

UNIVERZITA PARDUBICE  
FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2018

Anna Petkevich

Univerzita Pardubice  
Fakulta chemicko-technologická

Vliv benzoylferrocenu na rychlost autooxidace

Anna Petkevich

Bakalářská práce

2018

Univerzita Pardubice  
Fakulta chemicko-technologická  
Akademický rok: 2017/2018

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Anna Petkevich**  
Osobní číslo: **C14097**  
Studijní program: **B2830 Farmakochemie a medicínální materiály**  
Studijní obor: **Farmakochemie a medicínální materiály**  
Název tématu: **Vliv benzoylferrocenu na rychlost autooxidace**  
Zadávací katedra: **Ústav organické chemie a technologie**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Zpracujte literární rešerši o autooxidaci. Zaměřte se na autooxidaci rostlinných olejů a alkydových pryskyřic.
2. Připravte zkušební nátěry alkydových pryskyřic s různou koncentrací benzoylferrocenu.
3. Provedte měření rychlosti zasychání a stupně tvrdosti pro různé typy alkydů.
4. Vyhodnoťte získaná experimentální data.
5. Výsledky zpracujte formou závěrečné zprávy.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Jan Honzíček, Ph.D.**

Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek

Konzultant bakalářské práce:

**prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.**

Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek

Datum zadání bakalářské práce: **28. února 2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **3. července 2018**



prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.  
děkan

L.S.



prof. Ing. Miloš Sedlák, DrSc.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 28. února 2018

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 21. 6. 2018

Anna Petkevich

## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych poděkovala vedoucímu své práce panu Ing. Janu Honzíčkovi, Ph.D. a prof. Ing. Petru Kalendovi, CSc. za cenné rady a velmi přátelský a vstřícný přístup. Dále bych ráda poděkovala své rodině. Především svému manželovi, Pavlu Petkevichu, za každodenní podporu a motivaci.

## **ANOTACE**

Tato bakalářská práce je zaměřena na studium vlivu benzoylferrocenu na rychlost autooxidace u zasychání alkydových pryskyřic. Teoretická část je zaměřena na rozdělení rostlinných olejů, alkydových pryskyřic a mechanismus autooxidace. V praktické části je popsáno měření rychlosti zasychání a stupně tvrdosti pro různé typy alkydů s různou koncentrací benzoylferrocenu.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

- Sikativ
- Rostlinné oleje
- Alkydy
- Autooxidace

## **TITLE**

The effect of benzoylferrocene on rate of autoxidation.

## **ANNOTATION**

This bachelor thesis is focused on the study of the effect of benzoylferrocene on the rate of autoxidation in the drying of alkyd resins. The theoretical part is focused on vegetable oils, alkyd resins and mechanism of autoxidation. In the practical part, the drying rate and the degree of hardness are measured for different types of alkyds with different concentrations of benzoylferrocene.

## **KEYWORDS**

- Drier
- Vegetable oils
- Alkyds
- Autoxidation

## OBSAH

0	Úvod.....	10
1	teoretická část .....	11
1.1	Rostlinné oleje .....	11
1.2	Rozdělení .....	12
1.3	Mastné kyseliny rostlinných olejů .....	12
1.4	Výroba rostlinných olejů .....	15
1.5	Použití rostlinných olejů v průmyslu .....	17
1.6	Alkydové pryskyřice .....	17
1.7	Rostlinné oleje používané pro výrobu alkydů .....	19
1.8	Autooxidace .....	20
1.9	Měření množství hydroperoxidů.....	21
1.10	Sikativy .....	21
2	praktická část .....	24
2.1	Cíl práce .....	24
2.2	Použité přístroje a chemikálie.....	24
2.3	Stanovení obsahu sušiny pojiva.....	25
2.4	Příprava modelových filmů .....	26
2.5	Měření doby zasychání .....	26
2.6	Měření tvrdosti.....	27
2.7	Měření tloušťky zaschlého nátěru.....	29
3	Výsledky a diskuze .....	30
4	Závěr .....	32
5	Literatura.....	33
6	Seznam obrázků a tabulek .....	38



## SEZNAM ZKRATEK A ZNÁČEK

BzFc	benzoylferrocen
$H_{rel; 10d}$	relativní tvrdost nátěru po 10 dnech
$H_{rel; 100d}$	relativní tvrdost nátěru po 100 dnech
MK	mastná kyselina
MUFA	mononenasyčená mastná kyselina
PUFA	polynenasycená mastná kyselina
SAFA	nasyčená mastná kyselina
$\tau_1$	doba zasychání do 1.stupně
$\tau_2$	doba zasychání do 2.stupně

## 0 ÚVOD

Určitou skupinou nasycených polyesterových pryskyřic označujeme jako alkydové pryskyřice. Alkydové pryskyřice patří mezi běžné nátěrové hmoty, které jsou poměrně levné, protože obsahují suroviny z obnovitelných zdrojů. Jednou z hlavních složek, ze kterých se alkydy vyrábějí, jsou rostlinné oleje.

Rostlinné oleje jsou směsí triacylglyceridů různých mastných kyselin. Mastné kyseliny jsou zastoupeny pestrá paletou délek uhlíkatých řetězců a stupněm své nenasycenosti. Alkoholickou složkou je trojsytný alkohol glycerol. Rostlinné oleje jsou stále jednou z nejdůležitějších surovin pro lakařský průmysl a nositelem oxypolymeračních reakcí. V důsledku přítomnosti nenasycených vazeb v uhlíkatých řetězcích mastných kyselin rostlinné oleje, oproti minerálním olejům, mnohem snaze podléhají oxidaci (resp. autooxidaci), což má za následek štěpení a rozklad molekul organických kyselin. Oxidace rostlinných olejů je souborem řetězových reakcí radikálového mechanismu: iniciace, propagace a terminace.

Pomocí autooxidace probíhá zasychání olejů a z nich vyrobených alkydů. Tato reakce probíhá za běžných podmínek velmi pomalu. Z tohoto důvodu se v praxi urychluje pomocí aditiv (tzv. sikativů). V současné době se používají sikativy na bázi kobaltu, které mají nežádoucí toxické účinky, a proto se hledají možné alternativy. V této bakalářské práci jsou popsány sikativační účinky benzoylferrocenu, který by v budoucnu mohl sloužit jako náhrada kobaltnatých sikativů.

# 1 Teoretická část

## 1.1 Rostlinné oleje

Rostlinné oleje jsou třída lipidů, které mají nízké teploty tání. Jsou levné, ekologické, přirozeně látky s nízkou toxicitou. Oleje jsou potenciálně obnovitelnou surovinou pro různé průmyslové nebo spotřební výrobky, které nejsou dosud plně využívány. Jejich hlavní složkou jsou alifatické kyseliny s dlouhým řetězcem (tzv. mastné kyseliny; MK) esterifikované glycerolem.<sup>[1,2]</sup> Čím více dvojných vazeb řetězec mastné kyseliny olej obsahuje, tím je tekutější. V rostlinných tkáních slouží oleje jako zásobárna energie, často jako pohotovostní energetický zdroj pro klíčící semena. Rostlinných olejů je mnoho druhů a rozdělujeme je hlavně podle rostliny, z jejichž semen byl olej získán. Uvedme alespoň nejznámější:<sup>[3]</sup>

- Arašídový olej
- Dýňový olej
- Kokosový olej
- Konopný olej
- Lněný olej
- Mandlový olej
- Olivový olej
- Palmový olej
- Řepkový olej
- Sezamový olej
- Slunečnicový olej
- Sójový olej

## 1.2 Rozdělení

1. Nevysychavé oleje mají jodové číslo nižší než 100. Tyto oleje zůstávají na vzduchu kapalné a žluknou až po delší době. Do této skupiny patří například olivový, podzemnicový a ricinový olej.

2. Polovysychavé oleje mají jodové číslo 100-170. V tenké vrstvě na nesavém podkladu rovněž zasychají na pevný film. Patří k nim například olej bavlníkový, slunečnicový, makový a sójový.

