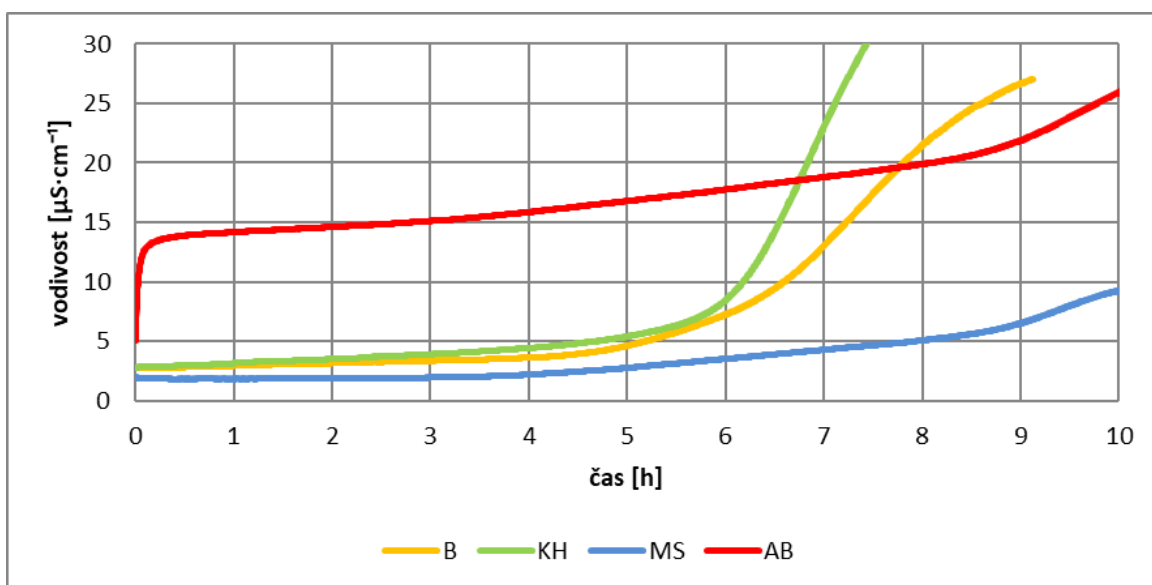


Obr. č. 26 Graf z přístroje Rancimat při 100 °C pro MS

Na obrázku č. 27 je zobrazen srovnávací graf, který ukazuje změnu vodivosti všech vzorků olejů v závislosti na čase.

Z hodnot uvedených v tabulce č. 9 a grafu č. 26 je patrné, že nejvyšší oxidační stabilitu vykazují vzorky AB a MS, které dosáhly shodného průměrného indukčního času 8,37 hodin. Jejich vodivostní křivky (červená a modrá) stoupají velmi pozvolna, což naznačuje pomalý průběh oxidace a schopnost oleje odolávat degradačním procesům i po delší dobu.

Vzorek B patří mezi méně stabilní vzorky s průměrnou indukční dobou 6,72 hodin. Jeho vodivostní křivka (žlutá) zůstává stabilní zhruba do šesti hodiny, poté však dochází k rychlému nárůstu vodivosti, což značí náhlý přechod do oxidační fáze. Naopak nejnižší stabilitu vyazuje vzorek KH s IT hodnotou 6,06 hodin. Jeho zelená křivka v grafu ukazuje prudké zvýšení vodivosti už po páté hodině měření, což potvrzuje nejnižší odolnost vůči oxidaci ze všech analyzovaných olejů.



Obr. č. 26 Porovnání vodivosti všech olejů při teplotě 100 °C

Získané výsledky tak ukazují na významné rozdíly v oxidační stabilitě mezi jednotlivými vzorky, které souvisí nejen s jejich složením, ale pravděpodobně i s technologickým zpracováním.

Tyto výsledky jsou v souladu s poznatky z odborné literatury. Rafinovaný olej je zpravidla stabilnější díky odstranění pro oxidačních látek během technologického zpracování Vaidya a Eun (2013). I když rafinací dochází ke snížení obsahu přírodních antioxidantů, samotné čištění oleje výrazně prodlužuje jeho trvanlivost. [81]

Vysokou stabilitu vykázal i vzorek AB, který je lisovaný za studena a obsahuje přirozené antioxidanty, jako je vitamín E, polyfenoly a flavonoidy, jak uvádí výrobce. Tento výsledek potvrzuje zjištění autorů Milanović et al. (2021), kteří popsali pozitivní vliv tokoferolů a polyfenolů na oxidační stabilitu olejů. [54]

Naopak nejnižší stabilitu měl vzorek KH, který byl lisovaný za tepla. Přestože výrobce uvádí přítomnost vitamínů a flavonoidů, je pravděpodobné, že teplotní zátěž během zpracování snížila účinnost těchto ochranných složek, což odpovídá poznatkům Subotina et al. (2021) o degradaci antioxidantů při vyšších teplotách. [49]

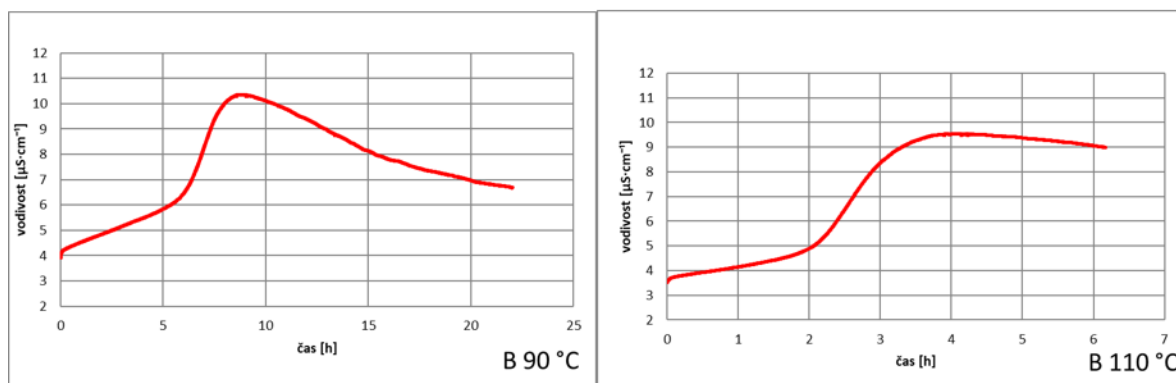
Pro další měření byl vybrán vzorek B, který byl měřen při teplotách 90 °C a 110 °C. Výsledné IT jsou v Tabulce č. 10. Tyto hodnoty byly opět získány průměrováním všech měření pro každý vzorek při dané teplotě. Pro jedno z měření při teplotě 90 °C nebyla hodnota přístrojem vyhodnocena, což je označeno písmenem „N“.

