



## Chemistry and Industry for Teachers in European Schools

# ODHALOVÁNÍ CHEMIE KOLEM NÁS

Zajímavé chemické experimenty s  
látkami kolem nás

Hana Böhmová, Dana Pisková, Renata Šulcová

Konečná verze:

Eva Stratilová Urválková a Hans Joachim Bader



Education and Culture

**Socrates**  
Comenius



CITIES (*Chemistry and Industry for Teachers in European Schools*, nebo-li *Chemie a průmysl pro učitele evropských škol*) je projekt programu COMENIUS, který se zaměřuje na vytváření výukových materiálů pro učitele chemie, jež se snaží zatraktivnit své hodiny chemie tím, že se snaží vyučovaná témata začlenit do kontextu chemického průmyslu a každodenního života.

Projektu CITIES se účastní následující organizace:

- Goethe-Universität Frankfurt, Německo, <http://www.chemiedidaktik.uni-frankfurt.de>
- Česká společnost chemická, Praha, Česká republika, <http://www.csch.cz/>
- Jagiellonian University, Krakov, Polsko, [http://www.chemia.uj.edu.pl/index\\_en.html](http://www.chemia.uj.edu.pl/index_en.html)
- Hochschule Fresenius, Idstein, Německo, <http://www.fh-fresenius.de>
- European Chemical Employers Group (ECEG; Skupina evropských chemických zaměstnavatelů), Brusel, Belgie, <http://www.eceg.org>
- Královská chemická společnost, Londýn, Velká Británie, <http://www.rsc.org/>
- European Mine, Chemical and Energy Workers' Federation (EMCEF; Federace evropských těžebních, chemických a energetických společností), Brusel, Belgie, <http://www.emcef.org>
- Nottingham Trent University, Nottingham, Velká Británie, <http://www.ntu.ac.uk>
- Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh; Německá chemická společnost), Frankfurt/Main, Německo, <http://www.gdch.de>
- Institut Químic de Sarrià, Universitat Ramon Llull, Barcelona, Španělsko, <http://www.iqs.url.edu>

Další organizace zapojené do projektu CITIES:

- Newcastle-under-Lyme School, Staffordshire, Velká Británie
- Masarykova střední škola chemická, Praha, Česká republika
- Astyle linguistic competence, Vídeň, Rakousko
- Univerzita Karlova v Praze, Praha, Česká republika



**Tento projekt je financovaný za podpory Evropské komise. Publikace vydané v rámci projektu vyjadřují pouze názory autorů, Evropská komise nenesе žádnou zodpovědnost za jakékoli následky způsobené přenosem/využitím informací z těchto publikací. CITIES tým předpokládá, že všichni, kteří využívají uvedený experimentální materiál, znají a dodržují bezpečnostní i jiné předpisy závazné v jednotlivých zúčastněných zemích. CITIES nenesе žádnou zodpovědnost za případné škody vzniklé nesprávným provedením uvedených postupů.**

---

## SEZNAM EXPERIMENTŮ

---

Následující sada experimentů obsahuje experimenty připravené kolegy z Německa a České republiky. Tyto pokusy jsou zaměřeny na látky, se kterými se poměrně často setkáváme v běžném životě (např. obalové materiály, umělá pryskyřice, plasty, potraviny) a ve kterých mohou být analyzovány různé komponenty.

- Tloušťka hliníkové vrstvy v obalových materiálech
- Dřevotříska
- Polyuretan z ricinového oleje
- Příprava nylonového vlákna
- Redukční účinky vitamínu C
- Vitamín C v ovoci a zelenině
- Důkaz redukujících cukrů
- Důkaz bílkovin
- Příprava bionafty
- Fluorescence rostlinných barviv

---

## TLOUŠŤKA HLINÍKOVÉ VRSTVY V OBALOVÝCH MATERIÁLECH

---

**ÚKOL** Určete hmotnost hliníku ve vzorku obalového materiálu a tloušťku hliníkové vrstvy.

**ZÁKLADY** Hliníková vrstva vložená mezi PE folie (například v nápojových kartonech) brání průchodu světla, pachů, vodní páry a kyslíku. Materiál má malou hmotnost, dobrou opracovatelnost a je pevný. Vrstva je vytvořena buď technikou napařování (nelze použít na papír a lepenku) nebo laminování, silnější vrstvy jsou lepeny. Tloušťka vrstvy se určí na základě plochy vrstvy, hustoty a hmotnosti obsaženého hliníku. Hmotnost hliníku lze stanovit rozpuštěním v kyselině a následnou titrací hlinitých iontů chelatonem III.

**DOBA TRVÁNÍ** 1. den: 15 min; 2. den: 30 min

**POMŮCKY** váhy (miligramová přesnost), nůžky, pipeta (10 ml), odměrný válec, kádinky (25 ml, 250 ml, 500 ml), malé hodinové sklo, byreta (50 ml) s malou nálevkou, velká nálevka, filtrační papír, kahan, titrační baňka, univerzální indikátorové papírky

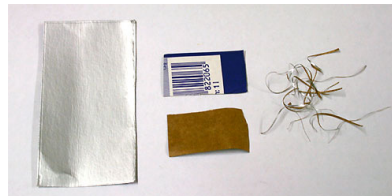
**CHEMIKÁLIE** roztok chelatonu III (DiNa-EDTA,  $c = 0,1 \text{ mol/l}$ ), xyleneolová oranž (na špičku špachtle rozpuštěno v 1 ml vody), síran zinečnatý ( $c = 0,1 \text{ mol/l}$ ), kyselina chlorovodíková ( $w = 18 \%$ ), kyselina chlorovodíková ( $c = 2 \text{ mol/l}$ ), octan sodný  
vrstvená folie s obsahem hliníku – nápojové kartony (zbavené papírové vrstvy – odtrhnout, odmáčet pod vodou), obal od másla, případně sáček na chipsy (velmi tenká vrstva – potřeba většího množství) či alobal

**BEZPEČNOST** EDTA (dráždivý, Xi), síran zinečnatý (dráždivý, Xi, nebezpečný pro životní prostředí, N), kyselina chlorovodíková (dráždivá, C)

**POSTUP** 1. den – *Reakce hliníkové vrstvy s kyselinou chlorovodíkovou:*  
50 cm<sup>2</sup> vrstvené folie (u tenkých vrstev 100 cm<sup>2</sup>) rozstříhejte na co nejužší proužky šířky 1 až 2 mm. Ty dále rozstříhejte a vložte do 250ml kádinky. Přidejte

10 ml kyseliny chlorovodíkové ( $w = 18 \%$ ) a hrdlo nádoby překryjte malým hodinovým sklem. Nechejte směs reagovat přes noc.

Rozstříhání obalového materiálu na proužky.



Odstranění papírové vrstvy odmočením ve vodě.



## 2. den – Stanovení množství hliníku ve vrstvě

Obsah nádoby přefiltrujte do titrační baňky a nádobku se zbytky obalu dvakrát vypláchněte destilovanou vodou, kterou přidejte k filtrátu, abyste přenesli skutečně všechny vzorek. K takto získanému vzorku přidejte 50 ml roztoku chelatonu III ( $c = 0,1 \text{ mol/l}$ ) a 1 ml kyseliny chlorovodíkové ( $c = 2 \text{ mol/l}$ ), roztok zahřívejte 10 minut na vroucí vodní lázni. Hlinité ionty se kvantitativně vážou přebytkem chelatonu III.