3. Vysychavé oleje mají jodové číslo vyšší než 170. Jejich ztuhnutí je způsobeno tím, že snadno polymerují a přitom pohlcují kyslík ze vzduchu. Obvykle zasychají na tvrdý film během 2 až 4 dnů. Patří k nim například olej ořechový, konopný, lněný a tungový.<sup>[4,5]</sup>

## 1.3 Mastné kyseliny rostlinných olejů

Mastné kyseliny jsou alifatické monokarboxylové kyseliny, které lze uvolnit z triglyceridů hydrolyzou. Téměř všechny mají nerozvětvený řetězec se sudým počtem atomů uhlíku, protože jejich biosyntéza vychází z dvojuhlíkatých jednotek acetylkoenzymu A. V řetězcích mastných kyselin se mohou vyskytovat i další funkční skupiny jako jsou hydroxyl nebo epoxy skupina.

Podle délky uhlíkatého řetězce lze mastné kyseliny rozdělit na:

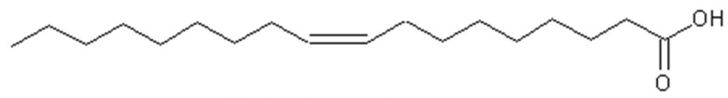
- MK s krátkým řetězcem – což jsou sloučeniny s 2 až 5 uhlíky v řetězci.
- MK se středním řetězcem – sloučeniny s počtem uhlíků 6 až 12.
- MK s dlouhým řetězcem – sloučeniny s 13 a více uhlíky a více.

Jako nižší mastné kyseliny se v literatuře označují kyseliny, které mají maximálně 10 uhlíkových atomů. Kyseliny s 12 a více uhlíkovými atomy se klasifikují jako vyšší mastné kyseliny.

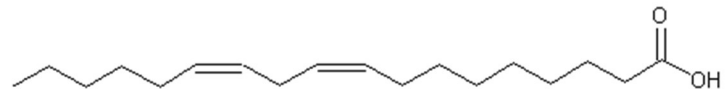
Podle přítomnosti a počtu dvojných vazeb v uhlíkatém řetězci se rozlišují nasycené kyseliny (SAFA, z anglického Saturated Fatty Acids), mononenasycené (MUFA, z anglického Mono Unsaturated Fatty Acid) a polynenasycené mastné kyseliny (PUFA, z anglického Poly Unsaturated Fatty Acid).<sup>[6]</sup> Právě stupeň nasycenosti a délka řetězce mastných kyselin zásadně ovlivňuje vlastnosti a funkci rostlinných olejů. Se zvýšením nenasyčenosti klesá bod tání, ale roste rozpustnost v organických rozpouštědlech a chemická reaktivita. Například palmový olej, který obsahuje až 51 % nasycených kyselin, je vysoce oxidačně stabilní, ale je pevný i za pokojové teploty. Složení běžných rostlinných olejů je uvedeno v tabulce 1.<sup>[7,4]</sup> Uvedené hodnoty jsou pouze přibližné. Přesné složení totiž nezávisí pouze na druhu plodiny, ale také na podmínkách pěstování a klimatických podmínkách. V obrázku 1 jsou uvedeny nejběžnější mastné kyseliny v triglyceridech rostlinných olejů a ukazuje jejich struktury.<sup>[8]</sup>

**Tabulka 1 - Složení běžných rostlinných olejů**

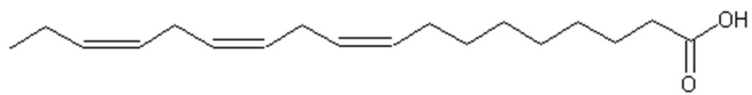
Rostlinný olej	MUFA	PUFA	SAFA	Jodové číslo
<b>Olivový olej</b>	75 %	11 %	14 %	85
<b>Řepkový olej</b>	58 %	36 %	6%	94-106
<b>Arašídový olej</b>	48 %	34 %	18 %	80-106
<b>Palmový olej</b>	39 %	10 %	51 %	12-18
<b>Kukuřičný olej</b>	25 %	62 %	13 %	103-140
<b>Sójový olej</b>	24 %	61 %	15 %	117-143
<b>Slunečnicový olej</b>	20 %	69 %	11 %	127-136
<b>Bavlníkový olej</b>	19 %	54 %	27 %	90-119
<b>Světlicový olej</b>	13 %	78 %	9%	132-148
<b>Kokosový olej</b>	6%	2%	92 %	90-100
<b>Lněný olej</b>	22%	69%	8%	168-204
<b>Ricinový olej</b>	97%	1%	2%	82-88
<b>Tungový olej</b>	4%	90%	6%	170



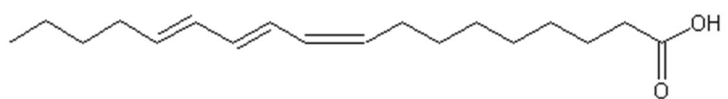
Olejová kyselina



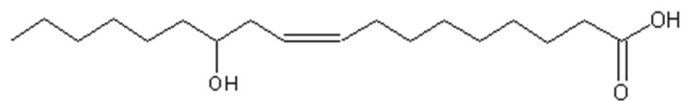
Linolová kyselina



Linolenová kyselina



Alfa-eleostearová kyselina

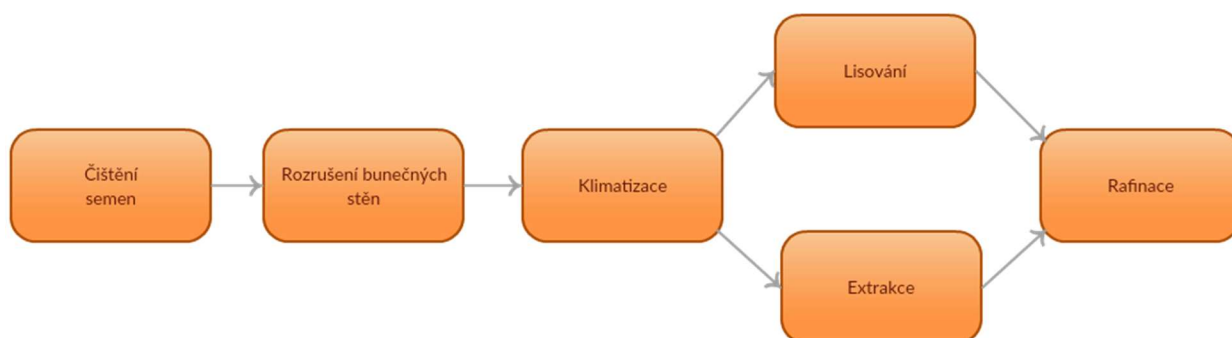


Ricinolejová kyselina

**Obrázek 1 - nejběžnější mastné kyseliny**

## 1.4 Výroba rostlinných olejů

V současné době se oleje a tuky získávají z rostlinných semen dvěma základními pochody a to lisováním (mechanickým oddělením oleje z rostlinných pletiv za tlaku) a extrakcí (extrakce oleje z rostlinných pletiv organickým rozpouštědlem – obvykle hexanem). Řada významných výrobců kombinuje oba pochody. Extrahovaný a lisovaný surový olej se po oddělení mechanických nečistot obvykle dále zpracovávají společně.<sup>[9]</sup>



Obrázek 2 - Schéma výroby rostlinných olejů

Mezi základní operace při výrobě rostlinných olejů patří: čištění semen, rozrušení buněčných stěn, klimatizace, lisování, extrakce a rafinace.

