

NETRADIČNÍ EXPERIMENTY Z ORGANICKÉ A PRAKTICKÉ CHEMIE

PŘÍRODNÍ MATERIÁLY, NEOBVYKLÉ USPOŘÁDÁNÍ A POMŮCKY

Renata Šulcová & Hana Böhmová



UNIVERZITA KARLOVA, PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

PRAHA 2007

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE, PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

Katedra učitelství a didaktiky chemie



NETRADIČNÍ EXPERIMENTY Z ORGANICKÉ A PRAKTICKÉ CHEMIE

PŘÍRODNÍ MATERIÁLY, NEOBVYKLÉ USPOŘÁDÁNÍ A POMŮCKY

Autorky:

RNDr. Renata Šulcová

Mgr. Hana Böhmová

Recenzenti:

Doc. RNDr. Marie Solárová, Ph.D.

RNDr. Václav Martínek, Ph.D.

Vydala:

Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta

Praha 2007

Vytiskla tiskárna:

P.S. LEADER

ISBN 978-80-86561-81-3

1. vydání

© Renata Šulcová, 2007

ISBN 978-80-86561-81-3

Obsah

1. Úvod	3
2. Domácí experimenty	7
2.1. Důkazy přírodních látek	7
2.2. Pokusy s rostlinnými barvivy	12
2.3. Enzymy	33
3. Laboratorní experimenty s přírodními látkami	45
4. Experimenty v kontextu každodenního života	63
5. Experimenty v mikrovlnné troubě	73
5.1. Jednoduché pokusy	73
5.2. Pokusy probíhající za velmi vysokých teplot	78
5.3. Pokusy z praktické chemie – další možnosti využití mikrovlnné trouby	85
6. Veselá a zábavná chemie	93
7. Použitá literatura a internetové odkazy	107
8. Seznam experimentů	109

1. Úvod

Publikace, kterou držíte v rukou, je určena všem učitelům chemie pro jejich zvědavé studenty na středních i základních školách a všem dalším zájemcům o přírodovědné vzdělávání. Obsahuje návody na jednoduché experimenty, které se hodí jak do školních laboratoří chemie, tak i jen pro skromné, např. pro domácí „kuchyňské“ vybavení. Přáli bychom si, aby příručka přispěla k úspěšnému vzdělávání žáků jak v teoretické, experimentální i praktické chemii, tak i ke všeobecném rozvoji jejich klíčových kompetencí i manuálních dovedností prostřednictvím tvořivé a zajímavé práce. Zároveň věříme, že se stane vhodnou pomůckou učitelům pro povzbuzení zájmu žáků o předmět chemii a o celkové zatraktivnění jinak „šedivé teorie“ školního vyučování.

Rámcový vzdělávací program pro gymnázia charakterizuje vzdělávací oblast Člověk a příroda, zahrnující i obor chemii, v termínech osvojování metody vědeckého výzkumu a vědeckého myšlení při hledání zákonitostí přírodních procesů. **Cíle** této vzdělávací oblasti lze tedy nejpřirozeněji naplnit prostřednictvím spojení pozorování a měření při experimentální práci laboratorního charakteru s přírodovědnými poznatky a teoriemi za využívání moderních technologií v průběhu poznávací činnosti žáků.

Proti tomu se však staví některá omezení vyplývající z reality školní výuky chemie: nedostatek času, chemikálií a pomůcek či otázky bezpečnosti a platná legislativa.

Současně v aktuální verzi RVP G **postrádáme** explicitní **důraz na výuku chemie v kontextu každodenního života**. V cílovém zaměření vzdělávací oblasti Člověk a příroda je tato otázka zmiňována pouze okrajově v souvislosti s ochranou zdraví, životního prostředí a s využíváním přírodovědných poznatků k podpoře udržitelného rozvoje společnosti.

Vyjdeme-li z charakteristiky vzdělávací oblasti Člověk a příroda a zároveň zohledníme omezení vyplývající z praxe středoškolské výuky chemie, můžeme stanovit následující **požadavky na chemický experiment**:

- ✚ zkoumá dostatečně vnitřně složitý systém, který umožňuje tvorbu více hypotéz;
- ✚ ... ale současně není natolik nepřehledný, že by bylo příliš obtížné hypotézy ověřit;
- ✚ dotýká se i dalších přírodovědných oborů, jejich poznatků a metod;
- ✚ má přesahy do běžného života;
- ✚ je možné jej zadat jako úlohu problémovou či otevřenou pro heuristické postupy;
- ✚ není náročný na vybavení a dostupnost chemikálií;
- ✚ využívá chemikálií, které pokud možno nemají nebezpečné vlastnosti;
- ✚ má dostatečný motivační efekt.

Domníváme se, že experimentování s přírodními či v domácnosti běžnými materiály již samo o sobě napomáhá ke splnění těchto požadavků. Výhoda dostupnosti materiálu, motivačního efektu, interdisciplinarity a provázanosti s každodenním životem je zřejmá. **Práce s přírodním materiálem** nejistého složení dává též prostor tvorbě řady hypotéz, přičemž žáci přirozeně chápou nutnost jejich ověření a přibližují se tak metodě vědeckého myšlení a bádání. Stejně tak **provádění experimentů v zjednodušených nenáročných podmínkách** či v **netradičním uspořádání** otvírá cestu ke komplexnímu poznávání a chápání přírodovědných vzdělávacích oborů.

Práce s přírodními a jinak běžně dostupnými materiály se už ze své podstaty výborně uplatní při výuce biochemie a chemie přírodních látek (sacharidy, tuky, bílkoviny, vitamíny, enzymy, barviva). Podobně je tomu u obecné chemie (teorie kyselin a zásad, acidobazické indikátory, redoxní reakce, elektrochemie, rozpustnost, reakční kinetika, katalýza), vhodnými experimenty lze obohatit i výuku organické a anorganické chemie.

Vhodné uspořádání známých i méně obvyklých laboratorních pokusů s využitím přístroje běžné denní potřeby, jakým je např. **mikrovlnná trouba**, umožní navíc žákům interdisciplinární chápání fyzikálních a chemických jevů a dějů ve vzájemných souvislostech. Stejně tak lze využít i přístrojů běžných v jiných sférách než školní chemická laboratoř, např. fénu či „horkovzdušné pistole“ k zahřívání těkavých a hořlavých látek, UV lampy pro zjišťování fluorescence v rostlinném materiálu, varné konvice k přípravě vodních lázní, PC techniky k vyhodnocování naměřených hodnot pro sestavování grafů, tabulek a diagramů, kreslení schémat, obrázků, aparatur a podobně.

V následujících kapitolách naleznete **návody k vybraným netradičním, jednoduchým a zajímavým pokusům**, které se vztahují k aplikované praktické i organické chemii a biochemii, doplněné barevnými obrázky, případně vzorci či reakcemi daných sloučenin. Veškerý fotografický materiál jsme pořídili při provádění a modifikaci pokusů v naší laboratoři na UK v Praze, Přírodovědecké fakultě, případně i v domácím prostředí. Pouze několik ilustrativních doprovodných obrázků (v textu označených) bylo převzato z citovaných internetových adres.

Za vznik této publikace, za motivaci i mnohé nápady vděčíme kolegům a přátelům z naší katedry i z jiných přírodovědeckých fakult v České republice a na Slovensku a mimo jiné též řadě učitelů ze středních i základních škol, kteří se účastnili kurzů v rámci celoživotního vzdělávání učitelů chemie na Přírodovědecké fakultě UK v Praze, Katedře učitelství a didaktiky chemie v letech 2005 – 2007. Svými kreativními nápady nám v neposlední řadě přispěli též studenti a diplomanti učitelství chemie během své experimentální vzdělávací činnosti při přípravě na učitelské povolání.

Bezpečnost práce

Provádění školních chemických pokusů je vždy spojeno s určitým nebezpečím, které vyplývá z práce s chemikáliemi, z možnosti poranění při práci se sklem, z možnosti požáru apod. Proto **dodržování zásad bezpečnosti** a ochrany zdraví při práci je třeba považovat za osobní povinnost každého učitele. Znalost základních zákonů, vládních nařízení, předpisů, směrnic a norem učiteli umožňuje vést žáky v procesu výchovy a vzdělání k uvědomělé disciplíně a vytváření správných pracovních návyků.

Pravidla pro používání chemických látek jsou součástí zákonů, vyhlášek a nařízení vlády – např. **zákony č. 356/2003 Sb.** – Zákon o chemických látkách a chemických přípravcích, **č. 258/2000 Sb.** a následující předpisy - o ochraně veřejného zdraví; **vyhlášky č. 232/2004 Sb.**, 369/2005 Sb., **288/2003 Sb.**, 219/2004 Sb., a **nařízení vlády č. 114/1999**, 19/2003, 460/2005 Sb., **novely č. 28 a 135/2007 Sb.** a č. 258/2001 Sb., týkající se ochrany veřejného zdraví, nakládání s nebezpečnými chemickými látkami a chemickými přípravky, včetně seznamů nebezpečných chemických látek i chemických látek na našem trhu zakázaných.

(Zákony jsou neustále novelizovány, proto informace, které z nich vycházejí zůstávají aktuální pouze do další změny.)

Pokud škola používá vysoce toxické, toxické, žíravé, karcinogenní látky (označené R-větou 45 nebo 49), mutagenní látky (označené R-větou 46) nebo látky toxické pro reprodukci (označené R-větou 60 nebo 61), pak musí všechny zaměstnance a žáky, které je používají, prokazatelně seznámit s nebezpečnými vlastnostmi těchto látek a přípravků, se zásadami ochrany zdraví, životního prostředí a se zásadami předlékařské první pomoci. Všechny uvedené informace včetně postupu v případě nehody musí vydat formou **písemných pravidel pro používání těchto látek**. Práci s vysoce toxickými látkami smí provádět a zabezpečovat pouze odborně způsobilá fyzická osoba, mladistvým je zakázána.

Nakládání s nebezpečnými chemickými látkami upravuje zákon č. 258/2000 Sb. ve znění zákona č. 189/2006 Sb. – některá vybraná ustanovení:

Žáci 2. stupně ZŠ a nižšího stupně víceletých gymnázií (od 10 do 15 let) mohou např. pracovat s nebezpečnými chemickými látkami a chemickými přípravky, klasifikovanými jako C - žíravé, jestliže jsou tyto látky součástí výrobků, které splňují technické požadavky na hračky, stanovené zvláštními předpisy (*hračkou je např. souprava „Malý chemik“ aj.*). Pod dohledem učitele (odborně způsobilé osoby) pak tedy mohou pracovat s chemickými látkami a přípravky označenými C, X_n a X_i – žíravé, zdraví škodlivé a dráždivé v koncentracích nižších než minimální (1%) a F⁺ a F – extrémně hořlavé a hořlavé, nejde-li o jejich používání v laboratořích (podle vyhl. 432/2003 Sb.)

Uvedení žáci nemohou pracovat s látkami výbušnými (E), vysoce toxickými (T+), toxickými (T), žíravými (C), karcinogenními, mutagenními a toxickými pro reprodukci. (Zákon č. 258/2000 Sb.)

Žáci čtyřletých gymnázií a vyššího stupně víceletých gymnázií (od 15 do 18 let) mohou nakládat pod *přímým dohledem odpovědné osoby* nejen s látkami hořlavými, vysoce hořlavými (F), extrémně hořlavými (F+), oxidujícími (O), zdraví škodlivými (X_n), dráždivými (X_i), senzibilizujícími a nebezpečnými pro životní prostředí (N), ale i s látkami toxickými (T) a žíravými (C). *Pod dohledem odborně způsobilé (autorizované) osoby* mohou pracovat i s látkami vysoce toxickými (T+). Pro nakládání s látkami karcinogenními, mutagenními a toxickými pro reprodukci označenými výše uvedenými R-věťami je nutné prokazatelné zaškolení žáků, zejména při přípravě na povolání.

V případě, že je potřeba pracovat s chemikáliemi, které žáci nesmí používat, musí tyto pokusy předvádět učitel pouze demonstračně.

(Zákon č. 356/2003 Sb. a následující předpisy)

Z legislativy vyplývá povinnost každého z učitelů, aby při provádění pokusů dodržoval veškeré zásady bezpečnosti práce a dbal na ochranu zdraví žáků s ohledem na jejich věk.

2. Domácí experimenty*

2.1. Důkazy přírodních látek

(popsána je laboratorní varianta, příslušné náhradní chemikálie a pomůcky pro domácí provedení jsou uvedeny kurzívou v závorce)

1. Důkaz škrobu

Zadání: Prozkoumejte obsah škrobu ve vybraných potravinách a materiálech z domácnosti na základě jodoškrobové reakce. Rozdělte potraviny do skupin z hlediska výsledku barevné reakce.

Chemikálie: Lugolův roztok (1 g KI a 0,35 g jodu rozpusťte asi v 30 cm³ vody a doplňte roztok na 100 cm³. (*Domácí alternativa: jodová tinktura z lékárny*)

potraviny: vzorky pečiva a mouky, tavený sýr, pomazánkové máslo, kečup, brambory, majonéza, kostka cukru, mléko, tableta Paralenu, točený salám, vařená rýže, ovesné vločky, kukuřičné lupínky, Solamyl.

další materiál: krém na ruce, zubní pasta, lepidlo Herkules nebo jiné lepidlo na papír, tekutý pudr, kosmetický pudr z pudřenky, škrobenka na prádlo, kancelářský papír

Pomůcky: sada zkumavek ve stojánku (*malé nádobky: víčka od přesnídávek, kelímky od jogurtu...*)

Postup:

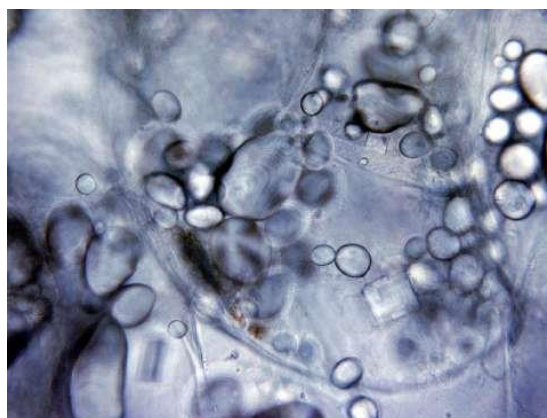
Na vzorek suroviny kápněte roztok jodu a sledujte změnu zbarvení. Jako srovnávací vzorek použijte kostku cukru. Pokud se změna zbarvení neobjeví, zvlhčete vzorek kapkou vody a znovu přikápněte roztok jodu.

Důkazem přítomnosti škrobu je vznik temného modrofialového zbarvení.

Všechny druhy barevných změn zaznamenejte, použité vzorky rozdělte na ty, které škrob obsahují, na ty, které neobsahují (nedochází k barevné změně), a na ostatní (jiná barevná změna).

Řešení:

Škrob je polysacharid tvořený spojením mnoha glukosových jednotek. Skládá se ze dvou složek – šroubovice amylosy a větveného amylopektinu.



Zrnka škrobu pod mikroskopem

* Na námětech a modifikaci těchto experimentů pracovala Mgr. Hana Böhmová v rámci přípravy své disertační práce v r. 2006-2007.

Důkaz škrobu v potravinách a dalších materiálech je založen na reakci jodu s amylosou. Reakce se projevuje vznikem tmavého, modročerného zbarvení. Škrob, jako zásobní látka rostlin, se objevuje především v zásobních orgánech rostlin a výrobcích z nich – v semenech, mouce a pečivu, také v hlízách a kořenech (brambory), v pudru a kuchyňském škrobu. V dalších výrobcích se škrob objevuje jako zahušťovadlo či plnidlo přidávané výrobcí – například v pomazánkovém másle, lékových tabletách, kečupu a majonéze, nekvalitních uzeninách či v kancelářském papíru.



Negativní důkaz škrobu – cukr, mléko, Rama, sůl



Pozitivní důkaz škrobu – bábovka, mouka, pomazánkové máslo, rýže

Tzv. „rozpustný škrob“ ve škrobence na prádlo, některých pudincích nebo v lepidle Herkules dává při reakci s jodem pouze růžové zbarvení. V těchto výrobcích se totiž nevyskytuje škrob, ale produkty jeho hydrolýzy, tedy kratší řetězce glukosových jednotek, zvané dextryny. Jsou lépe rozpustné ve vodě než samotný škrob a používají se jako lepidla.



Důkaz dextrinu – lepidlo Herkules a puding

2. Důkaz redukujících sacharidů

Zadání: Na základě Fehlingovy zkoušky porovnejte obsah redukujících sacharidů ve vybraných potravinách. Vyhledejte názvy sacharidů, které se v daných potravinách vyskytují.

Chemikálie: pentahydrát síranu měďnatého - 5% roztok (5% roztok modré skalice), hydroxid sodný - 10% roztok (10% roztok uhličitanu sodného – prací sody)

potraviny: mléko, „citronka“, datle nebo rozinky, med, banán, cibule, oslazená voda, droždí, vařené fazole či rýže

Pomůcky: 4 zkumavky ve stojánku (průhledné nádoby), nůž a prkénko (případně třecí miska s tloučkem), 3 skleněné tyčinky (špejle), malé kádinky (hrnečky, mističky), rychlovarná konvice nebo kahan, velká kádinka na 500 ml (doma: široký hrnek), univerzální indikátorové papírky

Postup:

Do každé kádinky nakrájejte přibližně stejné množství vybrané potraviny na maličké kousky (měkké rozmačkejte, případně rozdrťte v třecí misce), zalijte 50 cm³ horké vody a nechte louhovat 10 minut (mléko a citronku samozřejmě louhovat netřeba).

Do každé zkumavky odlijte vždy 7 cm³ „výluhu“ z dané suroviny (**označte si, co kde je!**), přidejte vždy 2 cm³ 10% roztoku NaOH, zamíchejte a v případě použití kyselé suroviny (ovoce, citronka) ověřte pH papírkem, zda je vzniklý roztok dostatečně zásaditý (modré zbarvení papírku) – v opačném případě přidejte další množství hydroxidu.

V rychlovarné konvici uvařte 300 cm³ vody, vroucí vodu nalijte do velké kádinky a do této lázně vložte zkumavky s reakční směsí tak, aby vroucí voda nenatekla dovnitř. Do každé zkumavky přidejte 1 cm³ 5% roztoku CuSO₄ a zamíchejte (vzniká modrá sraženina). Po 5 – 10 minutách v horké lázni pozorujte barevné změny v jednotlivých zkumavkách, zaznamenejte je do tabulky.

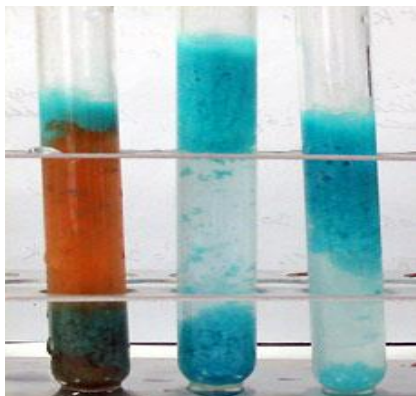
(V laboratoři lze vroucí lázeň nahradit zahříváním zkumavky v plameni kahanu.)

(V domácím provedení je možné do výluhu z potravin přidávat práškový uhličitan sodný a krystalek modré skalice – a zamíchat – namísto přidávání roztoků).

Důkazem přítomnosti redukujících sacharidů je vznik červenooranžové (méně často i žluté či nahnědlé) sraženiny oxidu měďného. Vyberte z použitých potravin ty, které obsahují redukující sacharidy. V literatuře vyhledejte názvy redukujících sacharidů v těchto surovinách.

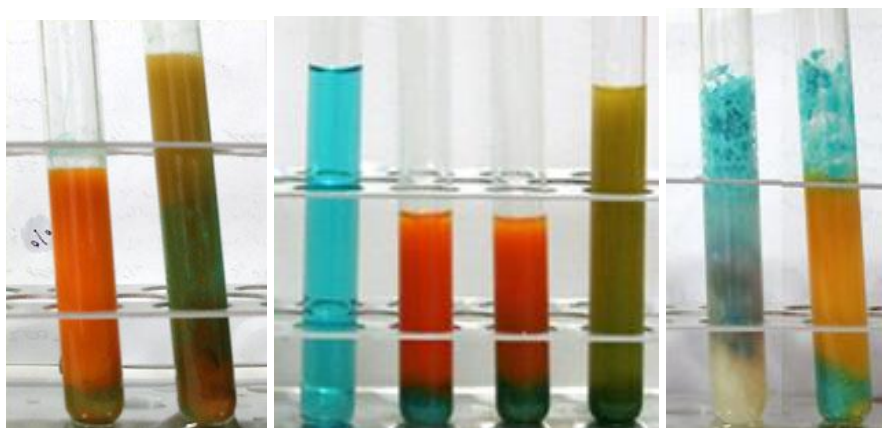
Řešení:

Všechny monosacharidy a disacharidy, které mají volný poloacetalový hydroxyl, mají redukční vlastnosti a jsou schopny redukovat měď z oxidačního čísla II (v síranu měďnatém) na oxidační číslo I (v oxidu měďném).



Důkaz redukujících sacharidů:
 pozitivní – glukosa, negativní – sacharosa, škrob

V ovoci a medu se vyskytují především monosacharidy glukosa a fruktosa. V mléce je obsažen redukující disacharid laktosa. Sacharosa (tj. běžný kuchyňský cukr) nemá redukční vlastnosti. Droždí, rýže, fazole ani „citronka“ neobsahují dostatečné množství redukujících sacharidů, takže ke vzniku červené sraženiny nedochází. U droždí, mléka a fazolí ovšem pozorujeme vznik fialového zbarvení – důkaz přítomnosti bílkovin.



Med, rozinky, „citronka“, jablko, cibule, datle, mléko, banán

3. Důkaz bílkovin

Zadání: Biuretovou reakcí dokažte rozpustné bílkoviny ve vzorcích potravin.

Chemikálie: pentahydrát síranu měďnatého - 5% roztok (5% roztok modré skalice), hydroxid sodný - 10% roztok (10% roztok uhličitanu sodného – prací sody), ethanol (Alpa)

potraviny: mléko, tavený sýr, tvaroh, pšeničná mouka, vaječný bílek, fazole nebo hrách, sojové mléko, bílá čokoláda

Pomůcky: sada zkumavek ve stojánku (malé nádobky: víčka od přesnídávek, kelímky od jogurtu...), skleněná tyčinka (špejle), nůž, kádinka (hrneček,

kelímek od jogurtu), případně třecí miska s tloučkem (*palička na maso*) a filtrační papír (*kávový filtr*)

Postup:

Pokud není vzorek potravinu tekutý, nakrájejte (roztlučte) ho nadrobno a vylouhujte v malém množství horké vody. 7 cm³ vzorku nebo výluhu slijte do zkumavky, přidejte 2 cm³ 10% roztoku NaOH, zamíchejte a v případě použití kyselé suroviny ověřte pH papírkem, zda je vzniklý roztok dostatečně zásaditý (modré zbarvení papírku) – v opačném případě přidejte další množství hydroxidu. Přilijte 1 cm³ 5% roztoku CuSO₄ a zamíchejte (*vzniká modrá sraženina*). Po 5 minutách pozorujte barevné změny. Pozitivním důkazem přítomnosti bílkoviny je fialové či růžové zbarvení roztoku (přetrvávající přítomnost modré sraženiny hydroxidu měďnatého nevadí). Barevné změny zapište do tabulky a rozhodněte o přítomnosti bílkovin.

Speciální postup pro důkaz lepku v mouce:

Lžičku mouky 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 popsáním výše.

(V domácím provedení je možné do výluhu z potravin přidávat práškový uhličitan sodný a krystalek modré skalice – a zamíchat – namísto přidávání roztoků).

Řešení:

Principem biuretové 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 dusíkové atomy vždy dvou sousedících peptidových vazeb v molekule bílkoviny.



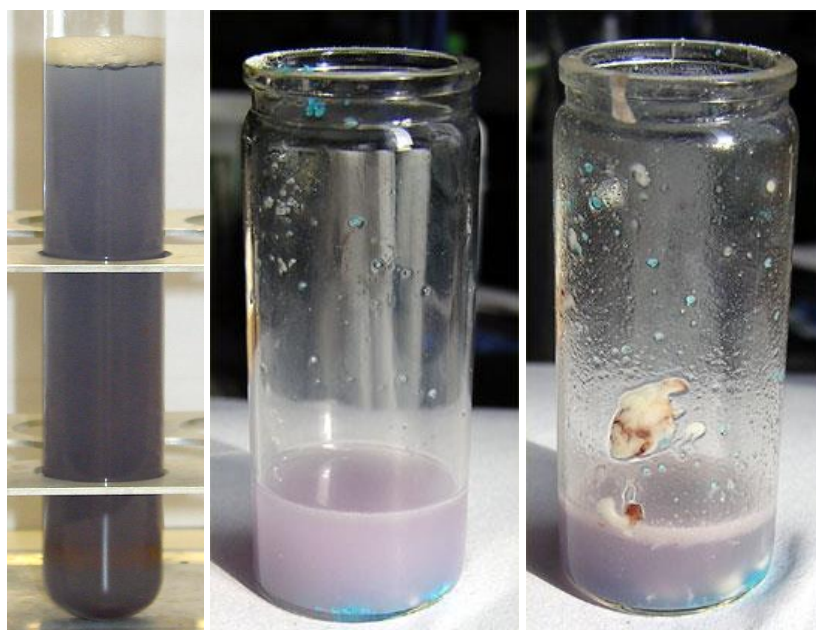
Pozitivní biuretová reakce – bílek, fazole, kasein (mléčná bílkovina), mléko poslední v řadě – negativní biuretová reakce (mléko zbavené kaseinu)



Sojové maso

Sýr tofu

Kuřecí játra – výluh



Sušené droždí

Extrakt z mouky

Bílá nutella

2.2. Pokusy s rostlinnými barvivy

(popsána je laboratorní varianta, příslušné náhradní chemikálie a pomůcky pro domácí provedení jsou uvedeny kurzívou v závorce)

4. Červená rostlinná barviva jako indikátory pH

Zadání: Rozdělte červená barviva v následujících surovinách do dvou skupin podle jejich reakce na změnu pH. Vyhledejte vzorce jednotlivých použitých barviv a posuďte, zda strukturní podobnost odpovídá vašemu rozdělení. Vyhledejte název skupiny barviv, která reagují na změnu pH, a název skupiny barviv, která na změnu kyselosti nereagují.