Tabulka č. 10 Výsledné hodnoty z přístroje Rancimat pro Bewit při teplotě 90 °C a 110 °C

T °C		1. měření	2. měření	3. měření	4. měření	IT [h]
90	IT [hod]	6,08	N	6,49	7,34	6,64±0,52
110	IT [hod]	2,9	2,17	N	1,29	2,12±0,65

IT při teplotě 90 °C byla 6,64 hodin, což je delší doba, než při teplotě 110 °C, kde byla indukční doba výrazně kratší, pouze 2,12 hodin.

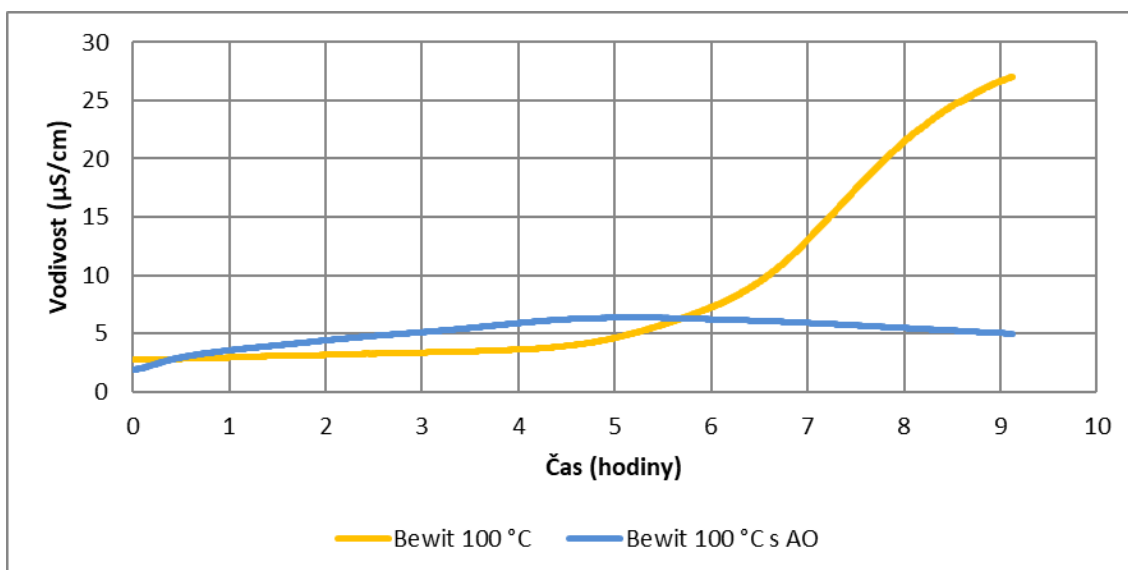
Výsledky měření jsou zobrazeny na obrázku č. 28, kde jsou grafy, které byly upraveny pro lepší čitelnost. Vidíme na nich změnu vodivosti vzorku B při dvou různých teplotách, 90 °C a 110 °C. Na grafu při teplotě 90 °C dochází k pomalejšímu nárůstu vodivosti naopak při teplotě 110 °C je nárůst vodivosti rychlejší, což naznačuje rychlou oxidaci a nižší stabilitu vzorku při vyšší teplotě.



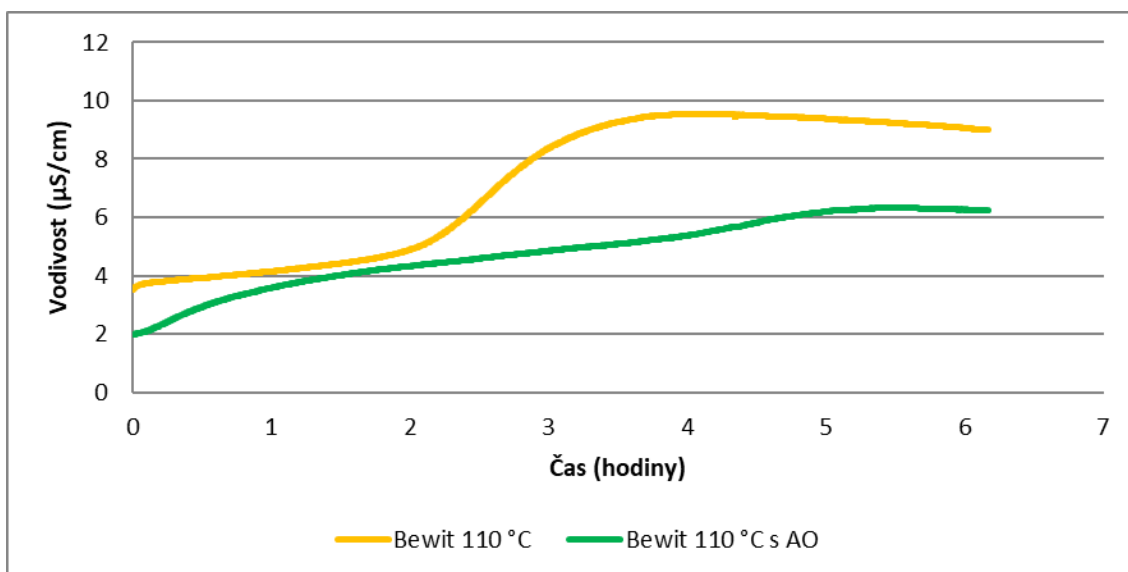
Obr. č. 28 Změna vodivosti vzorku B při 90 °C a 110 °C

V rámci dalšího měření byl zvolen vzorek B, do kterého byl přidán přírodní rozmarýnový antioxidant za účelem ověření jeho vlivu na oxidační stabilitu oleje. Antioxidant byl do oleje přidán v množství 0,3 %, což odpovídalo 0,09 g na jeden vzorek. Měření byla provedena při teplotách 100 °C a 110 °C. Výsledky byly porovnány s dříve provedenými testy stejného oleje bez přidaného antioxidantu, které probíhaly za stejných teplotních podmínek.

Protože měření s daným antioxidantem trvalo déle (až 22 hodin), bylo nutné tato data upravit tak, aby byly výsledky srovnatelné. Z obou datových sad byly proto použity pouze úseky odpovídající době měření vzorku bez antioxidantu a to přibližně 9 hodin při teplotě 100 °C obr. č. 29 a 6 hodin při 110 °C obr. č. 30. Tím bylo zajištěno objektivní srovnání průběhu oxidační degradace.



Obr. č. 29 Změna vodivosti v čase (do 9,13 h) s AO při 100 °C



Obr. č. 30 Změna vodivosti v čase (do 6,17 h) s AO při 110 °C

Při teplotě 100 °C se u vzorku bez antioxidantu začala vodivost výrazně zvyšovat přibližně po šesti hodinách, což naznačuje zahájení oxidačních procesů oleje. Vzorek s přidaným antioxidantem měl naopak stabilnější průběh a hodnoty vodivosti zůstávaly po celou dobu měření nižší. Ke konci došlo i k mírnému poklesu, což může naznačovat zpomalení nebo dočasné zastavení oxidační aktivity.

