

NÁMĚTY NA POKUSY Z ORGANICKÉ A PRAKTICKÉ CHEMIE

(materiál pro kurz Současné pojetí experimentální výuky chemie na ZŠ a SŠ,
7. + 8. seminář, zimní semestr 2006)

RNDr. Renata ŠULCOVÁ, Mgr. Hana BÖHMOVÁ, RNDr. Václav Martínek, Ph.D.

1. Rostlinná barviva – chromatografie, fluorescence.

Zelené rostliny získávají energii především pohlcením světelného záření o určitých vlnových délkách (především červeného světla). Právě pohlcení světelné energie a její přeměna na chemickou energii (fotolýza vody) je zprostředkována rostlinnými pigmenty přítomnými v chloroplastech. Jsou to obvykle hydrofobní barviva obtížně rozpustná ve vodě a v buňce jsou proto vázána v membránách a složitých proteinových komplexech. Pro fotosyntézu mají rozhodující význam především chlorofyly A a B a také karotenoidy. Poměr mezi chlorofyly A a B je u rostlin konstantní a pohybuje se kolem 3 : 1.

Chemikálie: aceton, benzín, 2-propanol, ethanol, CaCO₃, jemný písek nebo křemenný prach.

Pomůcky: desky pro chromatografii na tenké vrstvě (Silufol), vyvíjecí nádoby, skleněné kapiláry (či kapátka), třecí miska s tloučkem, váhy, filtrační kruh, nálevka, filtrační papír (vata), obyčejná měkká tužka, pravítko, nůžky, zkumavky, pinzeta.

Vzorek: čerstvé či sušené listy (pokud možno sytě zelené a nepříliš dužnaté), sušená mrkev nebo paprika.

Izolace – Připravte roztok obsahující směs rostlinných lipofilních barviv.

Postup: asi 2 g čerstvých či sušených listů (pokud možno sytě zelených a nepříliš dužnatých), nebo sušené mrkve či mleté papriky rozetřeme v misce s malým množstvím písku nebo křemenného prachu a přidáme na špičku lžičky CaCO₃. Větší kusy je vhodné předem nastříhat na malé kousky. K rozmělněnému materiálu přidáme 1 ml acetonu a po chvíli roztírání ještě 5 ml benzínu a důkladně promícháme. Pozor na otevřený oheň při práci s hořlavinami I. třídy! Vzniklou směs pak přefiltrujeme přes skládaný filtr nebo vatu.

! POZOR extrakt by neměl přijít do kontaktu s vodou jinak může dojít k vysrážení barviv!
! Proto také nenamáčejte filtr před filtrací do vody !

Pozn.: Většina vyextrahovaných barviv se rozkládá na vzduchu a na světle, pokud je nutné extrakt delší dobu skladovat je nejlepší dát jej do lednice.

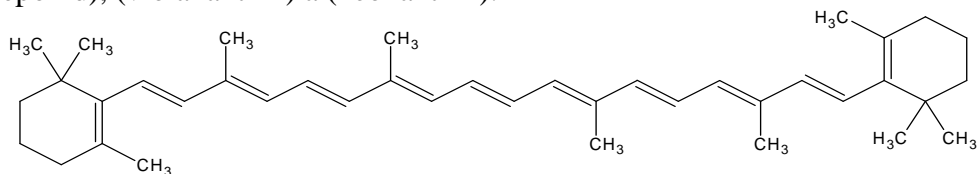
Pozorování fluorescence: Zjednodušeně řečeno je **fluorescence** jev, při němž látka pohltí světlo a po krátké chvíli jej zase vyzáří. Takto vyzářené světlo má pak obvykle nižší energii, tedy delší vlnovou délku než světlo pohlcené.

Postup: Extrakt pozorujeme v procházejícím světle a poté v silném bočním osvětlení, zaznamenáme si barvu roztoku. Barva extraktu je dána převažujícími **chlorofyly A a B**, ty pohlcují červené světlo, takže po průchodu světla roztokem je červené světlo pohlceno a my vidíme doplňkovou barvu, tedy zelenou. Ale při pozorování z boku nevidíme světlo prošlé, ale převážně světlo vzniklé fluorescencí (protože je vyzářováno rovnoměrně do všech směrů), to je v případě chlorofylu červené.

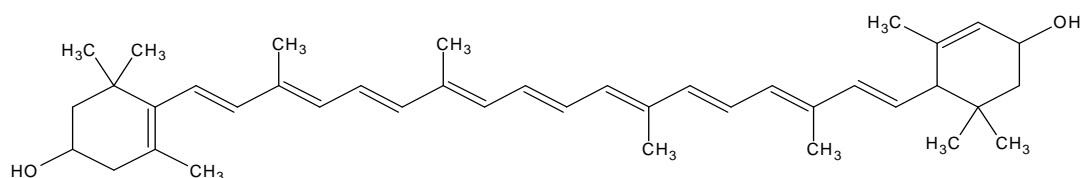
Rozdělení směsi barviv pomocí chromatografie na tenké vrstvě: Chromatografie je účinná technika, pomocí níž lze rozdělit i tak složité směsi látek, jaké se často vyskytují právě v přírodním materiálu. Je založená na ustavování fázových rovnováh mezi dvěmi nemísitelnými a navzájem se pohybujícími fázemi, jakými jsou například organické rozpouštědlo vzlínající po desce se suchým porézním oxidem křemičitým (Silikagel).

Postup: Do chromatografické nádoby nalijeme směs organických rozpouštědel benzín, 2-propanol a voda v poměru 100:10:0,25, aby **hladina rozpouštědla byla asi 0,5 - 1 cm** vysoko a necháme ji uzavřenou stát, aby se vzduch uvnitř nasytil parami rozpouštědla. Mezitím si připravíme chromatografickou desku, na niž asi 2 cm od zdola měkkou tužkou nakreslíme

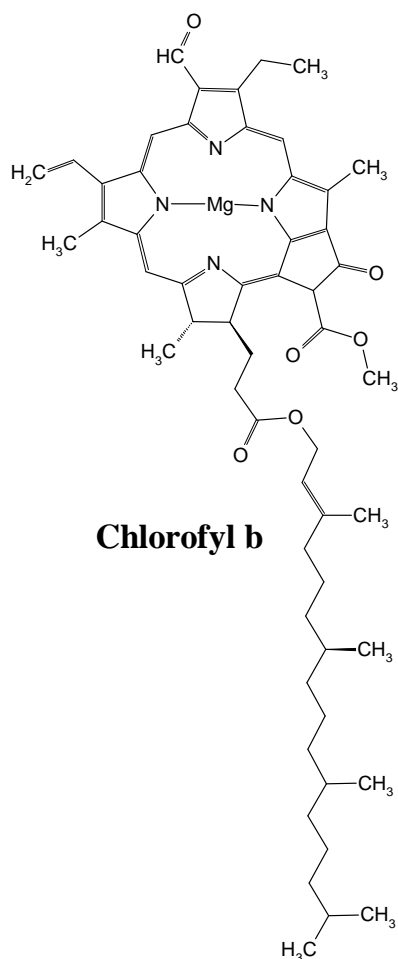
startovní čáru. Na tuto čáru pak pomocí kapiláry (kapátka) nanese dostatečně koncentrovaný extrakt. Na jednu desku lze nanést několik skvrn, ty však musí být navzájem vzdálené alespoň 2 cm. Vysušení skvrn můžeme urychlit použitím fénu na vlasy či horkovzdušné pistole (teplota desky by neměla překročit 50°C). V případě nižší koncentrace barviv lze extrakt na jedno místo nanést i opakovaně. Desku s nanesenými vzorky pak opatrně vložíme do chromatografické nádoby a sledujeme průběh dělení. Chromatografii je třeba ukončit dříve než čelo rozpouštědla dosáhne horního okraje desky. Po vyjmutí desky označíme místo kam až rozpouštědlo doputovalo a pak ji vysušíme. Obyčejnou měkkou tužkou pak obtáhneme zóny barviv. Nejrychleji by se za těchto podmínek měl pohybovat **β -karoten** po něm následují: (feofytin), **chlorofyl A**, **chlorofyl B**, lutein (xanthofyl), (lutein-5,6-epoxid), (violaxanthin) a (neoxanthin).