Čištění semen se provádí pomocí sít, aspirátorů nebo čističek, kde jsou semena zbavována různých organických a anorganických nečistot. U surovin, které obsahují hrubé dřevnaté obaly, se provádí odslupkování na loupacím zařízení různého typu dle druhu suroviny.<sup>[9,10]</sup>

Rozrušení buněčných stěn je důležité pro získání dokonalejšího oleje. Semena se melou a drtí. Tento proces je nepostradatelný. Dochází při něm totiž k mnohonásobnému zvětšení povrchu, rozrušení buněčných stěn a otevírání olejových buněk, což je velmi důležité z hlediska výtěžnosti surového oleje. Drcení a mletí semen se většinou provádí mezi otáčejícími se válci.<sup>[10,11]</sup>

Poslední fází před samotným získáním oleje je klimatizace, při které se rozdrčená semena zahřívají na určitou teplotu, a současně se upravuje obsah vody v semenech. Rozmělněná drť se zahřívá nasycenou vodní parou na 80–110 °C a dochází při ní ke snižování viskozity oleje, ke koagulaci bílkovin a slizovitých látek, dále pak k inaktivaci lipolytických enzymů a mikroorganismů.<sup>[10,11,12]</sup>

Lisování je proces vytlačování oleje z olejnatého materiálu mechanickým tlakem. Dnes se prakticky výhradně používají výkonné kontinuální šnekové lisovací stroje, které pracují většinou ve dvou fázích – předlisování a dolisování. V metodě předlisování je využíván tlak o výši 5–16 MPa a tuk v pokrutinách (zbytky po lisování) se snižuje na 17–19 %. V dolisování hodnota použitého tlaku stoupá až na 40 MPa a obsah tuku v pokrutinách klesá na 8–9 %. Metoda lisování se používá pro olejninu s vyšším obsahem tuku. Minimální hranice je 25–30 %. Surový olej obsahuje 1–12 % nečistot (většinou rostlinné pletivo), a proto je nutné olej vyčistit.<sup>[10,11,12,13]</sup>

Extrakce je proces získání oleje pomocí vhodných organických rozpouštědel. Hlavním smyslem extrakce je získat maximální množství olejů z nízkoolejnatých surovin nebo z výlisků vysokoolejnatých semen. Jako rozpouštědlo se nejčastěji používají hexan nebo benzín. Extrahuje se při teplotě 45 až 55 °C. Olej se rozpouští v rozpouštědle, vzniká roztok oleje v rozpouštědle – tzv. miscela. Po provedené extrakci se z miscely oddestiluje rozpouštědlo a zůstane surový olej.<sup>[13]</sup>

Posledním krokem při získávání oleje je jeho rafinace, při které dochází k odstranění nežádoucích nečistot a zároveň k zachování co nejvyššího množství žádoucích minorit (především tokoferolů a sterolů). Rafinace zahrnuje tyto operace: hydratace, neutralizace, bělení a dezodorace.

Proces rafinace začíná hydratací neboli odslizením, kdy jsou pomocí vody a kyseliny odstraněny hydratační kaly (fosfolipidy, glykolipidy a stopy kovů). Hydratační kaly se dále zpracovávají na lecitin, který se používá především v potravinářském průmyslu.<sup>[13]</sup>

Alkalická neutralizace probíhá za použití vodného roztoku hydroxidu sodného. Z oleje jsou odstraněny volné mastné kyseliny ve formě mýdel, která přecházejí do vodné fáze.<sup>[13,14]</sup>



Bělení slouží k odstranění barviv, zbytků fosfolipidů, mýdel a stop kovů a k dosažení světlé barvy oleje. K bělení se používá aktivovaná bělicí hlinka, případně kombinace této hlinky s aktivním uhlím.<sup>[14]</sup>

Dezodorace je posledním krokem rafinace. Spočívá v odstranění nežádoucích pachových a chuťových látek, volných mastných kyselin, sterolů a tokoferolů. Jedná se o destilaci s vodní parou za sníženého tlaku při teplotě 180 – 200 °C. Doba trvání tohoto kroku závisí na typu aparatury a pohybuje se od 1 do 6 hodin.<sup>[11,14]</sup>

## 1.5 Použití rostlinných olejů v průmyslu

Hlavní využití rostlinných olejů se nachází v potravinářském průmyslu, ve farmacii, kosmetice a v průmyslu nátěrových hmot. Rostlinné oleje získané z tukových surovin lisováním nebo extrakcí obsahuje v surovém stavu vedle glyceridů též různé doprovodné látky: steriny, fosfatidy, vitaminy, mastné alkoholy a uhlovodíky. Z hlediska použití v průmyslu nátěrových hmot mohou tyto příměsi výrazně zpomalit nebo urychlit zasychání olejů a z nich připravených syntetických pryskyřic.<sup>[15]</sup>

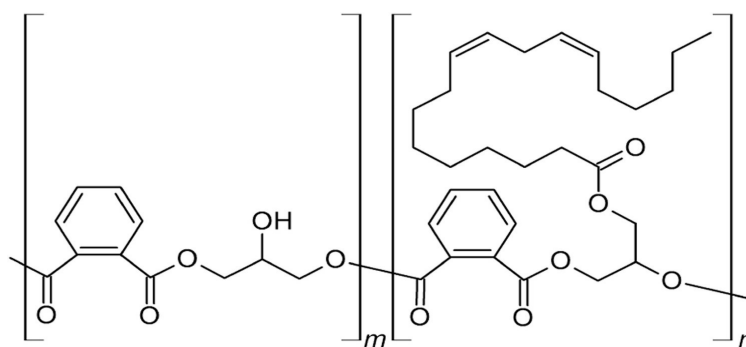
Alkydové pryskyřice jsou nejrozšířenějšími polymery pro širokou škálu aplikací nátěrů a povlaků. Mohou být použity k výrobě vysoce lesklých dekorativních nátěrů s nízkým obsahem organického rozpouštědla a dobrými aplikačními vlastnostmi.<sup>[16]</sup>

## 1.6 Alkydové pryskyřice

Alkydové pryskyřice jsou polyestery získané polykondenzací polykyselin (jako anhydrid kyseliny ftalové), polyalkoholy (jako glycerol) a vyšší mastné kyseliny, jak je znázorněno na obrázku 3.<sup>[17]</sup> Tradiční a nejčastěji používaná klasifikace s polyesterovým modifikováním se provádí na základě olejové délky, která vyjadřuje množství oleje použitého pro výrobu pryskyřice a uvádí se ve hmotnostních procentech. Na základě olejové délky jsou rozděleny do tří kategorií:

- krátký olejový polyester (obsah oleje < 40 hm.%)
- střední olejový polyester (obsah oleje 40-60 hm.%)
- dlouhý olejový polyester (obsah oleje > 60 hm.%).

Další klasifikace polyesterových pryskyřic se provádí podle stupně nenasycenosti mastné kyseliny přítomné v systému.<sup>[18]</sup>



**Obrázek 3 - Alkydová pryskyřice**

Oleje používané pro výrobu alkydů mají rozhodující vliv na vlastnosti těchto pryskyřic. Tím je také dáno základní rozdělení modifikovaných alkydů na vysychavé a nevysychavé. Příčinou vysychání olejových alkydů je oxidační polymerace nenasycených mastných kyselin použitých olejů. U alkydů střední a dlouhé olejové délky bylo pozorováno, že doba zasychání lakových filmů se zvětšuje s olejovou délkou, kdežto u alkydů krátké olejové délky se projevuje opačný trend.<sup>[15]</sup>

Hlavní výhody alkydů jsou poměrně nízké náklady na jejich výrobu a nízká toxicita. Nízké povrchové napětí umožňuje smáčení většiny povrchů včetně mastné oceli. Největší využití alkydů v povlacích je v architektonických barvách, zejména v lesklých smaltech pro použití dodavateli. Největší využití alkydů v průmyslových aplikacích je obecně ochranný nátěr pro stroje a kovový nábytek. Některé alkydy jsou stále používány v emailech na opravu automobilů, neboť poskytují vysoce lesklé povlaky s minimálním leštěním.<sup>[20]</sup>

## 1.7 Rostlinné oleje používané pro výrobu alkydů

Lněný olej: Průměrný výtěžek lněného oleje lisovaného ze semen je 35-50% hmotnosti semen. Nejčastěji nalezené mastné kyseliny ve lněném oleji jsou: kyselina palmitová (6%), kyselina stearová (2,5%), kyselina olejová (19%), kyselina linolová (13%) a kyselina linolenová (55%). Obsah oleje a složení mastných kyselin závisí na klimatu, takže produkty z různých zemí mají různé složení a vlastnosti.<sup>[15]</sup> Na bázi lněného oleje jsou ve velkém rozsahu vyráběny alkydy s nejrůznější olejovou délkou, hlavně ovšem střední a dlouhé typy pro nátěrové hmoty zasychající na vzduchu. Je univerzálním olejem pro průmysl nátěrových hmot. Vyrábí se z něho rychle schnoucí barvy a laky, některé druhy mýdel, linoleum, syntetický kaučuk. Olej mají další využití v potravinářství, farmaceutickém průmyslu a i pro výrobu parfémů.<sup>[15,21]</sup>

Sójový olej: Vyrábí se lisováním a extrakcí plodů sóji. Olej je výchozí surovinou pro výrobu ztužených pokrmových tuků, mýdel, barev, laků a smaltů. Přestože patří spíše k olejům polyvysychavým, nabyl v přípravě alkydů velkého významu.<sup>[15]</sup>