Chemikálie: kyselina sírová - 5% roztok (*ocet*), hydroxid sodný - 5% roztok (*5% roztok uhličitanu sodného – prací sody*)

některé z následujících surovin (názvy barviv uvedeny v závorce): ovocný čaj (kyanidin), kečup či rajčatová šťáva (lykopen), šťáva z červené papriky nebo extrakt ze sušené papriky (kapsanthin), borůvky (delfinidin), černý rybíz (delfinidin), červené hrozny (peonidin), ostružiny (delfinidin), bezinky (delfinidin) (vždy šťáva či výluh z ovoce), šťáva z červeného melounu (lykopen), výluh z čerstvých šípků (beta karoten), výluh z červené cibule (kyanidin), výluh ze slupek dřišťálu (pelargonidin), ibiškový čaj (pelargonidin)

Pomůcky: sada zkumavek ve stojánku (tři malé nádoby: víčka od přesnídávek, kelímky od jogurtu...), skleněná tyčinka (špejle), nůž na pokrájení suroviny, kádinka (hrneček)

Postup:

Z každé suroviny, kterou použijete, vylouhujte červené barvivo – kečup stačí zředit, ovocné čaje vylouhovat, ovoce a zeleninu pokrájejte na malé kousky a zalijte malým množstvím horké vody, případně můžete rozmělnit surovinu s malým množstvím vody v třecí misce.

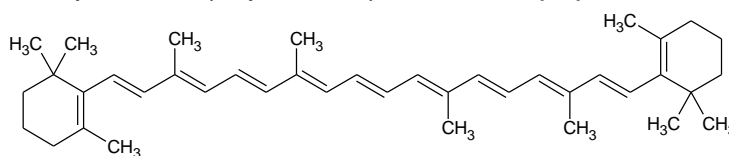
Do tří zkumavek nalijte postupně: 3 cm³ roztoku NaOH do první, 3 cm³ vody do druhé a 3 cm³ roztoku H₂SO₄ do třetí. Pak do každé zkumavky přidejte 2–3 cm³ vylouhovaného červeného barviva z příslušné suroviny, zamíchejte a sledujte změnu barvy v závislosti na pH. Barevné změny zapište do tabulky. Zkumavky vylijte a vypláchněte. Totéž proveďte i s dalšími červenými barvivy, která máte k dispozici.

Řešení:

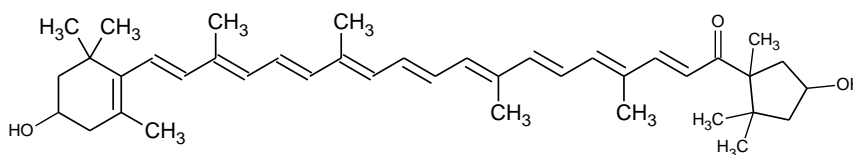
Použité suroviny obsahují dva druhy červených barviv – karotenoidy a anthokyany.

Karotenoidy:

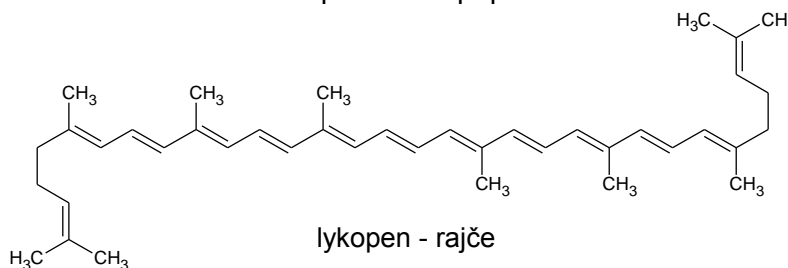
- lykopen (*lycopene*) – šípky, rajská jablka, růžový grep
- beta karoten (*beta carotene*) – šípky, mrkve, jeřabiny
- kapsanthin (*capsanthin*) – červená paprika



beta karoten - šípky



kapsanthin - paprika



lykopen - rajče

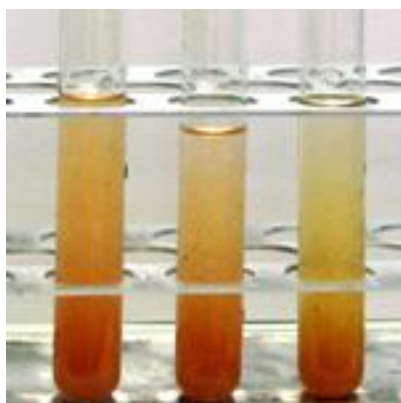
U barviv z červenooranžového ovoce a zeleniny – karotenoidů – nepozorujeme s rostoucím pH zřetelný barevný přechod, v zásadité oblasti se u některých surovin objevuje jemné zežloutnutí způsobené přítomností flavonů.



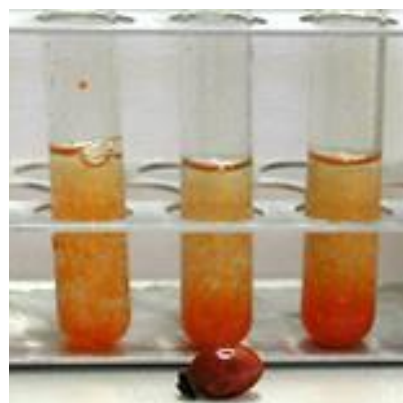
Rajčatová šťáva
(ocet – voda – roztok prací sody)



Mletá paprika
(5% H_2SO_4 , voda, 5% NaOH)



Kečup
(ocet – voda – roztok prací sody)

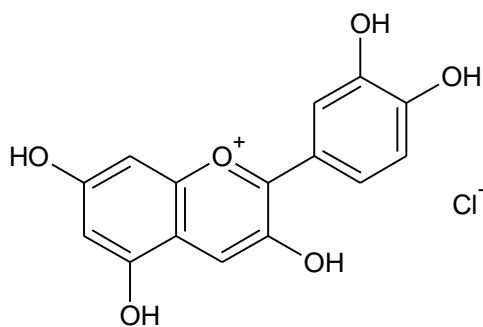


Čerstvé šípky
(5% H_2SO_4 , voda, 5% NaOH)

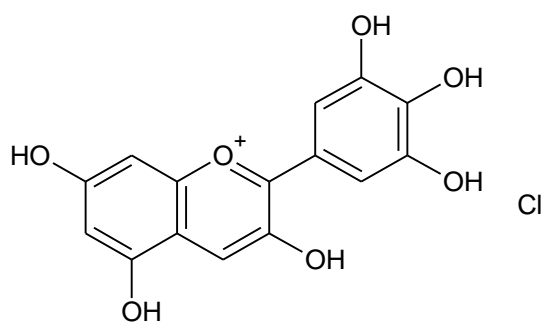
Anthokyany:

Jsou tvořeny cukernou složkou (glukosa...) a necukernou složkou (tzv. anthokyanidin), což může být například:

- kyanidin (*cyanidin*) – růže, třešně a další červené ovoce
- delphinidin (*delphinidin*) – černý rybíz, borůvky, ibišek
- pelargonidin (*pelargonidin*) – muškáty, dřívíšťalky
- peonidin (*peonidin*) – červené víno



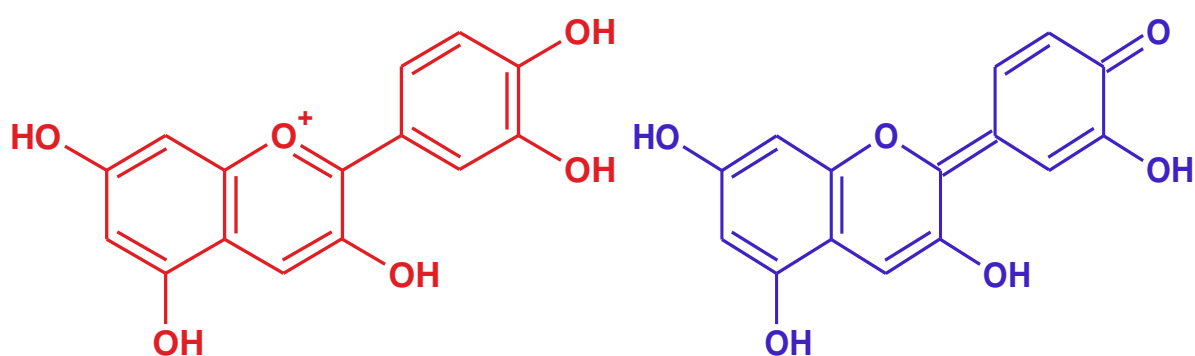
kyanidin



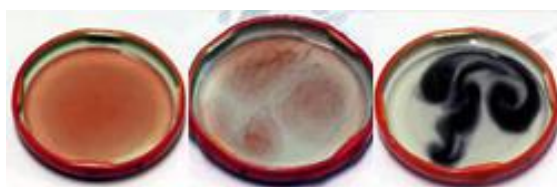
delfinidin

V zásaditém prostředí mění barvu do modré/zelené, lze je tedy použít jako acidobazické indikátory. Tento jev je způsoben tím, že protonizovaná (s H^+ , v kyselém prostředí) a deprotonizovaná (bez H^+ , v zásaditém prostředí) forma příslušného anthokyanidinu se odlišují barevně. Systém konjugovaných dvojných vazeb, do něhož se zapojují i volné elektronové páry OH skupin, umožňuje, že odstranění jednoho vodíkového kationtu z molekuly barviva vyvolá posuny v rozložení elektronů a změny jejich energetických hladin. Tím se změní i vlnová délka světla pohlcovaného barvivem – tedy jeho barva.

Naopak u jednoduchých sloučenin – například u kyseliny octové – k takové změně nedochází, její forma protonizovaná (kyselina octová) i deprotonizovaná (octanový anion) mají stejnou barvu.



Protonizovaná (červená) a deprotonizovaná (modrá) forma barviva kyanidinu



Červené víno
(ocet – voda – roztok prací sody)



Bezinky (ocet – voda – roztok prací sody)
fialové zbarvení v poslední nádobce je způsobeno znečištěním ostružinou



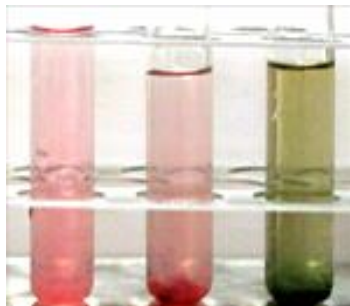
Borůvky
(ocet – voda – roztok prací sody)



Slupky ze šalotky (červené cibule)
(ocet – voda – roztok prací sody)



Ovocný čaj
(ocet – voda – roztok
prací sody)



Rybízová marmeláda
(ocet – voda – roztok
prací sody)



Ptačí zob
(ocet – voda – roztok
prací sody)

5. Indikátor z červeného zelí

Zadání: Porovnejte barvenou škálu zelného indikátoru s barevnou škálou univerzálních indikátorových papírků. Využijte extrakt z červeného zelí jako indikátor při zjišťování pH různých roztoků.

Chemikálie: kyselina sírová - 5% roztok (ocet), hydroxid sodný - 5% roztok (5% roztok uhličitanu sodného – prací sody), vývar z nakrájeného syrového červeného zelí

Pomůcky: sada zkumavek ve stojánku (tři malé nádobky: víčka od přesnídávek, kelímky od jogurtu...), skleněná tyčinka (špejle), univerzální indikátorové papírky, filtrační (novinový) papír, nůžky, velká Petriho miska (mělká miska či talíř)

Postup:

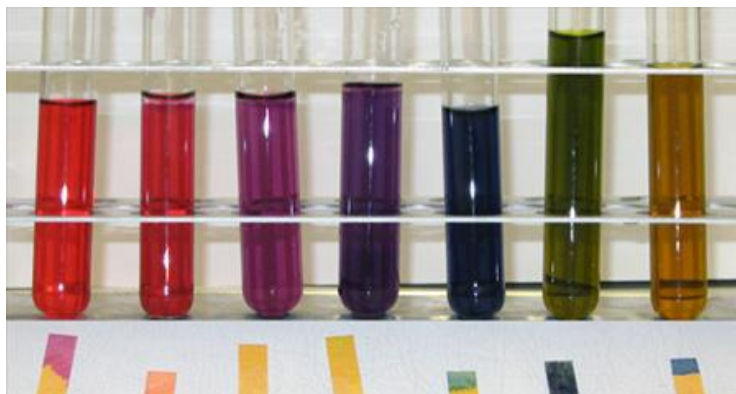
Do velké zkumavky nalijte 10 cm³ 5% kyseliny sírové, přidejte 2 cm³ vývaru z červeného zelí (aby zbarvení bylo intenzivní), poznamenejte si do tabulky barvu zelného indikátoru a pH změřené indikátorovým papírkem. Kapátkem přidávejte po kapkách 5% roztok hydroxidu sodného, míchejte a každou změnu barvy si zapište společně s pH změřeným indikátorovým papírkem. Roztok hydroxidu sodného přidávejte, dokud není pH silně zásadité. Vzniklou barevnou škálu zelného indikátoru porovnejte s barevnou škálou univerzálních indikátorových papírků.

Vývar z červeného zelí použijte ke zjištění kyselosti roztoků vyskytujících se v domácnosti (ocet, minerální vody, mycí a úklidové prostředky, potraviny, kosmetika...); pH odhadněte podle vámi vytvořené barevné škály.

Vývar z červeného zelí nalijte do větší Petriho misky, nechte v něm louhovat 6 úzkých proužků filtračního papíru. Obarvené proužky usušte rozložené na čistém papíře a použijte jako „zelné indikátorové papírky“ ke zjištění kyselosti různých roztoků vyskytujících se v domácnosti (viz předchozí odstavec). Porovnejte použití zelných „papírků“ a „vývaru“ z hlediska zjišťování kyselosti roztoků.

Řešení:

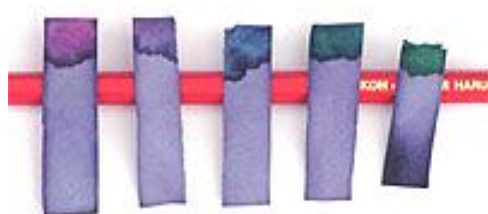
Barevná škála „zelného indikátoru“ v závislosti na pH je následující:



Barevná škála „zelného indikátoru“ v závislosti na pH

Škála se některými barvami podobá škále univerzálního indikátorového papírku, ale posloupnost barev je jiná. Tento experiment názorně ukazuje, že dva indikátory mohou vytvářet stejné zbarvení (například tmavě modré) v prostředích o naprosto odlišné kyselosti (silně zásadité u univerzálního indikátoru, slabě zásadité u zelného indikátoru). Je tedy vždy nutné znát škálu použitého indikátoru.

Papírky používáme při měření pH z praktických důvodů – měření je rychlé a roztok se měřením téměř neznečistí (což může být významné v další analýze). Jde ovšem pouze o měření orientační.



Barevné odstíny „zelných indikátorových papírků“

Odstíny nejsou tak jasné a intenzivní, jako kdybychom použili přímo výluh. Přesto jsou dostatečně zřetelné k orientačnímu určení pH.



Barevná škála zelného indikátoru

6. Indikátorová barviva v květech rostlin

Zadání: Vyzkoušejte využití květních barviv jako acidobazických indikátorů. Pozorujte barevné změny květů v závislosti na pH a porovnejte je s barevnými změnami doprovázejícími zrání a vývoj květů/plodů v přírodě.

Chemikálie: kyselina sírová - 5% roztok (*ocet*), hydroxid sodný - 5% roztok (5% roztok *uhličitanu sodného – prací sody*), ethanol (*Alpa*)

květy vhodných rostlin na přípravu indikátoru: růže (růžová nebo červená barva), růžový hrachor, ostrožka východní, plamének (fialová barva) – vždy asi hrst květů

květy vhodných rostlin na sledování barevných změn: jakékoli růžové, modré či fialové květy (jabloň, šípková růže, zahradní růže, šeřík, violka, hluchavka, rozrazil „bouřka“, pomněnka, plicník, hadinec...) – vždy 3 květy

Převzaté obrázky:



1. růže svrasklá



2. hrachor



3. ostrožka východní



4. plamének

Pomůcky: sada zkumavek ve stojánku a 3 malé Petriho misky (*tři malé nádobky: víčka od přesnídávek, kelímky od jogurtu...*), skleněná tyčinka (*špejle*), nůž, kádinka (*hrneček, kelímek od jogurtu*), třecí miska s tloučkem

Postup:

Vyberte si vhodnou rostlinu na přípravu indikátoru, hrst květů pokrájete nožem (rozstříhejte) na malé kousky a v třecí misce rozmělníte s dvěma lžicemi vody (v kelímku od jogurtu rozmačkejte špejlí nebo vařečkou). Nechte louhovat alespoň 30 minut, dokud se voda neobarví. Pozor: experiment může probíhat dobře, i když je samotný výluh zbarven pouze nepatrně, například u hrachoru či růže.

Do tří zkumavek nalijte postupně: 3 cm³ roztoku NaOH do první, 3 cm³ vody do druhé, 3 cm³ roztoku H₂SO₄ do třetí. Pak do každé zkumavky přidejte 2–3 cm³ vylouhovaného barviva z květů, zamíchejte a sledujte změnu barvy v závislosti na pH. Barevné změny запиšte do tabulky. Pokud nejsou barevné změny patrné, nedošlo k vylouhování barviva. Nakrájejte znovu hrst suroviny a rozetřete ji v třecí misce s ethanolom namísto vody. Ethanolový extrakt přidejte do roztoku hydroxidu, do vody a do zředěné kyseliny a pozorujte barevné změny.

Vyberte si vhodnou rostlinu ke sledování barevných změn. Do tří Petriho misek nalijte postupně 2% roztok NaOH, vodu a 5% roztok H₂SO₄. Do každé misky vložte jeden květ vybrané rostliny, tyčinkou ho ponořte do roztoku. Po 5 až 10 minutách sledujte barevné změny. V přírodě pozorujte barevné změny plicníku, hadince nebo pomněnky, případně barevné změny plodů borůvky, v závislosti na stáří květu/plodu.

Řešení:

Barevné změny květů i vylouhovaných barviv odpovídají barevným změnám anthokyanů z prvního experimentu: červená v kyselém prostředí, modrá až zelená v zásaditém. Současne dochází k poškození rostlinné tkáně (projevuje se hnědnutím).



Hrachor lesní
(ocet – voda – roztok prací sody)

Ostrožka východní
(ocet – voda – roztok prací sody)



Růže svrasklá
(ocet – voda – roztok prací sody)



Hrachor
(roztok prací sody – přirozená barva)



Růže šípková
(ocet – přirozená barva – roztok prací sody)



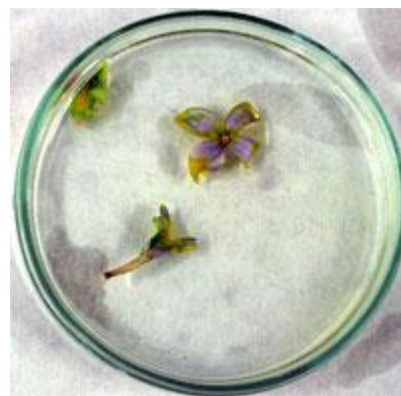
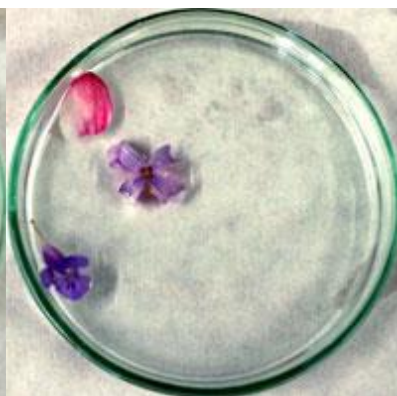
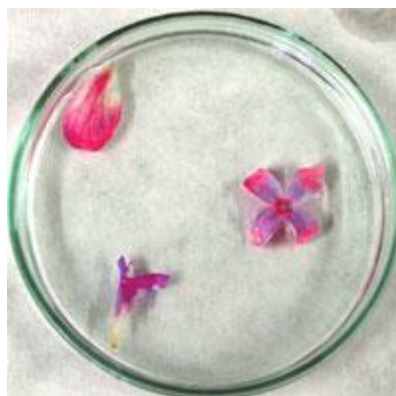
Suchá růže
(5% H_2SO_4 , voda,
5% NaOH)



Orchidej
(5% H_2SO_4 , voda,
5% NaOH)



Kůra svídy krvavé
(5% H_2SO_4 , voda,
5% NaOH)



Barevné změny šeříku, popence a jabloňového květu v kyselém, neutrálním a zásaditém prostředí

Obdobné barevné změny můžeme u rostlin z čeledi brutnákovitých (pomněnka, hadinec, plicník) pozorovat v souvislosti s vývojem květu. Čím je květ starší, tím zásaditější pH v buňkách a modřejší barva. Růžové květy plicníku či hadince signalizují hmyzu, že dosud nejsou dospělé. I dozrávání plodů bývá doprovázeno změnou barvy.

Převzaté obrázky:



5. Pomněnka



6. Hadinec



7. Plicník

Seznam převzatých obrázků:

1. <http://tccswcd.vaswcd.org/images/rose-flower2.jpg>
2. http://home.wanadoo.nl/meclorp/aardaker_1.jpg
3. <http://flora.nikde.cz/view.php?cisloclanku=2005022501>
4. <http://www.pipers-place.com/SS/FG/pic00085.jpg>
5. <http://www.ruhr-uni-bochum.de/boga/html/Plumonia.officinalis.ho1.jpg>
6. www.floradecanarias.com/myosotis_latifolia.html
7. www.lucianabartolini.net/pagina_fiori-1.htm

7. Barviva lišejníků jako indikátory kyselosti

Zadání: Pozorujte barevné změny barviv v lišejníkových stélkách při reakci s hydroxidem sodným. Vyhledejte název lišejníku, z něhož se získává acidobazický indikátor lakmus. (Reakci je možno provádět i přímo v terénu.)

Chemikálie: hydroxid sodný - 5% roztok (5% roztok uhličitanu sodného – prací sody), vzorky žlutě zbarvených lišejníků ze zdí či stromů (*Xanthoria* – terčovník, *Caloplaca* – krásnice), vzorky šedě zbarvených lišejníků ze zdí či stromů (terčovka bublinatá, misnička zední, terčovník zední...)

Pomůcky: skleněná tyčinka (*špejle*), Petriho miska (*talířek*)

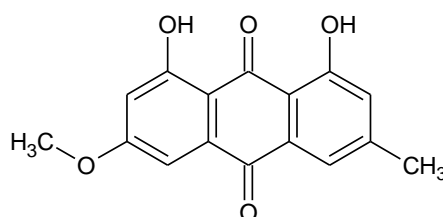
Postup:

Na stélku žlutě zbarveného lišejníku položenou na Petriho misce kápněte tyčinkou 5% roztok hydroxidu sodného. Sledujte barevnou změnu – je-li zbarvení příliš intenzivní, zředte je kapkou vody a určete vzniklou barvu. Vyzkoušejte barevné změny i v případech jinak (např. šedě) zbarvených lišejníků.

Řešení:

Některé charakteristické látky obsažené v lišejnících mění barvu v zásaditém prostředí. Botanici těchto barevných reakcí využívají k rozlišování různých druhů lišejníků pomocí reakce s hydroxidem draselným (tzv. „K-test“ podle používané chemikálie – KOH, hydroxidu draselného). Parietin v terčovníku zedním, jednom z nejběžnějších žlutě zbarvených lišejníků, se v zásaditém prostředí mění do intenzivní purpurové barvy.

Obdobná barevná reakce nastává například i u žluté krásnice.



Parietin



Terčovník zední po potření hydroxidem

Některé šedě zbarvené lišejníky (například terčovka bublinatá) poskytují žluté zbarvení v zásaditém prostředí. Barevných změn lišejníků se využívá prakticky i mimo botaniku – běžný acidobazický indikátor lakmus se získával z lišejníku *Rocella tinctoria*.

8. Reakce přírodních fenolů

Zadání: Pozorujte reakce přírodních fenolických látek s hydroxidovými a železitými ionty a rozdělte použité vzorky do tří skupin podle typu barevných změn.