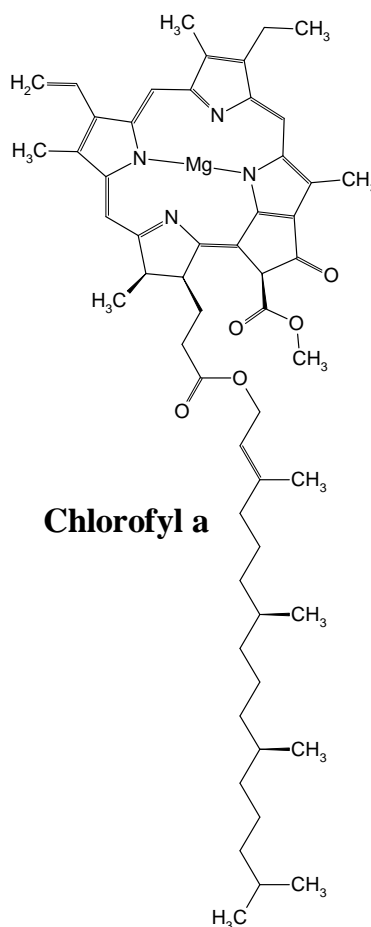
β -karoten



Lutein (Xantofyl)

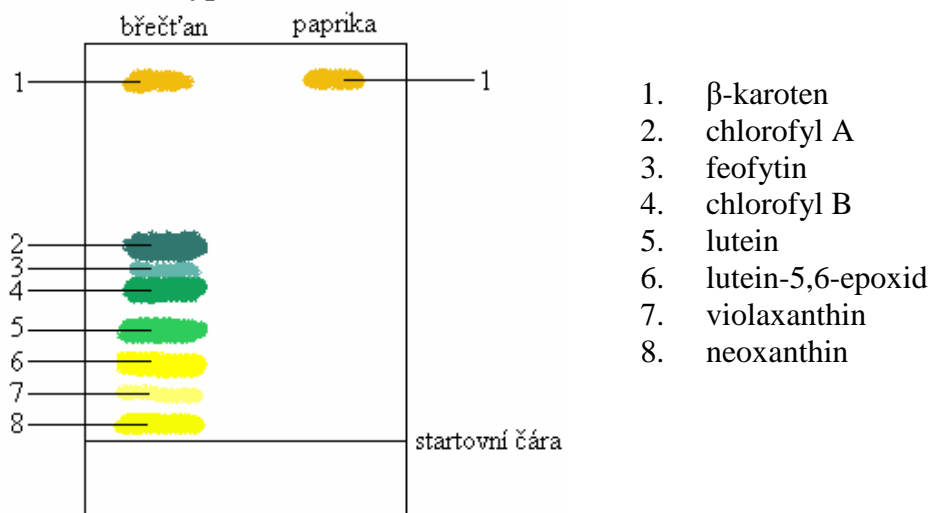


Chlorofyl b



Chlorofyl a

Výsledek může vypadat takto:



2. Potravinářská a syntetická barviva: chromatografie

Budeme zkoumat složení potravinářských barev a barviv ve fixech pomocí papírové chromatografie, (totéž můžeme zkusit s povrchovou vrstvou lentilek nebo gumovými medvídky).

Chemikálie: voda, ethanol, 0,5% roztok NaCl, potravinářská barviva, fixy (hnědá, červená, fialová, modrá, žlutá, zelená), popř. lentilky všech barev nebo gumoví medvídci.

Pomůcky: chromatografické nádoby (lze použít např. kádinky s víčkem, větší Petriho misky nebo zásobní láhve se širokým hrdlem a zábrusovou zátkou, skleněný zvon), Pasteurovy pipety, kádinky, nůžky, chromatografický (filtrační) papír, bílá křída.

Pracovní postup:

Potravinářská barviva: Na chromatografickém papíru označíme tužkou startovací čáru, kam budeme nanášet vzorky. Pomocí Pasteurovy pipety nanese kapky zkoumaných vzorků potravinářských barviv na startovací čáru (asi 1,5 cm od spodního okraje, 2 cm mezi sebou) a vysušíme je teplým vzduchem. Získané skvrny by měly mít průměr asi 2-3 mm. Do kádinky nalijeme roztok NaCl asi do výše 0,5 cm a ihned uzavřeme víčkem. Připravený papír umístíme do migrační nádoby, nádobu uzavřeme a necháme vzlínat rozpouštědlo až do vzdálenosti 1 cm od horního okraje papíru. Pak vyjmeme papír z kádinky a označíme tužkou čelo kolony. Změříme pak vzdálenosti mezi výchozí pozicí vzorků a čelem rozpouštědla (h_s), mezi výchozí pozicí vzorku a jeho krajní pozicí (h_i) a vypočteme migrační vzdálenost každého ze vzorků: $R_f = h_i / h_s$. Vyvodíme závěr: princip dělení složek zeleného potravinářského barviva, skládajícího se z E102 a E131.

Syntetická barviva ve fixech: Na Petriho misku položíme kruhový filtrační papír, na který jsme předem nakreslili čtvrci kruhy různými barevnými fixy ve vzdálenosti asi 2 cm od středu kruhu. Uprostřed filtračního papíru uděláme otvor pro knot, který např. vystříhneme a smotáme z dalšího kousku filtračního papíru a otvorem v kruhu jej protáhneme. Svým spodním koncem musí být knot ponořen do roztoku v Petriho misce a horní konec by měl přesahovat kruhový filtrační papír. Do misky nalijeme 50% vodný roztok ethanolu a celou sestavu přiklopíme zvonem nebo uzavřeme do široké nádoby s víkem. Necháme vzlínat rozpouštědlo až do vzdálenosti 1 cm od vnějšího okraje kruhu, pak vyjmeme papír a vysušíme jej. Zjistíme, z jakých barev jsou jednotlivé fixy složeny. Alternativou tohoto uspořádání je chromatografie fixů na bílé školní křídě, kterou postavíme doprostřed kádinky s rozpouštědlem, když jsme předtím na každou její stranu nanесли čáru – vzorek jiného fixu. Po ukončení chromatografie můžeme opět měřit vzdálenosti mezi výchozí a krajní pozicí vzorků a vypočítat migrační vzdálenosti.

Chromatografie barviv v potravinářských výrobcích: (Připravíme nádobu a papír jako pro chromatografii fixů.) Vezmeme jednu lentilku (barevného gumového medvídka), namočíme ji do vody a položíme na střed filtračního papíru v místě jeho proříznutí. Takto si připravíme ostatní lentilky (medvídky). Také můžeme na filtrační papír poskládat více lentilek a sledovat, jak se budou barvy pohybovat. Jen je třeba dát pozor, aby byly všechny lentilky položeny stejně daleko od prostřihnutého středu filtračního papíru. Záleží jen na vás samotných. Jako rozpouštědlo lze použít čistou vodu nebo slabý roztok ethanolu, např. 20%).

Pozorování: Pokud jste udělali vše správně, po chvíli uvidíte všechny barvy, které se doopravdy podílejí na zabarvení lentilek.

Úkoly: 1) Popište stručně princip chromatografie na příkladu vámi prováděného dělení potravinářských barev lentilek.

2) Proveďte závěr z vašeho pozorování a doložte jej obrázky (chromatogramem).

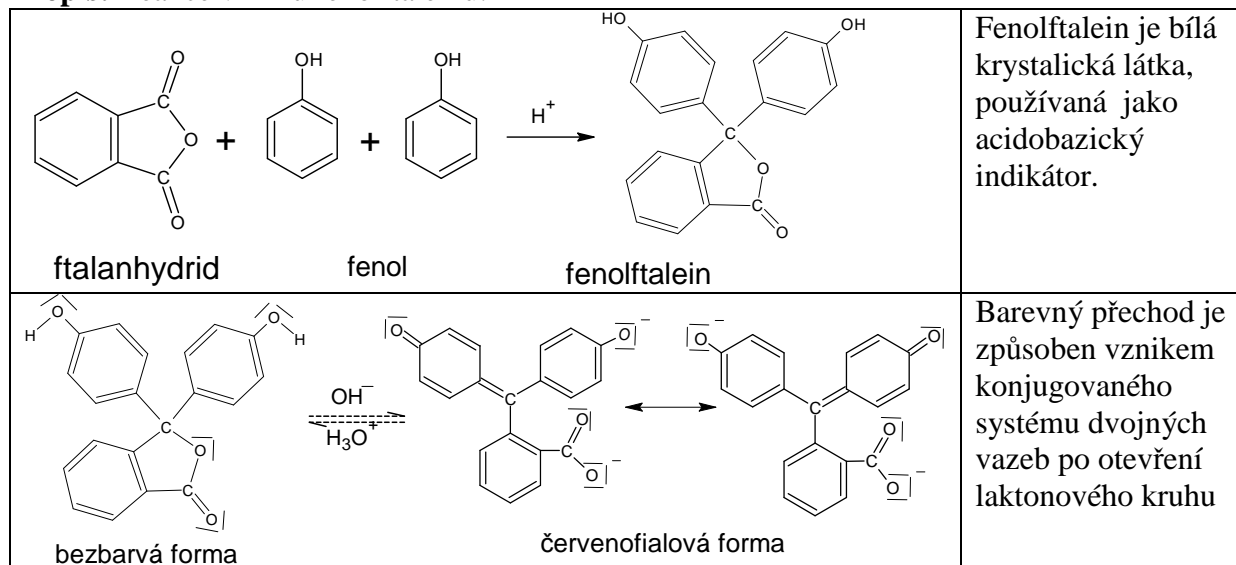
3) Seřadte jednotlivé nalezené barvy podle polariry (rozpuštnosti ve vodě).