Při teplotě 110 °C se rozdíly mezi vzorky projeví ještě výrazněji. U vzorku bez antioxidantu byl patrný prudký nárůst vodivosti už po třech hodinách. Vzorek s antioxidantem oxidoval pomaleji a hodnoty vodivosti byly nižší po celou dobu měření.

Z výsledků je patrné, že přídavek rozmarýnového antioxidantu měl pozitivní vliv na oxidační stabilitu oleje. Podle Milanoviće a spol. (2021) je obsah přírodních antioxidantů, jako jsou polyfenoly a tokoferoly, významný při ochraně olejů před oxidací. Přídavek rostlinných extraktů, například z rozmarýnu, může tuto ochranu ještě zesílit. Stejný závěr uvádí i Bouriga et al. (2022), kteří zjistili, že rozmarýnový extrakt prodlužuje dobu odolnosti oleje vůči oxidaci a zvyšuje jeho stabilitu při působení vyšších teplot. [39], [40]

ZÁVĚR

V teoretické části své diplomové práce na téma „Chemické vlastnosti oleje ze semen révy vinné“ jsem se zaměřila na zpracování jednotlivých okruhů uvedených v zadání.

Réva vinná (*Vitis vinifera* L.) patří mezi nejrozšířenější a nejvíce pěstované ovocné plodiny na světě. V České republice je rozšířená zejména ve vinařských oblastech. Je to víceletá liánovitá rostlina, která se pěstuje především na opěrných konstrukcích. Plodem je hrozen složený z bobulí, v nichž během zrání dochází k biochemickým změnám ovlivňujícím složení a kvalitu moštu, ze kterého se následně vyrábí víno. Proces výroby vína zahrnuje několik technologických kroků, jako je odstopkování, drcení, kvašení a školení. V jeho průběhu vzniká také značné množství vedlejších produktů, z nichž nejvýznamnější jsou matoliny, vinné kaly a třapiny.

Matoliny, které zůstávají po lisování hroznů, obsahují mimo jiné hroznová semena. Ta jsou cenným vedlejším produktem, protože slouží jako surovina pro výrobu oleje. Získávání semen z matolín zahrnuje několik kroků, jako je oddělování, sušení a mechanická úprava před samotným zpracováním. Olej se nejčastěji získává lisováním nebo extrakcí, přičemž použité technologické podmínky výrazně ovlivňují jeho výtěžnost i výsledné složení. Hroznový olej je ceněn pro vysoký obsah nenasycených mastných kyselin, zejména kyseliny linolové. Dále obsahuje antioxidanty, jako je vitamín E, fytosteroly a fenolové látky. Tyto složky přispívají nejen k nutriční hodnotě, ale i ke stabilitě oleje. Právě kvůli svému složení a vlastnostem se využívá v celé řadě oblastí, zejména v potravinářství, kosmetice a farmacii.

Oxidační stabilita je jedním z klíčových ukazatelů kvality rostlinných olejů. Proces oxidace vede ke vzniku nežádoucích sloučenin, které negativně ovlivňují chuť, vůni, barvu i výživovou hodnotu oleje. Rychlost oxidace je ovlivněna jak složením oleje, především obsahem nenasycených mastných kyselin, tak podmínkami skladování. Mezi hlavní faktory patří přístup vzduchu, světlo a teplota. Zajištění vhodných skladovacích podmínek proto hraje zásadní roli v zachování kvality oleje po celou dobu jeho použitelnosti.

V praktické části byly analyzovány čtyři komerčně dostupné vzorky hroznového oleje B, KH, AB a MS. Cílem bylo posoudit jejich složení mastných kyselin, oxidační stabilitu a další kvalitativní parametry. U každého vzorku bylo stanoveno složení mastných kyselin pomocí plynové chromatografie. Ve všech případech dominovala kyselina linolová, jejíž obsah se pohyboval od 62,7 % (vzorek MS) až po 74 % (vzorek AB). Kyselina olejová byla

zastoupena v rozsahu 15,7–26,9 %, přičemž nejvyšší podíl byl zaznamenán u MS. Podíl nasycených mastných kyselin byl nižší a pohyboval se mezi 3–7 %.

Oxidační stabilita byla hodnocena sledováním peroxidového čísla během skladování v různých barevných skleněných obalech. Výsledky ukázaly, že čiré sklo umožňuje nejsnazší přístup světla a vede k výraznému zrychlení oxidačních procesů. U oleje MS došlo po 210 dnech ke zvýšení peroxidového čísla nad $220 \mu\text{val} \cdot \text{g}^{-1}$ tuku. Nejnižší nárůst peroxidového čísla byl zaznamenán u vzorků uchovávaných v hnědém skle. Modré sklo mělo částečný ochranný účinek. Tyto výsledky potvrdily význam výběru vhodného obalového materiálu pro skladování oleje.

Oxidační stabilita olejů byla dále hodnocena pomocí urychleného stárnutí na přístroji Rancimat. Nejdelší odolnost vůči oxidaci vykázaly vzorky AB a MS, oba s indukčním časem 8,37 hodin. Nejnižší stabilitu měl olej KH 6,06 hodin, zatímco vzorek B dosáhl hodnoty 6,72 hodin. U tohoto vzorku byl dále sledován vliv teploty, a to při 90 °C a 110 °C. Výsledky potvrdily, že s rostoucí teplotou dochází k rychlejšímu průběhu oxidace, protože při 90 °C byl nárůst vodivosti pozvolnější, zatímco při 110 °C degradace probíhala výrazně rychleji. Ve druhé fázi byl tento vzorek testován s přidávkou přírodního antioxidantu při stejné teplotě 100 °C. Průběh oxidace byl u oleje s antioxidantem výrazně pomalejší než u stejného vzorku bez ochrany. Výsledky potvrdily, že antioxidant může účinně prodloužit tepelnou stabilitu oleje.

Doplňková měření ukázala i další rozdíly mezi vzorky. Nejnižší kyselost vykazoval olej B $0,20 \pm 0,09$, zatímco nejvyšší byla zaznamenána u vzorku AB $0,47 \pm 0,18$. Všechny vzorky měly velmi podobný index lomu, pohybující se v rozmezí 1,4714 až 1,4737, což odpovídá běžným hodnotám pro hroznový olej.