Chemikálie: chlorid železitý - 5% roztok (*5% roztok zelené skalice – síranu železnatého – zoxidovaný na vzduchu do oranžové barvy*), hydroxid sodný - 5% roztok (*5% roztok prací sody – uhličitanu sodného*)

rostlinný materiál (připravené výluhy): citronová kůra, bobule ptačího zobu, ovocný čaj, černý čaj, žaludy, duběnky, cibule, cibulové slupky, kůra svídy krvavé, vlašské ořechy, mandarinková kůra

Pomůcky: sada zkumavek ve stojánku (*víčka od přesnídávek, kelímky od jogurtu...*), 2 kapátka

Postup:

Z každého výluhu odlijte vždy 5 cm³ do zkumavky, poznamenejte si barvy. Poté ke každému výluhu přidejte 1 - 3 kapky roztoku chloridu železitého, promíchejte a poznamenejte si změnu barev. Zkumavky vylijte a vypláchněte.

Opět nalijte vždy po 5 cm³ vzorků výluhů do zkumavek. Do každé zkumavky přidejte 5 kapek roztoku hydroxidu sodného, promíchejte a poznamenejte si změnu barvy.

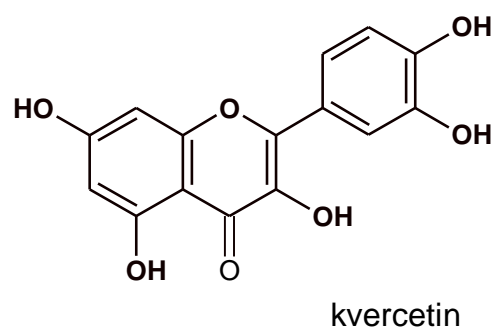
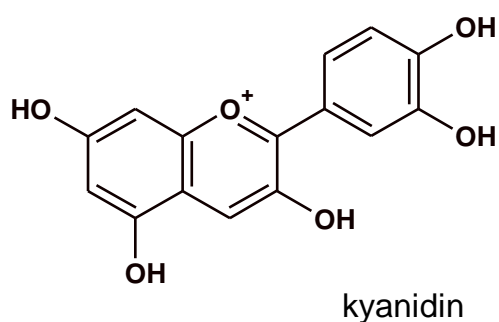
Svá pozorování sepište do tabulky.

Rozdělte barviva v použitých surovinách do tří skupin na základě podobnosti barevných změn. Podle informací z internetu či literatury přiřaďte jednotlivým skupinám barviv názvy – třísloviny (taniny), anthokyaniny (anthokyaniny), flavony.

Řešení:

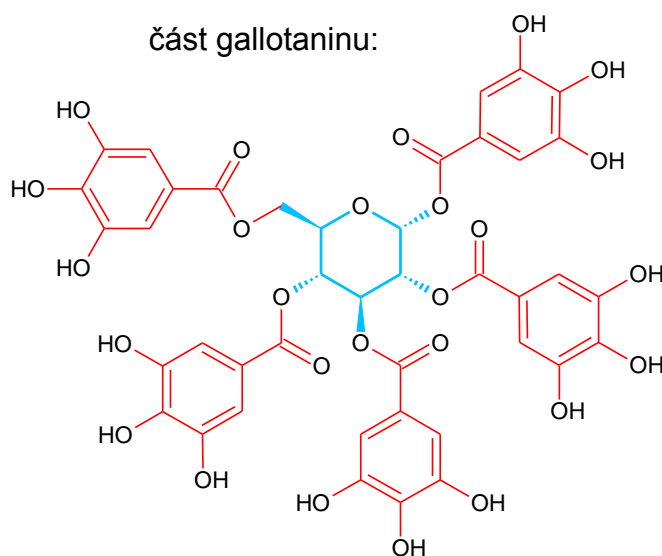
V organické chemii se setkáváme s barevnými produkty reakce fenolů a jejich derivátů s železitými ionty. Zbarvení vznikajících komplexů se liší podle druhu fenolu od červenofialové až po tmavě zelenou. Dále je známa schopnost některých fenolických sloučenin reagovat barevně na zvýšení koncentrace OH^- iontů – acidobazický indikátor fenolftalein je v zásaditém prostředí červenofialový.

Fenolické látky se hojně vyskytují v přírodě – například jako flavonoidy a třísloviny. Mezi flavonoidy patří červenofialové anthokyanidiny („indikátorová“ barviva v červeném zelí, borůvkách a dalším ovoci, například kyanidin), žluté flavony (v citrusech hesperidin, čaji, cibulových slupkách kvercetin) a další příbuzné látky.

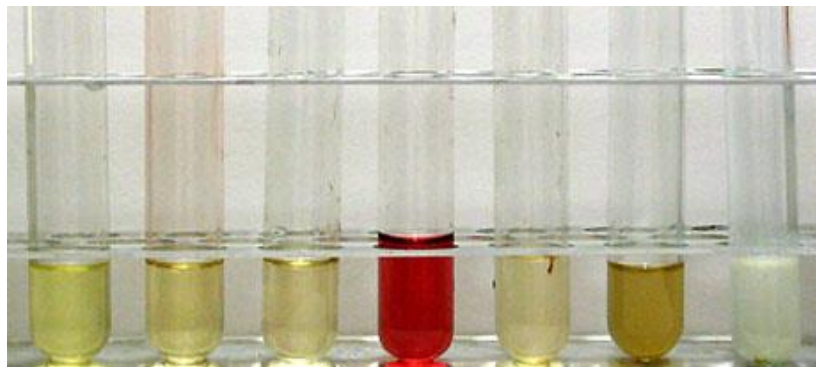


Z tříslovin (taninů) jsou v použitých surovinách zastoupeny především gallotaniny, estery kyseliny gallové (na obrázku červeně) a monosacharidu - obvykle glukosy (na obrázku modře).

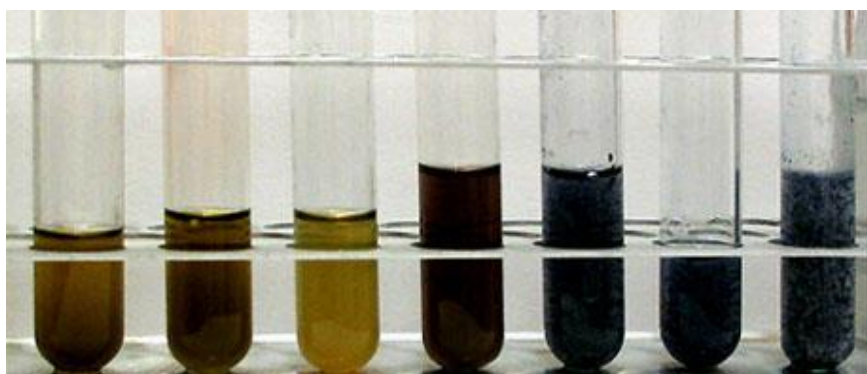
Vyskytují se hojně v duběnkách, žaludech, ořeších, čaji.



I přírodní fenolické látky tvoří komplexy s železitými ionty, obvykle tmavšího zbarvení – u flavonoidů hnědé, u taninů modročerné, čehož se v minulosti využívalo k výrobě duběnkového inkoustu.

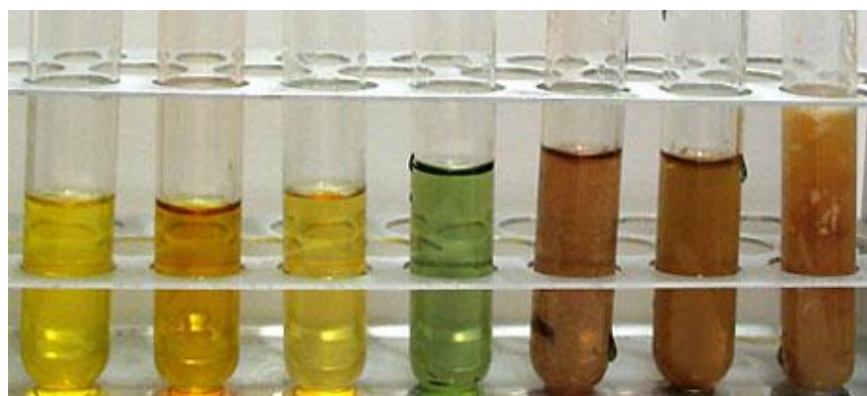


**Některé přírodní fenolické látky:
mandarinková a citronová kůra, heřmánkový a ibiškový čaj, žaludy (2 druhy), vlašské ořechy**



Reakce s železitými ionty

Stejně tak pozorujeme barevné změny v zásaditém prostředí – u flavonů do intenzivně žluté, u anthokyanidinů známý přechod do modré/zelené, u taninů do hnědočervené.



V zásaditém prostředí

9. Účinky mořidel na rostlinná barviva

Zadání: Porovnejte účinky tří tradičně používaných mořidel – měďnaté sloučeniny, železité sloučeniny a kamence hlinito-draselného – na dvě vybraná rostlinná barviva.

Chemikálie: pentahydrát síranu měďnatého - 5% roztok, chlorid železitý - 5% roztok, dodekahydrát síranu hlinito-draselného - 5% roztok (*doma: malé obdélníčky filtračního papíru předem nasycené roztoky mořidel a usušené, dodá vyučující*)

rostlinný materiál (výběr pro zimní období): bobule přísavníku či ptačího zobu (modrá) (*varianta: do lázně z těchto bobulí kápnout ocet pro zčervenání*), slupky cibule (žlutohnědá), heřmánkový čaj (žlutá světlá), černý čaj (hnědá), nať vlašovičnicku (žlutá tmavá, **JEDOVATÝ!**), nať kopřivy (zelenkavá)

Pomůcky: 8 obdélníčků filtračního či kancelářského papíru (3x5 cm), nůž a prkénko, dvě větší kádinky (*hrnky, sklenice*), větší kádinka s vodou (*hrnek, sklenice*), rychlovarná konvice nebo kahan, pinzeta, čtyři vyšší Petriho misky (*kelímky od jogurtu, sklenice*), čistý arch papíru, dvě tyčinky (*lžíce, vidličky*), (v případě potřeby kahan – *doma vařič*)

Postup:

Příprava mořených papírků: Do roztoků jednotlivých chemikálií vložte na 10 minut vždy po 2 obdélníčcích filtračního papíru (dva nechte čisté), nechte nasáknout, poté opatrně vyjměte a usušte volně či na radiátoru.

Barvení: hrst vybrané rostlinné suroviny nadrobno pokrájejte a zalijte 100 cm³ vroucí vody. Surovinu v horké vodě rozmělněte, promíchejte a nechte alespoň 15 minut louhovat. Pokud je barva lázně nevýrazná, celou směs krátce považte. (*Lázně je možné připravit předem a před barvením je pouze ohřát.*)

Do čtyř Petriho misek nalijte asi do 0,5 - 1 cm na výšku barvicí lázně, do každé vložte papírek s jiným mořidlem (poznamenejte si pořadí) a nechte půl hodiny až hodinu v lázni. Poté papírky opatrně vyjměte, propláchněte v kádince s čistou vodou, rozložte na arch čistého papíru a pozorujte změnu intenzity a odstínu obarvení v závislosti na použitém mořidle. Papírky nechte volně uschnout.

Řešení:

Pokud obarvujeme látku barvivem ve vodě rozpustným, můžeme očekávat, že výsledek nebude příliš stálý, odolný vůči praní a dalším vlivům. Mořidla se v historii barvířství používala především proto, že schopností tvořit komplexy s rostlinnými barvivy přispívala ke vzniku silnějších interakcí mezi barvivem a obarvovanou tkaninou (vlákny celulózy). Takto bylo možné dosáhnout větší sytosti i stálosti obarvení.

Tradičně připomínaná mořidla mají také vliv na získaný odstín (neplatí všeobecně, záleží samozřejmě na druhu barviva):

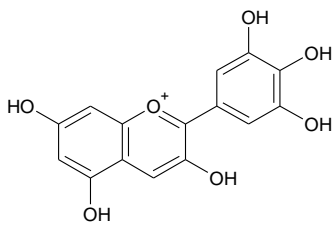
- měďnaté ionty dodávají nazelenalý či namodralý odstín
- železité ionty odstíny ztemňují (tvorba černých komplexů s tříslovinami)
- kamenec nebo cínaté soli prohlubují žlutý odstín

Protože hlavní složkou papíru, stejně jako tkanin rostlinného původu, je celulóza, je možné jím z praktických důvodů při experimentech tkaniny nahradit. Nehodí se naopak umělá vlákna, která se svým složením od celulosy podstatně odlišují a jsou často zcela neobarvitelná (nemohou vytvářet interakce s barvivem).

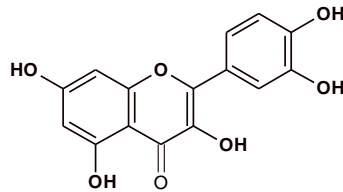
Použitá rostlinná barviva můžeme rozdělit do několika skupin:

Flavonoidy

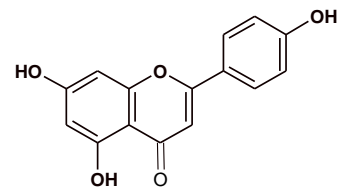
- modré či červené anthokyany (obsahující zejména delphinidin)
- hnědooranžový kvercetin (cibulové slupky)
- žlutý apigenin (heřmánek)



delphinidin



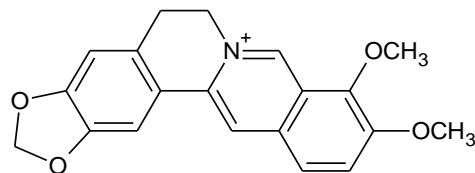
kvercetin



apigenin

Alkaloidy

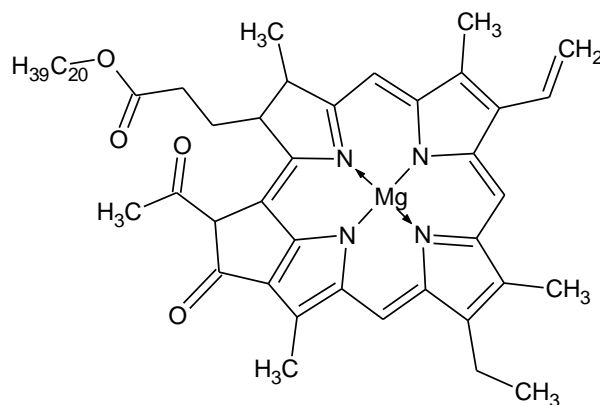
- žlutý berberin (dřišťál, vlašovičnick)



berberin

Pyrrolová barviva

- zelený chlorofyl

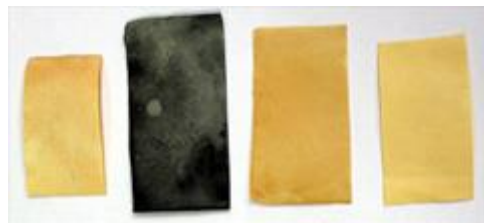


chlorofyl a

Na následujících fotografiích jsou zachyceny usušené obarvené papírky, pořadí mořidel je zleva vždy: kamenec, železitá sůl, měďnatá sůl, bez mořidla:



Vlaštovičník
(žlutý berberin)



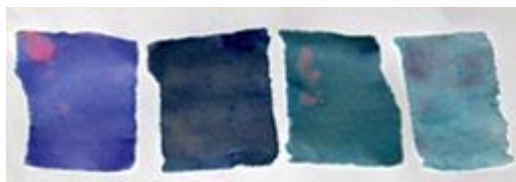
Černý čaj
(hnědooranžový kvercetin)



Cibule
(hnědooranžový kvercetin)



Kopřivy
(zelený chlorofyl)



Ptačí zob
(modrý delfinidin)



Heřmánek
(žlutý apigenin)



Přísavník
(modrý delfinidin)



Přísavník v kyselém prostředí
(růžový delfinidin)

Jednoduché experimenty pro laboratoř

10. Příprava anthokyanidinů štěpením jejich oligomerů

Zadání: Proveďte štěpení proanthokyanidinů z kakaa nebo hroznových semínek. Barevnými změnami výchozích látek a produktů v závislosti na pH ověřte, že k rozštěpení skutečně došlo.

Chemikálie: kyselina sírová - 10% roztok, hydroxid sodný - 10% roztok, ethanol, kakaový prášek nebo 40 semínek z hroznového vína

Pomůcky: dvě kádinky 150 cm³, skleněná tyčinka, třecí miska s tloučkem, kahan, trojnožka, azbestová síťka, zápalky, chňapka, 5 zkumavek ve stojánku

Postup:

Semínka z kuliček hroznového vína omyjte a rozetřete v třecí misce s 50 cm³ horké vody a 25 cm³ suspenze odlijte do kádinky. Pokud použijete kakaový prášek, lžičku prášku rozmíchejte ve 50 cm³ horké vody, přebytečný prášek nechte usadit a 25 cm³ hnědé tekutiny slijte do kádinky.

Do kádinky se suspenzí zrníček či kakaového prášku přidejte 10 cm³ ethanolu a 10 cm³ 10% kyseliny sírové. Nad kahanem přiveďte k varu a vařte 10 minut. Měla by být patrná barevná změna suspenze (hnědá kakaová suspenze dostává červený nádech, béžová zrníčková drť je nyní žlutooranžová). Obsah kádinky nechte vychladnout.

Proveďte zkoušku s původní (nepovařenou) semínkovou drtí či kakaovou suspenzí – do tří zkumavek nalijte vždy 5 cm³ suspenze, do první přidejte 1 cm³ 10% hydroxidu sodného, do třetí 1 cm³ 10% kyseliny sírové. Pozorujte barevné změny.

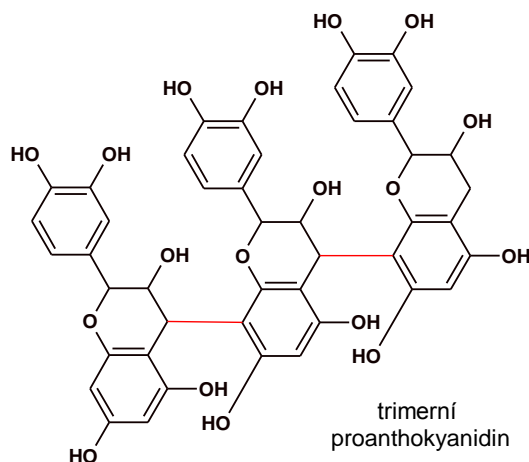
Proveďte zkoušku s rozštěpenou semínkovou drtí či kakaovou suspenzí – do zkumavky nalijte 7 cm³ suspenze a přidávejte po kapkách 10% roztok hydroxidu sodného, dokud nedojde ke změně barvy. (Uvědomte si, že neutralizujete kyselinu sírovou, se kterou jste suspenzi vařili, takže je potřeba přidat větší množství hydroxidu. Můžete také použít koncentrovanější roztok hydroxidu sodného.) Změna barvy signalizuje definitivní rozštěpení proanthokyanidinů. Poznamenejte si barvu produktů štěpení v zásaditém prostředí. Nyní polovinu obsahu odlijte do čisté zkumavky a přidávejte 10% roztok kyseliny sírové, dokud nedojde ke změně barvy. Poznamenejte si barvu produktů štěpení v kyselém prostředí.

Porovnejte barevné změny původních proanthokyanidinů a produktů jejich štěpení v závislosti na pH. Porovnejte barevné změny produktů v závislosti na pH s barevnými změnami anthokyanidinů z ovoce nebo květů.

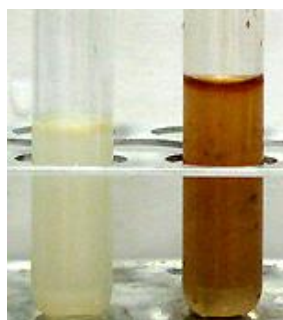
Řešení:

Anthokyanidiny (barevné složky anthokyanových barviv) se vyskytují v přírodě také v oligomerní (di-, tri-, tetra-) formě (jako tzv. **proanthokyanidiny**) – například v zrníčkách z hroznového vína a v kakau. Proanthokyanidiny řadíme mezi třísloviny (látky s velkým počtem fenolických OH skupin), projevují se svíravou, trpkou chutí.

Nacházejí uplatnění v lékařství – jde o jedny z nejučinnějších zachytávačů volných radikálů, mají také příznivý vliv na kardiovaskulární systém.

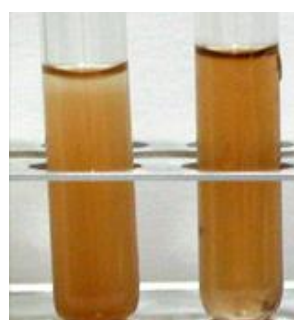


Proanthokyanidiny jsou bezbarvé, na změny pH reagují podobně jako další třísloviny – v kyselém prostředí barvu nemění, v zásaditém vzniká více či méně výrazné hnědé zbarvení (u kakaového prášku je barevná změna překryta hnědým barvivem).



Zrnka hroznového vína (proanthokyanidin)

voda – 10% NaOH



Kakao (proanthokyanidin)

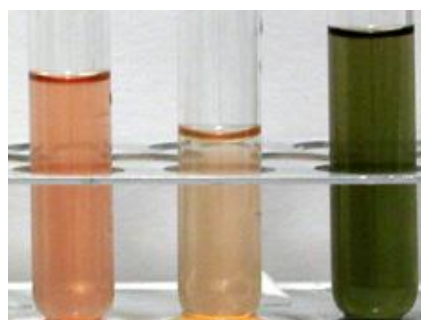
voda – 10% NaOH

Rozštěpením těchto proanthokyanidinů získáme volné anthokyanidiny, jejichž přítomnost můžeme ověřit typickou změnou barvy v závislosti na pH (červené v kyselém, zelené v zásaditém prostředí):



**Zrnka hroznového vína po štěpení
(anthokyanidin)**

10% H₂SO₄ – voda – 10% NaOH



**Kakao po štěpení
(anthokyanidin)**

10% H₂SO₄ – voda – 10% NaOH

11. Příprava anthokyanidinů redukcí flavonů

Zadání: Proveďte redukcí oxoskupiny flavonového barviva, запиšte vzorec produktu a porovnejte jeho strukturu s barvou látky.

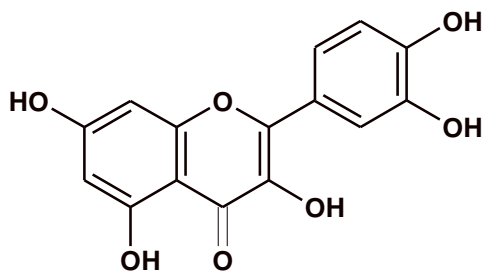
Chemikálie: kyselina sírová - 20% roztok, hořčičové piliny, cibulové slupky (kvercetin) nebo citrusová kůra (rutin, hesperidin)

Pomůcky: větší zkumavka, stojánek, kádinka, nůž, rychlovarná konvice, lžička

Postup:

Cibulové slupky či citrusovou kůru pokrájejte na malé kousky a zalijte lžící suroviny 20 cm³ vroucí vody. Nechte asi 20 minut louhovat. 5 cm³ extraktu odlijte do velké zkumavky, přidejte 2 cm³ 20% kyseliny sírové a půl lžičky hořčičových pilin. Pozorujte probíhající reakci a sledujte změnu barvy roztoku. Občas zkumavkou protřepejte. Zhruba po 10-15 minutách porovnejte barvu směsi s původní barvou.

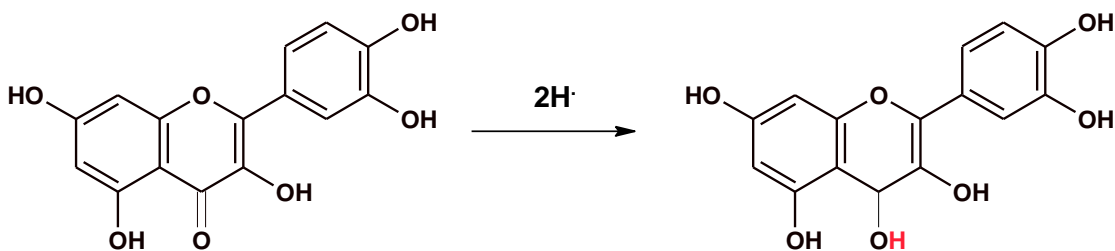
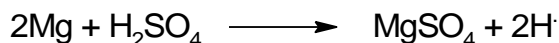
Zapište reakci ve zkumavce, která se projevuje šuměním. Zapište reakci redukce flavonového barviva (na příkladu kvercetinu) a určete skupinu barviv, do níž řadíme produkt této redukce. Posuďte, zda tomuto zařazení odpovídá barva výsledné směsi.



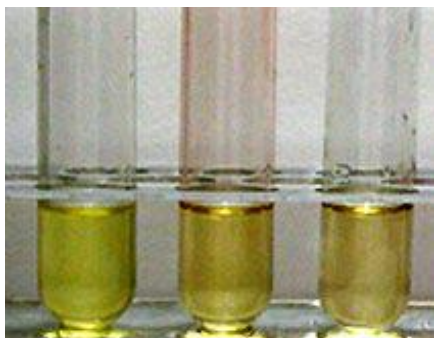
kvercetin

Řešení:

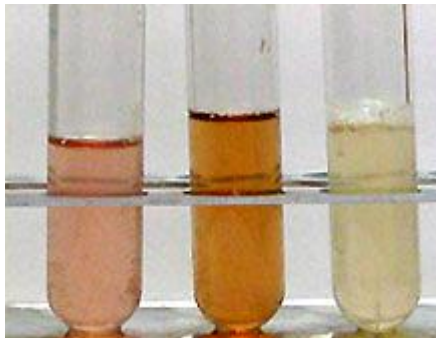
Reakcí hořčičku s kyselinou sírovou vzniká vodík, který redukuje oxoskupinu flavonového barviva na hydroxyl:



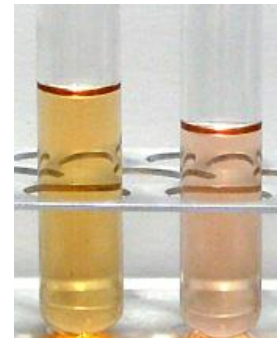
Vznikající látka patří podle struktury mezi anthokyanidiny, tedy červená barviva. Tomu odpovídá pozorovaná barevná změna reakční směsi – z původní nažloutlé či žlutooranžové do růžové či červenooranžové.