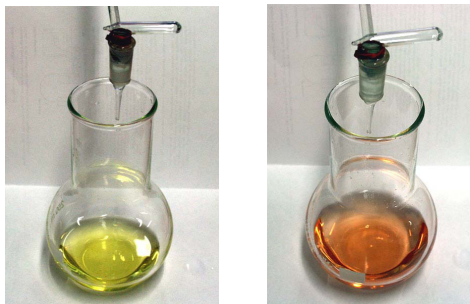
Zbytky proužků obalu.



Zahřívání filtrátu na vodní lázni.



Po ochlazení přidejte několikrát na špičku špachtle octanu sodného, až pH dosáhne hodnoty mezi 5 a 6. (Při nižším pH nedojde v bodě ekvivalence k barevnému přechodu!) Přidejte 3 kapky vodného roztoku xylenolové oranže a titrujte roztokem síranu zinečnatého ( $c = 0,1 \text{ mol/l}$ ) až do ostrého přechodu ze žluté do červené (nadbytek zinečnatých iontů tvoří červený komplex s xylenolovou oranží).



Barva indikátoru před (vlevo) a po (vpravo) bodu ekvivalence.

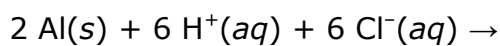
### POZOROVÁNÍ

Po přidání kyseliny chlorovodíkové ke kouskům obalu je po chvíli zřetelný vývin vodíku v roztoku. Směs se nechala reagovat přes noc.

Na začátku titrace byl roztok žlutý. Po přidání stechiometrického množství síranu zinečnatého se barva změnila na oranžovou.

### VYHODNOCENÍ

Kyselina chlorovodíková reaguje s hliníkem za vzniku hlinitých iontů a vodíku:



Přebytek chelatonu III, který nezreaguje s hlinitými ionty, je stanoven zpětnou titrací. Protože koncentrace roztoků chelatonu III i roztoku síranu zinečnatého jsou stejné, odpovídá 1 ml spotřebovaného roztoku síranu zinečnatého 1 ml přebytku roztoku chelatonu III. Z rozdílu celkového a přebytečného objemu chelatonu III získáte objem chelatonu III navázaného na hlinité ionty. Z molárních hmotností obou látek vyplývá, že 1 ml použitého odměrného roztoku chelatonu III odpovídá hmotnosti hliníku 2,698 mg.

Tloušťku hliníkové vrstvy ( $t$ ) v centimetrech vypočtete jako podíl objemu hliníku ( $V$ ) a plochy vrstvy ( $A$ , 50, resp. 100 cm<sup>2</sup>). Objem hliníku lze vyjádřit jako podíl hmotnosti hliníku zjištěné titrací a hustoty hliníku (2,7 g/cm<sup>3</sup>):

$$t = \frac{V}{A} = \frac{m}{\rho \cdot A}$$

Příklad: Při pokusném provedení byl použit obdélník kartonu o rozměrech 4x8 cm. Spotřeba síranu zinečnatého při zpětné titraci byla 33,4 ml, čemuž odpovídá 44,63 mg hliníku. Dle uvedeného vztahu je po



dosazení spočítána tloušťka hliníkové vrstvy jako 5,2  $\mu\text{m}$ .

V literatuře se uvádí tloušťka 6,5  $\mu\text{m}$  pro nápojový karton, u sáčku na chipsy 0,05  $\mu\text{m}$ .

#### **LIKVIDACE ODPADŮ**

Zředěná kyselina je neutralizována a vylita do odpadu. Síran zinečnatý se likviduje jako sůl těžkých kovů.

#### **LITERATURA**

B. Landsgesell, H. J. Bader: *MNU* 57:5 (2004), 285–289. (Německy)



---

## DŘEVOTŘÍSKA

### PŘÍPRAVA MOČOVINOFORMALDEHYDOVÉ PRYSKYŘICE

---

<b>ÚKOL</b>	Připravte močovino-formaldehydovou pryskyřici a zkoumejte vlastnosti pryskyřice vyrobené různými postupy.
<b>ZÁKLADY</b>	Močovino-formaldehydové pryskyřice se používají hlavně k výrobě dřevotřísky. Dřevotříska je levnější materiál než opracované dřevo.
<b>DOBA TRVÁNÍ</b>	15 min
<b>POMŮCKY</b>	kádinka 200 ml, skleněná tyčinka, topná deska, sušárna, skleněná nádobka s víčkem (asi 50 ml), pH-papírky, 2 porcelánové misky (d = cca 50 ml)
<b>CHEMIKÁLIE</b>	37% roztok formaldehydu, močovina, chlorid amonný, 40% hydroxid sodný, 10 % kyselina sírová, indikátorový papírek
<b>BEZPEČNOST</b>	formaldehyd (jedovatý, T); chlorid amonný (škodlivý, Xn); hydroxid sodný (žiravý, C); kyselina sírová (žiravá, C)
<b>POSTUP</b>	V digestoři v kádince za stálého míchání skleněnou tyčinkou postupně přidávejte 15 g močoviny ke 30 ml roztoku formaldehydu. Vznikne bezbarvá, viskózní kapalina. Směs zahřejte na 90 °C, okyselte několika kapkami kyseliny sírové a míchejte tak dlouho, až vznikne velmi viskózní hmota. (Pozor, směs může začít prudce vřít, hrozí vystříknutí obsahu z kádinky!) Viskózní hmotu pak rychle neutralizujte několika kapkami koncentrovaného hydroxidu sodného.

Rozpuštění močoviny ve formaldehydu.



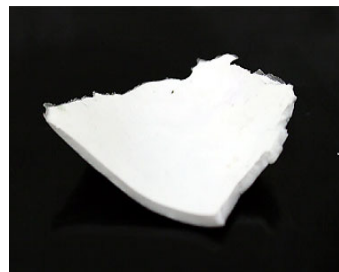
Vzniklý reakční produkt rozdělte na tři části. Jeden díl uložte do uzavřené skleněné nádoby, druhý uložte v porcelánové misce do sušárny při 120 °C na 40-60 min, ke třetímu na porcelánové misce přidejte asi 3 g chloridu amonného a uložte na 40 – 60 minut do sušárny (120°C).

### POZOROVÁNÍ

Po přidání močoviny k formaldehydu se rychle vytvoří viskózní kapalina. Reakce je poměrně rychlá, proto směs neustále míchejte, aby neměla tendenci vykypět.

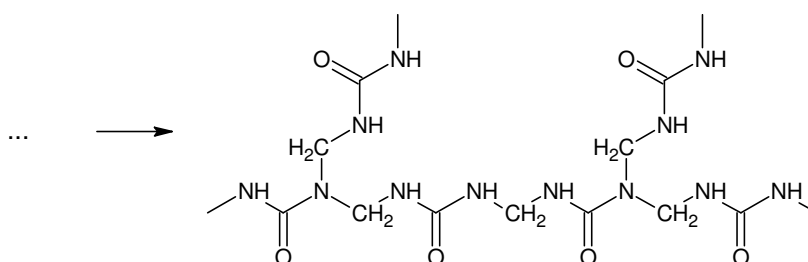
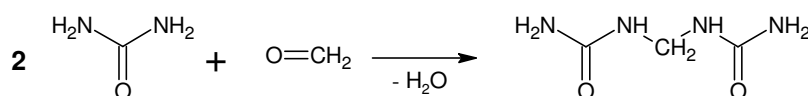
Nezahříváný vzorek pryskyřice je ještě po několika dnech viskózní. Druhý díl vytvořil pevnou ale křehkou pryskyřici, kterou lze rozetřít na prášek. Vzorek obsahující chlorid amonný se přeměnil na mechanicky velmi odolný produkt, který ve třecí misce nelze rozmělnit na prášek.