Získané výsledky potvrzují, že kvalita hroznového oleje může být výrazně ovlivněna jak způsobem zpracování, tak podmínkami skladování. Přídavek antioxidantů i volba vhodného obalového materiálu mohou významně přispět k prodloužení trvanlivosti oleje a zachování jeho výživových i technologických vlastností.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PAVLOUŠEK, Pavel. *Pěstování révy vinné*. Grada Publishing, 2011. ISBN 978-80-247-3314-2.
- [2] BURG, Patrik. *Separace semen révy vinné z matolin: uplatněná certifikovaná metodika*. Uplatněná certifikovaná metodika. V Brně: Mendelova univerzita, 2013. ISBN 978-80-7375-925-4.
- [3] BUBLÍKOVÁ, Lenka. *SITUAČNÍ A VÝHLEDOVÁ ZPRÁVA RÉVA VINNÁ A VÍNO*. Online. Ministerstvo zemědělství, 2024. ISBN 978-80-7434-751-1. Dostupné z: <https://mze.gov.cz/public/portal/-a51708---yhXXmVfu/publikace-situacni-a-vyhledova-zprava-reva-vinna-a-vino-2024>. [cit. 2025-01-07].
- [4] HLUŠEK, Jaroslav; BAROŇ, Mojmír; BURG, Patrik; LOŠÁK, Tomáš; PAVLOUŠEK, Pavel et al. *Réva vinná*. Praha: Profi Press, 2015. ISBN 978-80-86726-67-0.
- [5] *Zákon č. 321/2004 Sb. o vinohradnictví a vinařství a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o vinohradnictví a vinařství)*. 2004. Dostupné také z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-321>.
- [6] KRAUS, Vilém. *Pěstujeme révu vinnou*. 2., aktualiz. a rozš. vyd. Česká zahrada. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-3465-1. Dostupné také z: <https://flexibooks.cz/pestujeme-revu-vinnou/d-70722/>.
- [7] PAVLOUŠEK, Pavel a LAMPÍŘ, Lubomír. *Réva vinná: pro malopěstitele*. Olomouc: Agripint, 2016. ISBN 978-80-87091-65-4.
- [8] MICHLOVSKÝ, Miloš. *Bobule*. Rakvice: Vinselekt Michlovský, 2014. ISBN 978-80-905319-3-2.
- [9] BALÍK, Josef a STÁVEK, Jan. *Vinařská technologie*. Valtice: Národní vinařské centrum, 2017. ISBN 978-80-87498-77-4.
- [10] PERNICA, Jakub. *Výroba vína krok za krokem*. Online. <https://www.vinovnici.cz/>. 2016. Dostupné z: <https://www.vinovnici.cz/clanek/30-vyroba-vina-krok-za-krokem>. [cit. 2025-01-03].
- [11] FIC, Vlastimil. *Víno: analýza, technologie, gastronomie*. Český Těšín: 2 THETA, 2015. ISBN 9788086380773.

- [12] PAVLOUŠEK, Pavel. *Výroba vína u malovinářů: 2., aktualizované a rozšířené vydání*. Grada, 2010. ISBN 978-80-247-7472-5. Dostupné také z: <https://www.bookport.cz/kniha/vyroba-vina-u-malovinaru-1930/>.
- [13] KAPCSÁNDI, Viktória; HANCZNÉ LAKATOS, Erika; SIK, Beatrix; LINKA, László Ádám a SZÉKELYHIDI, Rita. Characterization of fatty acid, antioxidant, and polyphenol content of grape seed oil from different *Vitis vinifera* L. varieties. Online. *OCL*. 2021, roč. 28. ISSN 2272-6977. Dostupné z: <https://doi.org/10.1051/ocl/2021017>. [cit. 2025-01-10].
- [14] CVINER, Petr; PÁDROVÁ, Karolína a KOLOUCHOVÁ, Irena. Moderní možnosti využití odpadních surovin ze zpracování vinných hroznů. *Chemické listy 111*. 2017, roč. 111, č. 2, s. 103-108. ISSN 1213-7103.
- [15] PARDO, Jose Emilio; FERNÁNDEZ, Enrique; RUBIO, Manuela; ALVARRUIZ, Andrés a ALONSO, Gonzalo Luis. Characterization of grape seed oil from different grape varieties (*Vitis vinifera*). Online. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2009, roč. 111, č. 2, s. 188-193. ISSN 1438-7697. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/ejlt.200800052>. [cit. 2025-01-10].
- [16] ASSUMPÇÃO, C. F.; NUNES, I. L.; MENDONÇA, T. A.; JABLONSKI, A.; FLÔRES, S. H. et al. The Quality, Stability, and Bioactive Compound Composition of Virgin and Refined Organic Grape Seed Oil. Online. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2014, roč. 91, č. 12, s. 2035-2042. ISSN 0003-021X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11746-014-2548-5>. [cit. 2025-03-06].
- [17] BÖGER, Bruna R; SALVIATO, Aroldo; VALEZI, Daniel F; DI MAURO, Eduardo; GEORGETTI, Sandra R et al. Optimization of ultrasound-assisted extraction of grape-seed oil to enhance process yield and minimize free radical formation. Online. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2018, roč. 98, č. 13, s. 5019-5026. ISSN 0022-5142. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/jsfa.9036>. [cit. 2025-03-06].
- [18] BĂLȚATU, Carmen; MILEA, Dumitru; PĂUN, Anișoara; BIRIȘ, Sorin Ștefan; VLĂDUȚOIU, Laurentiu et al. USING AN EQUIPMENT WITH VIBRATING SIEVES FOR SEPARATION OF GRAPE SEEDS FROM MARC. *ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering*. 2022, roč. 20, č. 2, s. 101-106.

- [19] SEDLAŘÍKOVÁ, Jana. *Chemie a technologie tenzidů II: Učební text*. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2022.
- [20] DĚDINA, Martin. *Lisování oleje z vinných jader: uplatněná certifikovaná metodika*. Uplatněná certifikovaná metodika. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2013. ISBN 978-80-86884-77-6.
- [21] BURG, Patrik a ZEMÁNEK, Pavel. Studie návrhu pro zavedení technologií využívajících separaci semen révy vinné z matolin. *Vinařský obzor*. 2015, roč. 108, č. 1, s. 19–20.
- [22] LAQUI-ESTAÑA, Jaime; OBREQUE-SLIER, Elías; GARCÍA-NAUTO, Nidia a SALDAÑA, Erick. Advances in Grape Seed Oil Extraction Techniques and Their Applications in Food Products: A Comprehensive Review and Bibliometric Analysis. Online. *Foods*. 2024, roč. 13, č. 22. ISSN 2304-8158. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods13223561>. [cit. 2025-03-16].
- [23] SUN, Libin; WANG, Hong; WEI, Jingru; XUE, Yushuai; LAN, Sheng et al. Extracting oil from grape seed using a combined wet enzymatic process and pressing. Online. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2022, roč. 77. ISSN 14668564. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.102941>. [cit. 2025-03-16].
- [24] BURG, Patrik. *Studium biologicky aktivních látek v semenech a letorostech révy vinné a možnosti získávání oleje ze semen*. Folia Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2014. ISBN 978-80-7509-165-9.
- [25] YALCIN, Hasan; KAVUNCUOGLU, Hatice; EKICI, Lutfiye a SAGDIC, Osman. Determination of Fatty Acid Composition, Volatile Components, Physico-Chemical and Bioactive Properties of Grape (*Vitis vinifera*) Seed and Seed Oil. Online. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2017, roč. 41, č. 2. ISSN 01458892. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/jfpp.12854>. [cit. 2025-03-21].
- [26] DE MENEZES, Maraísa Lopes; JOHANN, Gracielle; DIÓRIO, Alexandre; SCHUELTER BOEING, Joana; VISENTAINER, Jesuí Vergílio et al. Comparison of the chemical composition of grape seed oil extracted by different methods and conditions. Online. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*. 2023, roč. 98, č. 5, s. 1103-1113. ISSN 0268-2575. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/jctb.7314>. [cit. 2025-03-21].