Mandarinková a citronová kůra, heřmánek
- před redukcí



- a po redukcí



Barvivo v cibulových slupkách
- před a po redukcí

12. Fluorescence rostlinných barviv

Zadání: Pozorujte fluorescenci barviva berberinu ve vzorcích vlašovičnicku či dřišťálu.

Chemikálie: rostlinné vzorky – vlašovičnick větší (nať, listy), dřišťál (planá i parková – červená – varianta, nejlépe měkké výhonky větviček nebo hroznovitá květenství). Pozor, obě rostliny jsou **jedovaté**, u citlivých jedinců může při kontaktu vlašovičnickového latexu („mléka“) dojít k podráždění či poškození kůže.

Pomůcky: filtrační papír, nůžky, UV lampa (stačí kapesní, pro kontrolu bankovek)

Postup:

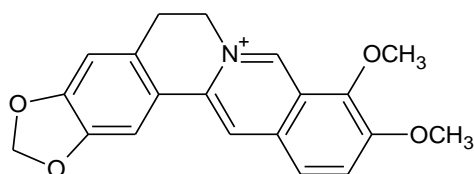
Vzorek rostliny vložte do přeloženého kousku filtračního papíru a přes papír jej rozdrťte lžící, rovnou stranou paličky na maso, hrnečkem atd. Papír rozevřete a zbytky rostliny seškrábejte nožem. Otisky rostliny na papíře pozorujte pod UV lampou. (Papírky s otisky lze uschovat a pozorovat i po několika dnech.)

Pokud pracujete s vlašovičnickem, stačí na kousek filtračního papíru nanést menší množství žlutooranžového latexu („mléka“) vytékajícího z poraněné rostliny.

Řešení:

Pod UV lampou se objevuje žlutozelená fluorescence žlutooranžového barviva:

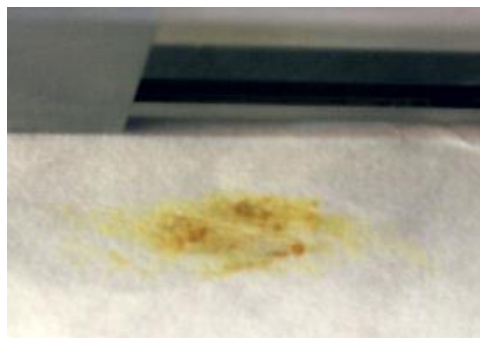
- alkaloidu berberinu.



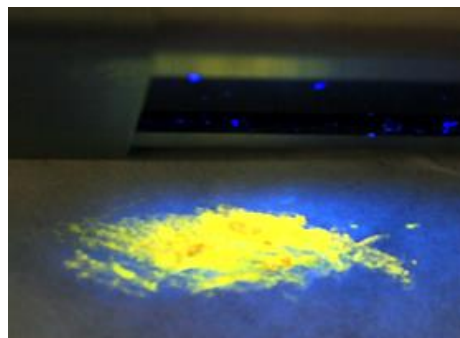
berberin

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.



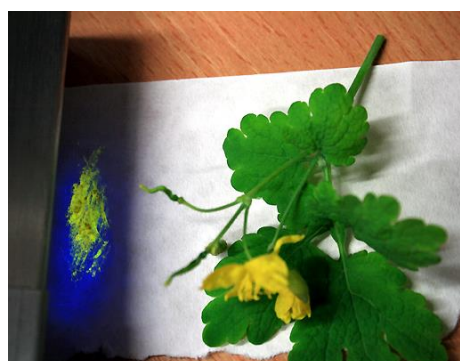
Skvrna oranžového latexu z vlašovičnicku



Fluoreskující berberin z latexu vlašovičnicku



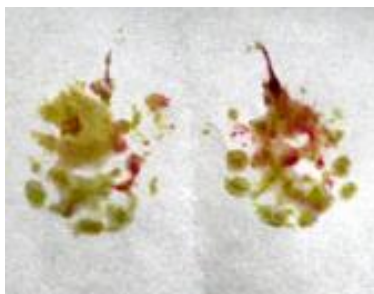
Vlašovičnick a skvrna latexu



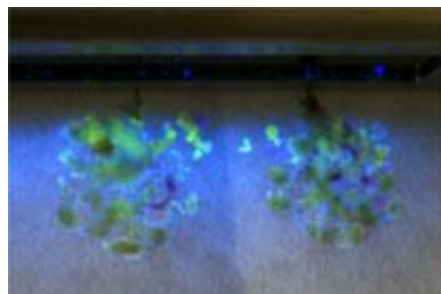
Vlašovičnick a skvrna latexu pod UV lampou



Květenství dřišťálu



Otisk na filtračním papíře



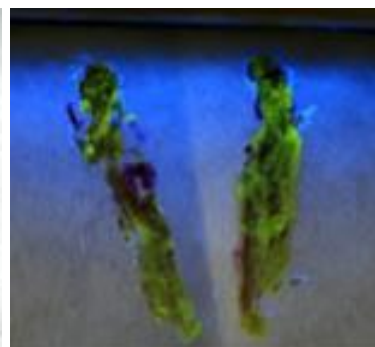
Otisk pod UV lampou



Výhonek dřišťálu



Otisk na filtračním papíře



Otisk pod UV lampou

2.3. Enzymy

(popsána je laboratorní varianta, příslušné náhradní chemikálie a pomůcky pro domácí provedení jsou uvedeny kurzívou v závorce)

13. Štěpení škrobu slinnou amylasou

Zadání: Ověřte schopnost amylasy ze slin štěpit škrob. Pozorujte vliv vysoké teploty na funkci amylasy.

Chemikálie: Lugolův roztok (tj. 1 g KI a 0,35 g jodu rozpustíte asi v 30 cm³ vody a doplňte roztok na 100 cm³) nebo (*doma: jodová tinktura z lékárny*), vzorek slin z vypláchnutí úst, naklíčený hrách či fazole, suchý hrách či fazole, lžíce rýže

Pomůcky: sada zkumavek ve stojánku (*tři malé nádoby: víčka od přesnídávek, kelímky od jogurtu...*), kádinka, kahan, trojnožka, síťka, zápalky (*malý hrnec a vaříč*), třecí miska s tloučkem (*nůž a prkénko*), rychlovarná konvice, velká kádinka (*hrneček*)

Postup:

Krátce povařte lžici rýže ve vodě, suspenzi škrobu nechte vychladnout a poté rozdělte po 5 cm³ do tří zkumavek. Třetinu roztoku slin získaného vypláchnutím úst odlijte do kádinky, zbytek přiveďte k varu a odstavte z plamene. Do první zkumavky se suspenzí rýžového škrobu přidejte 2 cm³ původního roztoku slin, do druhé přidejte 2 cm³ povařeného roztoku slin, třetí zkumavku nechte jako srovnávací. Do větší kádinky natočte příjemně teplou vodu z kohoutku a do této lázně vložte všechny tři zkumavky. Po 15 minutách udělejte ve všech zkumavkách zkoušku roztokem jodu na přítomnost škrobu. Pozitivním důkazem škrobu je vznik modročerného zbarvení. Fialovorůžové zbarvení poskytují dextriny – kratší řetězce škrobu vzniklé jeho štěpením. Vysvětlete vliv vysoké teploty na funkci slinné amylasy. Proč se ve slinách vyskytuje amylasa?

Řešení:

Slinná amylasa je prvním krokem zpracování škrobu v lidském organismu. Slouží ke štěpení škrobu na menší jednotky, nakonec až na disacharid maltosu, který se již projevuje sladkou chutí. Rýžový škrob vystavený působení amylasy je štěpen na kratší úseky – dextriny, které neposkytují s jodem modročerné zbarvení typické pro škrob. Místo toho můžeme pozorovat zbarvení růžovofialové.

Reakce s jodem:
(jodovou tinkturou)



1. škrob
2. roztok slin
3. škrob s roztokem slin
4. škrob s roztokem slin (působení aktivní amylasy)

Bílkovinná složka enzymu amylasy působením vysoké teploty denaturuje, takže enzym ztrácí svou funkci a nezpůsobuje již štěpení škrobu. Důkaz škrobu ve směsi s povařenou amylasou dává obvyklé modročerné zbarvení, narozdíl od fialového zbarvení dextrinů.

Důkaz přítomnosti škrobu:



Škrob



Škrob se slinami
(aktivní amylasa)



Škrob s povařenými slinami
(neaktivní amylasa)

14. Štěpení škrobu rostlinnými amylasami

Zadání: Zkoumejte přítomnost amylas v suchých a klíčících semenech rostlin.

Chemikálie: Lugolův roztok (tj. 1 g KI a 0,35 g jodu rozpustíte asi v 30 cm³ vody a doplňte roztok na 100 cm³) nebo (*jodová tinktura z lékárny*), naklíčený hrách či fazole, suchý hrách či fazole (*je možné použít například i naklíčené proso nebo pšenici, nejlépe pouze klíčky a slupky, nikoli samotná zrnka obsahující velké množství škrobu*), lžíce rýže

Pomůcky: 3 zkumavky ve stojánku (*tři malé nádoby: víčka od přesnídávek, kelímky od jogurtu...*), kádinka, kahan, trojnožka, síťka, zápalky (*malý hrnec a vaříč*), nůž a prkénko, velká kádinka (*hrneček*)

Postup:

Krátce povařte lžíci rýže ve vodě, suspenzi škrobu nechte vychladnout a poté rozdělte do po 5 cm³ do tří zkumavek.

Pokrájejte tři naklíčená zrnka hrachu či fazolí na malé kousky (rozmělněte v třecí misce). Tři suchá zrnka hrachu či fazolí roztlučete paličkou (rozetřete v třecí misce).

Do první zkumavky se suspenzí rýžového škrobu přidejte pokrájená naklíčená zrnka a rozmíchejte, do druhé přidejte roztlučená suchá zrnka a rozmíchejte, třetí zkumavku nechte jako srovnávací. Do větší kádinky natočte příjemně teplou vodu z kohoutku a do této lázně vložte všechny tři zkumavky.

Po 15 minutách udělejte ve všech zkumavkách zkoušku jodem na přítomnost škrobu. Pozitivním důkazem je vznik tmavého, modročerného zbarvení. Fialovorůžové zbarvení poskytují dextriny – kratší řetězce škrobu vzniklé jeho štěpením.

Posudte přítomnost amylasy v suchých a klíčících zrnkách. Proč rostlina při klíčení vytváří amylasy?

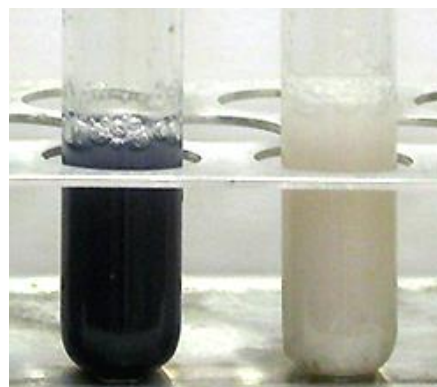
Řešení:

Klíčící zrnko využívá amylasy k štěpení zásobního škrobu na glukosové jednotky, z nichž následně syntetizuje celulosu nutnou pro výstavbu rostlinných tkání. Při bobtnání zrnka ve vlhkém prostředí se začínají uvolňovat amylasy, které intenzivně pracují po celou dobu klíčení, až do vyčerpání zásobního škrobu. Dostatečně stará rostlinka už tvoří celulosu z glukosových jednotek vznikajících při fotosyntéze.

Štěpící účinek amylasy v klíčících zrnkách je opět patrný na negativním důkazu přítomnosti škrobu, který byl této amylose vystaven. Suchá zrnka nepůsobí štěpení škrobu a důkaz jodškrobovou reakcí je tedy pozitivní.



Rýžový škrob se suchou a naklíčenou fazolí



Pudink se suchou a naklíčenou fazolí

15. Štěpení sacharosy kyselou hydrolyzou

Zadání: Proveďte kyselou hydrolyzu sacharosy. Úspěšnost štěpení ověřte pomocí důkazu redukujících cukrů Fehlingovou zkouškou.

Chemikálie: pentahydrát síranu měďnatého - 5% roztok (5% roztok modré skalice), hydroxid sodný - 10% roztok (10% roztok uhličitanu sodného – prací sody), kyselina citronová (3 krystalky), sacharosa (cukr)

Pomůcky: 2 zkumavky ve stojánku (průhledné nádoby), skleněná tyčinka (špejle), kádinka (hrneček), kahan, trojnožka, síťka, zápalky (malý hrnec a vaříč), velká kádinka (velký hrnek), rychlovarná konvice

Postup:

1 lžičku sacharosy rozpustíte ve 100 cm³ vody, 10 cm³ roztoku odlijte stranou, do zbytku přidejte 3 krystalky kyseliny citronové a směs přiveďte k varu.

Do první zkumavky vlijte 7 cm³ původního roztoku sacharosy, do druhé 7 cm³ roztoku povařeného s kyselinou. K oběma vzorkům přidejte 2 cm³ 10% roztoku NaOH a

zamíchejte. V rychlovarné konvici uvařte 300 cm³ vody, vroucí vodu nalijte do velké kádinky a do této lázně vložte zkumavky s reakční směsí tak, aby vroucí voda nenatekla dovnitř. Do každé zkumavky přidejte 1 cm³ 5% roztoku CuSO₄ a zamíchejte (*vzniká modrá sraženina*). Po 5 – 10 minutách v horké lázni pozorujte barevné změny v jednotlivých zkumavkách, zaznamenejte je do tabulky.

Rozhodněte, zda povařením s kyselinou došlo k hydrolyze sacharosy. Své rozhodnutí vysvětlíte, určete produkty hydrolyzy.

(V laboratoři lze vroucí lázeň nahradit zahříváním zkumavky v plameni kahanu.)

(V domácím provedení je možné do výluhu z potravin přidávat práškový uhličitan sodný a krystalek modré skalice – a zamíchat – namísto přidávání roztoků).

Řešení:

Sacharosa je neredukující disacharid tvořený spojením molekul glukosy a fruktosy. Vazba mezi oběma monosacharidy podléhá kyselé hydrolyze, reakcí vzniká směs glukosy a fruktosy, které mají redukční vlastnosti a dávají pozitivní Fehlingovu zkoušku (na rozdíl od samotné sacharosy). Tato reakce se též nazývá „inverze sacharosy“ – kvůli změně optické otáčivosti roztoku po rozštěpení. Pro směs obou redukujících monosacharidů 1:1 se užívá název „invertní cukr“, a to zejména v pekařství a cukrářství, kde se tato reakce běžně využívá.

Fehlingova zkouška:



Roztok sacharosy

**Roztok sacharosy
povařený s kyselinou**

16. Enzymatické štěpení sacharosy

Zadání: Provedte enzymatickou hydrolyzu sacharosy pomocí enzymu invertasy z pekařských kvasnic. Úspěšnost štěpení ověřte na důkazu redukujících cukrů Fehlingovou zkouškou. Zkoumejte vliv teploty a přítomnosti měďnatých iontů na funkci enzymu invertasy.

Chemikálie: pentahydrát síranu měďnatého - 5% roztok (*5% roztok modré skalice*), hydroxid sodný - 10% roztok (*10% roztok uhličitanu sodného – prací sody*), sušené droždí (instantní, v sáčku), sacharóza (*cukr*)

Pomůcky: sada zkumavek ve stojánku (*průhledné nádoby*), skleněná tyčinka (*špejle*), kádinka (*hrneček*), kahan, trojnožka, síťka, zápalky (*malý hrnec a vaříč*), velká kádinka (*velký hrnek*), rychlovarná konvice, mrazák

Postup:

1 lžičku sacharosy rozpustíte ve 100 ml vody.

Do 4 zkumavek nalijte vždy 5 cm³ roztoku sacharosy. Do všech přisypte na špičku nože sušeného droždí a zamíchejte. Do první zkumavky přilijte 5 – 10 cm³ roztoku síranu měďnatého. Druhou zkumavku dejte do vroucí vodní lázně na vaříči nebo nad kahanem a nechte vařit 2–3 minuty. Třetí zkumavku umístěte do mrazničky. Čtvrtou zkumavku umístěte do kádinky naplněné teplou vodou z vodovodu.

Do páté – kontrolní – zkumavky nalijte pouze 5 cm³ roztoku sacharosy. Do šesté – kontrolní – zkumavky nalijte pouze 5 cm³ vody a rozmíchejte v ní na špičku nože sušeného droždí.

Všechny zkumavky ponechte nejméně 30 minut stát. Poté proveďte ve všech důkaz na přítomnost redukujících sacharidů:

Ke všem vzorkům přidejte 2 cm³ 10% roztoku NaOH a zamíchejte. V rychlovarné konvici uvařte 300 cm³ vody, vroucí vodu nalijte do velké kádinky a do této lázně vložte zkumavky s reakční směsí tak, aby vroucí voda nenatekla dovnitř. Do každé zkumavky přidejte 1 cm³ 5% roztoku CuSO₄ a zamíchejte (*vzniká modrá sraženina*). Po 10 minutách v horké lázni pozorujte barevné změny v jednotlivých zkumavkách, zaznamenejte je do tabulky.

Rozhodněte, ve kterých případech došlo k hydrolýze sacharosy. Své rozhodnutí vysvětlete, určete produkty hydrolýzy. Posudte vliv teploty a přítomnosti měďnatých iontů na funkci enzymu invertasy.

(V laboratoři lze vroucí lázeň nahradit zahříváním zkumavky v plameni kahanu.)

(V domácím provedení je možné do výluhu z potravin přidávat práškový uhličitan sodný a krystalek modré skalice – a zamíchat – namísto přidávání roztoků).

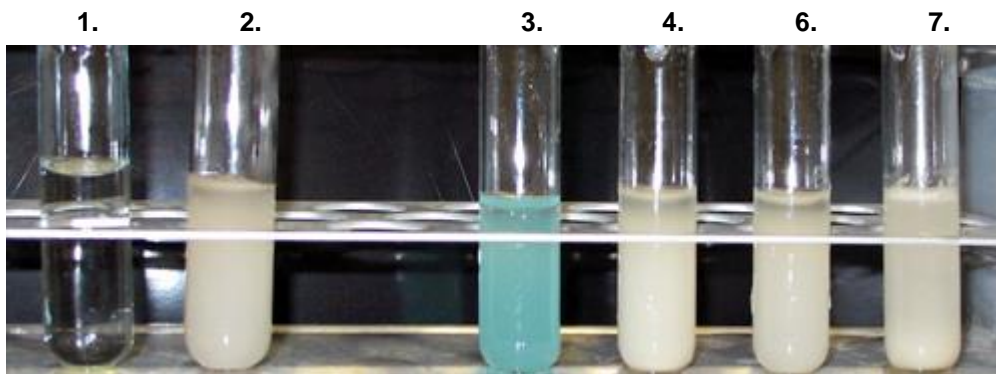
Řešení:

Kvasinky z droždí (*Saccharomyces*) metabolizují zkvasitelné monosacharidy na oxid uhličitý, což způsobuje nakypření těsta. Protože sacharosa (řepný cukr) není zkvasitelný cukr, štěpí ji kvasinky pomocí enzymu invertasy na glukosu a fruktosu – teprve tyto cukry jsou pak kvasinkami metabolizovány. Rozštěpení neredukující sacharosy na redukující monosacharidy se projeví pozitivní Fehlingovou zkouškou.

Účinnost enzymu invertasy je ovlivňována teplotou prostředí. Převařením denaturuje bílkovinná složka enzymu a ten ztrácí funkci. Při teplotě kolem 0°C probíhá reakce velice pomalu. Stejně tak dochází k denuraci enzymu v přítomnosti velkého množství měďnatých iontů. Ve všech těchto případech pozorujeme po Fehlingově zkoušce pouze malé množství redukujících sacharidů. Naopak v teplé vodě pracují kvasinky optimálně.

Obě kontrolní zkumavky mají ukázat, že ani sacharosa, ani droždí neobsahují redukující sacharidy, ty tedy pocházejí jedině ze štěpení sacharosy.

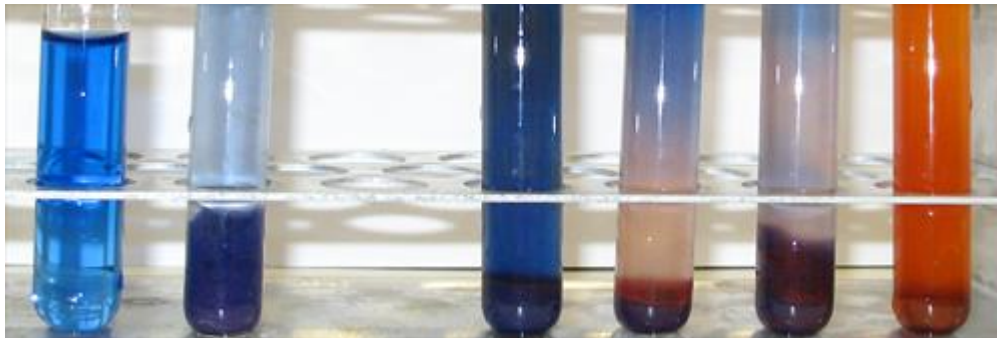
Fehlingova zkouška:



1. roztok sacharosy
2. suspenze droždí

3. sacharosa s droždím denaturovaným Cu^{2+}
4. sacharosa s droždím povařená
5. sacharosa s droždím v mrazničce
6. sacharosa s droždím v teplé vodě

Fehlingova zkouška (po 1 hodině působení invertasy):



1. roztok sacharosy
2. suspenze droždí

3. sacharosa s droždím denaturovaným Cu^{2+}
4. sacharosa s droždím povařená
5. sacharosa s droždím v mrazničce
6. sacharosa s droždím v teplé vodě

17. Katalasa v potravinách

Zadání: Porovnejte vybrané suroviny z hlediska obsahu enzymu katalasy, která katalyzuje rozklad peroxidu vodíku. Identifikujte plyn, který tímto rozkladem vzniká.

Chemikálie: peroxid vodíku 10% (je možné použít i 5% či 3% roztok), sacharosa 10% roztok

potraviny: kiwi, citron, mrkev, brambora, sušené nebo čerstvé droždí

Pomůcky: sada zkumavek ve stojánku (vyšší nádoby), nůž a prkénko, menší kádinka (hrneček), zápalky, špejle

Postup:

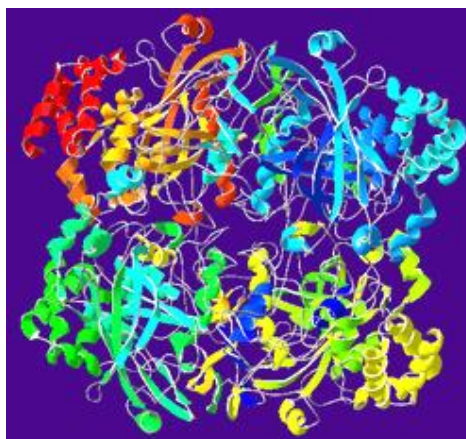
V menší kádince připravte 20 cm³ 10% vlažného roztoku sacharosu a vsypte do něj čtvrt lžičky droždí. Nechte 10 minut vzejít.

Do zkumavek (podle počtu použitých potravin) nalijte vždy 5 cm³ 10% roztoku H₂O₂. Z použitého ovoce a zeleniny odkrojte vždy přibližně stejně velký kousek tvaru hranolku (přizpůsobte velikosti použitých zkumavek) a vložte do zkumavek s peroxidem. Do poslední zkumavky nalijte asi 2 cm³ suspenze droždí. Po 2-5 minutách porovnejte a запиšte intenzitu reakcí v jednotlivých zkumavkách

Do zkumavky s nejintenzivnější reakcí vsuňte doutnající špejli a poznamenejte si její chování. Určete plyn vznikající rozkladem peroxidu a napište a vyčíslete rovnici rozkladu. Který další zdroj katalázy znáte?

Řešení:

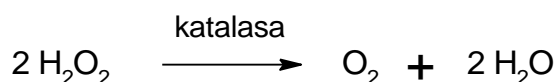
Katalasa je velmi rozšířený enzym, který v organismech „zneškodňuje“ reaktivní peroxidy a brání tak především membrány před oxidativním poškozením.



Terciární struktura katalasy

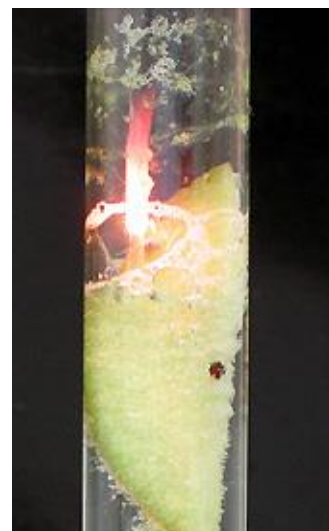
(obrázek z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Catalase>)

Tento enzym katalyzuje rozklad peroxidu vodíku podle rovnice:



Vznikající plynný kyslík lze snadno identifikovat díky jeho schopnosti podporovat hoření – doutnající špejle při dostatečné koncentraci kyslíku nad hladinou zkumavky jasně vzplane.