Močovino-formaldehydová pryskyřice vytvořená různými postupy.



### VYHODNOCENÍ

Pryskyřice vzniká polykondenzací formaldehydu a močoviny a dále teplem kondenzuje na pevný materiál. Chlorid amonný slouží jako tvrdidlo.





Pryskyřice vznikající reakcí formaldehydu a močoviny nebo látkami podobnými melaninu, se používají jako lepidla.

**LIKVIDACE ODPADŮ**

Formaldehyd zlikvidujte jako organický odpad. Kyselinu chlorovodíkovou a hydroxid sodný lze zneutralizovat a vylít.

**LITERATURA**

H. J. Bader, A. Lühken: Naturwissenschaften im Unterricht Chemie 10:50 (1999), 3336. (Německy.)

---

## DŘEVOTŘÍSKA

### HYDROLÝZA PRYSKYŘICE A IDENTIFIKACE PRODUKTŮ V HYDROLYZÁTU

---

<b>ÚKOL</b>	Provedte hydrolýzu močovino-formaldehydové pryskyřice vroucí vodou a dokažte vzniklé produkty hydrolýzy.
<b>DOBA TRVÁNÍ</b>	30 min
<b>POMŮCKY</b>	kádinka (100 ml); 8 zkumavek; kahan, špachtle, popř. pH-metr
<b>CHEMIKÁLIE</b>	ureáza, fenolftalein, Schiffovo činidlo (0,1% fuchsin odbarvený oxidem siřičitým), kyselina sírová, disodná sůl kyseliny chromotropové; pryskyřice připravená v předcházejícím pokusu
<b>BEZPEČNOST</b>	disodná sůl kyseliny chromotropové (dráždivý, Xi), kyselina sírová (žíravá, C)
<b>POSTUP</b>	<p><i>Hydrolýza:</i></p> <p>Do zkumavky s asi 20 ml vařící destilované vody přidejte kousek umělé pryskyřice velikosti hrachu, nechte asi 10 minut povařit a ochladte na 30 °C. Získaný roztok se rozdělte do tří zkumavek označených HV1, HV2 a HV3.</p> <p>Obdobně velký kousek pryskyřice nechte stejnou dobu louhovat ve studené vodě za pokojové teploty. Hydrolyzát opět rozdělte do tří zkumavek, označených SV1, SV2 a SV3.</p> <p>V roztoku dokažte formaldehyd a močovinu níže popsaným způsobem. Porovnejte množství formaldehydu/močoviny uvolněné ve studené a ve vroucí vodě.</p> <p><i>1. Důkaz močoviny (zkumavka HV1 and SV1):</i> K hydrolyzátu v prvních zkumavkách přidejte několik kapek fenolftaleinu a na špičku špachtle ureázy, krátce silně protřepte. Vyčkejte pár minut a pozorujte změny.</p> <p><i>2. Důkaz formaldehydu (zkumavky HV2 s SV2):</i> Přidejte 1-2 ml Schiffova činidla do zkumavek. Počkejte pár minut a pozorujte změny barvy.</p>

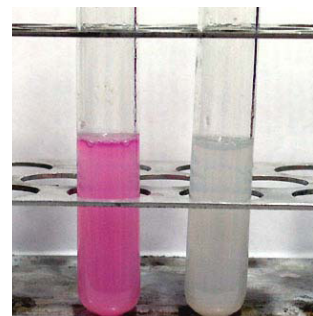
3. *Důkaz formaldehydu chromotropovou kyselinou (zkumavky HV3 a SV3):*

Ve zkumavce rozpustíte malé množství (na špičku špachtle) disodné soli kyseliny chromotropové v cca 3 ml koncentrované kyseliny sírové. Takto připravené činidlo pomalu opatrně přilijte k hydrolyzátu ve třetí zkumavce. (Pokud se nebude nic dít, zahřejte roztok na vodní lázni.)

**POZOROVÁNÍ**

1. Po přidání fenolftaleinu a malého množství ureázy ke vzorkům *HV1* a *SV1* se po chvíli barva ve zkumavce *HV1* změní na růžovou.

Důkaz močoviny v hydrolyzátu za tepla (vlevo). Ve studené vodě není přítomen produkt hydrolýzy.



2. Oba vzorky po zhruba minutě reagují s Schiffovým činidlem: mění barvu na růžovou. Výraznější odstín je u vzorku připraveného s horkou vodou.

Důkaz formaldehydu Schiffovým činidlem v hydrolyzátu pryskyřice: hydrolyzát v teplé vodě (vlevo), hydrolyzát ve studené vodě (vpravo).



3. Po přidání chromotropové kyseliny se po minutě změní barva vzorku na modrofialovou. Silnější odstín se objevuje u hydrolyzátu z teplé vody.

Důkaz formaldehydu pomocí chromotropové kyseliny: hydrolyzát v teplé vodě (vlevo), hydrolyzát ve studené vodě (vpravo).



**VYHODNOCENÍ**

Změna barvy po přidání fenolftaleinu a ureázy je způsobena rozštěpením řetězce pomocí ureázy. Uvolněný amoniak způsobuje zásaditou reakci (pro důkaz lze použít i pH metr). Obsah amoniaku uvolněný v hydrolyzátu získaném za studena není dostatečně velký na to, aby způsobil viditelnou barevnou změnu indikátoru.

Schiffovo činidlo: formaldehyd reaguje s oxidem uhličitým na adukt, přičemž se uvolňuje Fuchsin.

Kyselina chromotropová reaguje s formaldehydem za vzniku modro-fialového komplexu.

Močovino-formaldehydové pryskyřice nejsou látky stabilní ve vodě, což musí mít člověk na paměti, jestliže je chce používat jako pojiva. V horké vodě probíhá hydrolyza rychleji než ve studené vodě.

**LIKVIDACE ODPADŮ**

Schiffovo činidlo a chromotropovou kyselinu zlikvidujte jako organický odpad.

---

## DŘEVOTŘÍSKA

### HYDROLÝZA DŘEVOTŘÍSKY A DŮKAZ SLOŽEK POJIVA

---

<b>ÚKOL</b>	Provedte hydrolýzu formaldehydové pryskyřice obsažené v dřevotřískové desce a dokažte vzniklé produkty.
<b>DOBA TRVÁNÍ</b>	15 min
<b>POMŮCKY</b>	kádinka (500 ml); 3 zkumavky; kahan nebo varná deska
<b>CHEMIKÁLIE</b>	ureáza; fenolftalein; kousky dřevotřísky; Schiffovo činidlo (0,1% fuchsin odbarvený oxidem siřičitým); Bradyho činidlo (1 g 2,4-dinitrofenylhydrazinu se rozpustí v 5 ml koncentrované kyseliny sírové. Opatrně se přidává zředěný ethanol (7 ml vody, 25 ml ethanolu). Nečistoty se nechají usadit.)
<b>BEZPEČNOST</b>	Bradyho činidlo (hořlavé, F; zdraví škodlivé, Xn)
<b>POSTUP</b>	<p><i>Hydrolýza:</i></p> <p>V kádince uveďte do varu 200 ml vody. Přidejte několik kousků dřevotřísky a směs vařte tak dlouho, dokud se kousky nerozpadnou (10 – 15 minut). Třísky nechejte usadit, slijte roztok a rozdělte jej do tří zkumavek. Označte zkumavky 1, 2, 3.</p> <p><i>1. Důkaz močoviny (zkumavka 1):</i> Do první zkumavky přidejte pár kapek fenolftaleinu a na špičku kopistu ureázy. Protřepete.</p> <p><i>2. Důkaz formaldehydu (karbonylové skupiny) Schiffovým činidlem (zkumavka 2):</i> Do druhé zkumavky dejte 1-2 ml Schiffova činidla.</p> <p><i>3. Důkaz formaldehydu Bradyho činidlem (zkumavka 3):</i> Do třetí zkumavky přidejte 5 ml Bradyho činidla.</p>
<b>POZOROVÁNÍ</b>	1. Po přidání fenolftaleinu a malého množství ureázy se první podíl po 1-2 minutách zbarvil do růžova, viz obrázek v minulém experimentu.