- [27] LI, Hongna; FU, Xinyuan; DENG, Gang; DAVID, Andreea a HUANG, Linjie. Extraction of oil from grape seeds (*Vitis vinifera* L.) using recyclable CO₂-expanded ethanol. Online. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*. 2020, roč. 157. ISSN 02552701. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.cep.2020.108147>. [cit. 2025-04-12].
- [28] CRAVOTTO, Christian; RAPINEL, Vincent; NGUYEN-THANH, Binh; BONET-GARCÍA, Raúl; BARTIER, Mickaël et al. Sustainable grape seed oil processing: Green solvent extraction and byproduct valorisation. Online. *Food and Bioprocess Processing*. 2025, roč. 149, s. 428-438. ISSN 09603085. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2024.12.006>. [cit. 2025-03-16].
- [29] DI STEFANO, Vita; BONGIORNO, David; BUZZANCA, Carla; INDELICATO, Serena; SANTINI, Antonello et al. Fatty Acids and Triacylglycerols Profiles from Sicilian (Cold Pressed vs. Soxhlet) Grape Seed Oils. Online. *Sustainability*. 2021, roč. 13, č. 23. ISSN 2071-1050. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/su132313038>. [cit. 2025-03-21].
- [30] DA PORTO, Carla; PORRETTO, Erica a DECORTI, Deborha. Comparison of ultrasound-assisted extraction with conventional extraction methods of oil and polyphenols from grape (*Vitis vinifera* L.) seeds. Online. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2013, roč. 20, č. 4, s. 1076-1080. ISSN 13504177. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2012.12.002>. [cit. 2025-03-16].
- [31] JOKIĆ, Stela; BIJUK, Marco; ALADIĆ, Krunoslav; BILIĆ, Mate a MOLNAR, Maja. Optimisation of supercritical CO₂ extraction of grape seed oil using response surface methodology. Online. *International Journal of Food Science & Technology*. 2016, roč. 51, č. 2, s. 403-410. ISSN 0950-5423. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/ijfs.12986>. [cit. 2025-03-16].
- [32] DOS SANTOS FREITAS, Lisiane; JACQUES, Rosângela Assis; RICHTER, Marc François; SILVA, Andréia Loviane da a CARAMÃO, Elina Bastos. Pressurized liquid extraction of vitamin E from Brazilian grape seed oil. Online. *Journal of Chromatography A*. 2008, roč. 1200, č. 1, s. 80-83. ISSN 00219673. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2008.02.067>. [cit. 2025-03-16].
- [33] KREJČÍ, J. *Tuky a oleje pro potravinářské využití: Distanční text*. Projekt OP RLZ Opatření 3.2-0309. Evropská unie a Česká republika, 2008.

- [34] GITEA, Manuel Alexandru; BUNGAU, Simona Gabriela; GITEA, Daniela; PASCA, Bianca Manuela; PURZA, Anamaria Lavinia et al. Evaluation of the Phytochemistry–Therapeutic Activity Relationship for Grape Seeds Oil. Online. *Life*. 2023, roč. 13, č. 1. ISSN 2075-1729. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/life13010178>. [cit. 2025-03-20].
- [35] HARBEOUI, Hela; BETTAIEB REBEY, Iness; OUERGHEMMI, Ines; AIDI WANNES, Wissem; ZEMNI, Hassen et al. Biochemical characterization and antioxidant activity of grape (*Vitis vinifera* L.) seed oils from nine Tunisian varieties. Online. *Journal of Food Biochemistry*. 2018, roč. 42, č. 5. ISSN 01458884. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/jfbc.12595>. [cit. 2025-03-21].
- [36] ČURKO, Natka; LUKIĆ, Katarina; TUŠEK, Ana Jurinjak; BALBINO, Sandra; VUKUŠIĆ PAVIČIĆ, Tomislava et al. Effect of cold pressing and supercritical CO₂ extraction assisted with pulsed electric fields pretreatment on grape seed oil yield, composition and antioxidant characteristics. Online. *LWT*. 2023, roč. 184. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114974>. [cit. 2025-03-21].
- [37] TOMŠEJ, Jakub. *Tokoferoly a jejich funkce v antioxidačním systému rostlin*. Bakalářská práce. Brno: Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, 2017.
- [38] BEN MOHAMED, Hatem; DUBA, Kurabachew Simon; FIORI, Luca; ABDELGAWED, Hamada; TLILI, Imen et al. Bioactive compounds and antioxidant activities of different grape (*Vitis vinifera* L.) seed oils extracted by supercritical CO₂ and organic solvent. Online. *LWT*. 2016, roč. 74, s. 557-562. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.08.023>. [cit. 2025-03-21].
- [39] MILANOVIĆ, Jelena; MALIĆANIN, Marko; RAKIĆ, Vesna; JEVREMOVIĆ, Nenad; KARABEGOVIĆ, Ivana et al. Valorization of Winery Waste: Prokupac Grape Seed as a Source of Nutritionally Valuable Oil. Online. *Agronomy*. 2021, roč. 11, č. 9. ISSN 2073-4395. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/agronomy11091864>. [cit. 2025-03-21].
- [40] BOURIGA, Nawzet; RJIBA BAHRI, Wafa; MILI, Sami; MASSOUDI, Sabrine; QUIGNARD, Jean-Pierre et al. Variations in nutritional quality and fatty acids composition of sardine (*Sardina pilchardus*) during canning process in grape seed and olive oils. Online. *Journal of Food Science and Technology*. 2022, roč. 59, č. 12, s. 4844-4852. ISSN 0022-1155. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05572-4>. [cit. 2025-03-21].