3. Příprava acidobazických indikátorových barviv - fenolftaleinu a fluoresceinu, (eosinu).

Provedení: Fenolftalein: 0,1 g fenolu, 0,3 g ftalanhydridu a jednu kapku koncentrované kyseliny sírové zahříváme 3 min. na 160° C (ve zkumavce v mírném plameni kahanu nebo horkovzdušnou pistolí). Po ochlazení extrahujeme produkt ethanolem, přidáme vodu. Fenolftalein dokazujeme přidáním louhu.

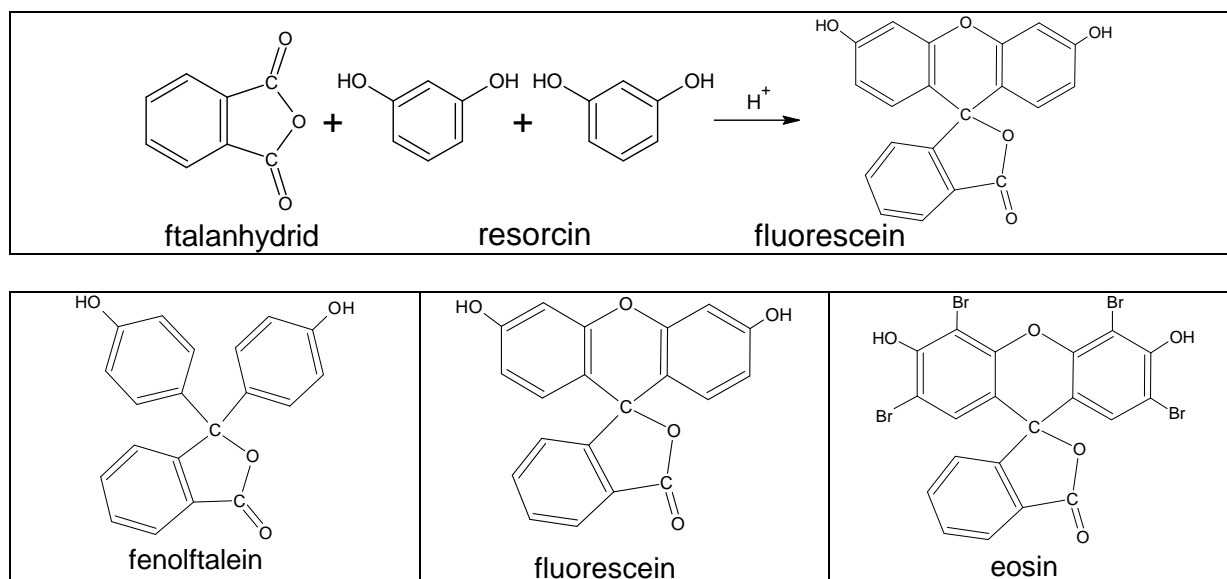
Fluorescein: stejný postup, pouze fenol nahradíme resorcinem. Možno provést i s jinými fenoly.

Popis: Reakce vzniku fenolftaleinu:



Trifenylnmethanová barviva: fenolftalien, fluorescein, eosin

Pro přípravu červeného barviva eosinu (červený inkoust) lze použít roztok 1 g fluoresceinu v 5 ml ethanolu a k němu po kapkách pomalu přidávat 1 ml bromu. Na počátku a na konci se tvoří sraženina. Eosin odsajeme, v alkalickém prostředí fluoreskuje.



4. Aldehydy a ketony

Formaldehyd v linoleu nebo v dřevotřísece

Cílem pokusu je dokázat přítomnost formaldehydu v linoleu nebo v nábytkové desce z dřevotřísky.

Pomůcky a chemikálie: vzorek linolea, dřevotřískové piliny či odřezky, 2 Erlenmayerovy baňky nebo širší zkumavky. Destilovaná voda, ethanol, Schiffovo činidlo (0,1% roztok fuchsinu odbarvený oxidem siřičitým).

Postup: Do jedné z baněk nebo širších zkumavek vložíme kousky nadrobno pokrájeného linolea, do druhé z nich piliny či rozdrcené odřezky z dřevotřískové desky. Vzorky v baňkách zalijeme asi 50 ml směsí vody s ethanolom (ve zkumavkách 5 ml směsí) a baňky či zkumavky uzavřeme zátkami a dobře protřepeme. Vzorky je třeba nechat extrahovat asi jeden den (u dřevotřískových pilin alespoň čtvrt hodiny). Pak odebereme asi 0,5 – 1 ml vyextrahovaných roztoků do čistých zkumavek a přidáme k nim stejné nebo větší množství Schiffova činidla. Zkumavky uzavřeme zátkami, protřepeme a pozorujeme.

Pozorování: Jestliže byl v linoleu nebo v dřevotřísece přítomen formaldehyd, roztoky ve zkumavkách se zbarví červenofialově.

Výsledky: Podstata reakce je dosti složitá. V Schiffově činidle byl oxid siřičitý vázán na červené barvivo fuchsin, roztok se navenek jevil bezbarvý. Při styku Schiffova činidla s aldehydem dochází k adiční reakci mezi hydrogensířičitanovými anionty a aldehydem, fuchsin se tím uvolní a projeví se postupné červenofialové zbarvení.

Diskuse: Při výrobě linolea nebo dřevotřískových desek se používá i formaldehyd, který se potom z výrobku uvolňuje. Je známo, že formaldehyd je toxická látka, a proto linoleum ani dřevotříska nepatří mezi nejvhodnější materiály do uzavřených místností, kde žijí lidé.

5. Estery – vonné látky

Esterifikace – kvalitativní provedení metodou „chladičího prstu“:

Do velké zkumavky se připraví 20 kapek alkoholu, 6 kapek příslušné kyseliny a 3 kapky koncentrované H₂SO₄. Pak se vsune malá zkumavka naplněná studenou vodou (s ledem) = kondenzační část při destilaci esteru. Zahřát na vodní lázni na 70⁰C (asi 8 min). Kvalitativní

důkaz vzniklého esteru čichem; reakční směs se vlije do většího objemu vody: ester se nemísí, jeho molekuly se rozptýlí po hladině a je cítit příjemnou vůni.

Přehled přípravy esterů s jejich charakteristickými vůněmi(empiricky)

<u>organická kyselina</u>	<u>alkohol</u>	<u>vůně esteru</u>
valerová	pentan-1-ol	jablko
o-aminobenzoová (antranilová)	methanol	hroznové víno
octová	butan-1-ol	hruška, banán
octová	isopentanol	banán (v čokoládě)
octová	ethanol	odlakovač
octová	oktanol (heptanol)	pomeranč
mravenčí	isopentanol	zelené jablko/ žvýkačky Hubba Bubba/
mravenčí	isobutanol	malina
propionová	butan-1-ol	rum
propionová	pentan-1-ol	meruňka
propionová	ethanol	máslové sušenky / rum, pralinky
másečná	methanol	ananas
másečná	ethanol	broskev
benzoová	citronnellol	šalvěj
benzoová	ethanol	karafiát
benzoová	pentan-1-ol	ambra
mravenčí	citronnellol	pomeranč
salicylová	pentan-1-ol	orchideje
salicylová	methanol	opodeldok, (libavka), winterfresh, karamel/Tuti Fruti/Stopangin

6. Rozvrstvení rozpouštědel

Provedení: Ke směsi absolutního methanolu a petroletheru ve zkumavce přidáme kapku vody. Směs se rozvrství. Lze provést i s ethanolem a petroletherem, k rozvrstvení obvykle stačí několik kapek vody. Možno předtím obarvit vhodnými barvivy, například nepolární sudanovou žlutí či červení a polární methylvioletí či methylenovou modří. Nepolární barvivo po rozvrstvení přejde do petroletherové, polární do alkoholové vrstvy.