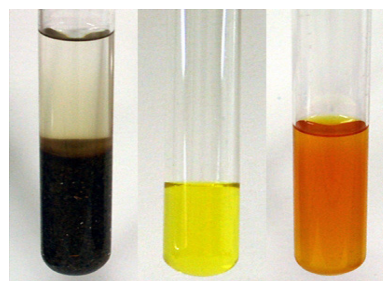
2. Druhý vzorek reagoval s Schiffovým činidlem po asi minutě: došlo ke změně barvy na růžovou.

Hydrolyzát dřevostřísky (vlevo); Schiffovo činidlo (uprostřed); reakce s formaldehydem (vpravo).



3. Po přidání Bradyho činidla ke třetímu podílu změnil roztok barvu na oranžovou.

Hydrolyzát dřevostřísky (vlevo); Bradyho činidlo (uprostřed); reakce s formaldehydem (vpravo).



### VYHODNOCENÍ

Ureáza způsobuje rozpad močoviny za současného uvolnění amoniaku, který způsobuje alkalickou reakci prostředí, která se projevuje změnou barvy indikátoru (lze použít i pH metr).

Schiffovo činidlo: formaldehyd reaguje s oxidem siřičitým na adukt, přičemž se uvolňuje Fuchsin.

Bradyho činidlo (2,4-dinitrofenylhydrazin) reaguje s formaldehydem za vzniku oranžového hydrazonu.

### LIKVIDACE ODPADŮ

Všechny roztoky se likvidují jako organický odpad. Bradyho a Schiffovo činidlo se uchovávají pro další použití.

### LITERATURA

H. J. Bader, A. Lühken: Naturwissenschaften im Unterricht Chemie 10:50 (1999), 3336. (Německy.)

R. Šulcová, H. Böhmová: Netradiční experimenty z organické a praktické chemie. Praha, UK PŘF 2007, s. 65–66. ISBN 978-80-86561-81-3.

### RADY

2,4-dinitrofenylhydrazin je v pevném stavu nebezpečná látka a proto by jeho roztok měl být asistentem připraven před laboratorním cvičením.



## POLYURETAN Z RICINOVÉHO OLEJE

<b>ÚKOL</b>	Připravte polyuretanovou pryskyřici z ricinového oleje.
<b>DOBA TRVÁNÍ</b>	5-10 min
<b>POMŮCKY</b>	zkumavky, špachtle, odměrná pipeta (1 ml)
<b>CHEMIKÁLIE</b>	ricinový olej z lékárny, 1,4-diazabicyclo[2.2.2]oktan (nebo sacharóza, viz rady), toluen-2,4-diisokyanát nebo difenylmethan-diisokyanát
<b>BEZPEČNOST</b>	toluen-2,4-diisokyanát (toxický, T); 1,4-diazabicyclo[2.2.2]oktan (hořlavý, F; škodlivý, Xn)
<b>POSTUP</b>	Ve zkumavce smíchejte 2 g ricinového oleje s 0,6 ml diisokyanátu. Poté přidejte několik krystalků aktivátoru 1,4-diazabicyclo[2.2.2]oktanu a opět zamíchejte.
<b>POZOROVÁNÍ</b>	<p>Během několika minut se po přidání aktivátoru vytvoří pevná polyuretanová pryskyřice, někdy se může vytvořit pěna.</p> <p>(Pokud reakce neprobíhá, zahřejte zkumavku na vodní lázni.)</p>
<b>VYHODNOCENÍ</b>	<p>Polyuretan je polyadukt, který vzniká reakcí monomeru obsahujícího alespoň dvě isokyanátové funkční skupiny s monomerem obsahujícím alespoň dvě hydroxylové skupiny. Reakce probíhá po přidání katalyzátoru (aktivátoru).</p> $\text{O}=\text{C}=\text{N}-\text{R}^1-\text{N}=\text{C}=\text{O} + \text{HO}-\text{R}^2-\text{OH} \xrightarrow{\text{kat.}}$ $\left[ \begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{C}-\text{N}-\text{R}^1-\text{N}-\text{C} \\    \quad   \quad    \\ \text{O} \quad \text{H} \quad \text{O} \\   \quad \quad \quad   \\ \text{O}-\text{R}^2-\text{O} \end{array} \right]_n$ <p>Malé množství vody reaguje s isokyanátem za vzniku diaminu a oxidu uhličitého, který napění produkt.</p>
<b>LIKVIDACE ODPADŮ</b>	Polyuretan i sklo zlikvidujte jako zbytkový odpad.

**LITERATURA**

H. Sommerfeld, R. Blume, H. J. Bader: *Praxis der Naturwissenschaften Chemie in der Schule* **39:2** (1990), 28. (Německy.)

**RADY**

Místo 1,4-diazabicyclo[2.2.2]oktanu lze použít sacharózu, která má ale horší účinnost.

---

## PŘÍPRAVA NYLONOVÉHO VLÁKNA

---

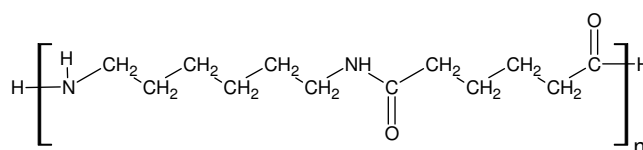
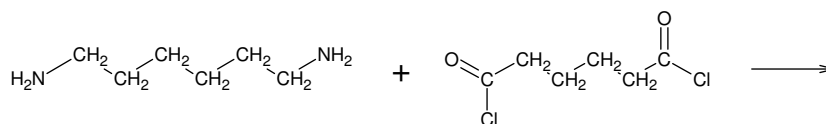
<b>ÚKOL</b>	Připravte nylonové vlákno a vyzkoušejte jeho pružnost, pevnost, a další vlastnosti.
<b>DOBA TRVÁNÍ</b>	5-10 min
<b>POMŮCKY</b>	kádinky (2x 50 ml); skleněná tyčinka; pinzeta
<b>CHEMIKÁLIE</b>	roztok A (0,22 g dichloridu kyseliny adipové v 6 ml heptanu); roztok B (0,35 g hexan-1,6-diaminu (= hexamethylendiaminu) v 6 ml methanolu; ethanol; aceton
<b>BEZPEČNOST</b>	dichloridu kyseliny adipové (žiravý, C); heptan (hořlavý, F; dráždivý, Xn; nebezpečný pro ž.p., N); hexamethylendiamin (dráždivý, C); methanol (hořlavý, F); ethanol (hořlavý, F); aceton (hořlavý, F; škodlivý, Xn; dráždivý, Xi)
<b>POSTUP</b>	Do úzké vyšší kádinky s roztokem A opatrně vlijeme po tyčince na stěnu roztok B tak, aby nedošlo k promíchání. Na rozhraní obou fází dojde k reakci, vznikne jemný film, který uchopíme pinzetou, vytáhneme nad hladinu a namotáváme na pinzetu nebo na tyčinku jako souvislé syntetické vlákno. Získané vlákno promyjeme v ethanolu, acetonu a několik minut pod tekoucí vodou. Vyzkoušejte elasticitu vlákna jemným natahováním.
<b>POZOROVÁNÍ</b>	Po opatrném převrstvení roztokem B se na rozhraní vytvořila tenká vrstva filmu. Podle zručnosti lze vytáhnout různě dlouhé vlákno. Vlákno odolalo natahování – je to velmi elastický materiál.