Vzplanutí doutnající špejle



Z běžného života je znám výskyt katalasy v krvi (použití peroxidu vodíku jako dezinfekčního činidla – při styku s krví „bublá“), pro experimenty lze využít například syrová kuřecí játra nebo jiné prokrvené tkáně. Katalasa se dále hojně vyskytuje v bramborách, kiwi a droždí:

Reakce s H_2O_2 :



jablko cibule česnek paprika mrkev celer brambora kiwi citron

18. Účinnost enzymu katalasy v závislosti na pH

Zadání: Enzym katalasa katalyzuje rozklad peroxidu vodíku. Určete přibližně pH, při němž je katalytická účinnost tohoto enzymu nejvyšší.

Chemikálie: peroxid vodíku 10% (je možné použít i 5% či 3% roztok), kyselina sírová - 5% roztok (ocet), hydroxid sodný - 5% roztok (5% roztok prací sody – uhličitanu sodného), čerstvá neoloupaná brambora

Pomůcky: sada zkumavek ve stojánku (vyšší nádoby), nůž, univerzální indikátorové papírky 5 ks

Postup:

Připravte si pět zkumavek s následujícími roztoky:

1. 5 cm³ 5% kyseliny sírové
2. 0,5 cm³ 5% kyseliny sírové
3. nic
4. 0,5 cm³ 5% hydroxidu sodného
5. 5 cm³ 5% hydroxidu sodného

Všechny zkumavky doplňte vodou do 5 cm³, zamíchejte, změřte pH pomocí univerzálních indikátorových papírků a zapište do tabulky.

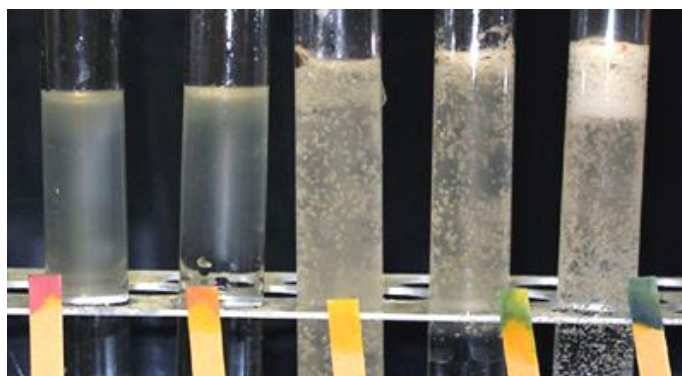
Do každé zkumavky přidejte 3 cm³ roztoku peroxidu vodíku. Z omyté brambory odkrojte plátek silný 0,5 cm, oloupejte slupku a z plátku nakrájejte 5 stejných hranolků. Každý vhodte do jedné ze zkumavek. Po 2–4 minutách porovnejte a zapište intenzitu reakcí v jednotlivých zkumavkách.

Určete pH, při němž byla účinnost katalázy z brambor nejvyšší.

Řešení:

Katalasa je enzym s nejvyšší známou katalytickou účinností. Tato veličina závisí na několika faktorech (pH, teplota, přítomnost inhibitorů...). Dalo by se očekávat, že pH optimum – pH, při němž je katalytická účinnost nejvyšší – bude odpovídat pH v buňkách, tj. zhruba neutrálnímu. Podle některých experimentů tomu tak však není – pH optimum leží v zásadité oblasti. Jeho hodnota se samozřejmě může lišit v závislosti na zdroji katalázy a dalších okolnostech.

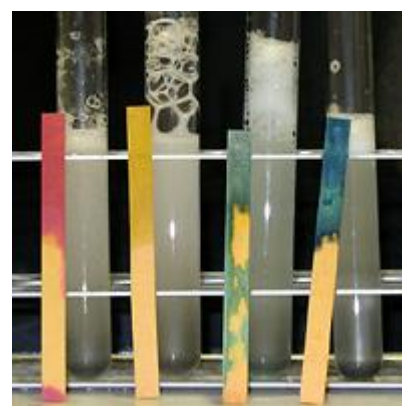
Na následujících fotografiích je zachycen stav v reakčních nádobách po zhruba dvou minutách od začátku experimentu:



Katalasa z kuřecích jater
pH optimum: zásadité prostředí (pH asi 9)



Katalasa z brambor
pH optimum: neutrální až zásadité prostředí



Katalasa z kvasnic

19. Rostlinné proteasy

Zadání: Na základě experimentu určete ovoce, které obsahuje ve větším množství proteasy – enzymu rozkládajícího bílkoviny.

Chemikálie: želatina, šunkový salám nebo Vysočina, jablko, citron, čerstvé kiwi nebo čerstvý ananas

Pomůcky: Petriho miska (*talířek*), nůž, kádinka, kahan, trojnožka, síťka, zápalky, tyčinka (*malý hrnec, vařič a lžíce*), tři krystalizační misky (*tři mističky*), párátko

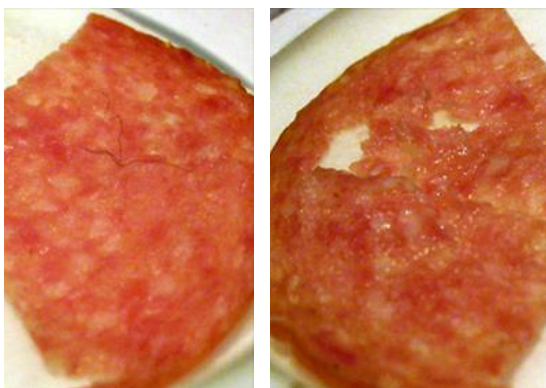
Postup:

Kolečko salámu položte na Petriho misku, na něj dále od sebe rozložte část plátku citronu, jablka a kiwi. Nechte jeden den, poté pozorujte strukturu salámu pod jednotlivými druhy ovoce. Vyzkoušejte, jak silnou stopu zanechá škrábnutí párátkem na místech ovlivněných jednotlivými druhy ovoce.

Podle návodu připravte asi 150 cm³ želatiny, nalijte do tří nádobek a nechte (přes noc) ztuhnout. Na každou z misek položte plátek ovoce a nechte půl dne působit. Pozorujte strukturu želatiny pod jednotlivými druhy ovoce.

Řešení:

Kiwi a ananas (případně papaja) obsahují větší množství proteas. Tyto enzymy štěpí bílkoviny přítomné například v mase nebo želatině na kratší řetězce. Po působení enzymu můžeme pozorovat „rozbřednutí“ bílkovinné hmoty, želatina se roztéká, salám kašovatí, párátko v něm zanechá mnohem hlubší stopu než na salámu pod jablkem nebo citronem, povrch není hladký, vystupují z něj kousky tuku.



Salám Vysočina pod citronem a pod kiwi



Salám Vysočina pod citronem a pod kiwi (detail)
citron – hladký povrch, kiwi – narušený povrch,
vystupují kousky tuku

Po 2 hodinách působení:



želatina pod citronem (pouze otisk)



želatina pod kiwi (tekutina)

Šunkový salám pod citronem (levá část) a pod kiwi (pravá část):



povrch vpravo kašovitý, párátko zanechává hluboké stopy

20. Denaturace enzymů

Zadání: Na příkladu enzymu katalasy pozorujte vliv teploty, pH a přítomnosti těžkých kovů na funkci enzymu.

Chemikálie: peroxid vodíku 10% (je možné použít i 5% či 3% roztok), kyselina sírová - 5% roztok (ocet), pentahydrát síranu měďnatého - 5% roztok (modrá skalice 5% roztok), čerstvá neoloupaná brambora

Pomůcky: sada zkumavek ve stojánku (vyšší nádoby), nůž, kádinka (hrneček), kahan, zápalky, držák na zkumavku (menší hrnec, vaříč)

Postup:

Do 4 zkumavek nalijte vždy 3 cm³ roztoku peroxidu vodíku. Do první zkumavky přidejte 5 cm³ 5% kyseliny sírové, do druhé zkumavky 5 cm³ 5% roztoku síranu měďnatého, do třetí a čtvrté zkumavky 5 cm³ vody.

Bramboru oloupejte, nakrájejte na malé kousky a vylouhujte 5 minut ve 100 cm³ studené vody. Polovinu výluhu zahřejte nad kahanem k varu.

Do první, druhé a třetí zkumavky nalijte vždy 3 cm³ výluhu ze syrové brambory, do čtvrté zkumavky místo toho přidejte 3 cm³ povařeného výluhu z brambory. Pozorujte intenzitu reakce v jednotlivých zkumavkách, určete ty vlivy, které snižují účinnost enzymu katalasy.

(Doma je praktičtější nepoužít výluh a povařený výluh z brambor, ale hranolky ze syrové brambory a hranolek z uvařené brambory.)

Dále můžete vyzkoušet vliv přítomnosti ethanolu (*Alpy*), tříslovin z duběnek či žaludů nebo různé koncentrace kuchyňské soli.

Řešení:

Působením vysoké teploty, přítomnosti měďnatých iontů i extrémních hodnot pH dochází k denaturaci bílkovinné části enzymu – změně terciární struktury a z toho vyplývající ztráty biologické funkce. Pozorujeme pokles intenzity nebo úplné zastavení probíhající reakce.

Rozklad H₂O₂

čerstvá brambora

vařená brambora

čerstvá brambora
v přítomnosti Cu²⁺ iontů

3. Laboratorní experimenty s přírodními látkami

Tato kapitola je věnována modifikacím známých laboratorních experimentů, které jsou prováděny s potravinářskými produkty a dalšími výrobky.

19. Duha z rajčatové šťávy

Zadání: Pozorujte a vysvětlete barevné změny doprovázející reakci rajčatové šťávy s bromovou vodou nebo SAVEM.

Chemikálie: čerstvý roztok bromové vody, SAVO, rajčatová šťáva

(*Bromová voda musí být čerstvě připravená a koncentrovaná!*)

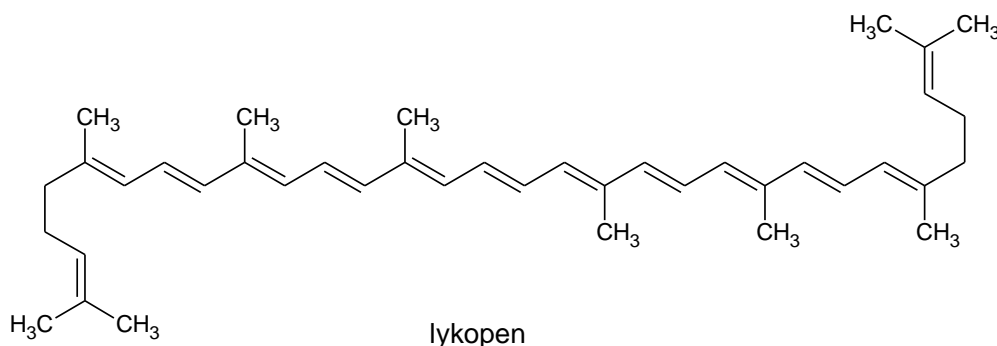
Pomůcky: odměrný válec 50 cm³, skleněná tyčinka

Postup:

K pokusu si připravte běžnou nebo průmyslově vyráběnou rajčatovou šťávu (rozhodující je koncentrace karotenoidu lykopenu ve šťávě) a nasycený roztok bromu ve vodě. Asi 10 cm³ rajčatové šťávy nalijte do válce o objemu 100 cm³ a přidejte 40 cm³ vody. Obsah válce důkladně promíchejte. To samé připravte i do druhého válce. Do jednoho válce nalijte 4 cm³ bromové vody a do druhého 4 cm³ SAVA. Směsi ve válci mírně zamíchejte tyčinkou a během krátké chvilky proběhnou reakce, při nichž pozorujte barevné změny v obou válcích.

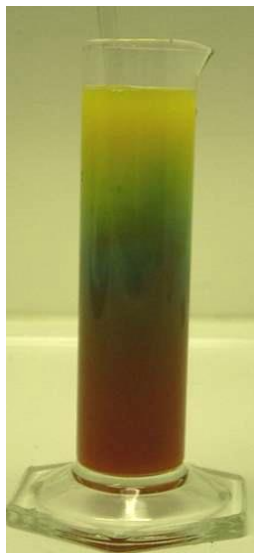
Pozorování a vysvětlení:

Červená barva rajských jablíček je způsobena barvivem lykopenem s velkým počtem dvojných vazeb, které pohlcuje maximum světelného záření v oblasti modrozelené části spektra (modrá: λ 430-490nm, λ zelená: 490-560nm). Tato absorpce se navenek projeví charakteristickým zbarvením plodů v příslušné komplementární červeno-oranžové barvě.

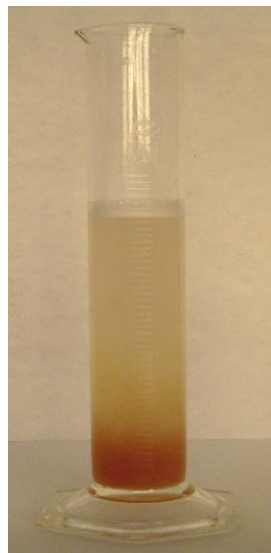


Jestliže se na dvojně vazby v řetězci začne adovat brom, dojde ke změně typů a délek vazeb a tím se změní i vlnová délka pohlcovaného záření a absorpce světla se posune do dalších částí spektra. Navenek se to projeví změnou zbarvení až

odbarvení směsi: původně červená šťáva začne 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.



Rajčatová šťáva s bromem



Rajčatová šťáva se Savem

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 roztok se odbarvuje.



20. Xanthoproteinový test

Zadání: Ověřte přítomnost aromatických aminokyselin v bílkovině z vaječného bílku a peří či želatiny. Vyjmenujte aminokyseliny, které poskytují pozitivní důkaz, a vysvětlete podstatu důkazové reakce.

Chemikálie: roztoky několika různých aminokyselin, koncentrovaná kyselina dusičná, 10% roztok NaOH, vzorek vaječného bílku, želatiny, bílé peří

Pomůcky: odměrný válec 50 cm³, skleněná tyčinka

Postup:

Do zkumavky nakapejte 10 kapek roztoku zkoumané látky, 5 kapek konc. HNO₃, zahřejte k varu a poté přidejte 25 kapek roztoku NaOH. Pozorujte vznikající žluté zbarvení, pozitivní důkaz přítomnosti aromatických aminokyselin. Reakce proběhne i na povrchu bílkovinného materiálu, např. na uvařeném vejci, peří nebo surové kůži, za normální teploty. K žlutému zbarvení však dojde až po několika hodinách.

Pozorování a vysvětlení:

Působením kyseliny dusičné dojde k nitraci aromatických jader obsažených v některých aminokyselinách – tyrosinu, tryptofanu a fenylalaninu. Vzniklé nitrofenoly jsou žlutě zbarveny, v alkalickém prostředí je zbarvení výraznější. Reakce není charakteristická jen pro bílkoviny.

Xanthoproteinová reakce:

na bílkovinách



na prstech lidské ruky



na peří a vařeném vaječném bílku

3. Praktické aplikace důkazu sacharidů**A. Důkaz laktosy v mléce**

Zadání: Ověřte přítomnost redukujícího sacharidu laktosy v mléce.

Chemikálie: Fehlingovo činidlo (*roztok I.*: 6,9 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ rozpustíte v destilované vodě a roztok doplňte na 100 cm^3 ; *roztok II.*: 34 g vinanu draselno-sodného a 10 g NaOH rozpustíte a doplňte roztok na 100 cm^3 . Stejně objemy roztoků smísíte přímo před použitím.), mléko (nebo kyselé mléko), koncentrovaná kyselina chlorovodíková

Pomůcky: zkumavky, nádoby s kapátko na chemikálie, Büchnerova nálevka, frit, filtrační papír, kahan

Postup: 100 cm^3 mléka okyselíte 5 cm^3 kyseliny chlorovodíkové. (Toto srážení proteinů můžete nahradit použitím kyselého mléka,



Laktosa v mléce

kde k vysrážení proteinů již došlo účinkem mikroorganismů.) Vysrážený protein (převážně kasein) oddělte filtrací. Odeberte vzorek filtrátu (2 cm^3) do zkumavky a vyzkoušejte Fehlingovým roztokem přítomnost laktosy – přidejte malé množství směsi Fehlingova činidla, zahřejte nad kahanem a sledujte vznik barevné sraženiny.

B. Důkaz škrobu v uzenářských výrobcích

Zadání: Porovnejte obsah škrobu v různých uzeninách.

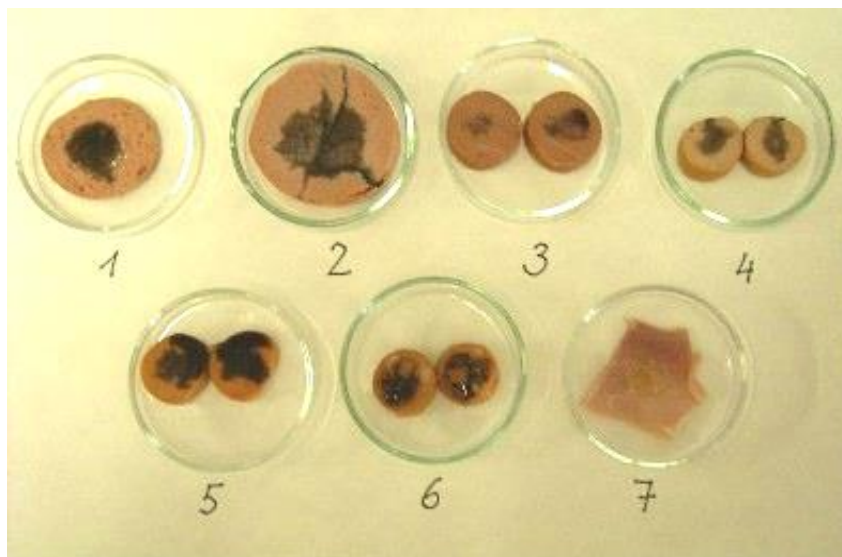
Chemikálie: jodový roztok (1% roztok I_2 ve 2% roztoku KI), párek nebo točený salám a další uzenářské výrobky (co nejsvětější)

Pomůcky: kapátka na chemikálie, Petriho misky, nůž, štěteček

Postup:

Uzenářský výrobek rozkrojte a čerstvý řez potřete jodovým roztokem. Modré zbarvení je důkazem přítomnosti škrobu. Odkud se škrob v živočišném materiálu bere?

Škrob v uzeninách



- | | |
|------------------------|----------------------|
| 1. Točený salám | 5. Vídeňský párek |
| 2. Libový telecí párek | 6. Debrecínský párek |
| 3. Jemný párek | 7. Šunka od kosti |
| 4. Spišský párek | |

C. Složení bílé lepicí pasty

Zadání: Na základě experimentu rozhodněte, zda hlavní složkou bílé lepicí pasty je škrob či dextrin.

Chemikálie: jodový roztok (1% roztok I_2 ve 2% roztoku KI), bílá lepicí pasta

Pomůcky: nádoby s kapátkem na chemikálie, Petriho misky, kádinka, tyčinka

Postup: Kousek pasty rozetřete ve vodě, přilijte více vody a přikápněte roztok jodu. Vzniká zbarvení modré (škrob), či fialové (dextrin).

Pozorování a vysvětlení A, B, C:

A: Přítomnost redukujícího disacharidu laktosy v mléce se projeví vznikem oranžové až cihlové sraženiny oxidu měďného.

B: Byla-li do uzenářského výrobku přidána mouka jako plnidlo, povrch zmodrá jako důsledek pozitivní reakce na škrob. Tento polysacharid není přítomen v žádném materiálu čistě živočišného původu.

C: Bílá lepicí pasta je směs bílého dextrinu, glukosy, glycerolu (který zpomaluje vysychání), fenolu (jako látky dezinfekční) a vody.

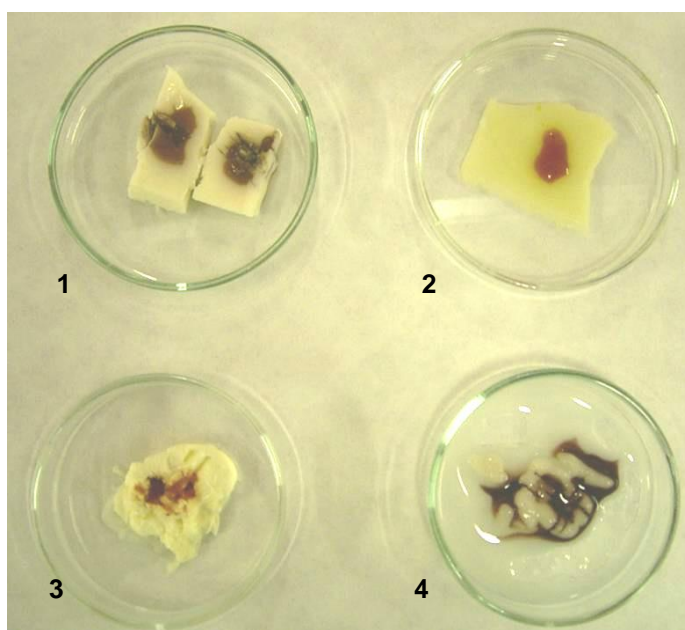
Přítomnost škrobu můžeme ověřovat i v dalších potravinářských výrobcích, např. v pečivu, sýrech, pomazánkových máslech a podobně.



**Dextriny a glukosa
v lepidle Herkules**



Škrob v pečivu a mouce



Škrob v mléčných výrobcích

1. Sýr Apetitto
2. Sýr Eidam 30%
3. Perla Tip
4. Bílá lepicí pasta

4. Identifikace tuku v potravinách

Zadání: Zjistěte, zda je v použitých potravinách přítomen tuk.

Chemikálie: ethanolový roztok barviva rozpustného v tucích (např. červeného azobarviva Sudan), ethanol, vzorky olejnatých plodů (slunečnicová a dýňová semínka, ořechy), máslová sušenka, kvasnice

Pomůcky: filtrační papír, nůžky, 2 kádinky, třecí miska s tloučkem

Postup:

Filtrační papír nastříhejte na čtverce asi 4 x 4 cm. V jejich středu pak rozmáčknete vzorek (např. jádro ořechu, kvasnice rozetřené s křemenným pískem), odstraňte zbytky materiálu a případně papír osušte. Všimněte si, zda na papíře zůstala „mastná skvrna“. Papírky pak namočte na 2 minuty do ethanolového roztoku Sudanu, poté je vyjměte a proplachujte v kádince s čistým ethanolem, dokud se nevymyje přebytečné barvivo. Pokud byly ve vzorku přítomné lipidy, zůstane v místě aplikace na papírku červená skvrna.

Pozorování a vysvětlení:

Lipidy jsou nepolární sloučeniny rozpustné velmi dobře v organických nepolárních rozpouštědlech, ale nikoli ve vodě. Sudanová červeň (*připravuje se kopulací kresidinu s 2-naftolem*) patří mezi azobarviva rozpustná v tucích, proto při styku s „mastnou skvrnou“ na papírku přejde část barviva z roztoku především do míst, kde je obsažen tuk. Přebytečné barvivo lze vymýt z okolí mastné skvrny několikanásobným promytím papírku v čistém ethanolu (velmi slabě polárním organickým rozpouštědlem).



Jádra ořechů a plátky kokosu



Důkaz tuku v jádrech vlašských ořechů a v kokosu

5. Vlastnosti tuků

Zadání: Zjistěte, zda jsou v potravinářských tucích a olejích obsaženy nenasycené mastné kyseliny. Vytvořte si empirickou škálu tuků podle obsahu cholesterolu a jiných sterolů.

Chemikálie: 1,2-dichlorethan (lze použít i např. chloroform), 5% roztok bromu v 1,2-dichlorethanu, 5% roztoky olejů, sádla a přepuštěných másel a tuků v stejném rozpouštědle, koncentrovaná H_2SO_4 , acetanhydrid.

*Při použití chlorovaných organických rozpouštědel a koncentrované kyseliny sírové je nutno pečlivě dbát na **dodržování zásad bezpečnosti práce s ohledem na věk žáků!***

Pomůcky: menší kádinky, sada zkumavek ve stojánku s označením, kapátka

Postup:

Připravte si dvě sady označených mikrozkušavek, do nichž nakapejte po 10 kapkách zkoumaných roztoků tuků. Ztuzené tuky, pomazánková másla apod. je nutno před rozpouštěním v organickém rozpouštědle opatrně tepelně zbavit vázané vody tzv. „přepuštěním“.

A. Stupeň saturace tuků

V první sadě titrujte 10 kapek 5% roztoku zkoumaného tuku v 1,2-dichloethanu v mikrozkušavce po kapkách roztokem bromu v 1,2-dichlorethanu (asi $4\text{ cm}^3\text{ Br}_2$ v 250 cm^3 rozpouštědla), dokud se barva nepřestane měnit. Počítejte a porovnejte počet kapek potřebných k titraci jednotlivých vzorků. Seřadte použité tuky podle stupně saturace (nasycení dvojných vazeb). Vysvětlete, jak souvisí saturace se zdrojem a skupenstvím tuku.

Alternativa - kvalitativní provedení: 5 cm^3 rostlinného oleje s pěti kapkami jódové tinktury protřepejte, přidejte škrobový maz.