Eluotropická řada

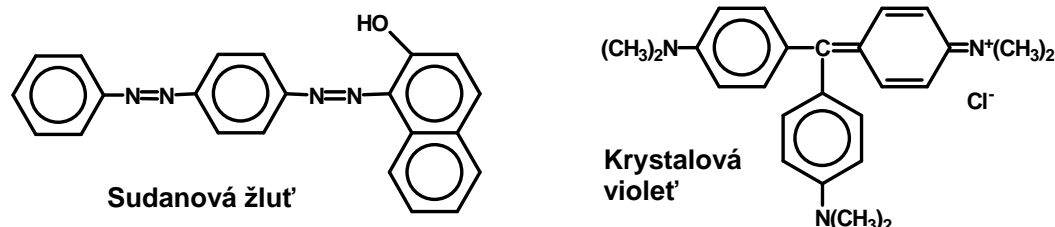
rozpouštědel:

petrolether
benzen
chloroform
diethylether
ethylacetát
aceton
ethanol
methanol
voda
kyselina octová

Popis: Rozpouštědla o podobné polaritě se snadno mísí, vzájemné interakce mezi stejnými a různými molekulami jsou srovnatelné. Rozpouštědla, která se výrazně liší polaritou se mísí jen omezeně nebo se nemísí vůbec, protože interakce mezi molekulami stejného typu jsou energeticky výhodnější, než interakce mezi molekulami různých typů. Hrubý odhad polarity rozpouštědla můžeme získat z tzv. eluotropické řady rozpouštědel, v níž jsou srovnána běžná rozpouštědla od nejméně polárního po nejpolarnější. Přídavek vody do směsi rozpouštědel, která se ještě právě mísí, zvýší ještě více energetickou nevýhodnost jedné fáze a vede k rozvrstvení na dvě fáze, v nichž je vzájemná solvatace molekul výhodnější.

Podobně se chovají i pevné látky při rozpouštění. Jsou-li interakce uvnitř krystalové mřížky výhodnější než při solvataci rozpouštědlem, sloučenina se v rozpouštědle nerozpustí a naopak. Obecně se polární sloučeniny dobře rozpouštějí v polárních a nepolární sloučeniny v nepolárních rozpouštědlech.

Sudanová žlutá je podobně jako např. azobenzen představitelem málo polárních azobarviv (samozřejmě existují i polární azobarviva). V mikroskopii se používá k detekci tukových kapek, které obarví, zatímco v běžném buněčném obsahu zůstane nerozpuštěna jako jemný zákal. Po rozvrstvení směsi přejde snadno do nepolární petroletherové vrstvy. Naproti tomu krystalová violeť, methylenová modř, malachitová zeleň či fuchsin (rosanilin) jsou arylmethanová barviva iontové povahy, jsou dobře rozpustná ve vodě a po rozvrstvení se soustředí v mnohem polárnější vrstvě obsahující alkohol a vodu.



7. Příprava plastů - vlastnosti polyamidového vlákna.

Připravit lze tři základní typy polymerů: pevný plast (polystyren nebo epoxidovou pryskyřici), vlákno (nylon) a gel (polyvinylalkohol).

Pomůcky a chemikálie: styren, ethyl-methyl-keton peroxid, 1,6-diaminohexan, kyselina adipová nebo adipoylchlorid, hexan nebo petroleter, ethanol nebo aceton, polyvinylalkohol, boritan sodný; polyethylenový kelímek, kádinky, pinzeta, kapátka.

Provedení:

Pevný plast vznikne smícháním 11 g čistého styrenu se 6 kapkami katalyzátoru (ethyl-methyl-ketonperoxid). Směs nalijeme do polyethylenového kelímku. (Při přípravě epoxidové pryskyřice postupujeme dle návodu.)

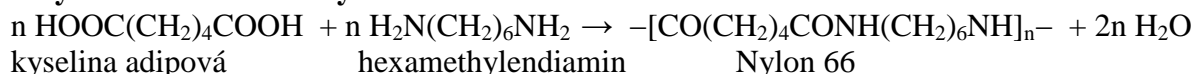
Umělé vlákno: Nylon je chemickým složením polyhexaethylenadipamid, vzniká polykondenzací hexamethylendiaminu s kyselinou adipovou. Hexamethylendiamin rozpustíme ve vodě, chlorid kyseliny adipové rozpustíme v hexanu nebo petroletheru. V úzké vyšší kádince převrstvíme vodný roztok hexamethylendiaminu roztokem adipoylchloridu v hexanu. Na rozhraní obou fází 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 aspoň 10 minut pod tekoucí vodou. (Množství látek vhodných k použití: 0,35g hexamethylendiaminu do 6 ml roztoku a 0,22g adipoylchloridu v 6 ml roztoku v petroletheru). Zapište rovnici reakce!

Příprava gelu: Smícháme 10 ml 4% roztoku polyvinylalkoholu se 4ml 4% boritanu sodného. Za chvíli se vytvoří gel.

Úkol: Zapište chemickou rovnici reakci vzniku polystyrenu a polyamidového vlákna, charakterizujte vlastnosti vyrobeného plastu.

Řešení:

Polyamidové vlákno – nylon 66:



8. Sublimace kofeinu z čajových lístků, z kávových zrněk

Pomůcky a chemikálie: dvě malé Petriho misky nebo dvě hodinová skla, popř. krycí sklíčka, keramická síťka, stojan s kruhem, vařič nebo kahan, kousek vaty, mikroskop.

Kostka ledu, suché lístky zeleného čaje, černého čaje, kávová zrnka (nejlépe zelená).

Postup: Na Petriho misku (hodinové sklo) nasypeme malou lžičku lístků zeleného, černého čaje či rozemletých zrněk kávy (asi 0,5 g). Přikryjeme druhou miskou nebo sklíčkem, které chladíme shora chomáčkem vaty s ledem. Velice mírně a pomalu zahříváme na elektrickém

vařiči nebo na síťce nad kahanem. Na horním skle vysublimují jehlicovité krystalky kofeinu s charakteristickou vůní, které můžeme pozorovat pod mikroskopem. Případné hnědnutí krystalků signalizuje příliš prudké zahřívání, látka se pálí.

Princip: alkaloid kofein (1,3,5-trimethylxanthin) je těkavý a je možno jej získat sublimací z přírodního materiálu. Kofein je látka zdraví škodlivá.

9. Příprava hydratačních krémů

Příprava pleťového krému

Jedná se o jednoduchý pokus, který spíše ukazuje praktické použití přírodních látek.

Chemikálie: lanolin, bílá vazelína, glycerol.

Pomůcky: kádinky o objemech 100 a 250 ml, plastová či dřevěná vidlička na šlehání nebo dřívko, kahan, teploměr.

Postup: Na počátku rozpustíme 15 kapek glycerolu v 50 ml vody v kádince o objemu 250 ml. Do kádinky o objemu 100 ml navážíme 1 g bezvodého lanolinu a přidáme 21 ml bílé vazelíny. Pak vložíme 100 ml kádinku do větší kádinky s vodou a glycerolem a zahříváme nad kahanem na teplotu 50°C. Poté vypneme kahan a pečlivě smícháme lanolín s vazelínou (používáme dřívko), pak za stálého šlehání a míchání přilijeme trochu vody s glycerolem (směs by měla zhoustnout a zakalit se. Pak po troškách vmícháváme vodu s glycerolem a šleháme, mícháme jako když se připravuje domácí majonéza).

Homogenní krém lze doplnit zašleháním kapky parfému. Lze jej naplnit do kelímku a použít jako hydratační krém na ruce.

Krém s rostlinnými šťávami

Chemikálie: lanolín, olivový olej, kyselina boritá, rostlinná šťáva.

Pomůcky: Kádinky, krystalizační miska, třecí miska, stojan, kahan, dřívko na šlehání.

Postup: Na vodní lázni se v misce roztaví 20 g lanolínu a 5 g olivového oleje. Směs se důkladně promísí, přelije do třecí misky a po částech se přidá 35 g rostlinné šťávy, ve které bylo rozpuštěno 0,5 g kyseliny borité. Po každém přidavku se směs dokonale promíchá a nakonec se míchá do dosažení pokojové teploty. Jako rostlinnou šťávu je možno použít šťávu z mrkve nebo okurky bez pevných částic. Krém se plní do kelímků.

Glycerinový krém

Na vodní lázni se v misce roztaví 7 g bílé vazelíny, 8 g lanolínu, 20 g parafínového oleje, 3 g olivového oleje. Do této směsi se za stálého míchání přidá roztok 16 g glycerolu a 1 g boraxu v 16 g vody, zahřátý na stejnou teplotu jako směs tuků. Vzniklý krém se důkladně míchá do úplného vychladnutí.