- [41] BJELICA, Miloš; VUJASINOVIĆ, Vesna; RABRENOVIĆ, Biljana a DIMIĆ, Sanja. Some Chemical Characteristics and Oxidative Stability of Cold Pressed Grape Seed Oils Obtained from Different Winery Waste. Online. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2019, roč. 121, č. 8. ISSN 1438-7697. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/ejlt.201800416>. [cit. 2025-03-30].
- [42] GÓMEZ-MEJÍA, Esther; VICENTE-ZURDO, David; ROSALES-CONRADO, Noelia; LEÓN-GONZÁLEZ, María Eugenia a MADRID, Yolanda. Screening the extraction process of phenolic compounds from pressed grape seed residue: Towards an integrated and sustainable management of viticultural waste. Online. *LWT*. 2022, roč. 169. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113988>. [cit. 2025-03-21].
- [43] KARAMAN, Safa; KARASU, Salih; TORNUK, Fatih; TOKER, Omer Said; GEÇGEL, Ümit et al. Recovery Potential of Cold Press Byproducts Obtained from the Edible Oil Industry: Physicochemical, Bioactive, and Antimicrobial Properties. Online. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2015, roč. 63, č. 8, s. 2305-2313. ISSN 0021-8561. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/jf504390t>. [cit. 2025-03-21].
- [44] MARTIN, Maria E; GRAO-CRUCES, Elena; MILLAN-LINARES, Maria C a MONTSERRAT-DE LA PAZ, Sergio. Grape (*Vitis vinifera* L.) Seed Oil: A Functional Food from the Winemaking Industry. Online. *Foods*. 2020, roč. 9, č. 10. ISSN 2304-8158. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods9101360>. [cit. 2025-03-21].
- [45] NAVAZ H., Petra Beatriz. Composición química del aceite virgen obtenido por extracción mecánica de algunas variedades de uva (*Vitis vinifera* L.) con énfasis en los componentes minoritarios. *ALAN*. 2009, roč. 59, č. 2, s. 214-219. ISSN 0004-0622.
- [46] SHINAGAWA, Fernanda Branco; SANTANA, Fernanda Carvalho de; ARAUJO, Elias; PURGATTO, Eduardo a MANCINI-FILHO, Jorge. Chemical composition of cold pressed Brazilian grape seed oil. Online. *Food Science and Technology*. 2018, roč. 38, č. 1, s. 164-171. ISSN 1678-457X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1590/1678-457x.08317>. [cit. 2025-03-21].
- [47] SHAKHBANOV, K. Sh.; ABDULAGATOV, I. M. a ALIEV, A. M. Supercritical Carbon Dioxide Extraction of Parthenocissus Wild Grape Seed Fatty Oil. Online. *Russian Journal of Physical Chemistry B*. 2022, roč. 16, č. 7, s. 1213-1217.

- ISSN 1990-7931. Dostupné z: <https://doi.org/10.1134/S1990793122070144>. [cit. 2025-03-21].
- [48] BAIL, Stefanie; STUEBIGER, Gerald; KRIST, Sabine; UNTERWEGER, Heidrun a BUCHBAUER, Gerhard. Characterisation of various grape seed oils by volatile compounds, triacylglycerol composition, total phenols and antioxidant capacity. Online. *Food Chemistry*. 2008, roč. 108, č. 3, s. 1122-1132. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.11.063>. [cit. 2025-03-21].
- [49] SUBOTIN, Iurie; DRUTA, Raisa; POPOVICI, Violina; COVACI, Ecaterina a STURZA, Rodica. Kinetic of Forced Oxidation of Grape Seeds, Walnuts and Corn Germs Oils in the Presence of Antioxidants. Online. *Food and Nutrition Sciences*. 2021, roč. 12, č. 12, s. 1326-1339. ISSN 2157-944X. Dostupné z: <https://doi.org/10.4236/fns.2021.1212097>. [cit. 2025-03-22].
- [50] REPETTO, Marisa; SEMPRINE, Jimena a BOVERIS, Alberto. Lipid Peroxidation: Chemical Mechanism, Biological Implications and Analytical Determination. Online. In: CATALA, Angel (ed.). *Lipid Peroxidation*. InTech, 2012. ISBN 978-953-51-0716-3. Dostupné z: <https://doi.org/10.5772/45943>. [cit. 2025-03-22].
- [51] AHMED, Mukhtiar; PICKOVA, Jana; AHMAD, Taufiq; LIAQUAT, Muhammad; FARID, Abid et al. Oxidation of Lipids in Foods. Online. *Sarhad Journal of Agriculture*. 2016, roč. 32, č. 3, s. 230-238. ISSN 10164383. Dostupné z: <https://doi.org/10.17582/journal.sja/2016.32.3.230.238>. [cit. 2025-03-22].
- [52] HAJEYAH, Ali A.; GRIFFITHS, William J.; WANG, Yuqin; FINCH, Andrew J. a O'DONNELL, Valerie B. The Biosynthesis of Enzymatically Oxidized Lipids. Online. *Frontiers in Endocrinology*. 2020, roč. 11. ISSN 1664-2392. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.591819>. [cit. 2025-03-22].
- [53] SHANKAR, Ravi; SHIM, Won Joon; AN, Joon Geon a YIM, Un Hyuk. A practical review on photooxidation of crude oil: Laboratory lamp setup and factors affecting it. Online. *Water Research*. 2015, roč. 68, s. 304-315. ISSN 00431354. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.10.012>. [cit. 2025-03-22].
- [54] MILANOVIĆ, Jelena; MALIĆANIN, Marko; RAKIĆ, Vesna; JEVREMOVIĆ, Nenad; KARABEGOVIĆ, Ivana et al. Valorization of Winery Waste: Prokupac Grape Seed as a Source of Nutritionally Valuable Oil. Online. *Agronomy*. 2021, roč. 11, č. 9. ISSN 2073-4395. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/agronomy11091864>. [cit. 2025-03-21].

- [55] VUJASINOVIĆ, V.B.; BJELICA, M.M.; ČORBO, S.C.; DIMIĆ, S.B. a RABRENOVIĆ, B.B. Characterization of the chemical and nutritive quality of coldpressed grape seed oils produced in the Republic of Serbia from different red and white grape varieties. Online. *Grasas y Aceites*. 2021, roč. 72, č. 2. ISSN 1988-4214. Dostupné z: <https://doi.org/10.3989/gya.0222201>. [cit. 2025-03-23].
- [56] FLORES, Marcos; AVENDAÑO, Victoria; BRAVO, Jessica; VALDÉS, Cristian; FORERO-DORIA, Oscar et al. Edible Oil Parameters during Deterioration Processes. Online. *International Journal of Food Science*. 2021, roč. 2021, s. 1-16. ISSN 2314-5765. Dostupné z: <https://doi.org/10.1155/2021/7105170>. [cit. 2025-03-23].
- [57] SURCO-LAOS, Felipe; GARCIA, Jorge A.; BENDEZÚ, María R.; ALVARADO, Angel T.; LAOS-ANCHANTE, Doris et al. Characterization of polyunsaturated fatty acids and antioxidant activity of *Vitis vinifera* L. (grape) seeds from the Ica Valley, Peru. Online. *Journal of Pharmacy & Pharmacognosy Research*. 2023, roč. 11, č. 2, s. 270-280. ISSN 07194250. Dostupné z: https://doi.org/10.56499/jppres23.1575_11.2.270. [cit. 2025-03-23].
- [58] FERNANDES, Luana; CASAL, Susana; CRUZ, Rebeca; PEREIRA, José Alberto a RAMALHOSA, Elsa. Seed oils of ten traditional Portuguese grape varieties with interesting chemical and antioxidant properties. Online. *Food Research International*. 2013, roč. 50, č. 1, s. 161-166. ISSN 09639969. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.09.039>. [cit. 2025-03-23].
- [59] GRUJIC, Slavica; ALEKSIĆ, Vojislav; VUKIĆ, Milan a PETROVIĆ, Zoran. THE EFFECT OF PACKING MATERIAL ON STORAGE STABILITY OF SUNFLOWER OIL. *Quality of Life*. 2011, roč. 2, č. 3–4, s. 75–83. ISSN 1820-9634.
- [60] GARGOURI, Boutheina; ZRIBI, Akram a BOUAZIZ, Mohamed. Effect of containers on the quality of Chemlali olive oil during storage. Online. *Journal of Food Science and Technology*. 2015, roč. 52, č. 4, s. 1948-1959. ISSN 0022-1155. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1273-2>. [cit. 2025-03-24].
- [61] KISHIMOTO, Norihito. Influence of Exposure to Sunlight on the Oxidative Deterioration of Extra Virgin Olive Oil during Storage in Glass Bottles. Online. *Food Science and Technology Research*. 2019, roč. 25, č. 4, s. 539-544. ISSN 1344-6606. Dostupné z: <https://doi.org/10.3136/fstr.25.539>. [cit. 2025-03-24].