Příprava nylonového vlákna.



### VYHODNOCENÍ

Nylon vzniká reakcí diaminu a dikarboxylové kyseliny, čímž dojde ke vzniku peptidových vazeb na obou koncích monomeru. Jsou dva základní typy nylonu: Nylon 6,6 a Nylon 6.



Nylon 6,6

Nylon 6 (poly-ε-amino-kaprová kyselina) se vyrábí z epsilon-kaprolaktamu.

### LIKVIDACE ODPADŮ

Všechny chemikálie se likvidují jako organický odpad.

### LITERATURA

R. Šulcová, H. Böhmová: *Netradiční experimenty z organické a praktické chemie*. Praha, UK PŘF 2007, s. 63–64. ISBN 978-80-86561-81-3. (Česky.)

### RADY

Na trhu je dostupná komerční sada pro výrobu nylonového vlákna.

---

## REDUKČNÍ ÚČINKY VITAMINU C (KYSELINA ASKORBOVÁ)

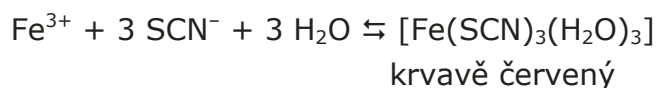
---

<b>ÚKOL</b>	Pozorujte redukční účinky vitamínu C.
<b>DOBA TRVÁNÍ</b>	5-10 min
<b>POMŮCKY</b>	zkumavky, stojan na zkumavky, kapátka, odměrné válce 100 ml a 5 ml, kádinka 250 ml
<b>CHEMIKÁLIE</b>	0,1 % síran železitý, thiokyanatan amonný ( $c(\text{NH}_4\text{SCN}) = 1 \text{ mol/l}$ ), tablety s obsahem vitamínu C, destilovaná voda
<b>BEZPEČNOST</b>	síran železitý (dráždivý, Xi); thiokyanatan amonný (škodlivý, Xn)
<b>POSTUP</b>	Tabletu rozpusťte v kádince ve 100 ml destilované vody. Nalijte 5 ml roztoku síranu železitého do zkumavky a přidejte několik kapek roztoku thiokyanatanu amonného. Po pečlivém promíchání se přidejte 5 ml roztoku tablety a směs znovu důkladně promíchejte
<b>POZOROVÁNÍ</b>	Po přidání pár kapek thiokyanátu k roztoku železité soli se původní barva změnila na tmavě červenou. Roztok vitamínu C naopak po přidání roztok odbarvil.

Odbarvení červeného komplexu  $[\text{Fe}(\text{SCN})_3(\text{H}_2\text{O})_3]$  po přilítí roztoku vitamínu C (vpravo).

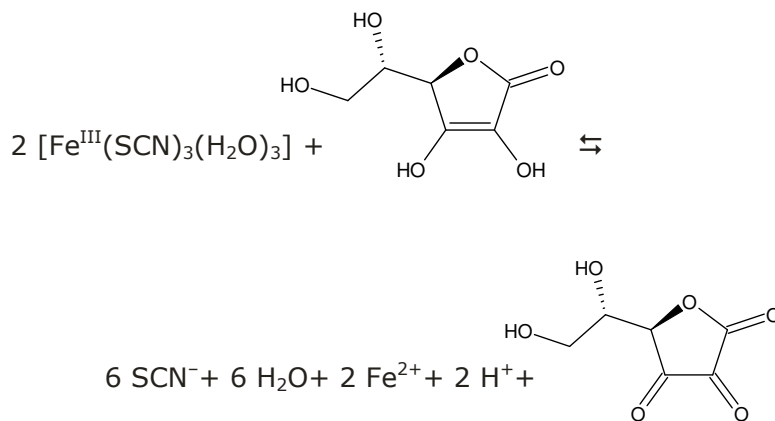


**VYHODNOCENÍ** Železité kationty reagují s thiokyanátovými aniony za vzniku krvavě červeného komplexu (reakce se používá pro kvalitativní důkaz železitých iontů):



Železité ionty jsou redukovány vitaminem C (kyselina

askorbová) na ionty železnaté, které s thiokyanátem netvoří komplex, a proto dochází k odbarvení roztoku:



Kyselina askorbová je oxidována na dehydroaskorbovou kyselinu.

#### LIKVIDACE ODPADŮ

Chemikálie se likvidují jako odpad s těžkými kovy.

#### LITERATURA

R. Šulcová, H. Böhmová: *Netradiční experimenty z organické a praktické chemie*. Praha, UK PŘF 2007, p. 63–64. ISBN 978-80-86561-81-3. (Česky.)

#### RADY

Není nutné připravovat roztok vitamínu C: kousek tablety lze přímo vhodit do zkumavky s červeným komplexem. Kromě tablet lze použít i kyselinu askorbovou.

Snadnou oxidovatelnost iontů  $\text{Fe}^{2+}$  vzdušným kyslíkem – zejména v zásaditém prostředí – prokážeme tak, že roztok síranu železnatého mírně zalkalizujeme zředěným amoniakem a mícháme na vzduchu 1 – 2 minuty. Po okyselení zředěnou kyselinou chlorovodíkovou je možno vzniklé ionty  $\text{Fe}^{3+}$  dokázat thiokyanátem.

## VITAMIN C V OVOCI A ZELENINĚ

**ÚKOL** Ověřte přítomnost vitamínu C (askorbová kyselina) ve vzorcích ovoce a zeleniny.

**DOBA TRVÁNÍ** 15 min

**POMŮCKY** třecí miska s tloučkem, filtrační kruh, nálevka, filtrační papír, zkumavky a pipety (počet závisí na počtu vzorků); popisovač

**CHEMIKÁLIE** 5% roztok chloridu železitého, 5% roztok hexakvanoželezitanu draselného, tableta vitamínu C, askorbová kyselina, destilovaná voda

vzorek jablka, citrónu, cibule, mrkve, brambory apod.

**BEZPEČNOST** chlorid železitý (škodlivý, Xn)

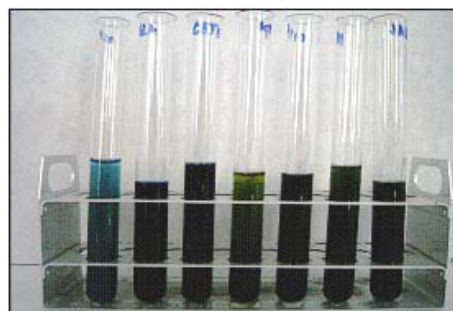
**POSTUP** Do jedné zkumavky připravte 20 ml roztoku vitamínu C z tablety nebo rozpuštěním kyseliny askorbové. Jednotlivé zkumavky označte názvy vzorků.