Pozorování a vysvětlení:

Vyšší spotřeba roztoku bromu odpovídá většímu množství násobných vazeb (nenasycenosti) v tuku. Pozorujeme ji u rostlinných olejů obsahujících nenasycené mastné kyseliny, které jsou též příčinou zvýšené tekutosti. Ztuzené rostlinné tuky (po hydrogenaci násobných vazeb) a tuky živočišného původu mají vysoký stupeň saturace, spotřeba bromu je nízká a skupenství pevné.

Modré zbarvení jodškrobové reakce po přidání oleje mizí v důsledku adice molekul jodu I_2 na nenasycenou mastnou kyselinu.

B. Liebermannův-Buchardův test na obsah sterolů (cholesterolu)

Ve druhé sadě zkumavek přidejte k 10 kapkám roztoku tuku v každé mikrozkušavce 3 kapky acetanhydridu a 1 kapku koncentrované H_2SO_4 . Test je pozitivní, pokud se do

několika minut (asi 3, max. 10 minut) objeví zelené zbarvení; podle jeho intenzity lze kvalitativně usoudit na obsah cholesterolu. V některých případech se roztok vybarví zelenohnědě až temně hnědě. Stejný test proveďte s přefiltrovaným roztokem extraktu z vařeného vaječného žloutku, který je velice bohatým zdrojem cholesterolu. Zbarvení při vyšších koncentracích cholesterolu přechází až do tmavě modré barvy.

Vytvořte si škálu tuků podle obsahu cholesterolu a jiných sterolů (= hnědé zbarvení směsi ostatních sterolů a fytosterolů).

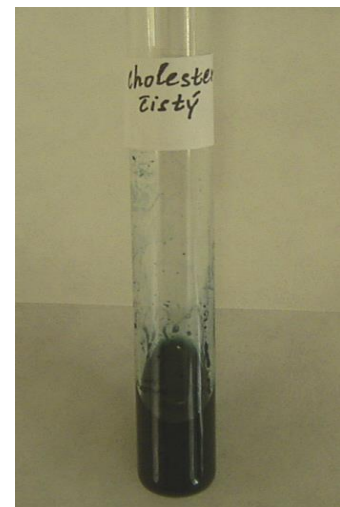
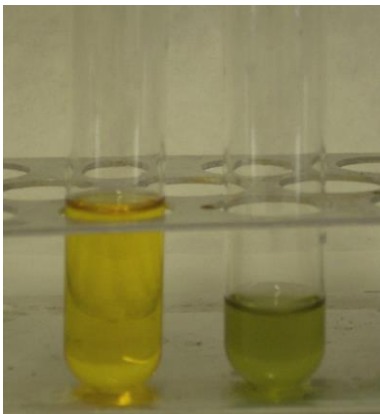
Vysvětlete, proč se neprojeví přítomnost cholesterolu v čistém domácím škvařeném sádle, ale v sádle se škvarky lze cholesterol prokázat?

Pozorování a vysvětlení:

Vznik zeleného vybarvení roztoku při reakcích v přítomnosti cholesterolu je zřejmě způsoben destrukcí cyklopentanperhydrofenanthrenového skeletu jeho molekuly a vznikem specifického produktu projevujícího se zeleným zbarvením. Při vysoké koncentraci cholesterolu vnímáme barvu produktu jako temně zelenou až tmavě modrou (u vaječného žloutku).

Příčinou hnědého zbarvení u reakce jsou přítomné fytosteroly z rostlinných tuků, neboť tento test není specifický pouze na cholesterol.

Testy na cholesterol:



Extrakt vaječného žloutku:

žlutý před reakcí

zelený až modrý po reakci

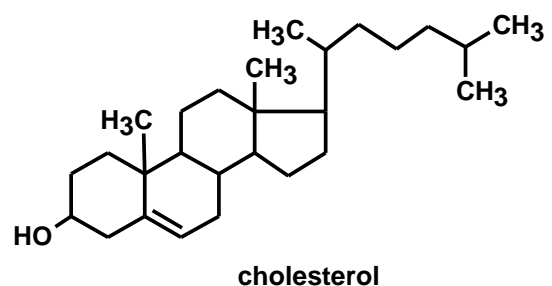
obsahu cholesterolu:

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

obsah
cholesterolu

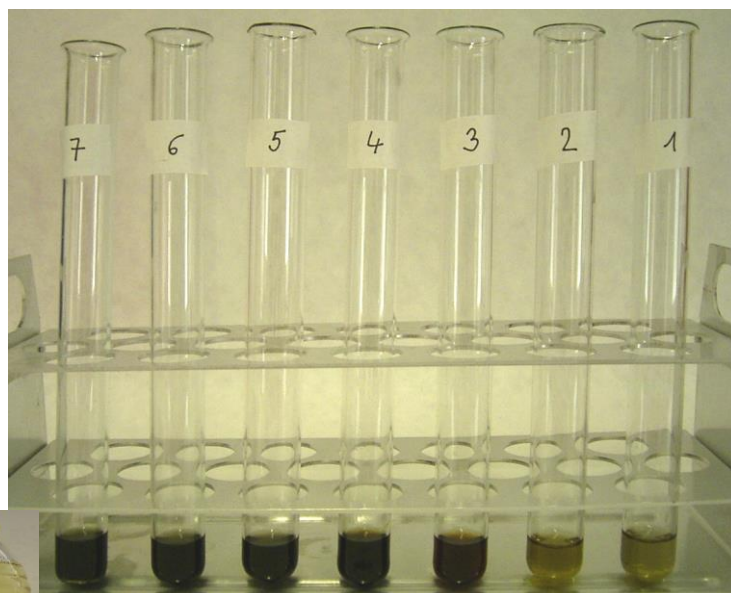


Empirická škála živočišných tuků podle





Empirická škála rostlinných tuků podle obsahu fytoosterolů:

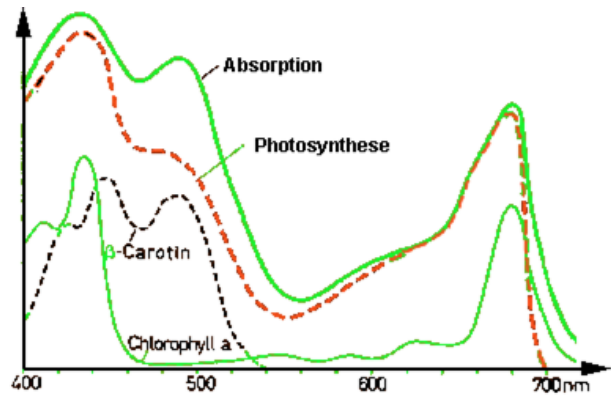


1. *Extra virgine olive oil*
2. *Ceres Soft (Setuza)*
3. *Omega (Setuza)*
4. *Hera (Bratislava)*
5. *Perla Plus (Praha)*
6. *Flóra (Praha)*
7. *Floriana – slunečnicový olej (Praha)*



6. Fluorescence chlorofylu ze zelených listů

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.



Zadání: Pozorujte fluorescenci extraktu chlorofylu, vysvětlete princip tohoto jevu.

Chemikálie: aceton, benzín, CaCO_3 , jemný písek nebo křemenný prach, čerstvé či sušené listy (pokud možno sytě zelené a nepříliš dužnaté, např. z břečťanu; pokus vychází i s čerstvými listy)

Pomůcky: třecí miska s tloučkem, filtrační kruh, nálevka, filtrační papír (vata), zkumavka, lampa, váhy

Vzorek: čerstvé či sušené listy, sušená mrkev nebo paprika.

Izolace – Připravte roztok obsahující směs rostlinných lipofilních barviv.



Postup: asi 2 g sušených listů nebo sušené mrkve či mleté papriky rozetřete v misce s malým množstvím písku nebo křemenného prachu a přidejte na špičku lžičky CaCO_3 . Větší kusy listů je vhodné předem nastříhat na malé kousky. K rozmělněnému materiálu přidejte 1 cm³ acetonu a po chvíli roztírání ještě 3 cm³ benzínu a důkladně promíchejte. Pozor na otevřený oheň při práci s hořlavinami I. třídy! Vzniklou směs pak přefiltrujte přes SUCHÝ 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!



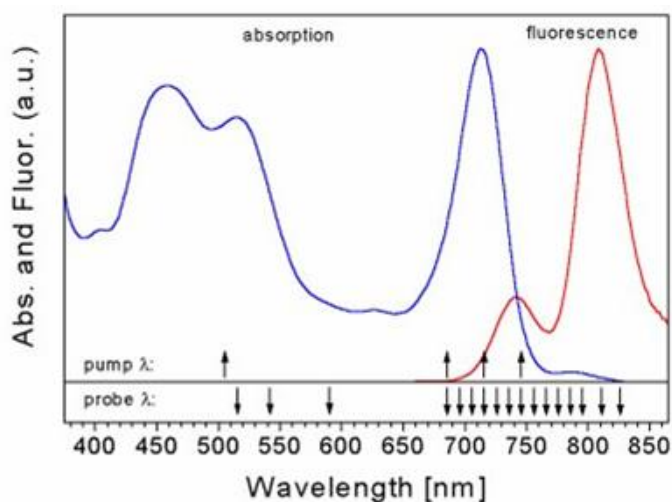
Pozn.: Většina vyextrahovaných barviv se pozvolna rozkládá na vzduchu a na světle, pokud je nutné extrakt delší dobu skladovat je nejlepší dát jej do lednice.

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. Extrakt pozorujte v procházejícím světle a poté v silném bočním osvětlení, zaznamenejte si barvu roztoku.

Pozorování a vysvětlení:

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.

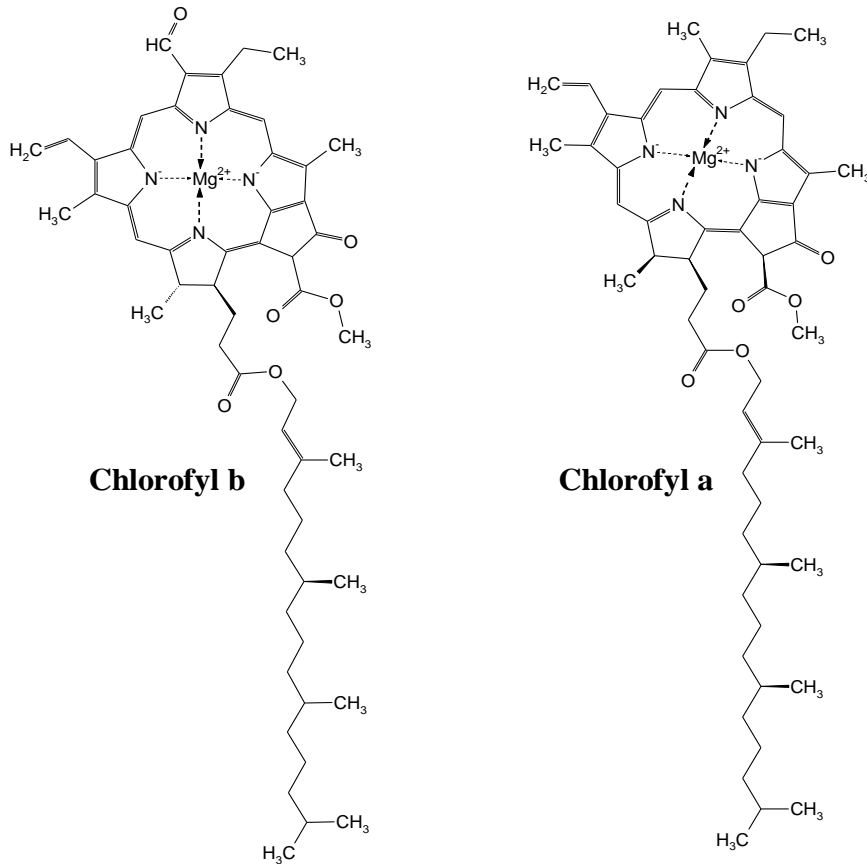
Ale při pozorování z boku nevidíme světlo prošlé, nýbrž převážně světlo vzniklé fluorescencí (protože je vyzařováno rovnoměrně do všech směrů), to je v případě chlorofylu také světlo které vidíme jako odstín červené.



Barva extraktu z listů břečťanu při pozorování
přímém a při pohledu z boku

S funkcí chlorofylu v rostlinách je ovšem podstatně spjata schopnost zachycovat světelné záření, jehož energie je přeměněna na energii chemické vazby při syntéze glukózy. Protože v extraktu chlorofylu nemůže dojít k fotosyntéze, je pohlcené světelné záření opět vyzářeno. Tento jev nazýváme **fluorescence**, vznikající červené

světlo je vyzařováno do všech směrů a můžeme je nejlépe pozorovat při pohledu z boku nebo shora, kde není rušeno silným procházejícím zeleným světlem.



Pozn.: Za námět děkujeme RNDr. V. Martínkovi, Ph.D.

7. Vitamin C v ovoci a zelenině

A. Kvalitativní zjištění přítomnosti vitamínu C v nápojích a ovocných džusech

Zadání: Experimentálně ověřte přítomnost vitamínu C ve vzorcích ovoce a zeleniny.

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

Pomůcky: třecí miska s tloučkem, filtrační kruh, nálevka, filtrační papír, zkumavka

Postup:

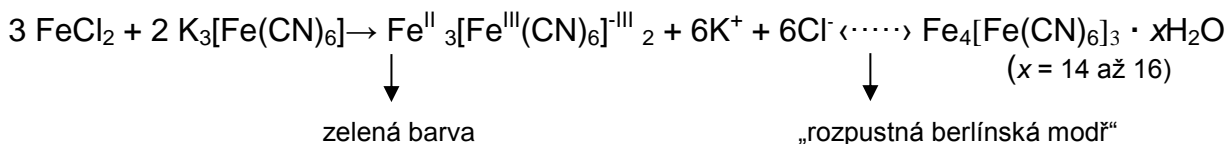
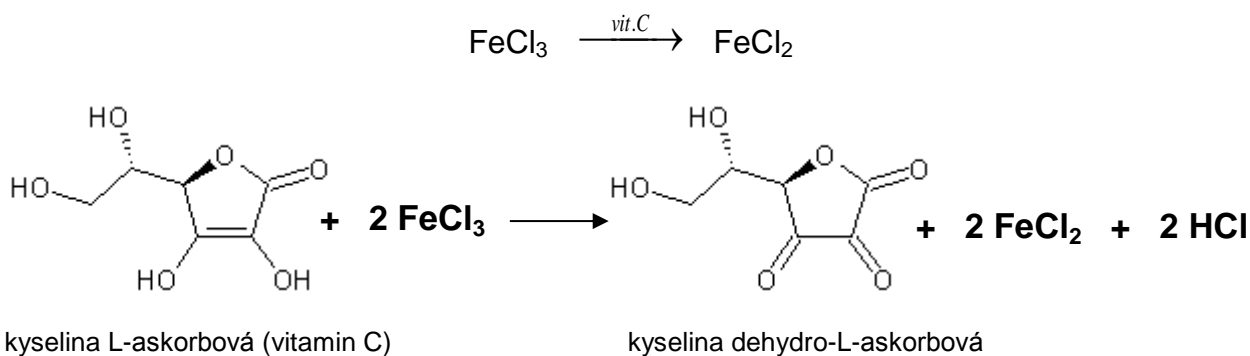
Rozetřete asi 5 g vzorku v 5 cm³ destilované vody v třecí misce a směs přefiltrujte do čisté zkumavky. Z každého filtrátu převedte stejné množství (asi 2 cm³) do čisté zkumavky, k filtrátu přidejte asi 2 cm³ roztoku chloridu železitého a po zamíchání stejný objem roztoku hexakynoželezitanu draselného. Stejnou reakci proveďte s roztokem kontrolního vzorku – Celaskonu. Zaznamenejte barevné změny ve zkumavkách, porovnejte výsledky u použitých vzorků ovoce a zeleniny s kontrolním

vzorkem. Vzniklé modré či tmavě zelené zabarvení signalizuje přítomnost vitamínu C ve vorku.

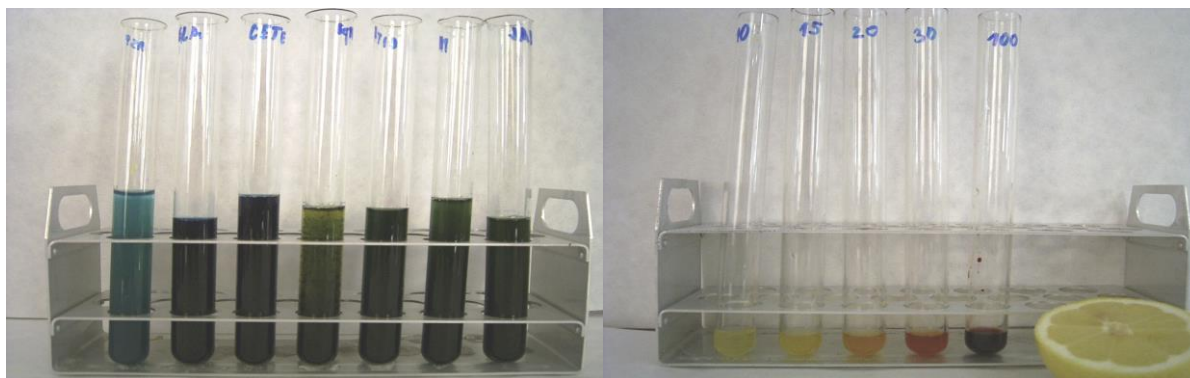
Popište chemický průběh důkazu, eventuálně запиšte chemickou rovnici reakce.

Pozorování a vysvětlení:

Přidáme-li roztok chloridu železitého do roztoku obsahujícího vitamín C, který je redukčním činidlem, tvoří se v roztoku po zamíchání nestálé kationty Fe^{2+} , což se projeví tmavnutím až zelenáním směsi z původně rezavé barvy roztoku FeCl_3 . Po dalším přidání roztoku hexakvanoželezitanu draselného se směs barví temně zeleně a časem přechází toto zabarvení na tmavě zelenomodré až modré. Barevné změny jsou důkazem přítomnosti vitamínu C – redukčního činidla, v roztoku vzniká barevná komplexní sloučenina známá pod názvem Thurnbullova (berlínská) modř. Podle její intenzity lze kvalitativně usuzovat na množství vitamínu C v původním roztoku.



Pozn.: Alternativně lze použít místo roztoku hexakvanoželezitanu roztok thiokyanatanu (rhodanidu) draselného a pouhou změnou množství přidaného chloridu železitého můžeme semikvantitativně spočítat množství vitamínu C – ten odpovídá spotřebovanému FeCl_3 v okamžiku barevného přechodu.



Kvalitativní stanovení vitamínu C
(kyseliny L-askorbové)

Semikvantitativní stanovení vitamínu C

B. Kvantitativní určení množství vitamínu C v nápojích (námět):

Zadání: Ověřte a srovnajte obsah vitamínu C ve vzorcích džusů, limonád a ovocných šťáv. Porovnejte s údaji výrobců uváděnými na obalech.

Chemikálie: tablety Celaskonu, 0,1% roztoky vitamínu C (jablečný a pomerančový džus, limonáda, šťáva z kompotu), asi 30% kyselina octová, Lugolův roztok I₂ v roztoku KI (0,125% I₂, 1% KI), 1% roztok škrobu

Pomůcky: titrační baňky, byreta, pipeta, milimetrový papír nebo editor grafů

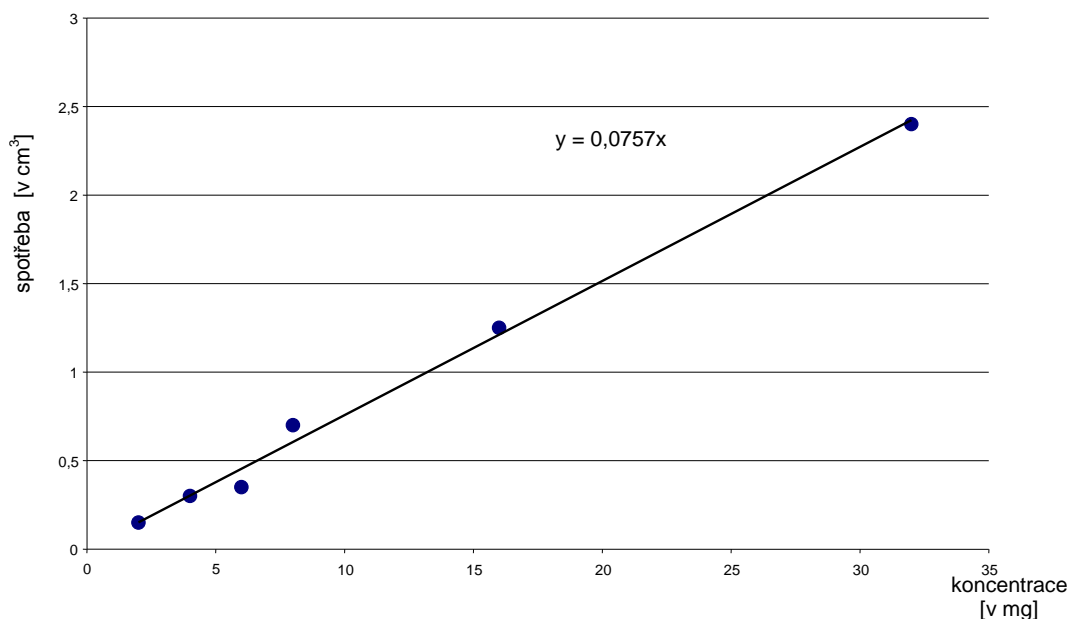
Postup:

Pro titraci se používá roztok jodu v KI a detekuje se pomocí reakce jodu se škrobem (vznik modrého zbarvení v bodě ekvivalence).

Nejprve si připravte kalibrační křivku pomocí titrace standardu (Celaskon, raději „nerozpustný“ – i ten se časem rozpustí). Do 125 cm³ titrační baňky odpipetujte po 25 cm³ standardu o známých koncentracích – celkem 6 baněk: (2, 4, 6, 8, 16 a 32 mg celaskonu ve 100 cm³). Potom přidejte po 2 cm³ 30% kyseliny octové a 3 cm³ 1% škrobu. Pomocí byrety titrujte vzorky a zaznamenávejte spotřeby. Poté zakreslete kalibrační křivku na milimetrový papír nebo ji sestrojte elektronicky (např. v programu MS Excel) - jako závislost spotřeby (objemu) roztoku jodu v KI (v cm³) na koncentraci titrovaného roztoku celaskonu (v mg na 100 cm³).

Pro vlastní titraci použijte např. přefiltrovaný jablečný a pomerančový džus, limonádu bez bublin a šťávu z kompotu. Postup bude stejný jako v případě přípravy titrační křivky, podle spotřeby roztoku jodu odečítejte příslušné koncentrace vitamínu C z připravené kalibrační křivky.

Úkol: Pokuste se vysvětlit, proč minimální obsah vitamínu C deklarovaný na obalech džusů bývá zpravidla nižší než vaše naměřené hodnoty?



Ukázka kalibrační křivky při titraci standardních roztoků celaskonu

v potravinách

Zadání: Experimentálně ověřte přítomnost vitamínu A ve vzorcích potravin.

Chemikálie: 1,2-dichlorethan nebo chloroform, zdroje vitamínu A (rostlinný olej, máslo, rybí tuk, vitamín A (z lékárny), acetanhydrid, krystalický chlorid antimonitý. *Při použití chlorovaných organických rozpouštědel a koncentrované kyseliny sírové je nutno vždy pečlivě dbát na **dodržování zásad bezpečnosti práce s ohledem na věk žáků!***

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

Postup:

Připravte 5 zkumavek A až E. Do zkumavky A vpravte tyčinkou kousek másla, do B kapku rostlinného oleje, do C kapku rybího tuku, do D kapku vitamínu A z lékárny, E je určena pro slepý pokus. Do každé zkumavky přidejte 2 cm³ 1,2-dichlorethanu nebo chloroformu. Po vyčeření roztoků přidejte do každé zkumavky 1 kapku anhydridu kyseliny octové a jeden krystalek chloridu antimonitého. Srovnejte vzorky podle intenzity modrého zbarvení – podle koncentrace vitamínu A.

Pozorování a vysvětlení:

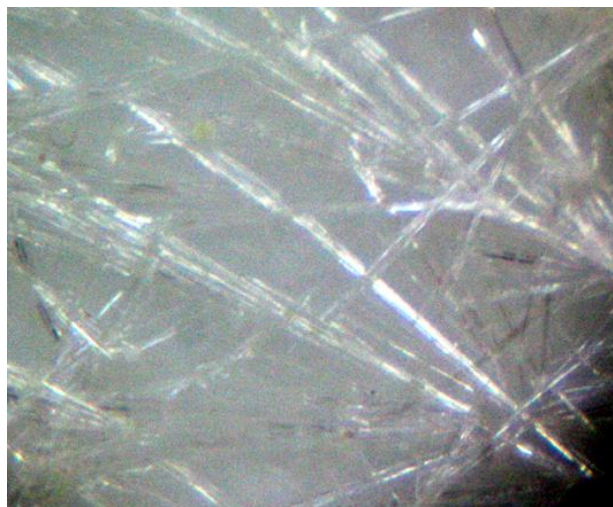
Chlorid antimonitý nesmí obsahovat žádné stopy vody. (*Jde o látku silně hygroskopickou, která vlhne časem pouhou vlhkostí ze vzduchu i pod dvojným uzávěrem!*)

Pokud se suchý krystalek SbCl₃ setká s vitamínem A, který je rozpustný v tucích, dojde mezi nimi k reakci za vzniku výrazně modré až modrofialové látky – zřejmě barevné komplexní sloučeniny Sb³⁺.