- [62] RAMEZANI, R. The Effect of Packaging Materials and Storage Condition on the Oxidative Stability of Refined Sunflower Oil. *Food Science and Technology Research*. 2004, roč. 10, č. 3, s. 350–354. ISSN 1881-3984.
- [63] SHAWAHNA, Ramzi. Effects of a grapeseed oil (*Vitis vinifera* L.) loaded dermocosmetic nanoemulgel on biophysical parameters of facial skin: A split-face, blinded, placebo-controlled study. Online. *Journal of Cosmetic Dermatology*. 2022, roč. 21, č. 11, s. 5730-5738. ISSN 1473-2130. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/jocd.15161>. [cit. 2025-03-24].
- [64] ĐORĐEVSKI, Nikoleta; STOJKOVIĆ, Dejan; ŽIVKOVIĆ, Jelena; PLJEVLJAKUŠIĆ, Dejan; RISTANOVIĆ, Elizabeta et al. Tamjanika, a Balkan native variety of *Vitis vinifera* L: Chemical characterization, antibacterial, and anti-dermatomycosis potential of seed oil. Online. *Food Science & Nutrition*. 2022, roč. 10, č. 4, s. 1312-1319. ISSN 2048-7177. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/fsn3.2777>. [cit. 2025-03-23].
- [65] RACHED, Rita Abi; HABRE, Maya; SALEM, Yara; KHODEIR, Joe; ALLAW, Mohamad et al. Clinical Trial to Evaluate the Effect of Grape Seed Extract-Loaded Hyalurosomes on Skin Wellness. Online. *Cosmetics*. 2025, roč. 12, č. 2. ISSN 2079-9284. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/cosmetics12020038>. [cit. 2025-04-12].
- [66] ZEENA, D. A.; SHAIMAA, R. A. a KHAZAL, S. A. The Effect of Adding Grape Seed Oil on the Chemical, Physical and Microbial Properties of Yoghurt. Online. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2023, roč. 1158, č. 11. ISSN 1755-1307. Dostupné z: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1158/11/112007>. [cit. 2025-03-23].
- [67] AMEUR, Abderrahmane; BENSID, Abdelkader; OZOGUL, Fatih; UCAR, Yilmaz; DURMUS, Mustafa et al. Application of oil-in-water nanoemulsions based on grape and cinnamon essential oils for shelf-life extension of chilled flathead mullet fillets. Online. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2022, roč. 102, č. 1, s. 105-112. ISSN 0022-5142. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/jsfa.11336>. [cit. 2025-03-23].
- [68] CARMONA-JIMÉNEZ, Yolanda; IGARTUBURU, Jose M.; GUILLÉN-SÁNCHEZ, Dominico A. a GARCÍA-MORENO, M. Valme. Fatty Acid and Tocopherol Composition of Pomace and Seed Oil from Five Grape Varieties Southern Spain.

- Online. *Molecules*. 2022, roč. 27, č. 20. ISSN 1420-3049. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules27206980>. [cit. 2025-03-24].
- [69] DABETIC, Nevena M.; TODOROVIC, Vanja M.; DJURICIC, Ivana D.; ANTIC STANKOVIC, Jelena A.; BASIC, Zorica N. et al. Grape Seed Oil Characterization: A Novel Approach for Oil Quality Assessment. Online. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2020, roč. 122, č. 6. ISSN 1438-7697. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/ejlt.201900447>. [cit. 2025-03-23].
- [70] MAURO, Manuela; PINTO, Paola; SETTANNI, Luca; PUCCIO, Valeria; VAZZANA, Mirella et al. Chitosan Film Functionalized with Grape Seed Oil—Preliminary Evaluation of Antimicrobial Activity. Online. *Sustainability*. 2022, roč. 14, č. 9. ISSN 2071-1050. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/su14095410>. [cit. 2025-03-23].
- [71] FONSECA-PÉREZ, Rosa María; ALMENA, Alberto; RAMÍREZ-MÁRQUEZ, César; BONILLA-PETRICIOLET, Adrián a MARTÍN, Mariano. Techno-economic and environmental comparison of processes for the production of grape oil. Online. *Journal of Cleaner Production*. 2024, roč. 441. ISSN 09596526. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141041>. [cit. 2025-03-25].
- [72] MYDLOVYSVET. *Olej z hroznových jader RAF 500*. Online. MYDLOVYSVET. [Www.mydlovysvet.cz](http://www.mydlovysvet.cz). 2013-2025. Dostupné z: https://www.mydlovysvet.cz/cs/oleje/5084-olej-z-hroznovych-jader-raf-500ml.html?search_query=hroznovy+olej&results=4. [cit. 2025-03-29].
- [73] BEWIT. *BEWIT Olej z hroznových jader*. Online. BEWIT. BEWIT. 2012-2025. Dostupné z: <https://bewit.love/gb/produkt/grape-seed-oil?variant=5239>. [cit. 2025-03-29].
- [74] AKH S.R.O. *Za tepla lisovaný OLEJ Z JADER HROZNŮ - 500 ml*. Online. AKH S.R.O. Aroma KH. 2025. Dostupné z: <https://www.aromakh.cz/olej-z-jader-hroznu-lisovany-za-tepla-500-ml>. [cit. 2025-03-29].
- [75] *Olej z hroznových jader, 187 ml - Agro Boskovštejn*. Online. In: Vinotéka Vinovín. 2025. Dostupné z: <https://www.vinovin.cz/olej-z-hroznovych-jader--187-ml-agro-boskovstejn/>. [cit. 2025-03-29].