Variace: 14 g bílé vazelíny, 2 g lanolínu, 14 g olivového oleje roztavit na vodní lázni v misce. Do směsi pak vmíchat roztok 15 ml 50% glycerolu s 0,5 g boraxu zahřátý na stejnou teplotu jako směs tuků. Vzniklý krém se důkladně míchá do úplného vychladnutí.

10. Vitamíny

Určení množství vitamínu C v nápojích

Chemikálie: tablety Celaskonu, 0,1% roztoky vitamínu C (jablečný a pomerančový džus, limonáda, šťáva z kompotu), 6M kyselina octová, roztok I₂ (0,125% I₂, 1% KI), 1% roztok škrobu

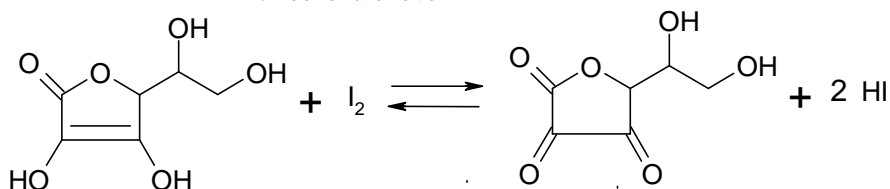
Pomůcky: titrační baňky, byreta, pipeta, milimetrový papír.

Postup: Pro titraci se používá roztok jodu v KI (jod-jodkalium) a detekuje se pomocí reakce jodu se škrobem. Nejprve si studenti připraví kalibrační křivku pomocí titrace standardu (Celaskon, raději „nerozpustný“). Do 125ml titrační baňky napipetovat 25ml standardu o

známých koncentracích, přidat 2ml 6M kys. octové a 3ml 1% roztoku škrobu. Pomocí byrety titrovat a zaznamenat spotřebu. Poté zakreslit titrační křivku.

Pro vlastní titraci se použije přefiltrovaný jablečný a pomerančový džus (vhodný je v obalu označeném min. množstvím vit. C), limonáda bez bublin a šťáva z kompotu. Postup stejný jako v případě přípravy titrační křivky a dle spotřeby roztoku jodu odečítáme příslušné koncentrace vitamínu C z titrační křivky.

Stanovení vitamínu C: kyselina L-askorbová + I₂ → kyselina dehydro-L-askorbová
2,3-endiol-4-lakton kyseliny → (4-lakton kyseliny 2,3-dioxo-L-threohexonové)
L-threohexulonové

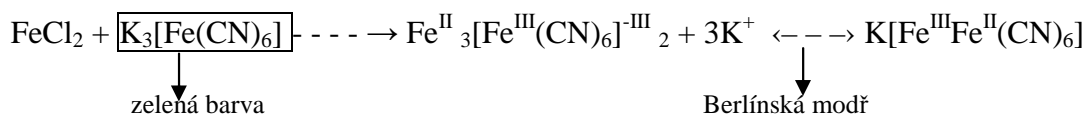
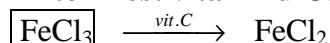


Jak zjistíme přítomnost vitamínu C v ovoci a zelenině?

Chemikálie a pomůcky: 5% roztok chloridu železitého, 5% roztok hexakynoželezitanu draselného, tableta Celaskonu, vzorek jablka, citrónu, cibule, mrkve, brambory apod.

Pracovní postup: Rozetřeme asi 5 g vzorku v 5 ml destilované vody v třecí misce a směs přefiltrujeme do čisté zkumavky. K filtrátu přidáme asi 2 ml roztoku chloridu železitého a potom stejný objem roztoku hexakynoželezitanu draselného. Zaznamenáme barevné změny ve zkumavce. Po přidání směsi obou roztoků k vitamínu C se směs zbarví temně zeleně. Časem přechází toto zbarvení na modrozelené. Barevné změny jsou důkazem přítomnosti vitamínu C- (kontrolní pokus s půl tabletkou Celaskonu.)

Přítomnost vitamínu C:



Přibližné stanovení vitamínu A

Vitamín A patří k vitamínům rozpustným v tucích. Vytváří se v játrech z β-karotenu, který je provitaminem vitamínu A. (Vyšší živočichové jej přijímají v potravě). Vitamín A (retinol) dává v bezvodém prostředí s chloridem antimonitým modře zbarvenou sloučeninu – podle intenzity jejího zbarvení můžeme usuzovat na koncentraci tohoto vitamínu ve zkoumaných vzorcích.

Chemikálie: 1,2-dichlorethan, zdroje vitamínu A (rostlinný olej, máslo, rybí tuk, vitamín A (Slovakofarma, z lékárny), Multivitamin, acethydrid, krystalický chlorid antimonitý

Pomůcky: zkumavky s označením A až E, pipeta nebo odměrná zkumavka

Pracovní postup: Připravíme 5 zkumavek označených A až E. Do zkumavky A vpravíme tyčinkou kousek másla, do B kapku rostlinného oleje, do C kapku rybího tuku, do D kapku vitamínu A z lékárny, (resp. Multivitamin), E je určena pro slepý pokus. Do každé zkumavky přidáme 1 cm³ rozpouštědla. Po vyčerení roztoků přidáme do každé zkumavky 1 kapku anhydridu kyseliny octové a jeden nebo několik bezvodých krystalků chloridu antimonitého. Srovnáme vzorky dle intenzity modrého zbarvení.

(Pozor! Krystalický SbCl₃ je na vzduchu silně hygroskopický – časem silně vlhne.)

11. Dechová zkouška alkoholu

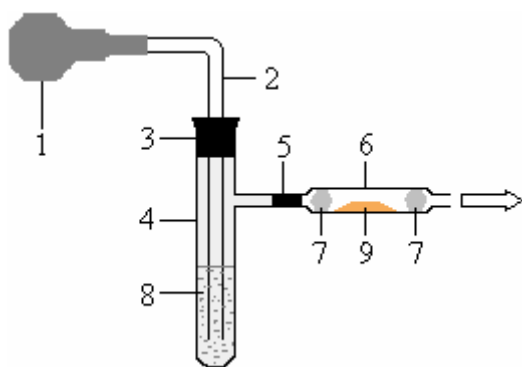
Pomůcky a chemikálie: skleněné trubičky, silikagel práškový, roztok dichromanu draselného, koncentrovaná kyselina sírová, ethanol, vata. Zkumavka s postranním vývodem, balónek s hadičkou na zavádění vzduchu, spojovací hadička.

Postup: Připravíme trubičky asi 8 – 10 cm dlouhé, ke koncům zúžené. Dovnitř vpravíme silikagel nasátý roztokem $K_2Cr_2O_7$ silně okyseleným H_2SO_4 a z obou konců uzavřeme tenkou vrstvou vaty. Trubičku připojíme hadičkou na postranní odvodní vývod zkumavky naplněné ethanolom. Do této zkumavky uzavřené vrtanou zátkou zavádíme trubičkou vzduch. Páry ethanolu jsou hnány přes roztok dichromanu v silikagelu a okamžitě je vidět redukční změnu na zelený Cr_2O_3 .

Výsledky: Reakce použitých činidel prokazují přítomnost aldehydů, kondenzátu, kyanovodíku a oxidů dusíku v cigaretovém dýmu. Tyto látky vznikají při spalování tabáku.

Diskuse: Všechny látky dokázané v cigaretovém dýmu jsou pro člověka vysoce toxické a proto je kouření velmi škodlivé.

Nákres:



1. balónek
2. skleněná L-trubice
3. zátka s otvorem
4. odsávací zkumavka
5. spojovací hadička
6. skleněná trubička na koncích zúžená
7. skelná vata
8. ethanol
9. silikagel + $K_2Cr_2O_7$ (aq) + H_2SO_4 (aq)

12. Duha z rajčatové šťávy

Doba trvání: Cca 10 minut

Cíl pokusu:

Díky tomuto jednoduchého a přitom efektivního pokusu si studenti uvědomí a prakticky ověří úlohu dvojných vazeb v barevných sloučeninách a princip působení bromu a chlornanu sodného (obsaženého v SAVU) na barevné sloučeniny. Seznámí se blíže se strukturou a vlastnostmi barviva lycopenu obsaženého v rajčatové šťávě.

Princip:

Červená barva rajských jablíček je způsobena barvivem lycopem s velkým počtem dvojných vazeb, které pohlcuje maximum světelného záření v oblasti modrozelené části spektra (modrá: λ 430-490nm, λ zelená: 490-560nm). Absorpce této části spektra se navenek projeví charakteristickým zbarvením plodů v příslušné komplementární červeno-oranžové barvě. Jestliže se na dvojně vazby v řetězci začne adovat bróm, dojde ke změně délek vazeb a tím se změní i vlnová délka pohlcovaného záření a absorpce světla se posune do dalších částí spektra. Navenek se to projeví změnou zbarvení až odbarvení směsi.