Rozetřete asi 5 g vzorku v 5 ml destilované vody v třecí misce a směs přefiltrujte do označené zkumavky. Stejný proces proveďte u všech vzorků, z každého filtrátu převedte stejné množství do zkumavky. K filtrátu přidejte asi 2 ml roztoku chloridu železitého a po zamíchání stejný objem roztoku hexakvanoželezitanu draselného. Zkumavka s roztokem vitamínu C slouží jako referenční vzorek.

Zaznamenejte barevné změny ve zkumavce, porovnejte výsledky u použitých vzorků ovoce a zeleniny s kontrolním roztokem vitamínu C.

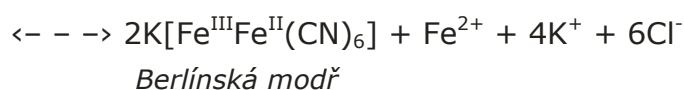
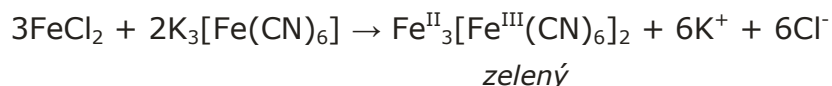
**POZOROVÁNÍ** Po přidání chloridu železitého a hexakvanoželezitanu draselného do roztoku vitamínu C se roztok zbarvil tmavě zeleně a po chvíli se barva změnila na modrozelenou.

Kvalitativní důkaz vitamínu C v ovoce a zelenině.



### VYHODNOCENÍ

Kyselina askorbová redukuje železité ionty na ionty železnaté a sama je oxidována na dehydroaskorbovou kyselinu. Reakce železnatých iontů s hexakynoželeznatými ionty dává vzniknout modrým a zeleným komplexům, které změňi barvu roztoku:



### LIKVIDACE ODPADŮ

Roztoky se likvidují jako odpad s těžkými kovy.

### LITERATURA

R. Šulcová, H. Böhmová: *Netradiční experimenty z organické a praktické chemie*. Praha, UK PŘF 2007, p. 63–64. ISBN 978-80-86561-81-3. (Česky.)

### RADY

Alternativně lze použít místo hexakynoželezitanu rhodanid draselný (viz experiment Redukční účinky vitamínu C) a pouhou změnou množství přidaného chloridu železitého můžeme semikvantitativně spočítat množství vitamínu C – ten odpovídá spotřebovanému FeCl<sub>3</sub> v okamžiku barevného přechodu.



---

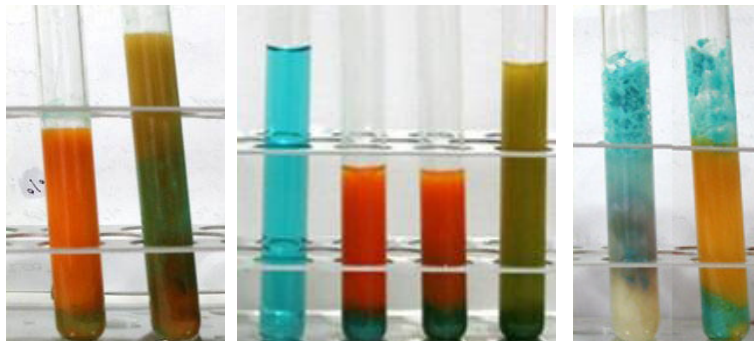
## DŮKAZ REDUKUJÍCÍCH SACHARIDŮ

---

<b>ÚKOL</b>	Na základě Fehlingovy zkoušky porovnejte obsah redukujících sacharidů ve vybraných potravinách.
<b>DOBA TRVÁNÍ</b>	20 min
<b>POMŮCKY</b>	zkumavky (počet závisí na počtu vzorků), třecí miska s tloučkem, nůž a prkénko, skleněná tyčinka, kádinky (500 ml, 100 ml – podle počtu vzorků), rychlovarná konvice nebo kahan, univerzální indikátorové papírky, popisovač
<b>CHEMIKÁLIE</b>	Roztoky Fehling I a II (Fehling I: rozpusťte 7 g síranu měďnatého ve 100 ml dst. vody; Fehling II: rozpusťte 35 g vlnanu sodno-draselného a 10 g hydroxidu sodného ve 100 ml dst. vody); vzorky: mléko, „citronka“, datle nebo rozinky, med, banán, cibule, cukr a pod.
<b>BEZPEČNOST</b>	síran měďnatý (škodlivý, Xn, nebezpečný pro ž.p., N), hydroxid sodný (žiravý, C)
<b>POSTUP</b>	Do každé kádinky nakrájejte přibližně stejné množství vybrané potraviny na maličké kousky (měkké rozmačkejte, případně rozdrťte ve třecí misce). Vzorky zalijte 50 ml horké vody, nechte louhovat 10 minut a poté zfiltrujte asi 10 ml do označených zkumavek. Vezměte malinkou lžičku medu a rozpusťte jej v 10 ml vody ve zkumavce. Mléko a citronku odlijte přímo do zkumavky. Do každé zkumavky dejte asi 5 ml Fehlingova roztoku (1:1 FI a F II). V rychlovarné konvici uvařte 300 ml vody, vroucí vodu nalijte do velké kádinky a do této lázně vložte zkumavky s reakční směsí tak, aby vroucí voda nenatekla dovnitř. Zkumavky lze také zahřívat přímo na kahanu. Po 5 – 10 minutách v horké lázni pozorujte barevné změny v jednotlivých zkumavkách, zaznamenejte je do tabulky. Vyhodnoťte, které vzorky potravin obsahují redukující cukry. V literatuře nalezněte, jak se tyto cukry nazývají a jaký je jejich strukturní vzorec.

### POZOROVÁNÍ

Po zahřátí některé ze vzorků změnilly barvu na červeno-oranžovou a objevila se i sraženina této barvy.



Důkaz redukujících cukrů Fehlingovým testem (zleva doprava): med, rozinky, „citronka“, jablko, cibule, datle, mléko, banán.

### VYHODNOCENÍ

Aldehydicke skupiny redukujících cukrů jsou Fehlingovým činidlem oxidovány na karboxylové kyseliny a zároveň vzniká oxid měďnatý (redukcí měďnatých iontů z komplexu Fehlingova činidla). Jestliže použijeme roztok Fehlingova činidla, zabráníme tím vzniku sraženiny (sraženina vzniká, použijeme-li pouze roztok hydroxidu, bez vínanu sodno-draselného. Vínan tvoří komplex s Fehlingem I).

V ovoci a medu se vyskytuje především monosacharidy glukóza a fruktóza. V mléce je obsažen redukující disacharid laktóza. Sacharóza (tj. běžný kuchyňský cukr) nemá redukční vlastnosti. „Citronka“ neobsahuje dostatečné množství redukujících sacharidů, takže ke vzniku červené sraženiny nedochází.

### LIKVIDACE ODPADŮ

Roztoky se likvidují jako odpad s těžkými kovy. Roztoky Fehling I a II (ne směs) uchovejte pro další použití.