Tungový (dřevný) olej: Tungový olej získaný ze semen nebo jader tungového stromu je vysoce kvalitní průmyslový vysychavý olej. Používá se především jako dřevěný lak. Jeho jedinečné vlastnosti při zasychání jsou připisovány jeho složení mastných kyselin, kde dominuje přibližně 80% kyseliny alfa-eleostearové. Výhodou použití tungového oleje jako ochranného povlaku je vysoké jodové číslo, krátká doba schnutí, vysoká odolnost proti vodě a vysoká tvrdost v důsledku vysoké míry nenasycenosti.<sup>[17]</sup> Pro přípravu alkydů se ho používá v omezené míře ve směsi s jinými oleji, hlavně s lněným olejem. Tungový olej v alkydu zlepšuje zasychání lakových filmů a zvyšuje jejich tvrdost a odolnost proti vodě a chemikáliím.<sup>[15,19]</sup>

Ricinový olej: Olej lisovaný za studena má uplatnění ve farmaceutickém průmyslu, neboť povařený s vodou ztrácí jeho jedovatost. V potravinářství se používá jako složka ochranné vrstvy na tabletách a jako chuťová přísada v nealkoholických nápojích a cukrovinkách. Obsahuje jako hlavní podíl glyceridy kyseliny ricinolejové. Hydroxylové skupiny přítomné v ricinovém oleji pak způsobují jeho nápadně velkou viskozitu, hustotu a rozpustnost v polárních rozpouštědlech (např. v etanolu) a snášenlivost s nitrátem celulózy. Patří do nevysychavých olejů a používá se jako změkčovač. Alkydy modifikované ricinovým olejem jsou nevysychavé a slouží jako vláčné pryskyřice.<sup>[15]</sup>

## 1.8 Autooxidace

Rostlinné oleje i alkydové pryskyřice zasychají působením vzdušného kyslíku. Tento proces se nazývá autooxidace. Oxidační stabilita rostlinné oleje i alkydové pryskyřice je primárně omezena stupněm nenasycených. Se vzrůstající mírou nenasycenosti roste náchylnost těchto látek k autooxidaci. Mechanismus autooxidace je znázorněn na tabulce 2.<sup>[22]</sup>

Tabulka 2 - mechanismus autooxidace

Iniciace	$R-H \rightarrow R\cdot + \cdot H$
Propagace	$R\cdot + O_2 \rightarrow R-O-O\cdot$ $R-O-O\cdot + R-H \rightarrow R-O-O-H + R\cdot$ $R-O-OH + Co^{2+} \rightarrow Co^{3+} + R-O\cdot + HO^-$ $R-O-OH + Co^{3+} \rightarrow Co^{2+} + R-O-O\cdot + H^+$
Terminace	$R\cdot + R\cdot \rightarrow R-R$ $R-O\cdot + R-O\cdot \rightarrow R-O-O-R$ $2 R-O-O\cdot \rightarrow R-O-O-R + O_2$ $R-O\cdot + R\cdot \rightarrow R-O-R$ $R-O-O\cdot + R\cdot \rightarrow R-O-O-R$ $R-O\cdot + R-O-O\cdot \rightarrow R-O-R + O_2$

Oxidace rostlinného oleje je iniciována tvorbou volných radikálů. Volné radikály mohou být snadno tvořeny odtržením atomu vodíku z methylenové skupiny vedle dvojné vazby. Volné radikály rychle reagují s kyslíkem, čímž vzniká peroxylový radikál. Peroxylový radikál pak může napadnout další molekulu lipidu, aby se odstranil vodík, čímž vznikne hydroperoxid a další radikál, čímž se propaguje oxidační proces.<sup>[22]</sup>

Iniciační reakce mohou být vyvolány singletovým kyslíkem, fotosenzitizátory (záření) a některými znečišťujícími látkami (např. ozon). Iniciační reakce může být urychlena také působením záření, tepelné energie nebo působením jiných volných radikálů vznikajících rozkladem nestálých hydroperoxidů.

Propagační reakcí je primárně odtržení vodíku, po kterém se kyslík přidává k volnému radikálu, čímž vzniká peroxyradikál. Řetězec reakcí může být poměrně dlouhý (např. 100), takže jeden počáteční volný radikál může produkovat mnoho molekul hydroperoxidů. V této fázi propagace vzniká poměrně stabilní hydroperoxid, a proto zasychání probíhá velmi pomalu. K urychlení jeho rozkladu se používají sloučeniny přechodných kovů (tzv. sikativy). Radikálové reakce jsou extrémně účinné a vedou k vymizení volných radikálů ve fázi terminace. V tomto kroku dochází k zesíťování nátěrové hmoty.<sup>[23]</sup>

Mechanismus autooxidace rostlinného oleje, který je zde uveden, je zjednodušení složité řady reakcí. Průběh autooxidace je totiž dále komplikován změnami v podmínkách, jako je ultrafialové záření, teplota, tlak a difuze kyslíku, nebo přítomností dalších sloučenin, jako jsou antioxidanty, chelatační činidla a kovy. Některé kovy například působí jako katalyzátor oxidace rostlinných olejů, které urychlují degradaci a produkci volných radikálů.<sup>[22]</sup>

## **1.9 Měření množství hydroperoxidů**

Peroxidové číslo se běžně používá jako indikátor úrovně peroxidů v systému a určuje se pomocí oficiální metody AOCS Cd 8b-90. Jedná se o chemickou metodu založenou na jodometrické titraci. Vzorek oleje se rozpustí v rozpouštědle a přidá se k roztoku obsahujícímu jodid draselný. Hydroperoxydy v oleji oxidují jodid na jod a úroveň jodu se stanoví titrací proti thiosíranu. Zpětným výpočtem se pak určí koncentrace peroxidů. Metoda je časově náročná a koncový bod titrace může být sporný, ale je to standardní analytická metoda, kterou může provádět jakákoli laboratoř.<sup>[22]</sup>

## **1.10 Sikativy**

Pomocí sikativu můžeme urychlit autooxidace olejů nebo jejich derivátů. Kromě urychlení zasychání mohou sikativy příznivě ovlivnit i rovnoměrnost zasychání v celé vrstvě nátěrů a zlepšit mechanické vlastnosti.

Primární sikativy jsou také známé pod pojmem povrchové sikativy nebo oxidační sikativy. Tyto sikativy urychlují zasychání od shora dolů. Nejčastěji používanými primárními sikativy jsou soli přechodných kovů: kobalt, mangan, železo a vanad. Z těchto sikativů se nejčastěji v komerčním užití používají sikativy na bázi kobaltu a manganu. Aby se kov mohl považovat za povrchový sikativ, musí být centrum tohoto sikativu, což je přechodný kov, schopné měnit oxidační stavy v jednotlivých redoxních reakcích.

**Kobalt:** Sikativy na bázi kobaltu mají nejvyšší katalytické účinky. Způsobují rychlou tvorbou filmu především na povrchu nátěru. V kombinaci s dalšími sikativy se dosáhne stejnoměrného zasychání celého filmu. Biologické studie se sloučeninami kobaltu prokázali jeho karcinogenní a genotoxické účinky, a proto je v současné době vyvíjeno velké úsilí při hledání náhrady kobaltnatých sikativů.

**Mangan:** Má silné sikativační účinky, ale velkou nevýhodou je intenzivní zabarvení roztoků manganatých sikativů a pomocí nich vytvrzených filmů.

**Železo:** Jeho sikativační účinky se projevují za zvýšených teplot. Roztoky železitých mýdel jsou intenzivně zbarveny, a proto nejsou vhodné do bezbarvých laků.

**Vanad:** Vanad se jako sikativ používá hlavně pro nátěrové hmoty s vysokým obsahem sušiny a pro rozpouštědlové nátěrové hmoty. Hlavní jeho nevýhodou je vysoká cena a malá stabilita roztoků.<sup>[23]</sup>

Sekundárními sikativy nelze iniciovat autooxidační proces a tím zesítnění alkydu bez použití povrchových sikativů. Patří k nim olovo, zirkonium, bismut, hliník a baryum. Olovo bylo v minulosti široce používáno jako sekundární sikativy kovu, ale nyní je používání olova v barvách zakázáno ve většině zemí kvůli jeho toxicitě. Zirkonium, bismut, baryum byly označeny jako "náhrady olova", ale zirkonium je nejčastěji akceptovanou náhražkou olova.