9. Sublimace kofeinu

Zadání: Sublimací získejte těkavý alkaloid kofein z jeho přírodních zdrojů, produkt pozorujte pod mikroskopem.

Chemikálie: kostka ledu, suché lístky zeleného a černého čaje, kávová zrnka (nejlépe zelená).

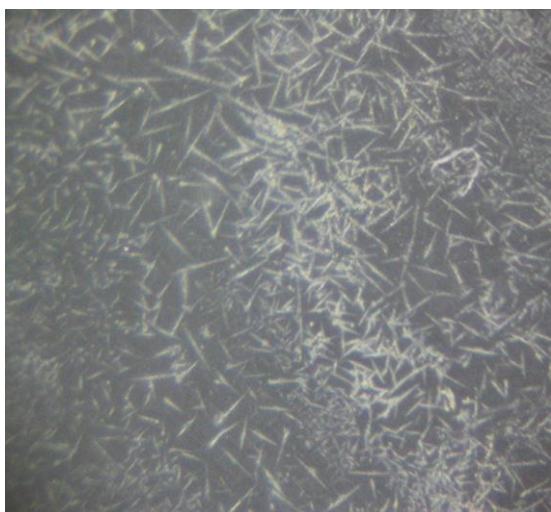


Vysublimované krystalky kofeinu z kávy pod mikroskopem

Pomůcky: dvě malé Petriho misky nebo dvě hodinová skla či krycí sklíčka, keramická síťka, stojan s kruhem, vaříč nebo kahan, kousek vaty, mikroskop

Postup:

Na Petriho misku (hodinové sklo) nasypete malou lžičku lístků zeleného, černého čaje či rozemletých zrnků kávy (asi 0,5 g). Přikryjte druhou miskou nebo sklíčkem, které chladíte shora chomáčkem vaty s ledem. Velice mírně a pomalu zahřívajte na elektrickém vaříči nebo na síťce nad kahanem. Na horním skle vysublimují jehlicovité krystalky kofeinu s charakteristickou vůní, které pozorujte pod mikroskopem. Případné hnědnutí krystalků signalizuje příliš prudké zahřívání, látka se pálí.



Vysublimované krystalky kofeinu ze zeleného čaje pod mikroskopem

Pozorování a vysvětlení:

Sublimace může sloužit jako separační metoda. Kofein patří k jednoduchým purinovým derivátům. Je obsažen např. v kávě, kakau, čaji, čokoládě. Stimuluje srdeční činnost a centrální nervový systém. Je mírně návykový a bývá používán i v lékařství. Vysublimovaný kofein vytváří pod mikroskopem dobře zřetelné dlouhé jehlicovité krystalky.

10. Příprava pleťového krému

Zadání: Připravte emulzi pleťového krému. Ověřte si, jak se připravují kosmetické krémy a porovnejte ekonomickou nákladnost a komerční ceny krémů.

A. Hydratační krém

Chemikálie: lanolin, bílá vazelína, glycerol

Pomůcky: kádinky o objemech 100 a 250 cm³, plastová či dřevěná vidlička na šlehání nebo dřívko, kahan, teploměr.

Postup:

Na počátku rozpustíte 15 kapek glycerolu v 50 cm³ vody v kádince o objemu 250 cm³. Do kádinky o objemu 100 cm³ navažte 1 g bezvodého lanolinu a přidejte 21 cm³ bílé

vazelíny. Pak vložte 100 cm³ kádinku do větší kádinky s vodou a glycerolem a zahřívejte nad kahanem na teplotu 50°C. Poté vypněte kahan a pečlivě smíchejte lanolín s vazelínou (používejte dřívka), pak za stálého šlehání a míchání přilijte trochu vody s glycerolem (směs by měla zhoustnout a zakalit se). Po troškách vmíchejte vodu s glycerolem a šlehejte, míchejte 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.

B. 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 v misce roztavte 20 g lanolinu a 5 g olivového oleje. Směs důkladně promíchejte, přelijte do třecí misky a po částech přidejte 35 g rostlinné šťávy, ve které bylo rozpuštěno 0,5 g kyseliny borité. Po každém přídávku směs dokonale promíchejte a nakonec míchejte do dosažení pokojové teploty. Jako rostlinnou šťávu je možno použít šťávu z mrkve nebo okurky bez pevných částic. Krém se plní do kelímků.

C. Glycerinový krém

Chemikálie: lanolín, bílá vazelína, parafínový olej, olivový olej, glycerol, borax

Pomůcky: kádinky, krystalizační miska, třecí miska, stojan, kahan, dřívko na šlehání

Postup:

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

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



Hydratační pleťový krém vyráběný v naší laboratoři

Pozorování a vysvětlení:

Při přípravě krémů nejde prakticky o žádnou chemickou reakci, ale o technologický postup při získávání homogenních emulzí. (Obdobně se připravuje v kuchyni např. domácí majonéza: pečlivě se zašlehá a vymíchá emulze vaječného žloutku v jedlém oleji.)

4. Experimenty v kontextu každodenního života

V této kapitole se věnujeme aplikacím a modifikacím některých známých laboratorních pokusů, které provádíme s materiálem z běžné praxe nebo jimi vysvětlujeme jevy každodenního života – např.: **příprava polyamidového vlákna, důkaz formaldehydu v dřevotřísece, rozdělení směsi barviv kapkou vody, chromatografie přírodních i syntetických barviv.**

1. Příprava polyamidového vlákna

Zadání: Úkol 1: Provedte dle návodu bezpečnou přípravu polyamidového vlákna a vyzkoušejte jeho pružnost, pevnost, a další vlastnosti.

Úkol 2: Sestavte rovnici probíhající reakce, uveďte názvy monomerů i polymerního produktu, určete strukturní jednotku.

Úkol 3: Vyhledejte informace o významném českém chemikovi, který se zasloužil o objev silonového vlákna.

Chemikálie: roztok **A:** dichlorid kyseliny adipové v hexanu nebo petroletheru, roztok **B:** roztok hexan-1,6-diaminu (=hexamethylendiaminu) ve vodném roztoku methanolu. (*Množství látek vhodných k použití:* roztok **A:** 0,22g adipoylchloridu v 6cm³ roztoku v petroletheru; roztok **B:** 0,35g hexamethylendiaminu do 6cm³ vodného roztoku methanolu.)
acetón, destilovaná voda.

(Lze též použít komerčního kitu Pieron pro syntézu Nylonu – roztok A: 200 cm³ roztoku dichloridu kyseliny adipové v tetrachlormetanu a roztok B: 200 cm³ roztoku hexamethylendiaminu ve vodném roztoku methanolu)

Pomůcky: kádinky 50 cm³, odměrné válce na 25 cm³, pinzeta, skleněná tyčinka, Petriho miska, stříčka s vodou

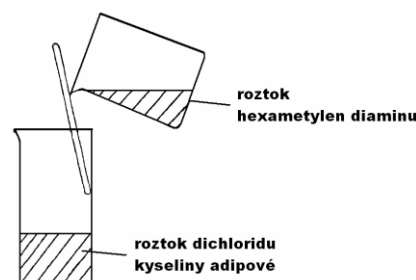
Postup:

V úzké vyšší kádince 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.

Zapište rovnici reakce!

Pozorování a vysvětlení:

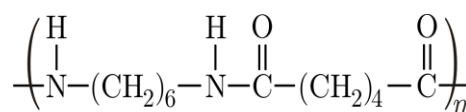
Umělá vlákna lze získat např. polykondenzací (= stupňovitá polyreakce, kdy spolu reagují látky s dvěmi charakteristickými skupinami schopnými vzájemné reakce a vzniká vedlejší nízkomolekulární produkt, např. voda, chlorovodík). Nylon (polyamid 6,6) lze takto získat reakcí adipoylchloridu s hexamethylendiaminem.



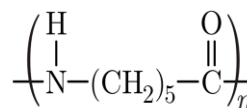
Polyamidové vlákno: Nylon 66 je chemickým složením *polyhexaethylenadipamid*, který vzniká polykondenzační reakcí. (Česká varianta polyamidového vlákna *Silon 6* vychází z ϵ -kapolaktamu.)



Namotávání nekonečného vlákna



Nylon 66



Nylon 6

Poznámky pro učitele: - pokus lze provádět jako demonstrační nebo skupinovou práci;

- vzhledem k práci s jedovatými a těkavými látkami je třeba pracovat v digestoři s použitím ochranných rukavic a brýlí;
- vyzvěte žáky k nalezení více informací o vynikajícím českém chemikovi spojeném s československým patentem - *Silonem*.

Řešení:

Po slití roztoků se na fázovém rozhraní tvoří plast, který lze vytáhnout v nekonečně tenké vlákno a namotat na pinzetu. Vzniklé vlákno má řadu vlastností, pro které je dnes užíváno jako textilní i průmyslový materiál, např.: je pružné a pevné, lze jej vytáhnout velice tenké, je odolné vlivům běžných chemikálií, lze jej dobře barvit.

(Za objevem *Silonu 6* stojí vynikající český chemik Otto Wichterle.)

Další možnosti přípravy plastů:

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

Chemikálie: styren, ethyl-methyl-ke-ton peroxid, 1,6-diaminohexan, kyselina adipová nebo adipoylchlorid, hexan nebo petrolether, ethanol nebo aceton, polyvinylalkohol, boritan sodný

Pomůcky: polyethylenový kelímek, kádinky, pinzeta, kapátka.

Postup:

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

Příprava gelu: Smíchejte 10 cm³ 4% roztoku polyvinylalkoholu se 4 cm³ 4% boritanu sodného. Za chvíli se vytvoří gel.

2. Důkaz formaldehydu v dřevotřísce nebo linoleu

Zadání: Pokuste se dokázat stopy formaldehydu v kouscích linolea nebo v nábytkové desce z dřevotřísky.

Chemikálie: destilovaná voda, ethanol, Schiffovo činidlo (tj. 0,1% roztok fuchsinu/rosanilinu odbarvený oxidem siřičitým), tzv. Bradyho činidlo (tj. roztok 2,4-dinitrofenylhydrazinu v konc. kyselině chlorovodíkové: 1,2 g 2,4-dinitrofenylhydrazinu se rozpustí ve 12 cm³ koncentrované HCl. Vzniká světle žlutý roztok, který se míchá do zhoustnutí. Potom se přilije 600 cm³ zředěné HCl [c = 2 mol·dm⁻³] za neustálého míchání.) !!

! Pozor! - nebezpečné chemické látky! Dodržujte bezpečnost práce!

Pomůcky: kádinky, odměrné válce na 25 cm³, pinzeta, skleněná tyčinka, Petriho miska, stříčka s vodou

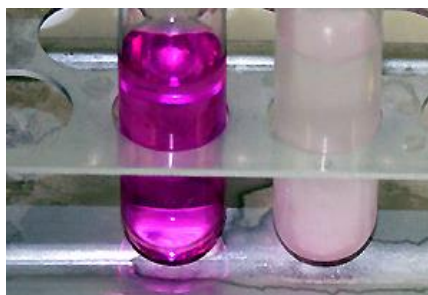
Postup:

Do jedné z baněk nebo širších zkumavek vložte kousky nadrobno pokrájeného linolea, do druhé z nich piliny či rozdrčené odřezky z dřevotřískové desky. Vzorky v baňkách zalijte asi 50 cm³ směsí vody s ethanolem (ve zkumavkách 5 cm³ směsí) a baňky či zkumavky uzavřete zátkami a dobře protřepejte. Vzorky je třeba nechat extrahovat asi jeden den (u dřevotřískových pilin alespoň čtvrt hodiny). Pak odeberte asi 0,5 – 1 cm³ vyextrahovaných roztoků do čistých zkumavek a přidejte k nim stejné nebo větší množství Schiffova činidla. Zkumavky uzavřete zátkami, protřepte a po 5-15 minutách pozorujte barevné změny.

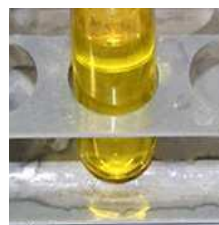
Do čisté zkumavky připravte asi 5 cm³ činidla 2,4-dinitrofenylhydrazinu v HCl a přilijte asi 1 cm³ vyextrahovaného roztoku. Po chvilce pozorujte barevné změny.

Pozorování:

Jestliže byl v linoleu nebo v dřevotřísce přítomen formaldehyd, roztoky ve zkumavkách se působením Schiffova činidla zbarví červenofialově. V čirém žlutém roztoku Bradyho činidla pozorujte vznik žlutooranžového zákalu až krystalovitě sraženiny.



Acetaldehyd a aceton
po přidání Schiffova činidla



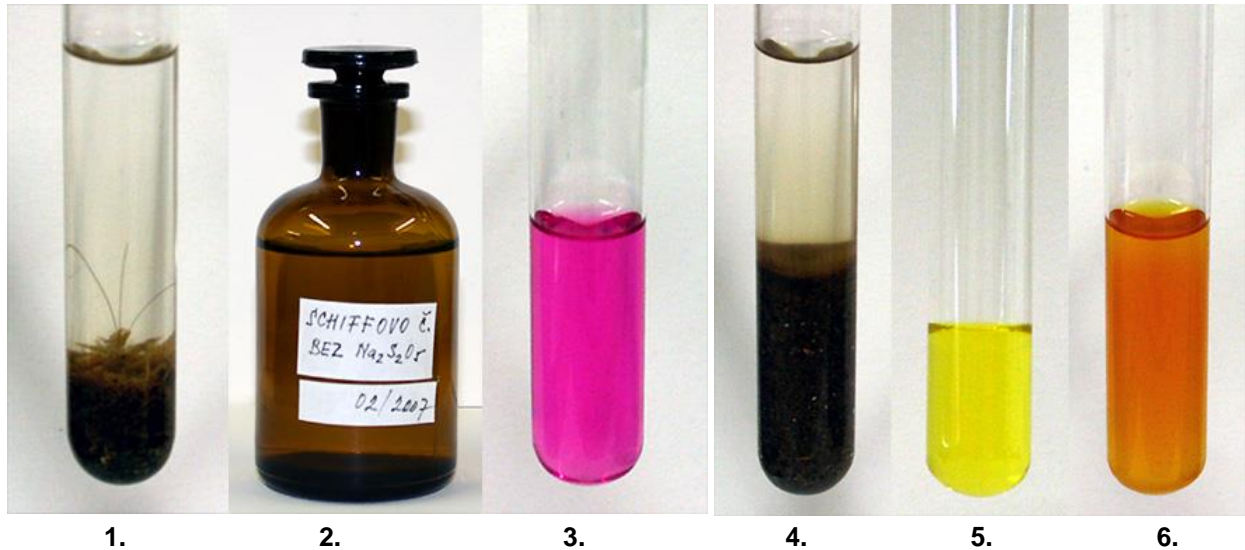
1.



2.

3.

1. čistý roztok 2,4-dinitrofenylhydrazinu v kys. chlorovodíkové
2. roztok činidla po přidání acetaldehydu (vznik hydrazonu)
3. roztok činidla po přidání acetonu (vznik hydrazonu)



1. Extrakt z pilin dřevotřísky

2. Schiffovo činidlo

3. Extrakt po přikápnutí Schiffova činidla

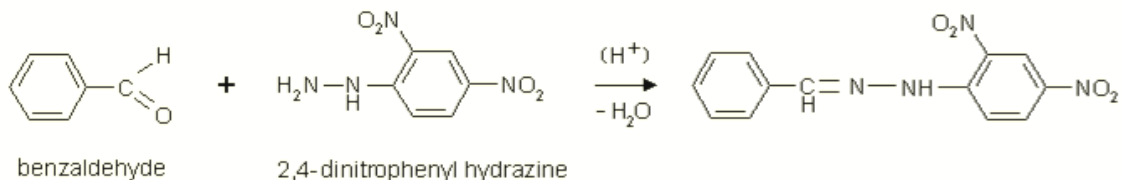
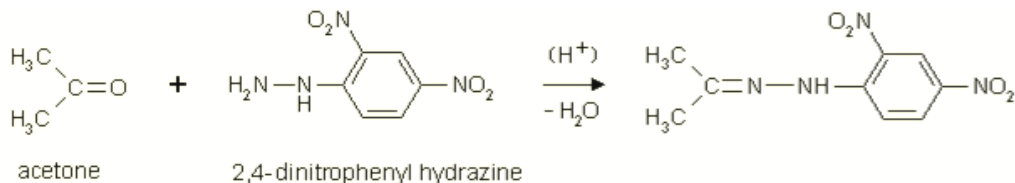
4. Extrakt z pilin dřevotřísky

5. Čisté Bradyho činidlo

6. Reakce činidla po přidání extraktu

Vysvětlení:

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 ochotně k adiční reakci mezi hydrogensířičitanovými anionty a aldehydem, fuchsin se tím uvolní a projeví se postupné červenofialové zbarvení roztoku. Roztok 2,4-dinitrofenylhydrazinu v HCl působením aldehydu nebo ketonu ihned reaguje s aldehydem či ketonem za vzniku výrazných oranžových nebo žlutých krystalků hydrazonů: při důkazu jenom stopového množství formaldehydu pozorujeme barevné změny a vznik zákalu (vzniká 2,4-dinitrofenylhydrazon methanalu).



Reakce ketonu (acetonu) a aldehydu (benzaldehydu) s činidlem (2,4-dinitrofenylhydrazinem): vznik 2,4-dinitrofenylhydrazonů acetonu a benzaldehydu

!! Pozor !! Při práci s nebezpečnými chemikáliemi a činidly vždy dodržujte bezpečnostní pravidla s ohledem na věk žáků!

Diskuse: Při výrobě linolea nebo dřevotřískových desek bývá používán 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.

3. Rozvrstvení rozpouštědel - rozdělení směsi barviv kapkou vody

Zadání: Ověřte si rozpustnost látek v různých typech rozpouštědel.

Chemikálie: destilovaná voda, různá organická rozpouštědla, např. ethanol, methanol, aceton, diethylether, chloroform, benzen, petrolether, kyselina octová, ethyl-acetát a podobně, barviva – např. sudanová žluť, červeň a methylvioleť.

Pomůcky: zkumavky, kádinky, kapátka, pipety

Postup:

Ke směsi absolutního methanolu a petroletheru ve zkumavce (v poměru 1:1) přidejte kapku vody. Směs se rozvrství. Lze provést i se směsí ethanolu a petroletheru, k rozvrstvení obvykle stačí několik kapek vody. Rozpouštědla je možno předtím obarvit vhodnými barvivy, například nepolární sudanovou žlutí či červení a polární methylvioleť či methylenovou modří. Nepolární barvivo po rozvrstvení přejde do petroletherové, polární do alkoholové vrstvy.

Pozorování a vysvětlení: Rozpouštědla o podobné polaritě se snadno mísí,

Eluotropická řada rozpouštědel:

petrolether
benzen
chloroform
diethylether
ethyl-acetát
aceton
ethanol
methanol
voda
kyselina octová

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.

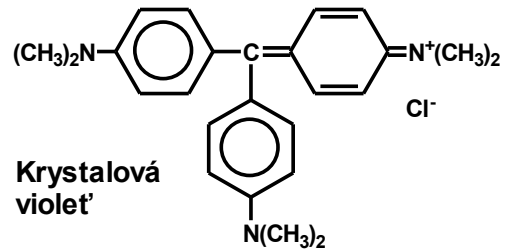
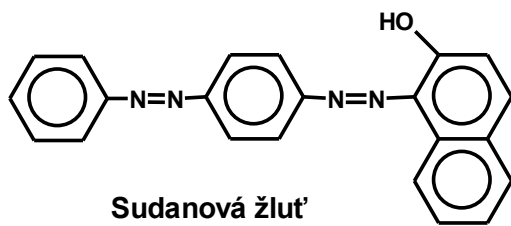
Přídavek vody do směsi rozpouštědel, která se ještě právě mísí, zvýší ještě více energetickou nevýhodnost jedné fáze a vede k rozvrstvení na dvě fáze, v nichž je vzájemná solvatace

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.

Barviva: **Sudanová žluť** 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 nerozpouštěna jako jemný zákal. Po rozvrstvení směsi barvivo přejde snadno do nepolární petroletherové vrstvy.

Naproti tomu **krystalová violet**, **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.



Výsledky:



Krystalová violet a sudánová žlutá ve směsi petroletheru a methanolu



Rozdělení rozpouštědel i barviv po přidání kapky vody

4. Chromatografie přírodních a syntetických barviv

4.1. Rostlinná barviva – chromatografie

Zadání: Pomocí chromatografie na tenké vrstvě se pokuste zjistit, jaké složky jsou obsaženy v zeleném barvivu v listech rostlin.

Chemikálie: destilovaná voda, aceton, benzín, propan-2-ol, ethanol, CaCO₃, jemný písek nebo křemenný prach.

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

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.

Postup:

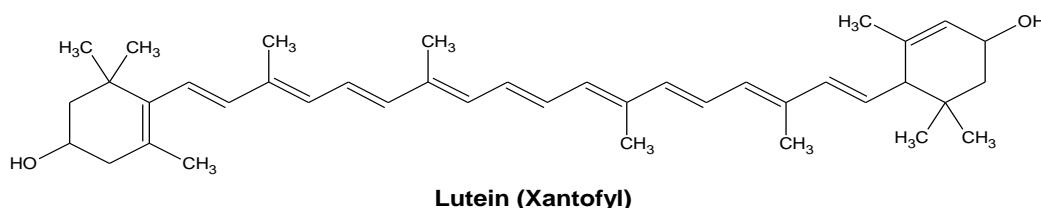
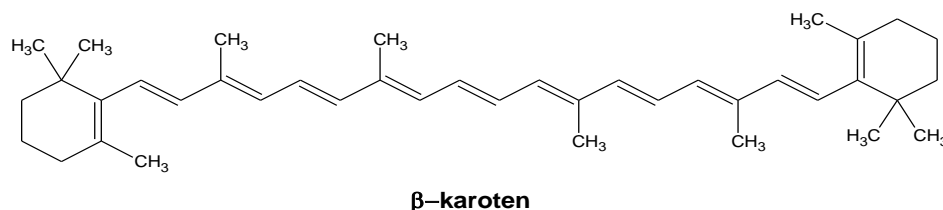
Připravte roztok obsahující směs rostlinných lipofilních barviv stejným způsobem, jak již bylo popsáno v kapitole 3 u pokusu č. 6 – Fluorescence chlorofylu (str.54).

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

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

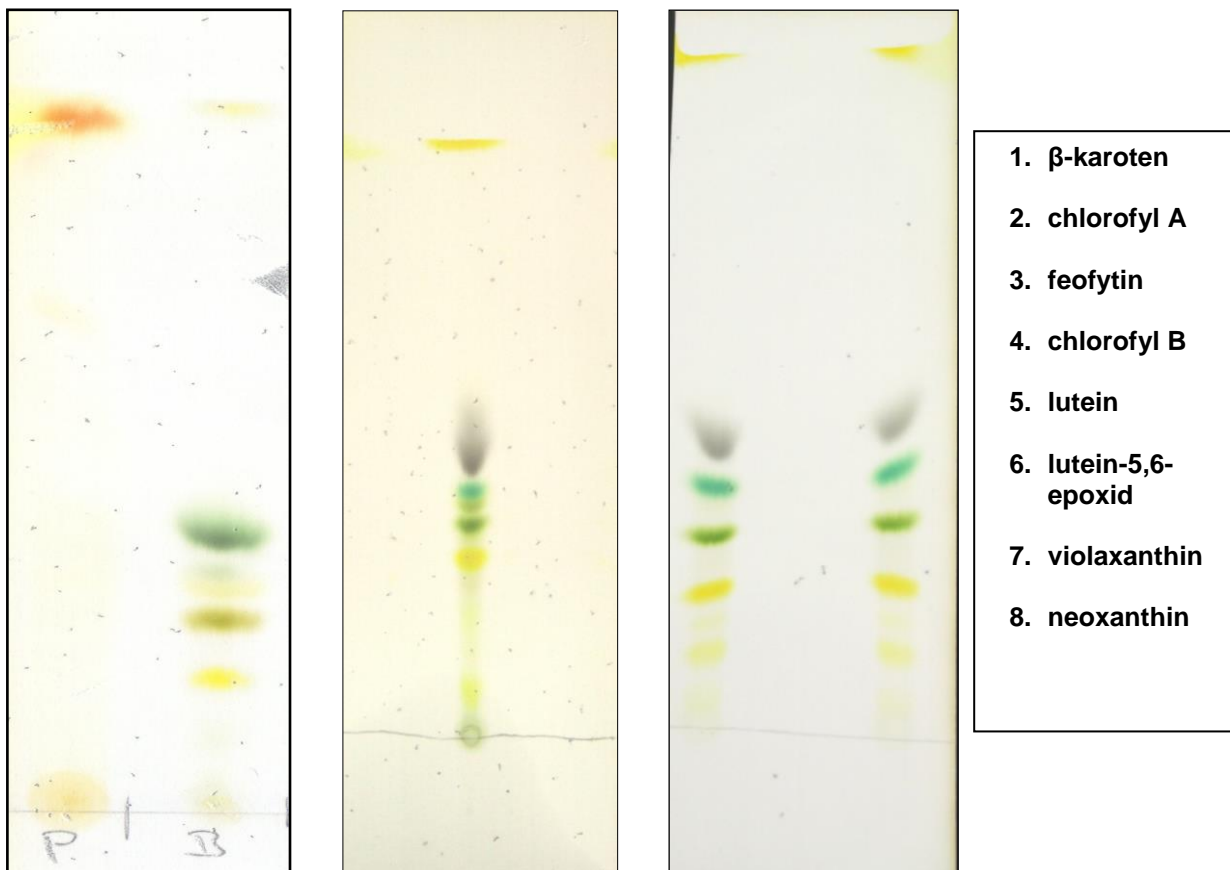
Do chromatografické nádoby nalijte směs tří organických rozpouštědel: benzín, propan-2-ol a voda v poměru 100:10:0,25 - tak, aby *hladina rozpouštědla byla asi 0,5 - 1 cm* vysoko a nechte ji uzavřenou stát, aby se vzduch uvnitř nasýtil parami rozpouštědla. Mezitím si připravte chromatografickou desku, na niž asi 2 cm od zdola měkkou tužkou nakreslete startovní čáru. Na tuto čáru pak pomocí kapiláry (kapátka) naneste dostatečně koncentrovaný extrakt. Na jednu desku lze nanést i několik skvrn, ty však musí být navzájem vzdálené alespoň 2 cm. Vysušení skvrn můžete 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 vložte do chromatografické nádoby a sledujte průběh dělení. Chromatografii je třeba ukončit dříve než čelo rozpouštědla dosáhne horního okraje desky. Po vyjmutí desky označte místo, kam až rozpouštědlo doputovalo a pak ji vysušte. Obyčejnou měkkou tužkou pak obtáhněte zóny barviv. Nejrychleji by se za těchto podmínek měl pohybovat ***β-karoten*** po něm následují: ***chlorofyl A***, (feofytin), ***chlorofyl B***, ***lutein*** (xanthofyl), (lutein-5,6-epoxid), (violaxanthin) a (neoxanthin).