Obdobně je to se SAVEM. Dezinfekční látkou je chlornan sodný, který se ve vodném prostředí rozkládá na kyselinu chlornou a hydroxid sodný. Kyselina chlorná je nestálá a již za běžné teploty dochází k jejímu rozkladu za současného uvolnění atomárního kyslíku, který má

silné oxidační účinky. Jeho působením se mnohá barva oxiduje a odbarvuje.

Pomůcky:

Odměrný válec 50 ml, skleněná tyčinka

Chemikálie:

Čerstvý roztok bromové vody, SAVO, rajčatová šťáva

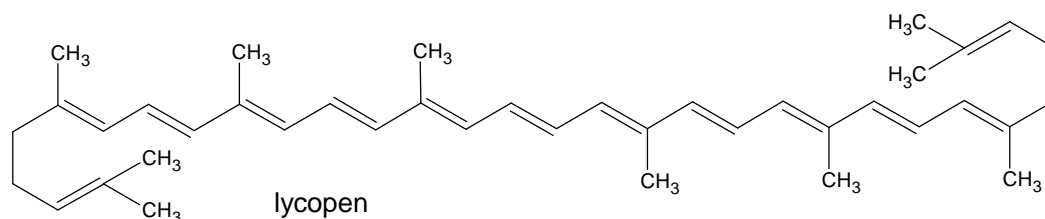
Postup:

K pokusu si připravíme běžnou nebo průmyslově vyráběnou rajčatovou šťávu (rozhodující je koncentrace karotenoidu lycopenu ve šťávě) a nasycený roztok bromu ve vodě. Asi 10 ml rajčatové šťávy nalijeme do válce o objemu 100 ml a přidáme 40 ml vody. Obsah válce důkladně promícháme. To samé připravíme i do druhého válce. Do jednoho válce nalijeme 4 ml bromové vody a do druhého 4 ml SAVA. Směsi ve válci mírně zamícháme tyčinkou a během krátké chvilky proběhnou reakce, při nichž pozorujeme barevné změny v obou válcích.

Pozorování:

Ve válci s bromovou vodou začne původně červená šťáva postupně od hladiny modrat, přechází do modrozelené, mění se v zelenou a nakonec ve žlutou. Výsledný efekt, vytvářející rozdílné barvy v tomto experimentu, je závislý nejen na vzrůstajícím množství bromové vody (případně na její koncentraci), ale i na způsobu míchání. Ve válci se Savem pozorujeme postupné odbarvování.

Bromová voda musí být čerstvě připravená a koncentrovaná!



13. Identifikace tuku v semenech rostlin a vlastnosti tuků

Identifikace tuků

Chemikálie: roztok Sudanu III v ethanolu, ethanol. Vzorčky olejnatých plodů, ořechy i potraviny jako máslová sušenka, kvasnice, ...

Pomůcky: filtrační papír, kádinky, sada zkumavek s označením, kapátka, třecí miska, kádinky.

- a) **Smyslové porovnání tuků:** rostlinné oleje, máslo (bez H₂O, přeškvášené), sádlo, popř. lanolin – vzhled, barva, vůně, tekutost- tuhost, apod.
- b) **Důkaz přítomnosti tuků v semenech rostlin:** Filtrační papír nastříháme na čtverce asi 4 x 4 cm. V jejich středu pak rozmáčkne vzorek (např. jádro ořechu, kvasnice rozetřené s křemenným pískem), odstraníme zbytky materiálu a příp. papír osušíme. Všimneme si, zda na papíře zůstala „mastná skvrna“? Papírky pak namočíme na 2 minuty do roztoku Sudanu III, poté je vyjmeme a proplachujeme v kádince s čistým ethanolu, dokud se

nevymyje přebytečné barvivo. Pokud byly ve vzorku přítomné lipidy, bude v místě aplikace červená skvrna.

Vlastnosti tuků

Chemikálie: 1,2-dichlorethan, konc. H_2SO_4 , 5%-roztoky bezvodých vzorků tuků v 1,2-dichloethanu, 5%-roztok Br_2 v 1,2-dichlorethanu (4ml Br_2 v 250 ml rozpouštědla), acethanhydrid. Veškeré chemikálie je vhodné připravit do malých zásobních lahví (objem asi 75 ml) s kapátky.

Pomůcky: stojánek s očíslovanými mikrozkušavkami, tabulka k doplnění pořadí vzorků.

a) Stupeň saturace (ztužení, zahuštění):

Připraví se 5% roztoky jednotlivých zkoumaných tuků v 1,2-dichlorethanu. Titruje se mikropipetou nebo z dávkovače do mikrozkušavky na 10 kapek vzorku po kapkách roztokem Br_2 v 1,2-dichlorethanu, dokud se barva nepřestane měnit. Porovná se počet kapek potřebných k titraci vzorků a vytvoří se stupnice vzorků od nejméně po nejvíce ztužený tuk (tj. s největším počtem násobných vazeb). (Stupeň saturace je vyjádřen množstvím kapek Br_2 , který je schopen adovat se na násobné vazby.)

b) Důkaz sterolů: Liebermannův – Buchardův test cholesterolu

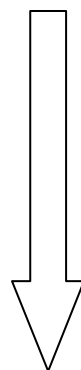
Liebermannův – Buchardův test cholesterolu:

Do zkumavky opět 10 kapek roztoku tuku, přidat 3 kapky acethanhydridu a jedinou(!) kapku konc. H_2SO_4 . (Pozor! Nadbytek konc. H_2SO_4 způsobuje ztmavnutí organické sloučeniny, protože dochází k její mineralizaci.) Test je pozitivní, pokud se do několika minut (5, max.10 min.) objeví zelené zbarvení; dle jeho intenzity se kvalitativně vyhodnotí obsah cholesterolu.

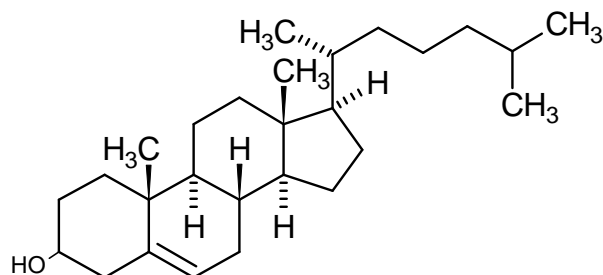
(Pozn.: Tento test je specifický pro steroly, mj. se ztmavnutím projeví též přítomnost jiných sterolů, např. fytoosterolů.)

TUKY DLE OBSAHU CHOLESTEROLU (orientační zjištění, listopad 2006)

- | | |
|---------------------------------|---------|
| 1. Škvařené vepřové sádlo | minimum |
| 2. Madeta jihočeské AB | |
| 3. Pomazánkové sádlo se škvarky | |
| 4. Máslo olešnické čerstvé | |
| 5. Čerstvé máslo (Poděbrady) | |
| 6. Šumava tradiční máslo | |
| 7. Máslo Dr. Halíř (Stříbro) | |
| 8. Jihočeské nedělní máslo | maximum |



Cholesterol:



14. Škodlivé látky v cigaretovém dýmu

Cílem pokusu je dokázat přítomnost některých škodlivých látek v cigaretovém dýmu.

Pomůcky a chemikálie: Zkumavka s bočním vývodem, stojan, svorky, držáky, kádinka, gumové hadice, skleněná trubička zahnutá + vrтанá zátka, rovná skleněná trubička, vata, injekční stříkačka, cigareta, Schiffovo činidlo, nasycený roztok trinitrofenolu, 10% roztok uhličitanu sodného, koncentrovaný roztok síranu železnatého, chlorid sodný.

Postup: Tři zkumavky s bočním vývodem připevníme ke stojanu pomocí svorky. Do první nalijeme do třetiny výšky Schiffovo činidlo, do druhé činidlo připravené smícháním stejných dílů nasyceného roztoku trinitrofenolu a 10% roztoku uhličitanu sodného, do třetí roztok manganistanu draselného. Zahnutou skleněnou trubičku se zátkou nasadíme na zkumavku tak, aby trubička zasahovala co nejhluběji do reagenčního roztoku. Druhý konec trubičky připojíme krátkou hadičkou k rovné skleněné trubičce, která je naplněná malým množstvím chloridu sodného (nebo jiného absorbentu, např. cigaretového filtru) a z obou stran uzavřená malým kouskem vaty. Na volný konec skleněné trubičky pomocí krátké hadičky připojíme cigaretu. Na boční vývod zkumavky připojíme větší injekční stříkačku nebo balónek. Cigaretu zapálíme a pomocí stříkačky nebo balónku protahujeme činidly cigaretový dým.