**Zirkonium:** Zirkonové sikativy jsou nejběžnější alternativou k sikativům olova a obecně se používají v kombinaci s kobaltem, manganem a vápníkem. V kombinaci se sikativem kobaltu jsou zirkonové vhodné pro použití v lehkých barevných sušicích systémech na sušení a vytápění. Vlastní účinek zirkonu je ten, že zvyšuje účinek primárních sikativů během zasychání.

**Bismut:** Bylo zjištěno, že bismutová mýdla kombinované s kobaltovými sikativy zlepšují dobu schnutí alkydových nátěrů zejména při nepříznivých podmínkách (za nízké teploty a vysoké vlhkosti).

**Hliník:** Sloučeniny hliníku značně zvyšují zasíťování. Bylo zjištěno, že formulace alkydových nátěrů obsahující sikativy kobaltu a hliníku mají výrazně zvýšenou tvrdost.

**Baryum:** Baryum v kombinaci s kobaltem způsobuje dobré prosychání nátěru. Použití barnatých mýdel vytváří možnost alespoň částečné náhrady olovnatých mýdel a tím snížení toxicity nátěrů.

Pomocné sikativy jsou také známé jako promotéry. Existují čtyři kovy, které se komerčně používají jako pomocné sikativy: draslík, zinek, vápník a lithium. Draslík, vápník a lithium zvyšují rychlost zasychání povrchovými sikativy, zatímco zinek obvykle zpomaluje proces zasychání. Pomocné sikativy obecně zlepšují příjem kyslíku a ovlivňují rychlost dalších kroků v autooxidačním procesu.<sup>[24]</sup>

## 2 Praktická část

### 2.1 Cíl práce

- Připravte zkušební nátěry alkydových pryskyřic s různou koncentrací benzoylferrocenu.
- Proveďte měření rychlosti zasychání a stupně tvrdosti pro různé typy alkydů
- Vyhodnoťte získaná experimentální data
- Výsledky zpracujte formou závěrečné zprávy

### 2.2 Použité přístroje a chemikálie

Přístroje	
Kyvadlo Persoz	měření tvrdosti nátěrů
B.K. Drying recorder	měření doby zasychání nátěrů
Nanášecí í pravítko o velikosti štěrby 150 $\mu m$	k nanášení nátěru pro měření tvrdosti
Nanášecí pravítko o velikosti štěrby 76 $\mu m$	k nanášení nátěru pro měření doby zasychání
Analytické váhy	



Látka	čistota	Dodavatel	
S 471 X 60	čistý	Spolchemie	Alkydová pryskyřice modifikovaná sójovým olejem, olejová délka 47%, číslo kyselosti = 6 mg KOH/g
S 401 X 60	čistý	Spolchemie	Alkydová pryskyřice modifikovaná sójovým olejem, olejová délka 40%, číslo kyselosti = 7 mg KOH/g
S 622 N 60	čistý	Spolchemie	Alkydová pryskyřice modifikovaná sójovým olejem, olejová délka 62%, číslo kyselosti = 7 mg KOH/g
Dimethylsulfoxid	čistý	PENTA	Bezbarvá kapalina je důležitým aprotickým polárním rozpouštědlem
Benzoylferrocen (BzFc)	čistý	Ze zásob katedry	

### 2.3 Stanovení obsahu sušiny pojiva

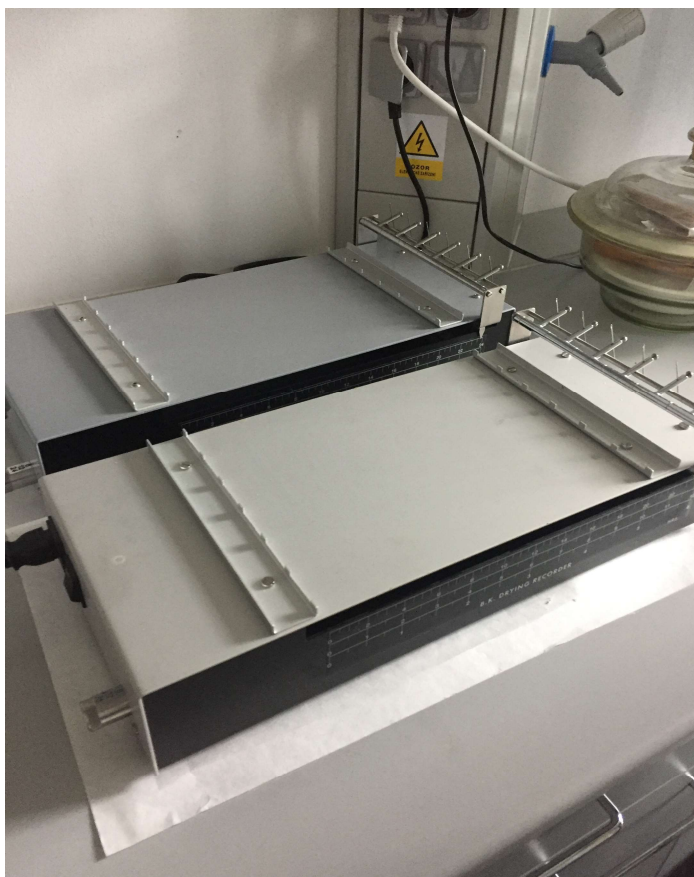
1,5 g příslušného alkydu (S 471 X 60, S 401 X 60 a S 622 N 60) bylo naváženo na analytických vahách a dáno do sušárny, kde se při teplotě 110°C sušili do konstantní hmotnosti. Alkydy byly tímto způsobem zpracovány třikrát a výsledky byly zprůměrovány. Výsledný obsahy sušin použitých alkydů jsou  $61,0 \pm 0,1\%$  (S 471 X 60);  $60,2 \pm 0,1\%$  (S 401 X 60);  $59,4 \pm 0,1\%$  (S 622 N 60).

## 2.4 Příprava modelových filmů

Pro měření dat byla zvolena řada o následujících koncentracích: 0,1; 0,06; 0,03 a 0,01 hmotnostních procent benzoylferrocenu v nátěrovém filmu na sušinu pojiva. Do lékovek bylo naváženo vypočítané množství BzFc a přidáno 5g alkydové pryskyřice (S 471 X 60, S 401 X 60 nebo S 622 N 60. Směsi byly zhomogenizovány a poté byly příslušným krabicovým pravítkem nanесeny na skla. Všechna skla byla před použitím pečlivě umyta a odmaštěna chloroformem. Pravítko pro nanášení filmu ke stanovení doby zasychání mělo štěrbinu 76  $\mu\text{m}$  a velikost štěrbinu pravítka ke zjišťování tvrdosti nátěru činila 150  $\mu\text{m}$ .

## 2.5 Měření doby zasychání

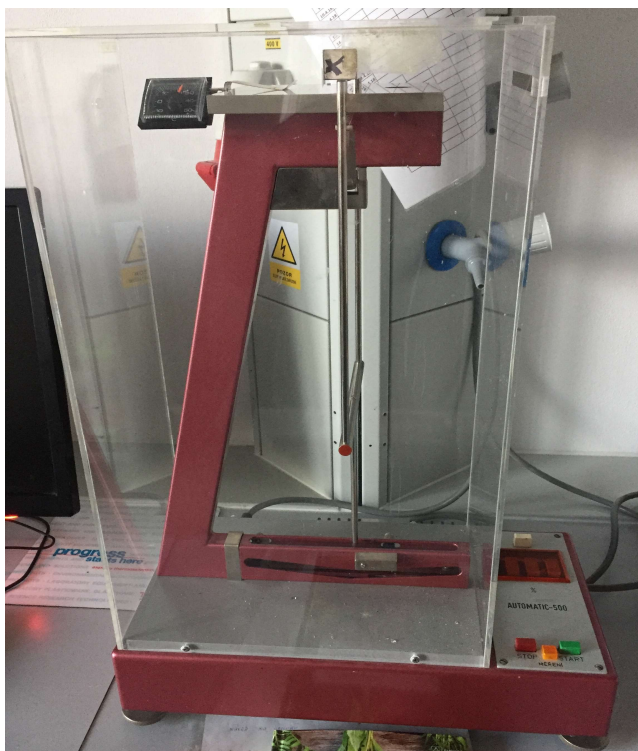
Přístroj k měření (B.K. drying recorder) se skládá z 6 rovnoběžných drah s hroty, umístěných na unášeči, který je suno z jednoho konce testovací dráhy na druhý. Tyto hroty jsou v přímém styku s měřeným povrchem. Rychlost posuvu hrotu byla 1,3 cm/hodinu. K vyhodnocení vzorku měříme dobu zaschnutí do 1. stupně, tedy kdy je rýha v nátěru nepřerušovaná a zřetelná a dobu zaschnutí do 2. stupně, kdy je rýha přerušovaná až do doby kdy úplně zmizí. Dobu zaschnutí lze pak vypočítat pomocí dráhy, kterou hroty urazily od počátku měření. Měření byla prováděna při teplotě 23°C. Relativní vlhkost se pohybovala v rozmezí 30-50%.