- [76] *Olej z hroznových jader*. Online. In: Národní vinařské centrum. Dostupné z: https://www.vinarskecentrum.cz/zbozi_ke-stazeni/Propagacni-letak-olej-z-hroznovych-jader.pdf. [cit. 2025-03-29].
- [77] 892 *Professional Rancimat*. Online. In: Metrohm. 2022. Dostupné z: <https://www.metrohm.com/content/metrohm/shared/en/products/2/8920/28920010.download.pdf>. [cit. 2025-03-29].
- [78] ROMBAUT, Natacha; SAVOIRE, Raphaëlle; THOMASSET, Brigitte; CASTELLO, Jérémie; VAN HECKE, Elisabeth et al. Optimization of oil yield and oil total phenolic content during grape seed cold screw pressing. Online. *Industrial Crops and Products*. 2015, roč. 63, s. 26-33. ISSN 09266690. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.10.001>. [cit. 2025-03-30].
- [79] HASHEMI, Seyed Mohammad Bagher; MOUSAVI KHANEGHAH, Amin; NIKMARAM, Nooshin; RAEISI, Susan; RAHMAN, Mohammad Shafiur et al. Heating, microwave and UV irradiation effects on oxidative stability of Sardasht red grape (*Vitis vinifera* cultiv. Sardasht) seed oil. Online. *International Journal of Food Science & Technology*. 2017, roč. 52, č. 6, s. 1341-1347. ISSN 0950-5423. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/ijfs.13421>. [cit. 2025-03-31].
- [80] KHAKBAZ HESHMATI, Maryam; JAFARZADEH-MOGHADDAM, Maryam; PEZESHKI, Akram a SHADDEL, Rezvan. The oxidative and thermal stability of optimal synergistic mixture of sesame and grapeseed oils as affected by frying process. Online. *Food Science & Nutrition*. 2022, roč. 10, č. 4, s. 1103-1112. ISSN 2048-7177. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/fsn3.2774>. [cit. 2025-03-31].
- [81] VAIDYA, Bipin a EUN, Jong-Bang. Effect of temperature on oxidation kinetics of walnut and grape seed oil. Online. *Food Science and Biotechnology*. 2013, roč. 22, č. S1, s. 273-279. ISSN 1226-7708. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10068-013-0077-x>. [cit. 2025-04-03].

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Kořenový systém [1]	12
Obrázek 2 Uspořádání dřeva na keři podle stáří [1]	13
Obrázek 3 Kompozice hroznů [4]	14
Obrázek 4 Schématický řez zralou bobulí [8]	14
Obrázek 5 Etapy vývoje bobulí [8]	15
Obrázek 6 Technologické procesy výroby vína [10]	18
Obrázek 7 Matolína [2]	20
Obrázek 8 Výtěžnost semen z matoliny (%) podle jednotlivých odrůd [2]	22
Obrázek 9 Schéma technologické linky pro menší a střední vinařský provoz [21]	24
Obrázek 10 Schéma technologické linky pro střední a velký vinařský provoz [21]	25
Obrázek 11 Porovnání olejnatosti a výtěžnosti oleje u vybraných odrůd [24]	26
Obrázek 12 Olej z hroznových jader rafinovaný	45
Obrázek 13 Olej z hroznových jader BEWIT [73]	46
Obrázek 14 Olej z jader hroznů Karel Hádek [74]	47
Obrázek 15 Olej z hroznových jader Agro Boskovštej [75]	48
Obrázek 16 Plynový chromatograf	50
Obrázek 17 Professional Rancimat 892 [79]	50
Obrázek 18 Schéma měřicího systému [77]	56
Obrázek 19 Zastoupení mastných kyselin u všech vzorků hroznového oleje	61
Obrázek 20 Oleje v čirém sklu	63
Obrázek 21 Výsledek měření peroxidového čísla MS	64
Obrázek 22 Výsledky měření peroxidového čísla B	65
Obrázek 23 Výsledky měření peroxidového čísla Karel Hádek	66
Obrázek 24 Výsledky měření peroxidového čísla AB	67
Obrázek 25 Indukční časy vzorků při teplotě 100 °C	70
Obrázek 26 Graf z přístroje Rancimat při 100 °C pro MS	70
Obrázek 27 Porovnání vodivosti všech olejů při teplotě 100 °C	71
Obrázek 28 Změna vodivosti vzorku B při 90 °C a 110 °C	72
Obrázek 29 Změna vodivosti v čase (do 9,13 h) s AO při 100 °C	73
Obrázek 30 Změna vodivosti v čase (do 6,17 h) s AO při 110 °C	73

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Výsledky indexu lomu	57
Tabulka 2 Retenční časy standardu	58
Tabulka 3 Zastoupení nasycených a nenasycených mastných kyselin	61
Tabulka 4 Výsledky čísla kyselosti	62
Tabulka 5 Výsledky peroxidového čísla MS	64
Tabulka 6 Výsledky peroxidového čísla B	65
Tabulka 7 Výsledky peroxidového čísla KH	66
Tabulka 8 Výsledky peroxidového čísla hroznového oleje AB	67
Tabulka 9 Výsledné hodnoty z Rancimat a hmotnosti vzorků pro teplotu 100°C	69
Tabulka 10 Výsledné hodnoty z Rancimat pro Bewit při teplotě 90 °C a 110 °C	72

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ČR	Česká republika
OIV	Organisation de la Vigne et du Vin
JMF	Jablečno-mléčná fermentace
SFE	Superkritická extrakce CO ₂
PLE	Tlaková kapalinová extrakce
GAS	Hroznový olej
ROOH	Primární produkty oxidace lipidů, včetně hydroperoxidů
DPPH	2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl
ABTS	2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazolin-6-sulfonová kyselina
ORAC	Oxygen radical absorbance capacity (kapacita absorpce kyslíkových radikálů)
FRAP	ferric reducing antioxidant power (redukční schopnost antioxidantů vůči železu
ha	hektar
g	gram
Kg	kilogram
mM/l	milimol na litr
LDL	(low-density lipoprotein) – tzv. „špatný“ cholesterol, který se může ukládat v cévách a přispívat k rozvoji aterosklerózy.
PEF	Pulsní elektrická pole
GSA	Hroznový olej (Grape Seed Oil)
FA	Mastné kyseliny (Fatty Acids)
SFA	Nasycené mastné kyseliny (Saturated Fatty Acids)
MUFA	Mononenasycené mastné kyseliny (Monounsaturated Fatty Acids)
PUFA	Polynenasycené mastné kyseliny (Polyunsaturated Fatty Acids)
GAE/100	Vyjádřeno jako ekvivalent kyseliny gallové/g
ppm	Parts per million

UV	ultrafialové záření
(sc-CO ₂)	superkritickou extrakcí CO ₂
(2-MeOx)	2-methyloxolan
WHO	Světová zdravotnická organizace
FAO	Organizace pro výživu a zemědělství
GC	plynová chromatografie
UAE	Ultrazvuková extrakce (Ultrasound-Assisted Extraction)
CP	Lisování za studena
OOT	Počáteční teplota oxidace (Initial Oxidation Temperature)
PET	polyethylentereftalát
FID	Plamenový ionizační detektor
MS	Olej z hroznových jader, rafinovaný
B	Olej z hroznových jader BEWIT
KH	Olej z jader hroznů Karel Hádek
AG	Olej z hroznových jader AGRO Boskovštejn