### LITERATURA

R. Šulcová, H. Böhmová: *Netradiční experimenty z organické a praktické chemie*. Praha, UK PŘF 2007, p. 9-10. ISBN 978-80-86561-81-3. (Česky.)

### RADY

Místo Fehlingova činidla lze použít 5% roztok síranu měďnatého a 10% roztok hydroxidu sodného. Pak ale vzniká modrá sraženina hydroxidu měďnatého. I tak však sraženina zahřátím mění barvu, obsahuje-li redukující cukry.

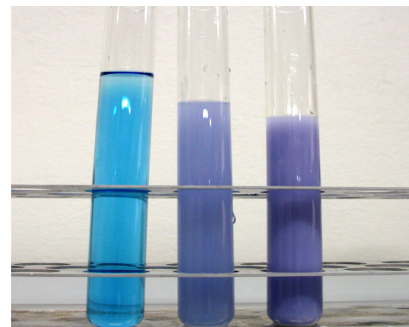
---

## DŮKAZ BÍLKOVIN

---

<b>ÚKOL</b>	Biuretovou reakcí dokažte rozpustné bílkoviny ve vzorcích potravin.
<b>DOBA TRVÁNÍ</b>	15 min
<b>POMŮCKY</b>	zkumavky (počet závisí na počtu vzorků), třecí miska s tloučkem, nůž a prkénko, skleněná tyčinka, kádinky (100 ml – podle počtu vzorků), filtrační papír, tyčinka, popisovač
<b>CHEMIKÁLIE</b>	Roztoky Fehling I a II (Fehling I: rozpustíte 7 g síranu měďnatého ve 100 ml dest. vody; Fehling II: rozpustíte 35 g vlnanu sodno-draselného a 10 g hydroxidu sodného ve 100 ml dest. vody); ethanol  Vzorky: mléko, sýr, tvaroh, pšeničná mouka a pečivo, vaječný bílek, fazole nebo hrách, sojové maso, bílá čokoláda, pomazánkové máslo, atd.
<b>BEZPEČNOST</b>	síran měďnatý (škodlivý, Xn, nebezpečný pro ž.p., N), hydroxid sodný (žiravý, C), ethanol (hořlavý, F)
<b>POSTUP</b>	<i>Důkaz bílkovin:</i> Pokud není vzorek potravin tekutý, nakrájejte (rozlučte) ho nadrobno a vylouhujte v malém množství horké vody. 7 ml vzorku nebo výluhu slijte do zkumavky a přidejte asi 2 ml směsi Fehlingových roztoků I a II. Po 5-10 minutách pozorujte barevné změny a zapište výsledky.  <i>Důkaz lepku v mouce:</i> Lžičku mouky nebo nadrobeného pečiva zalijte v kádince větším množstvím ethanolu (vznikne řídká kaše). Několik minut protřepávejte nebo míchejte, poté nechte usadit (nebo přefiltrujte) a v tekutině dokazujte bílkovinu postupem popsaným výše.
<b>POZOROVÁNÍ</b>	Barva některých vzorků se změnila na fialovou nebo růžovou.

Negativní biuretova reakce s vodou (vlevo), pozitivní reakce se smetanou (uprostřed) a jogurtem (vpravo).



### VYHODNOCENÍ

Principem biuretovej reakce – důkazu přítomnosti rozpustných bílkovin – je tvorba růžově až fialově zbarvených komplexů měďnatých iontů s rozpustnými bílkovinami v zásaditém prostředí. Ligandem účastnícím se koordinační vazby jsou volné elektronové páry dusíkových atomů vždy dvou sousedících peptidových vazeb v molekule bílkoviny.

### LIKVIDACE ODPADŮ

Roztoky se likvidují jako odpad s těžkými kovy. Roztoky Fehling I a II (ne směs) uchovejte pro další použití.

### LITERATURA

R. Šulcová, H. Böhmová: *Netradiční experimenty z organické a praktické chemie*. Praha, UK PŘF 2007, p. 9-10. ISBN 978-80-86561-81-3. (Česky.)

### RADY

Místo Fehlingova činidla lze použít 5% roztok síranu měďnatého a 10% roztok hydroxidu sodného. Vzniká tak modrá sraženina hydroxidu měďnatého, ale fialová barva komplexu je stále dobře rozeznatelná.

---

## VÝROBA BIONAFTY

---

**ÚKOL** Přípravte vzorek bionafty reesterifikací řepkového oleje methanolem.

**DOBA TRVÁNÍ** 20 min

**POMŮCKY** kádinka 400 ml, 3 velké zkumavky (průměr asi 2,5 cm), magnetická míchačka s topnou deskou, teploměr, zpětný chladič ke zkumavce: provrtaná zátka s 40 cm trubičkou, stojan, křížové svorky a držáky, pipety, rukavice; digestoř

**CHEMIKÁLIE** hydroxid sodný; methanol; řepkový olej

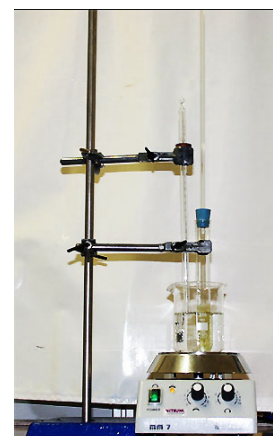
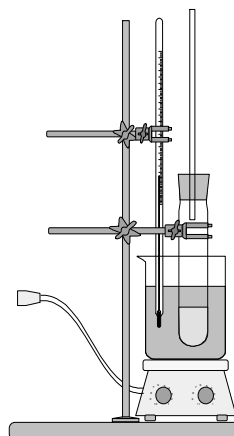
**BEZPEČNOST** hydroxid sodný (žíravý, C), methanol (hořlavý, F)

**POSTUP** *Příprava roztoku methanolátu sodného (methoxidu sodného; předem)*  
Do 100 ml methanolu přidejte 0,3 g hydroxidu sodného.

*Transesterifikace:*

Kádinku z poloviny naplňte vodou a zahřejte na míchačce na 75 °C. Do suché zkumavky nalijte 8 ml roztoku methanolátu a 4 ml řepkového oleje a vhodte míchací tělísko. Nasadte chladič a zahřívejte na vodní lázni při intenzivním míchání zhruba 5-7 minut. Pozorujte vzorek během míchání.

Apparatus for  
bio-oil  
preparation.



Vypněte míchačku, sundejte chladič ze zkumavky a reakční směs bez ochlazení přelijte do zkumavky z poloviny naplněné vodou. Krátce protřepejte, vyčkejte na oddělení fází a odpipetujte horní fázi – bionaftu – do čisté zkumavky.

Vyzkoušejte vlastnosti připravené bionafty ve srovnání s původním řepkovým olejem. Na základě rozdílného stékání kapalin po skle nebo vytékání z pipety lze porovnat viskozitu obou látek.

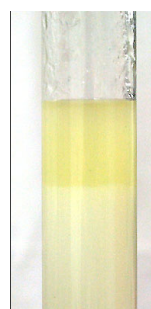
### **POZOROVÁNÍ**

Po smíchání řepkového oleje s methanolátem sodným vznikla mléčná emulze, která nezměnila na průhlednou kapalinu asi po 5 minutách míchání.

Přelitím do zkumavky s vodou vznikly dvě omezeně mísitelné vrstvy. Po protřepání a vyčkání se vrstvy od sebe oddělily.