Obrázek 4 - Přístroj k měření doby zasychání

## 2.6 Měření tvrdosti

Měření tvrdosti nátěru bylo prováděno kyvadlovou metodou dle Persoze. Principem této metody je kývání kyvadla dosedajícího na zkoušený nátěr kuličkami, které je tím více tlumeno, čím je nátěr měkčí. Kyvadlo má váhu 500 g, délku 425 mm a ocelové kuličky mají průměr 8 mm. Kyvný mechanismus přístroje se skládá ze dvou kuličkových ložisek, která přímo doléhají na měřený vzorek. Při vlastní zkoušce se na nosný stoleček upevní standart a na desku se spustí kyvadlo, jehož hrot musí splývat s nulovou ryskou na zrcadle. Pak se kyvadlo vychýlí na  $12^\circ$  a při jeho uvolnění se spustí stopky. Doba útlumu kývání končí tehdy, když hrot kyvadla poprvé dosáhne rysky  $4^\circ$ . Pak se měří obdobným způsobem doba útlumu kývání na zkoušeném nátěru. Na výsledky testů mají velký vliv vlhkost a teplota, a proto je lepší dávat skla s nátěry do skříňového exikátoru umístěného v klimatizované místnosti. [25]



**Obrázek 5 - Přístroj k měření tvrdosti**



**Obrázek 6 – skříňový exikátor**

## 2.7 Měření tloušťky zaschlého nátěru

Měření se provádí tříbodovým dotykovým indikátorem (tzv. indikátorovými hodinkami). Měří se tloušťka zaschlého nátěru na skleněné desce nebo na jiném tvrdém a rovném materiálu pomocí indikátorových hodinek používaných ve strojírenství. Tloušťku vrstvy nátěrového filmu lze měřit s přesností do  $\pm 0,005$  mm. Před měřením je nutno přikontrolovat nulovou hodnotu. V nátěru se vyřízne otvor asi o velikosti  $3 \times 3$  mm, do otvoru se vsadí prostřední hrot indikátorových hodinek a na stupnici se odečte příslušná hodnota. Indikátorové hodinky musí být postaveny kolmo k nátěru. Měření pro kontrolu se provádí křížem.<sup>[25]</sup>



Obrázek 7 - tříbodový dotykový indikátor

### 3 Výsledky a diskuze

V rámci této práce byla studována sikativační aktivita BzFc. Jako pojivo byla vybrána alkydová pryskyřice s krátkou (S 401 X 60), střední (S 471 X 60) a dlouhou (S 622 X 60) olejovou délkou, modifikovaných sójovým olejem. Zkušební nátěry byly připraveny v rozmezí koncentrace od 0,1 – 0,01 hm.% kovu v sušině. Všechny studované alkydové formulace tvořili v celé koncentrační řadě hladký a lesklý film bez defektu. Při koncentracích 0,1 – 0,6 bylo u nátěrů patrné oranžové zabarvení. Při nižších koncentracích nátěry nebyly zabarveny.

Rychlost zasychání nátěrů jsme měřili pomocí přístroje B. K. Drying recorder v souladu s normou ASTM D 5895. U zaschlých filmů byla stanovena relativní tvrdost pomocí kyvadlového přístroje. K měření byla použita metoda podle Persoze (ČSN 67 3076). Relativní tvrdost byla měřena po dobu 100 dnů od nanesení nátěru.

U alkydové pryskyřice krátké olejové délky S 401 X 60 je vidět, že doba zasychání klesá se zvýšením koncentrace kovu v sušině. Velmi dobře zasychají formulace s koncentrací 0,06 a 0,1 hm.%, kdy doba zasychání nepřesáhne 15 hodin. Nátěry mají poměrně vysokou relativní tvrdost. Po deseti dnech mají tyto nátěry relativní tvrdost ~35%. Celková tvrdost, měřená po sto dnech, byla kolem 42%.

U alkydové pryskyřice střední olejové délky S 471 X 60 se s rostoucí koncentrací zkracuje doba zasychání. Optimální koncentrace sikativu pro použití je 0,06 hm.%, protože s dalším zvyšováním koncentrace dochází pouze k malému zkrácení dob zasychání. Celková doba zasychání při koncentraci 0,06 hm.% je 7,2 hodin. Relativní tvrdost zaschlých nátěrů je menší než u alkydu S 401 X 60, což je způsobeno vyšší olejovou délkou alkydu. Alkydy střední olejové délky obsahují více mastných kyselin, které nátěr změkčují. Při koncentraci 0,06 hm.% je relativní tvrdost měřená po deseti dnech 22,3% a celková relativní tvrdost je 34%.

BzFe je v alkydové pryskyřici dlouhé olejové délky S 622 X 60 poměrně málo aktivní. Nátěry s koncentrací 0,01 – 0,06 hm.% mají celkovou dobu zasychání delší než 24 hodiny. Vysoká aktivita byla pozorována pouze při koncentraci 0,1 hm.%. Nátěr zaschnul do 1. stupně během 11,7 hodin a celková doba zasychání činila 15,2 hodiny. Nátěry mají poměrně vysokou tvrdost. Se vzrůstající koncentrací toho sikativu roste relativní tvrdost. Pro koncentraci 0,1 hm.% je relativní tvrdost po deseti dnech 22,4% a po sto dnech 34,2%.

**Tabulka 3 - Naměřena data dob zasychání a tvrdosti alkydů pro BzFc + S 401 X 60**

<b>BzFc + S401</b>				
koncentrace [hm.%]	$\tau_1$ [hod]	$\tau_2$ [hod]	H <sub>rel; 10d</sub> [%]	H <sub>rel; 100d</sub> [%]
0,01	>24	>24	4,4	39,5
0,03	15,0	20,8	33,3	41,6
0,06	7,2	14,7	35,1	41,6
0,1	3,5	8,4	35,0	42,3

**Tabulka 4 - Naměřena data dob zasychání a tvrdosti alkydů pro BzFc + S 471 X 60**

<b>BzFc + S471</b>				
koncentrace [hm.%]	$\tau_1$ [hod]	$\tau_2$ [hod]	H <sub>rel; 10d</sub> [%]	H <sub>rel; 100d</sub> [%]
0,01	10,9	>24	28,6	34,9
0,03	13,1	17,2	28,0	34,2
0,06	4,7	7,2	22,3	34,0
0,1	4,0	6,4	26,2	39,5

**Tabulka 5 - Naměřena data dob zasychání a tvrdosti alkydů pro BzFc + S 622 X 60**

<b>BzFc + S622</b>				
koncentrace [hm.%]	$\tau_1$ [hod]	$\tau_2$ [hod]	H <sub>rel; 10d</sub> [%]	H <sub>rel; 100d</sub> [%]
0,01	>24	>24	16,8	23,0
0,03	>24	>24	19,6	26,7
0,06	>24	>24	20,7	29,9
0,1	11,7	15,2	22,4	34,2

## 4 Závěr

Byla studovaná sikativační aktivita benzoylferrocenu v alkydových pryskyřicích různé olejové délky. Pro stanovení sikativační aktivity benzoylferrocenu jsme využili různé experimentální metody. Rychlost zasychání byla stanovena metodou pomocí hrotů a relativní tvrdost filmů byla určena metodou dle Persoze. Z naměřených dat je zřejmé, že benzoylferrocen funguje jako sikativ v podobných koncentracích jako komerční kobaltnaté sikativy. V alkydech krátké, střední olejové délky je tento sikativ aktivní při koncentracích 0,06 až 0,1 hm.%. U alkydu vyšší olejové délky byla pozorována sikativační aktivita pouze u koncentrace 0,1 hm.%.