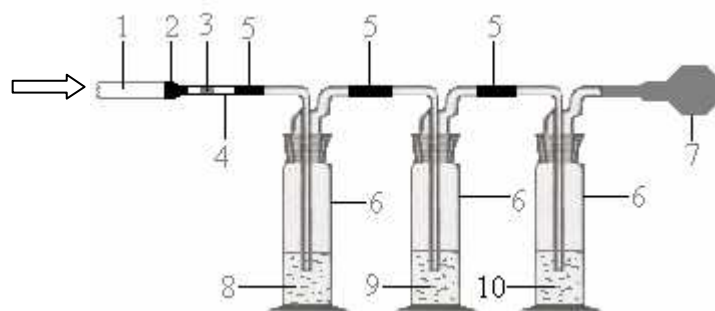
Pozorování: Pozorujeme červené zbarvení roztoku a žloutnutí až hnědnutí použitého absorbentu. Po jeho rozpuštění v minimálním množství vody můžeme sesbírat na dně kádinky kapičky kondenzátu (nerozpustného ve vodě) - dehtu.

Oranžové až červené zbarvení roztoku trinitrofenolu ukazuje na přítomnost kyanovodíku v cigaretovém dýmu, růžové zbarvení Schiffova činidla na přítomnost aldehydů. Slabý roztok KMnO_4 indikuje hnědým zbarvením po průchodu dýmu přítomnost redukujících látek.

Variace: Pokus lze uspořádat do promývací láhve připojené k vývěvě.

Jestliže použijeme nasycený roztok síranu železnatého, hnědé až černé zbarvení roztoku ukazuje přítomnost oxidů dusíku.

Nákres:



1. cigareta bez filtru
2. náústek
3. vata
4. skleněná trubička
5. spojovací hadička
6. promývačka
7. balónek
8. Schiffovo činidlo
9. trinitrofenol : roztok
 $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 1 : 1$
10. roztok KMnO_4

Látky přítomné v cigaretovém dýmu dle Mezinárodní agentury pro výzkum rakoviny (IARC):
<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol38/volume38.pdf>

acetaldehyd, akrolein, benzen, benz[a]pyren, formaldehyd, krotonaldehyd, kyanovodík, PAH (polyaromatické uhlovodíky), dehet....

Návody na domácí experimenty - téma: přírodní látky

15. Důkaz bílkovin biuretovou reakcí

Chemikálie:

- pentahydrát síranu měďnatého (modrá skalice)
- 10% roztok uhličitanu sodného (prací sody)
- ethanol (Alpa)
- vzorky látek obsahujících rozpustné bílkoviny, například:
 - mléko
 - sýr
 - tvaroh
 - mouka
 - bílek
 - fazole, hrách
 - sojové mléko
 - bílá čokolád

Pomůcky:

- menší nádobky (zkumavky, víčka od přesnídávek, "frťany", mističky na kompot, malé skleničky...)
- sklenice
- špejle na míchání
- kávový filtr

Postup:

1. pokud není vzorek obsahující bílkoviny tekutý, rozmícháme jej ve lžici teplé vody
2. necháme několik minut louhovat
3. přidáme lžičku roztoku uhličitanu sodného a zamícháme
4. přisypeme několik krystalků modré skalice a zamícháme
5. po chvíli pozorujeme změnu zbarvení

Speciální postup pro důkaz lepku v mouce:

1. lžičku mouky zalijeme ve sklenici větším množstvím ethanolu (vznikne řídká kaše)
2. několik minut protřepáváme nebo mícháme
3. necháme usadit (nebo přefiltrujeme přes kávový filtr)
4. ve filtrátu dokazujeme bílkoviny podle postupu popsaneho výše

Důkaz bílkoviny: Přítomnost rozpustné bílkoviny se projeví vznikem fialového zbarvení.

Vysvětlení: V zásaditém prostředí vytvářejí rozpustné bílkoviny s měďnatými ionty fialový komplex. Ligandem jsou dusíkové atomy vždy dvou sousedících peptidových vazeb v molekule bílkoviny.

16. Důkaz redukujících sacharidů

Chemikálie:

- pentahydrát síranu měďnatého (modrá skalice)
- 10% roztok uhličitanu sodného (prací sody)
- krystalový cukr
- kyselina citronová
- vzorky látek obsahujících redukující sacharidy, například:
 - mléko
 - jablka
 - mandarinky
 - cibule
 - rozinky
 - med
 - sušené datle
 - tablety s hroznovým cukrem
 - některé slazené tablety obsahující laktosu (Septolette...)

Pomůcky:

- menší vyšší nádoby (zkumavky, "frťany", malé skleničky...)
- větší porcelánový hrnek nebo vysoká miska
- rychlovarná konvice
- vaříč
- malá pánvička nebo rendlík
- lžíce
- špejle na míchání

Postup:

1. pokud vzorek není tekutý, nakrájíme jej na kousky a v malé nádobce zalijeme lžící teplé vody
2. necháme několik minut louhovat
3. přidáme lžičku roztoku uhličitanu sodného a zamícháme
4. v rychlovarné konvice uvaříme vodu a nalijeme do vyšší misky či hrnku
5. nádobku se vzorkem ohřejeme v proudu horké vody z vodovodu (aby nepraskla) a vložíme do vřelé vodní lázně v misce/hrnku
6. do nádoby se vzorkem přisypeme několik krystalků modré skalice a zamícháme
7. po chvíli pozorujeme změnu zbarvení

Postup pro důkaz v produktech hydrolýzy sacharosy:

1. provedeme test na přítomnost redukujících sacharidů v roztoku krystalového cukru (sacharosy) podle postupu popsaného výše
2. ve sklenici teplé vody rozpustíme tři lžíce cukru
3. přidáme špetku krystalků kyseliny citronové
4. nalijeme do malé pánvičky/rendlíku a povaříme
5. po vychladnutí provedeme znovu test na přítomnost redukujících sacharidů

Důkaz redukujícího sacharidu: Přítomnost redukujícího sacharidu se projeví vznikem žlutooranžového až cihlově červeného zbarvení.

Vysvětlení: Měďnaté ionty se v zásaditém prostředí za vyšší teploty redukují účinkem redukujících sacharidů na červenooranžový oxid měďný. Reakce není specifická pro sacharidy, poskytují ji i další vhodná redukční činidla. Sacharosa jako neredukující disacharid nedává pozitivní výsledek, varem v již slabě kyselém prostředí ovšem hydrolyzuje na redukující glukosu a fruktosu (tato směs se nazývá invertní cukr).

17. Reakce fenolů

Chemikálie:

- heptahydrát síranu železnatého (zelená skalice)
- 10% roztok uhličitanu sodného (prací sody)
- vzorky látek obsahujících fenoly, například:
 - citrusová kůra
 - heřmánkový čaj
 - rybízová šťáva
 - ovocný čaj
 - žaludy
 - duběnky
 - vlašské ořechy
 - černý čaj

Pomůcky:

- menší nádobky (zkumavky, víčka od přesnídávek, "frťany", mističky na kompot, malé skleničky...)
- sklenice
- špejle na míchání

Postup – reakce s železitými ionty:

1. lžičku síranu železnatého rozpustíme ve třech lžících vody a necháme na vzduchu zoxidovat do rezavého zbarvení
2. připravíme výluhy jednotlivých vzorků v malých množstvích horké vody
3. poznamenejme si barvy jednotlivých výluhů
4. ke výluhům přidáme několik kapek rezavého roztoku síranu železnatého
5. pozorujeme změnu zbarvení

Postup – reakce na zásadité prostředí:

1. připravíme výluhy jednotlivých vzorků v malých množstvích horké vody
2. poznamenejme si barvy jednotlivých výluhů
3. ke každému výluhu přidáme několik kapek roztoku prací sody
4. pozorujeme změnu zbarvení

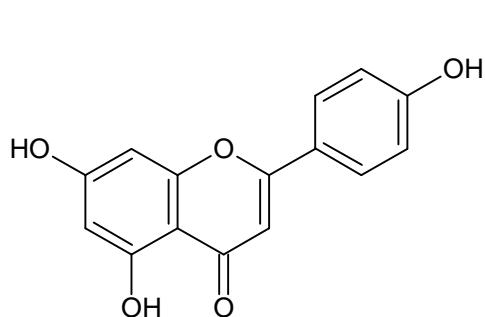
Vysvětlení:

V uvedených vzorcích jsou obsaženy následující skupiny fenolických látek:

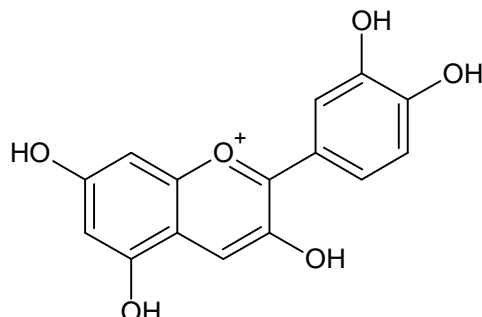
- **flavony a flavonoly** (citrusy, heřmánek) – např. apigenin
- **antokyany** (ovocný čaj, šťáva, zelí) – např. cyanidin
- **třísloviny** (ořechy, duběnky, žaludy) – např. gallotanin

Při reakci fenolů s železitými ionty vznikají barevné komplexní sloučeniny (známe z laboratoře). Žluté flavony a flavonoly (heřmánek, citrusy) a červené antokyany (ovocné šťávy) se zbarvují do hněda, třísloviny v žaludech, duběnkách a čaji do intenzivní modrofialové. Tato reakce je principem výroby duběnkového inkoustu.

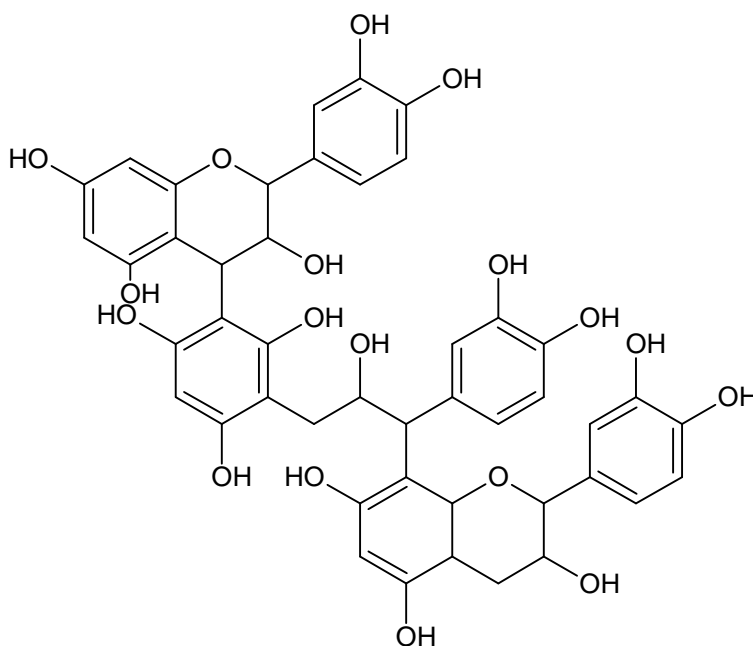
Fenolické látky slouží také jako indikátory pH (v laboratoři např. fenolftalein). Známá je reakce červených antokyanů v zásaditém prostředí (změna do modrého nebo zeleného zbarvení), flavony a flavonoly v citrusech a heřmánku se zbarvují intenzivně žlutě, třísloviny hnědočerveně. Zbarvení lze znovu odstranit okyselením roztoku.



apigenin



cyanidin



část gallotaninu

18. Barvení rostlinami - mořidla

Chemikálie:

- 5% roztok heptahydrátu síranu železnatého (zelená skalice)
- 5% roztok pentahydrátu síranu měďnatého (modrá skalice)
- 5% roztok síranu hlinito-draselného (kamenec)
- chlorid sodný (kuchyňská sůl)
- svazečky rostlin vhodných k barvení (uvádím „listopadové“ rostliny)
 - nať kopřivy
 - list černého bezu
 - list a kvetoucí nať vlašovičníku
 - list moruše
 - plody přísavníku
 - plody ptačího zobu
 - cibulové slupky
 - větvičky dříví šálu
 - list a oplodí ořešák

Pomůcky:

- nádobky vhodné k louhování (misky, kelímky od jogurtů)
- varič
- varné nádoby (pánvičky, rendlíky)
- nůž
- papír (do tiskárny, v laboratoři lze použít filtrační)
- nůžky
- pinzeta
- větší nádoba na máchání
- lžice na míchání
- prkénko

Postup:

1. papír rozstříháme na dostatečný počet malých obdélníčků (pro každou barvicí rostlinu čtyři obdélníčky)
2. čtvrtinu ze všech papírků odložíme, čtvrtinu ponoříme do roztoku modré skalice, čtvrtinu do roztoku zelené skalice, čtvrtinu do roztoku kamence
3. po 10 minutách louhování papírky vytáhneme (vhodné je použít pinzetu, pozor, filtrační papír se trhá) a necháme oschnout rozložené na listu papíru
4. vybranou barvicí rostlinu pokrájíme na malé kousíčky (pozor, vlašovičnick i ořešák silně barví – krájíme na igelitovém sáčku, ne přímo na prkénku, kopřivu před krájením spaříme vroucí vodou)
5. nakrájený materiál zalijeme v pánvičce (rendlíku) přiměřeným množstvím horké vody, přisypeme špetku soli a přivedeme k varu
6. vaříme 5 až 10 minut, mícháme
7. získanou barvicí lázeň rozlijeme do čtyř louhovacích nádobek
8. do každé nádoby ponoříme papírek nasycený jiným mořidlem, do poslední papírek bez mořidla (papírky nemusejí být zcela suché)
9. necháme barvit 15 až 30 minut
10. obarvené papírky vytáhneme (vhodné je použít pinzetu) a vymácháme ve velké nádobě s vodou
11. mokré papírky rozložíme na čistý list papíru a necháme uschnout
12. porovnáme odstín a intenzitu obarvení v závislosti na použitém mořidle

Vysvětlení:

Uvedené rostliny obsahují ve vodě rozpustná barviva. Při barvení celulosy v papíru (či v bavlněné nebo lněné látce) molekuly barviva difundují dovnitř vláken a interagují s hydroxylovými skupinami. Interakce jsou obvykle slabé a barvivo se snadno vymývá (odstín je málo intenzivní a nestálý).

Intenzitu a stálost obarvení lze podstatně zvýšit použitím mořidel. Ionty kovů vytvářejí s molekulami barviva komplexní sloučeniny a umožňují silnější interakce s celulosou. Tvorba komplexů ovlivňuje i výsledný odstín – měďnaté ionty zesilují modrou složku, železnaté (resp. železité) ionty výrazně ztemňují (až do tmavě hnědé), kamenec zesiluje žlutou složku.

Tyto návody včetně poznámek a barevných fotografií jsou k dispozici na webové adrese:

www.natur.cuni.cz/~kudch/JPD3/podzim2006

Použité zdroje:

1. ČTRNÁCTOVÁ H.- HALBYCH J. *Didaktika a technika chemických pokusů*. Praha: Karolinum, 1997.
2. ČTRNÁCTOVÁ, H. a kol. *Chemické pokusy pro školu a zájmovou činnost*. Praha: Prospektrum, 2000.
3. BUBNOVÁ E. a kol.: *Praktická cvičení z lékařské chemie a molekulární biologie*. Praha: Karolinum 1998.
4. SOPKO B. *15 školních pokusů z biochemie*. Materiál pro potřeby kurzů DVPP. UK v Praze, PřF 1998.
5. SEJBAL, J.: *Jednoduché organické pokusy*. Materiál pro potřeby kurzů DVPP, UK v Praze, PřF 1999.
6. ŠULCOVÁ, R.: *Praktické pokusy z organické chemie*. Materiál pro potřeby kurzů DVPP, DPS. UK v Praze, PřF 2002.
7. ŠULCOVÁ, R. a kol. *Projektové vyučování*. Materiál pro semináře Pedagogických center v ČR. Praha, UK v Praze, PřF 2004 – 2005.
8. ŠULCOVÁ, R. - MARTÍNEK, V. - HYBELBAUEROVÁ, S. *Praktické pokusy z organické chemie a biochemie pro SŠ*. Materiál pro potřeby DPS. UK v Praze, PřF 2003.
9. ŠULCOVÁ, R. – HYBELBAUEROVÁ, S. *Náměty na pokusy z organické a praktické chemie*. Materiál pro Doplňkové pedagogické studium chemie. UK v Praze, PřF 2005.
10. BÖHMOVÁ, H. „Kurs praktické alchymie“ – diplomová práce. Praha: UK v Praze, PřF 2006.