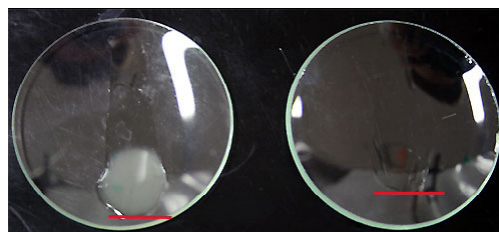


Průhledná kapalina vzniká zahřátím a mícháním.

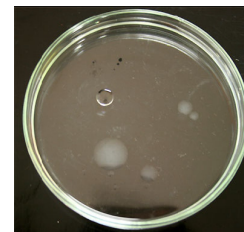


Rozdělení produktů transesterifikace do dvou nemísitelných vrstev. Vzniklá bionafta je horní vrstva.

Bionafta má menší viskozitu než původní řepkový olej: po hodinovém sklíčku stéká rychleji a rychleji i vytéká z pipety.



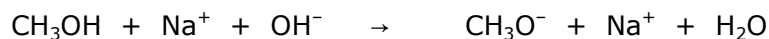
Rychlejší stékání bionafty (vlevo) než řepkového oleje (vpravo).



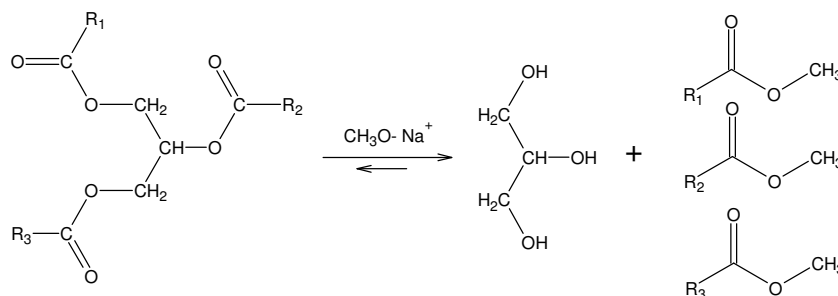
Mastná oka řepkového oleje (bezbarvý) a bionafty (mléčná) na vodě.

### VYHODNOCENÍ

Rovnováha, která se ustaví při reakci methanolu s hydroxidem, je posunuta vpravo:



Transesterifikace řepkového oleje a methanolu je katalyzována methanolátem sodným. Vznikne tak směs methylesterů mastných kyselin (především kyseliny olejové, linolové a linolenové) a glycerolu. Tyto látky jsou rozpustné v methanolu, Díky přebytku methanolu je rovnováha reakce posunuta směrem doprava.



Smísí-li se reakční směs s vodou, reaguje methanolát sodný částečně na hydroxid sodný a methanol. Jak methanol, tak glycerol, hydroxid sodný a methanolát sodný jsou rozpustné ve vodě. Methylestery mastných kyselin – bionafta – jsou ve vodě nerozpustné, a proto vytvoří horní (nevodnou) fázi.

### LIKVIDACE ODPADŮ

Roztok hydroxidu sodného lze po neutralizaci vylít do odpadu. Ostatní odpad se likviduje jako organický odpad.

### LITERATURA

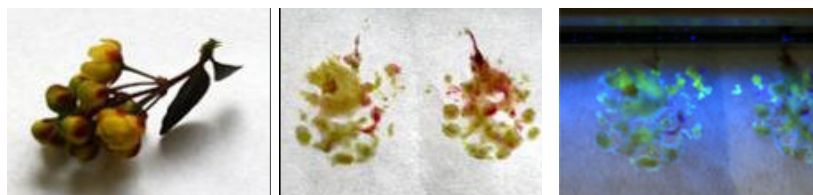
V. Baur, I. Melle, H. J. Bader: *Chemie Konkret* 7:3 (2000), 143–144. (Německy.).

---

## FLUORESCENCE ROSTLINNÝCH BARVIV

---

<b>ÚKOL</b>	Pozorujte fluorescenci barviva berberinu ve vzorcích vlašovičnicku či dřišťálu. Porovnejte s fluorescenčními barvivy ve zvýrazňovačích.
<b>DOBA TRVÁNÍ</b>	10 min
<b>POMŮCKY</b>	filtrační papír (ne kancelářský papír), nůžky, UV lampa (stačí kapesní, pro kontrolu bankovek), zvýrazňovače, zatemnění (krabice) vzorky: vlašovičnick větší (nať, listy), dřišťál (planá i parková – červená – varianta, nejlépe měkké výhonky větviček nebo hroznovitá květenství); citronová kůra s obsahem flavonoidů
<b>CHEMIKÁLIE</b>	nejsou
<b>BEZPEČNOST</b>	Pozor, obě rostliny jsou jedovaté, u citlivých jedinců může při kontaktu vlašovičnickového latexu („mléka“) dojít k podráždění či poškození kůže.
<b>POSTUP</b>	Vzorek rostliny vložte do přeloženého kousku filtračního papíru a přes papír rozdrťte. Papír rozevřete a zbytky rostliny seškrábejte nožem. Otisky rostliny na papíře pozorujte pod UV lampou. Pokud pracujete s vlašovičnickem, stačí na kousek filtračního papíru nanést menší množství žlutooranžového latexu („mléka“) vytékajícího z poraněné rostliny. (Papírky s otisky lze uschovat a pozorovat i po dlouhé době.) Porovnejte s fluorescencí nápisů vytvořených zvýrazňovačem na filtračním papíře.
<b>POZOROVÁNÍ</b>	Pod UV světlem lze dobře pozorovat žluto-zelenou fluorescenci skvrn dřišťálu.



Vlevo květenství dřišťálu; uprostřed otisk květenství na filtračním papíře a vpravo fluoreskující otisk pod UV světlem.





Fluorescence skvrny vlašovičnicku a rostlina (vlevo): otisk latexu rostliny na filtračním papíře (uprostřed) a fluoreskující otisk pod UV světlem (vpravo).



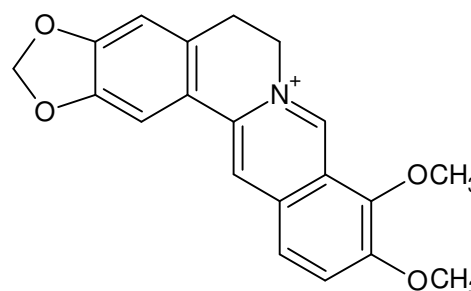
Fixy a zvýrazňovače na denim světle (vlevo) a pod UV světlem (vpravo).

## VYHODNOCENÍ

Principem fluorescence je schopnost barviva berberinu pohlcovat UV záření z lampy a jeho energii využít k excitaci molekul berberinu do stavu o vyšší energii. Při návratu zpět na původní energetickou hladinu dochází k vyzáření přebytečné energie ve formě viditelného (v tomto případě žlutého) světla.

Chemická  
berberinu.

struktura



## LIKVIDACE ODPADU

Rostliny se zlikvidují jako zbytkový odpad.

## LITERATURA

R. Šulcová, H. Böhmová: *Netradiční experimenty z organické a praktické chemie*. Praha, UK PČF 2007, s. 31–32. ISBN 978-80-86561-81-3. (Česky.)



Tato práce je licencována nekomerční licencí Creative Commons Attribution-Non-commercial-No Derivative Works 3.0 Unported License. Kopii licence získáte návštěvou stránek <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/> nebo zašlete dopis na adresu Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California, 94105, USA.