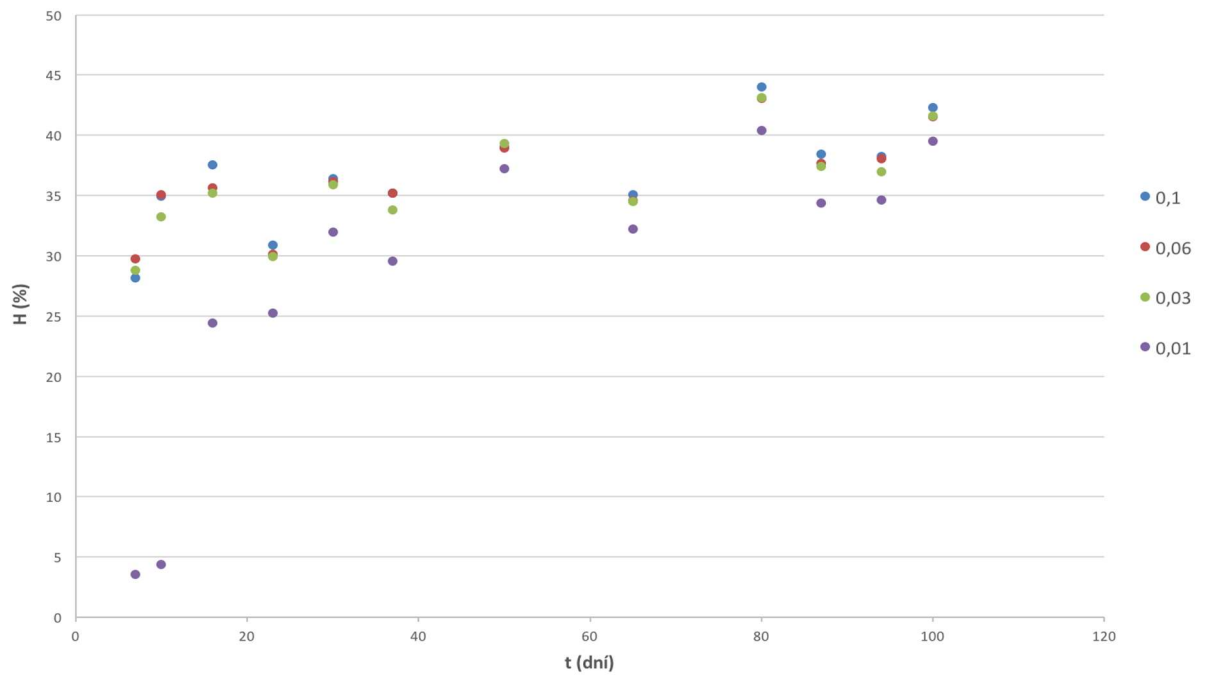
## 5 Literatura

- [1] FERETTI C.A, SPOTTI M.L, DI COSIMO J.I. Diglyceride-rich oils from glycerolysis of edible vegetable oils. *Catalysis Today*. **2018**, 302, 233-241. ISSN: 0920-5861.
- [2] CHEN Jiahao , OYOLA-REYNOSOL Stephanie, THUO Martin. Introduction to Plant Oils. *Bio-Based Plant Oil Polymers and Composites*, **2016**, 1–18. ISBN: 978-0-323-35833-0.
- [3] MIKULA, H. Energetické využití recyklovaných rostlinných olejů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, **2011**. 68 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
- [4] HONARY, Lou A. T. a Erwin RICHTER. Biobased Lubricants Technology. *Biobased Lubricants and Greases*, **2011**, 91-101. ISBN 9780470971956
- [5] JURAŠEK Jaroslav, KALENDA Petr, ŠNUPAREK Jaromir. Rostlinne oleje. *Chemie filmotvorných látek*. Univerzita Pardubice. Pardubice. **1998**, 1, 43-44. ISBN: 80-7194-169-7.
- [6] DOSTÁL, J., Bioorganická chemie. *Lékařská chemie*. Masarykova univerzita. Brno. **2007**, 2, 166-167. ISBN 978–80–210–3789–2
- [7] BENDA V., BABŮREK I., KOTRBA P., Mastne kyseliny a lipidy. *Základy biologie*. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha, **2006**, 1, 23-25. ISBN:80-7080-587-0.
- [8] GANDINI Alessandro, LACERDA Talita Martins. Introduction. *Polymers from Plant Oils*. **2015**, 1-6. ISBN: 978-1-90903-090-9.
- [9] KADLEC Pavel. *Technologie potravin*. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha, **2002**, 2, 88-97. ISBN: 80-7080-510-2.
- [10] TAUFEROVÁ Alexandra, OŠŤÁDALOVÁ Martina, JAVŮRKOVÁ Zdeňka, PETRÁŠOVÁ Michaela, ČÁSLAVKOVÁ Petra. Oleje a tuky. *Technologie a hygiena potravin rostlinného původu*. Univerzita Brno. Brno. **2014**, 1, 91-101. ISBN: 978-80-7305-693-3.
- [11] KADLEC Pavel, MELZUCH Karel, VOLDŘICH Michal, *Technologie potravin. Co byste měli vědět o výrobě potravin?*, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Ostrava , **2009**, 534 s. ISBN 978-80-7418-051-4.

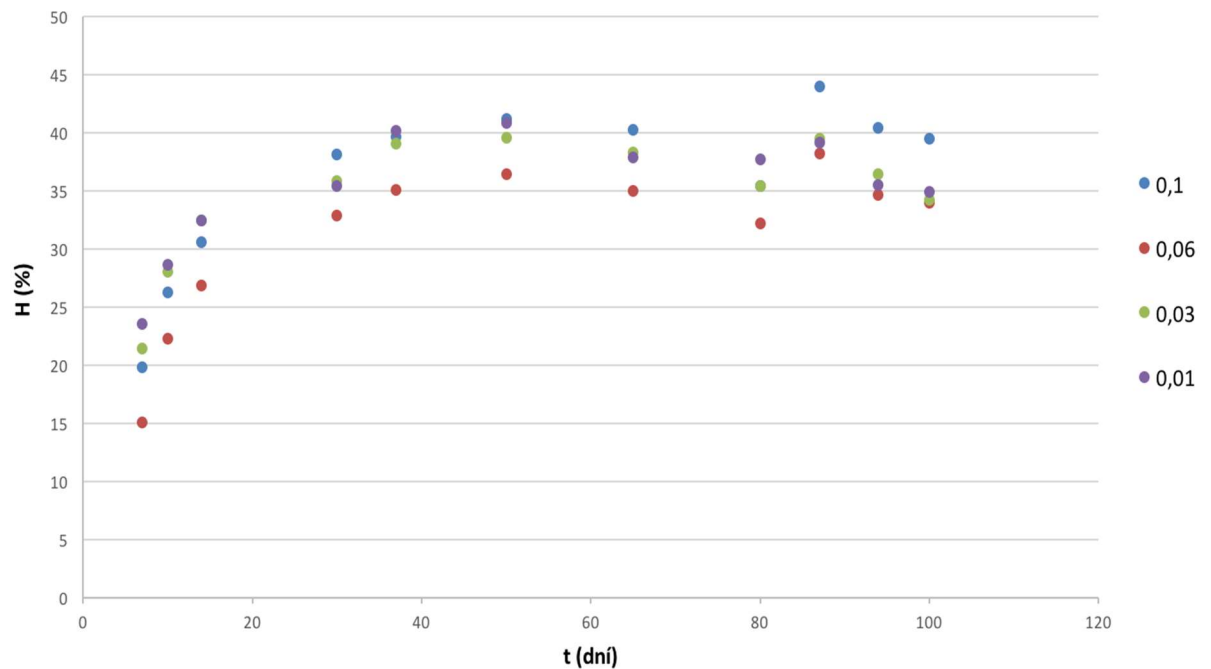
- [12] KUČEROVÁ, Jindřiška, PELIKÁN, Miloš, HŘIVNA, Luděk. *Zpracování a zbožiznalství rostlinných produktů*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, **2007**, 125. ISBN: 978-80-7375-088-6.
- [13] ČEPIČKA Jaroslav. Technologie olejů, tuků a detergentů. *Obecná potravinářská technologie*. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha, **1995**, 67-94. ISBN: 80-7080-239-1.
- [14] SLUKOVA Marcela. Tuky a oleje. *Výroba potravin a nutriční hodnota*. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha, **2016**, 162-167, ISBN: 978-80-7080-947-1.
- [15] MLEZIVA, Josef. Makromolekulární látky. *Polyestery, jejich výroba a zpracování*, Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, **1978**, 251-277.
- [16] IKLADIOUS, Nawal E., ASAAD Jeannette N., EMIRA Hassan S. a MANSOUR Samia H. Alkyd resins based on hyperbranched polyesters and PET waste for coating applications. *Progress in Organic Coatings* [online]. **2017**, 102, 217-224 [cit. 2018-05-05]. ISSN: 0300-9440.
- [17] PIERLOT Christel, ONTIVEROS Jesus F., ROYER Maxime, CATTÉ Marianne a SALAGER Jean-Louis. Emulsification of viscous alkyd resin by catastrophic phase inversion with nonionic surfactant. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* [online]. **2018**, 536, 113-124 [cit. 2018-05-09]. ISSN 09277757.
- [18] KARAK, N. Vegetable oil-based polyesters. *Vegetable Oil-Based Polymers* [online]. **2012**, 96-125, [cit. 2018-05-09]. ISBN: 9780857097101.
- [19] HE Zhongqi, CHAPITAL Dorselyn C., CHENG Huai N., THOMAS KLASSON K., OLANYA O. Modesto a UKNALIS Joseph. Application of tung oil to improve adhesion strength and water resistance of cottonseed meal and protein adhesives on maple veneer. *Industrial Crops and Products* [online]. **2014**, 61, 398-402 [cit. 2018-05-05]. ISSN: 0926-6690.
- [20] WICKS, Zeno W. Alkyd Resins. *Encyclopedia of Polymer Science and Technology* [online]. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, **2002**. ISBN: 04-7144-026-4.

- [21] ZUK Magdalena, RICHTER Dorota, MATULA Jan, SZOPA Jan. Linseed, the multipurpose plant. *Industrial Crops and Products*, **2015**, 75(B), 165-177. ISSN: 0926-6690.
- [22] FOX, N.J. a G.W. STACHOWIAK. Vegetable oil-based lubricants—A review of oxidation. *Tribology International*, **2007**, 40(7), 1035-1046 . ISSN 0301679X.
- [23] VANGORKUM, R a E BOUWMAN. The oxidative drying of alkyd paint catalysed by metal complexes. *Coordination Chemistry Reviews*. **2005**, 249(17-18), 1709-1728. ISSN 00108545.
- [24] SOUCEK, M.D., T. KHATTAB a J. WU. Review of autoxidation and driers. *Progress in Organic Coatings*. **2012**, 73(4), 435-454. ISSN 03009440.
- [25] LUKAVSKÝ Ladislav, BOUŠKA Stanislav, FIALA Václav. *Nátěrové hmoty*. Merkur, Praha, **1993**, 2, 314-317. ISBN: 80-7-32-313-2.

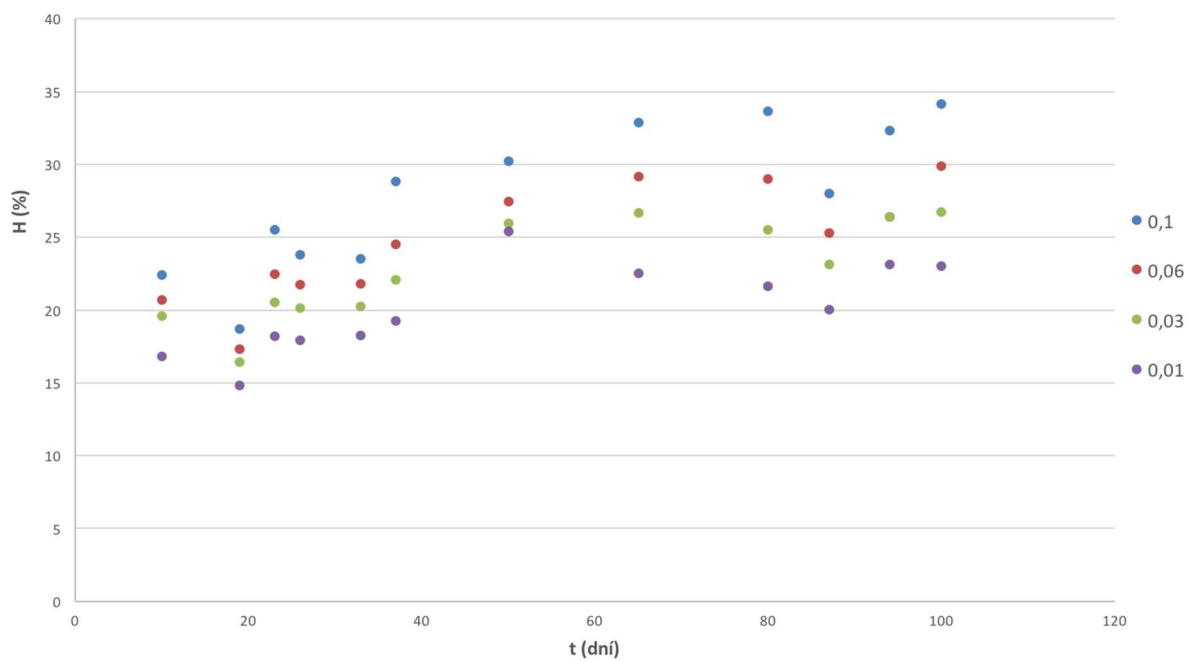
## PŘÍLOHY



Obrázek 8 - Závislost relativní tvrdosti BzFc + S401 X 60



Obrázek 9 - Závislost relativní tvrdosti BzFc + S471 X 60



**Obrázek 10 - Závislost relativní tvrdosti BzFc + S622 X 60**

## 6 Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 1 - nejběžnější mastné kyseliny.....	14
Obrázek 2 - Schéma výroby rostlinných olejů.....	15
Obrázek 3 - Alkydová pryskyřice.....	18
Obrázek 4 - Přístroj k měření doby zasychání.....	27
Obrázek 5 - Přístroj k měření tvrdosti.....	28
Obrázek 6 – skříňový exikátor.....	28
Obrázek 7 - tříbodový dotykový indikátor.....	29
Obrázek 8 - Závislost relativní tvrdosti BzFc + S401 X 60.....	36
Obrázek 9 - Závislost relativní tvrdosti BzFc + S477 X 60.....	36
Obrázek 10 - Závislost relativní tvrdosti BzFc + S622 X 60.....	37
Tabulka 1 - Složení běžných rostlinných olejů.....	13
Tabulka 2 - mechanismus autooxidace.....	20
Tabulka 4 - Naměřena data dob zasychání a tvrdosti alkydů pro BzFc + S 401 X 60.....	31
Tabulka 3 - Naměřena data dob zasychání a tvrdosti alkydů pro BzFc + S 471 X 60.....	31
Tabulka 5 - Naměřena data dob zasychání a tvrdosti alkydů pro BzFc + S 622 X 60.....	31

## ÚDAJE PRO KNIHOVNICKOU DATABÁZI

Název práce	Vliv benzoylferrocenu na rychlost autooxidace
Autor práce	Anna Petkevich
Obor	Farmakochemie a medicínální materiály
Rok obhajoby	2018
Vedoucí práce	Ing. Jan Honzíček, Ph.D.
Anotace	Tato bakalářská práce je zaměřena na studium vlivu benzoylferrocenu na rychlost autooxidace u zasychání alkydových pryskyřic. Teoretická část je zaměřena na rozdělení rostlinných olejů, alkydových pryskyřic a mechanismus autooxidace. V praktické části je popsáno měření rychlosti zasychání a stupně tvrdosti pro různé typy alkydů s různou koncentrací benzoylferrocenu.
Klíčová slova	<ul style="list-style-type: none"><li>- Sikativ</li><li>- Rostlinné oleje</li><li>- Alkydy</li><li>- Autooxidace</li></ul>