Pozorování a vysvětlení: Rozdělení směsi barviv pomocí chromatografie na tenké vrstvě: Chromatografie je účinná technika, pomocí které lze rozdělit i tak složité směsi látek, jaké se často vyskytují právě v přírodním materiálu. Je založena 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).



Pozn.: Za námět a modifikaci pokusu děkujeme RNDr. V. Martínkovi, Ph.D.

Výsledky mohou vypadat takto:



Silufolové desky:
barviva z papriky a břečťanu

Rozdělení barviv z břečťanu
(3 různé vzorky)

4.2. 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).

Zadání: Pomocí papírové chromatografie zjistěte složení některých potravinářských barviv a barev obsažených ve fixech.

Chemikálie: voda, ethanol, 0,5% roztok NaCl, potravinářská barviva (zelené barvivo), 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 pipetky, kádinky, nůžky, chromatografický (filtrační) papír, bílá křída. (vata), obyčejná měkká tužka, pravítko, nůžky, zkumavky, pinzeta.

Postup:

Potravinářská barviva: Na chromatografickém papíru označte tužkou startovací čáru, kam budete nanášet vzorky. Pomocí Pasteurovy pipety naneste kapky

zkoumaných vzorků potravinářských barviv na startovací čáru (asi 1,5 cm od spodního okraje, 2 cm mezi sebou) a vysušte je teplým vzduchem. Získané skvrny by měly mít průměr asi 2-3 mm. Do kádinky nalijte roztok NaCl asi do výše 0,5 cm a ihned uzavřete víčkem. Připravený papír umístěte do migrační nádoby, nádobu uzavřete a nechte vzlínat rozpouštědlo až do vzdálenosti 1 cm od horního okraje papíru. Pak vyjměte papír z kádinky a označte tužkou čelo kolony. Změřte pak vzdálenosti mezi výchozí pozicí vzorků a čelem rozpouštědla (h_s), mezi výchozí pozicí vzorku a jeho krajní pozicí (h_i) a vypočtěte migrační vzdálenost každého ze vzorků: $R_f = h_i / h_s$. Vyvoďte závěr: princip dělení složek zeleného potravinářského barviva, skládajícího se z E102 a E131.

Syntetická barviva ve fixech: Na Petriho misku položte kruhový filtrační papír, na který jste předem nakreslili čtvrkružnice různými barevnými fixy ve vzdálenosti asi 2 cm od středu kruhu. Uprostřed filtračního papíru udělejte otvor pro knot, který např. vystříhnete a smotáte z dalšího kousku filtračního papíru a otvorem v kruhu jej protáhnete. Svým spodním koncem musí být knot ponořen do roztoku v Petriho misce a horní konec by měl přesahovat kruhový filtrační papír. Do misky nalijte 50% vodný roztok ethanolu a celou sestavu přiklopte zvonem nebo uzavřete do široké nádoby s víkem. Nechte vzlínat rozpouštědlo až do vzdálenosti 1 cm od vnějšího okraje kruhu, pak vyjměte papír a vysušte jej. Zjišťujte, z jakých barev jsou jednotlivé fixy složeny.



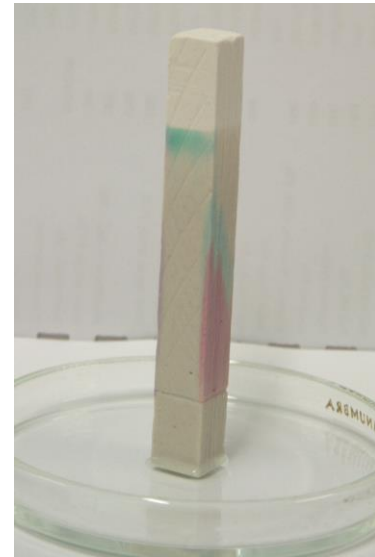
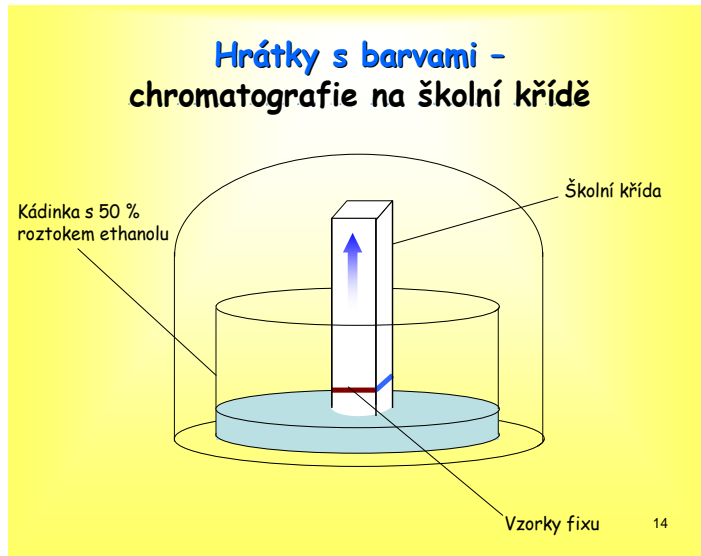
Chromatografie fixů na filtračním papíru

Alternativou tohoto uspořádání je chromatografie fixů na bílé školní křídě, kterou postavíte doprostřed kádinky s rozpouštědlem, když jste předtím na každou její stranu nanесли čáru – vzorek jiného fixu. Po ukončení chromatografie můžete opět měřit vzdálenosti mezi výchozí a krajní pozicí vzorků a vypočítat migrační vzdálenosti.

Barviva v potravinářských výrobcích

Připravte nádobu a papír jako pro chromatografii fixů. Vezměte jednu lentilku (barevného gumového medvídka), namočte ji do vody a položte na střed filtračního papíru v místě jeho proříznutí. Takto si připravte ostatní lentilky (medvídky). Také

můžete na filtrační papír poskládat více lentilek a sledovat, jak se budou barvy pohybovat.



Chromatografie barev fixů na školní křídě

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) Provedte závěr z vašeho pozorování a doložte jej obrázky (chromatogramem).
- 3) Seřadte jednotlivé nalezené barvy podle polariry (rozpuštnosti ve vodě).



Chromatografie barviv v lentilkách

5. Experimenty v mikrovlnné troubě*

Mikrovlnná trouba je pomocníkem běžně používaným ve většině kuchyní k ohřívání i vaření pokrmů a nápojů. Výhod, které oceňují nejen hospodyňky, zkusíme využít také v chemické laboratoři. Jedním z pozitiv, které přináší ohřev pomocí mikrovlnné trouby ve srovnání s jinými způsoby, je možnost dosažení vysokých teplot ve velmi krátkém čase, a to bez použití přímého plamene, což má význam i z hlediska bezpečnosti práce. Dalšími výhodami mikrovlnného ohřevu v laboratoři jsou např. vyšší reakční rychlost a výtěžky, rovnoměrný ohřev v celém objemu reakční směsi nevyžadující míchání (u reakcí probíhajících v polárním rozpouštědle pod jeho teplotou varu). Pro rychlé reakce v malém množství odpadá nutnost sestavovat aparatury – stačí kádinka přikrytá Petriho miskou, též lze provádět několik reakcí najednou.

Nabízíme vám několik pokusů vhodných pro učitele i žáky základních a středních škol. Provedení pokusů vychází z našich praktických zkušeností tak, aby všechny pokusy byly snadno realizovatelné nejen pro učitele, ale i pro žáky, s technikou dostupnou dnes v každé domácnosti i škole, zvláště tam, kde není do učeben chemie zaveden plyn.

4.1. Jednoduché pokusy

Takto jsou označeny pokusy, které hledají odpovědi na otázku: ***Jak funguje a co všechno dokáže mikrovlnná trouba?*** Lze je přizpůsobit různým věkovým kategoriím, aby povzbudily zvědavost žáků, schopnost ptát se a hledat odpovědi na otázky z běžného života. Ukazují vlastnosti a zvláštnosti mikrovlnného pole vytvářeného v troubě.

1. Ohřívání dvoufázového systému

Zadání: Pokusem si ověřte princip mikrovlnného ohřevu různých materiálů a též odlišný přenos tepla při ohřevu (odlišný průběh konvekce).

Chemikálie: nasycený roztok modré skalice - $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ [$c(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 1,2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$], destilovaná voda

Pomůcky: mikrovlnná trouba, plotýnkový vaříč, 2 kádinky (150 nebo 200 cm³), plastová (5 cm³) pipeta, 2 skleněné tyčinky nebo varné kamínky

Postup:

V 40 cm³ destilované vody rozpusťte 12 g síranu měďnatého, do 2 kádinek nalijte po

* Na námětech a modifikaci těchto experimentů spolupracovala Mgr. Ludmila Nývltová v rámci své diplomové práce v r. 2004

80 cm³ destilované vody a pomocí pipety vodu podvrstvěte roztokem nasyceného CuSO₄ · 5H₂O (20 cm³). Do každé kádinky dejte skleněnou tyčinku nebo varný kamínek, obsah jedné kádinky přiveďte k varu na plotýnce vařiče a obsah druhé v MW troubě. Měřte dobu potřebnou k dosažení varu a pozorujte průběh mísení obou fází.

Pozorování a vysvětlení:

Při zahřívání systému na plotýnce zůstávají obě vrstvy dlouho oddělené, krátce před varem je možné pozorovat stoupající proudy barevného roztoku. Při dosažení teploty varu se vrstvy rychle promíchají stoupajícími bublinami; doba potřebná k dosažení varu při ohřívání na plotýnce je asi 8 minut. Při ohřívání v MW troubě dojde k varu asi po 60 s, rozhraní mezi vrstvami se rozhoupe, ale vrstvy zůstanou oddělené i chvíli po počátku varu, vzniká jen málo malých bublinek.

Zahříváme-li dvoufázový systém jednou klasickým způsobem na plotýnce, podruhé v MW troubě, můžeme pozorovat odlišný způsob konvekce. Při ohřevu na plotýnce vařiče se od zdroje tepla ohřeje nádoba a od ní se teprve ohřívá její obsah. Teplo se přenáší konvekcí a vznikají konvekční proudy, v různých místech je různá teplota, ohřev není rovnoměrný. Kapalina se začíná vařit na dně nádoby, doba potřebná k dosažení varu je cca 8 minut.

Při ohřívání v MW troubě dochází k přímému ohřevu kapalin, především vodných roztoků. Kapalina se ve svém objemu ohřívá rovnoměrně, má všude stejnou teplotu a nedochází ke vzniku konvekčních proudů. Varu je dosaženo cca po 60s, rozhraní mezi vrstvami se rozhoupe, ale vrstvy zůstanou oddělené i chvíli po počátku varu, vzniká jen málo malých bublinek.

(Takto lze vysvětlit např. proč se mnohem rychleji uvaří a přitom nepřipálí pudink vařený v MW troubě, třebaže není míchán nepřetržitě během varu, ale pouze při přerušení ohřevu 2-3 krát).

Další barevné roztoky použitelné k vytvoření dvoufázového systému: K₂Cr₂O₇ a NiSO₄ · 7H₂O.

Var systému:



v mikrovlnné troubě



na plotýnce elektrického vařiče

2. Důkaz nehomogenity pole v mikrovlnné troubě

Pokus lze provést pomocí termosenzitivního (faxového) papíru. Přináší odpověď na otázky: proč se uvnitř otáčí skleněný talíř?; je teplota ve všech místech uvnitř trouby stejná?; proč bývá pokrm po ohřátí uprostřed talíře chladnější než při okrajích (např. při ohřívání pizzy)?

Zadání: Pokusem ověřte intenzitu mikrovlnného záření (nehomogenitu pole) v různých místech uvnitř trouby.

Chemikálie: stříčka nebo rozprašovač s vodou

Pomůcky: mikrovlnná trouba, 2 tenké polystyrénové desky zhruba odpovídající rozměrům dna mikrovlnné trouby, nůž, filtrační papír, termocitlivý (např. faxový) papír,

Postup:

Na polystyrénovou desku o rozměrech dna položte filtrační papír. Pomocí stříčky nebo rozprašovače jej navlhčete vodou. Na filtrační papír položte faxový papír, desku vložte na dno MW trouby, z které je odstraněn otočný talíř. Zapněte na maximální výkon (700W) na 10 až 15 s. Podobně proveďte pokus na kruhové desce položené na otočný talíř v různých výškách trouby.

Zkoumání intenzity mikrovlnného pole v troubě:



bez otočného talíře



s otočným talířem



Porovnání intenzity pole u dna a v horní části trouby

Pozorování a vysvětlení:

Asi po 5 s začne v obou případech faxový papír na některých místech černat. Bez otočného talíře vznikne pro konkrétní troubu charakteristický reprodukovatelný vzor zčernání (pásově a bodově skvrny). S otočným talířem je zřetelné rozsáhlé zčernání ve tvaru mezikruží se středem v ose otáčení talíře.

Pokus je vhodné přerušit ve chvíli, kdy se objeví první zčernání; pokud papír vystavíme záření příliš dlouhou dobu, zčerná téměř v celé ploše. Nehomogenita elektromagnetického pole v troubě vzniká interferencí záření vícenásobně odraženého od stěn. Místa největšího zčernání odpovídají místům s vyšší intenzitou mikrovlnného pole; voda na fitračním papíru se ohřívá rychleji, začne se dříve odpařovat a horká vodní pára způsobí zčernání termocitlivého papíru.

3. CD v mikrovlnné troubě

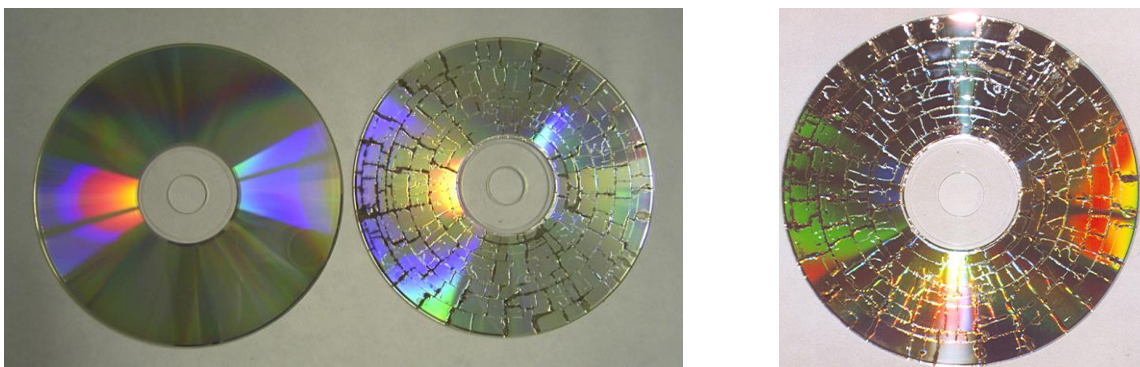
V tomto pokusu se skrývá odpověď na otázku, proč není vhodné používat kovového nádobí, zlacených talířů, hrnečků apod. pro ohřev v mikrovlnné troubě.

Zadání: Pokusem ověřte chování kovů v tenké vrstvě vystavených mikrovlnnému záření uvnitř trouby.

Pomůcky: mikrovlnná trouba, použité CD

Postup:

Položte CD nepotištěnou kovovou stranou nahoru do středu otočného talíře. Zapněte MW troubu na maximální výkon jen na několik sekund. Po zapnutí trouby začne CD nepravidelně jiskřit, světelné efekty jsou doplněny pro jiskření typickým praskáním. Tenká vrstva hliníku je silně zahřívána, až nakonec shoří. Spalování začne v mnoha místech samovolně vznikajícími jiskrami a ve velmi krátké době se rozšíří po celé ploše. V umělé hmotě potom můžeme pozorovat charakteristické vypálené stopy – abstraktní obrázky.



CD před a po experimentu v mikrovlnné troubě

Pozorování a vysvětlení:

Při působení mikrovlnného záření na kovové materiály dochází k pohybu delokalizovaných elektronů, k excitaci elektronového plynu v tenké kovové vrstvě,

a tím ke vzniku elektrických proudů. Vodivost nebývá dostačující k odvedení velkého množství energie, dojde k jiskrovému vybíjení. Zvnějšku přes síťku dvířek trouby můžeme sledovat jasné jiskření – max. po dobu 20 – 30 sekund. Potom se již rozkládá plastová část CD a uvolněné plyny nepříjemně páchnou.

4. Vliv obsahu vody na dobu tání různých tukových výrobků

Měříme a porovnáváme dobu tání tuků až do úplného roztavení. Ve srovnání s běžným ohříváním na plotně vařiče získáme v mikrovlnné troubě výrazně homogennější, a tím také rychlejší ohřátí celého kusu tuku. Málo polární molekuly tuku jsou mikrovlnným zářením jen velmi málo aktivovány a rozkmitávány. Zahřívání vzorku proto závisí převážně na obsahu polárních molekul vody. Čím vyšší obsah vody, tím rychleji se vzorek ohřívá.

Zadání: Pokusem ověřte obsah vody ve vzorcích různých ztužených tuků

Chemikálie: různé tuhé tukové výrobky (margarín – rostlinné máslo, klasické máslo, sádlo, fritovací tuk nebo tuk na smažení)

Pomůcky: mikrovlnná trouba, Petriho misky, nůž, váha

Postup:

Od každého tukového výrobku odvažte stejné množství vzorku (asi 3 g) a položte na Petriho misky. Petriho misku zakryjte a vložte do MW trouby na otočný talíř (vždy na stejné místo). Zapněte MW troubu a měřte čas do úplného roztavení vzorku.

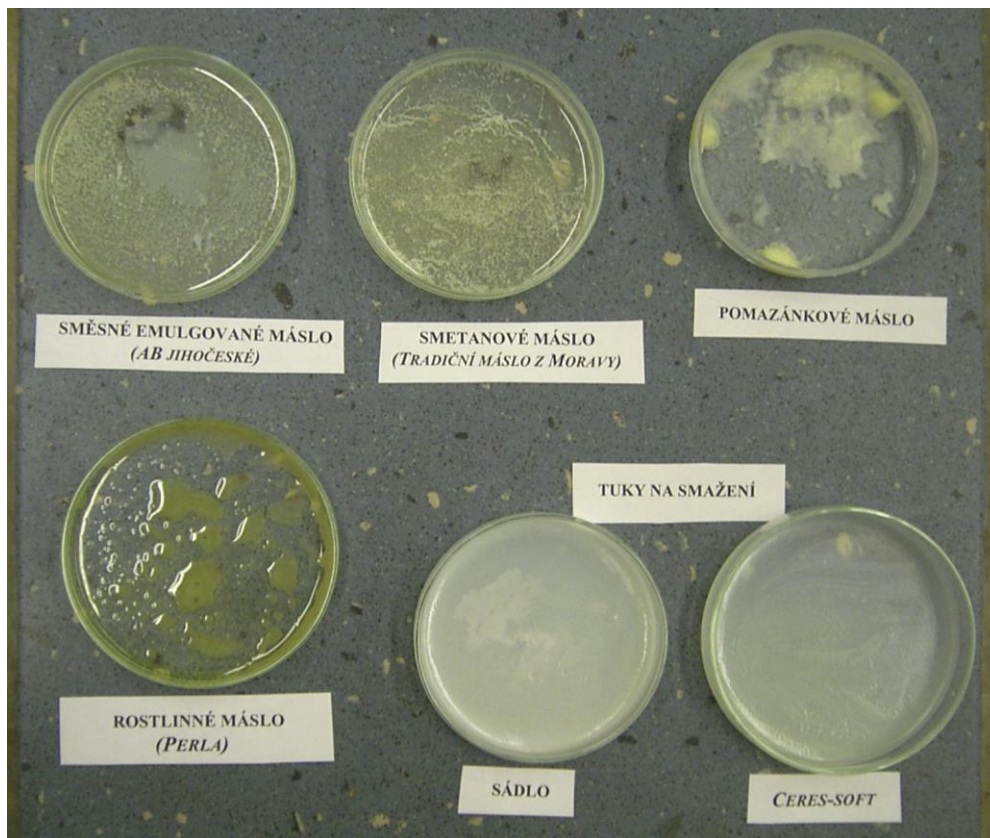
Pozorování a vyhodnocení:

Čím více vody vzorek obsahuje, tím rychleji se ohřívá, taví. Při použití vzorků o hmotnosti 3 g a výkonu trouby 400 W vychází průměrně následující hodnoty:

tuk	obsah tuku	doba do roztavení
rostlinné máslo (Perla)	40 %	20 s
rostl.+živoč. máslo (AB máslo)	80 %	30 s
stolní Čerstvé máslo(živočišné)	82%	35s
škvařené vepřové sádlo	100 %	60 s
fritovací tuk (Ceres soft)	100 %	70 s

Málo polární molekuly tuku jsou rozkmitávány mikrovlnným zářením jen nepatrně a zahřívání proto závisí především na obsahu vody, jejíž polární molekula reaguje na mikrovlnné záření mnohem více. Pro tento pokus není vhodné například pomazánkové máslo, které obsahuje kromě tuku a vody ještě další složky. Při ohřívání rostlinného másla s vysokým obsahem vody je možné pozorovat oddělené žluté barvivo, které zůstane po odpaření vody na Petriho misce. Vzorky, které obsahují velké procento tuku, mají po ochlazení vzhled velice podobný původnímu.

Ukázky roztavených vzorků tuků



5.2. Pokusy probíhající za velmi vysokých teplot

Vedle jednoduchých pokusů, které osvětlují problematiku ohřívání pomocí mikrovlnné energie, jsme dále vyzkoušeli a nabízíme techniku k **pokusům**, které nejsou vůbec nebo jsou jen **velmi těžko proveditelné** s běžným vybavením laboratoře. Mezi ně určitě patří **tavení a výroba skla, výroba železa nebo slitin**.

Pro tyto pokusy je třeba dosažení velmi vysokých teplot a pokud je chceme provést v rámci školního vyučování, je vhodné, aby se těchto teplot dosahovalo v krátkém čase. Jako příklad je uvedena výroba skla, která dosud byla při výuce chemie přístrojově i časově náročnou záležitostí. Celý pokus je možné provést během 10-15 minut při použití mikrovlnné trouby pomocí techniky kelímku s grafitovým susceptorem **GST-techniky** (Graphit-Suszeptor-Tiegel-Technik)* a procesy probíhající při tavení je navíc možné pozorovat přímo. Princip této techniky je založen na použití **formy s reakčním kelímkem**.

* - LUEHKEN, A. – BADER, H.J. Hochtemperaturchemie im Haushalts-Mikrowellenofen. In: *CHEMKON*, 2001, roč. 8., č.1., Weinheim.
 - *Die Herstellung von Glas im Schulalltag* [online].2002, dostupné z: < http://www.gym-kirn.de/hp/projekte/infoschul/chemie/index_chemie.htm>
 - ŠULCOVÁ, R. – NÝVLTOVÁ, L. Využití mikrovlnné trouby ve školní chemii. In: *Chemické listy*, 2004, roč. 98, č. 8., ISSN 0009-277

5. Výroba formy na GST techniku

Chemikálie: propan-2-ol (isopropylalkohol), voda, vodní sklo, grafitový sprej nebo suspenze grafitového prášku v propan-2-olu (isopropylalkoholu), štětec

Pomůcky: kamnářský šamot, keramický květináč (průměr 9 cm), středně velký vyšší porcelánový žíhací kelímek, jednorázové tenké gumové rukavice

Postup:

Připravte hustou šamotovou hmotu dle návodu na obalu: smícháním šamotové směsi, vody a vodního skla, a vše dobře prohnětejte. Touto hmotou naplníte květináč, který jste předem navlhčili vodou. Porcelánový kelímek vložte do prstu z gumové rukavice tak, aby jej prst těsně obepínal. Pak vtláčte kelímek do husté hmoty v květináči, aby se nevytvořily žádné nerovnosti nebo záhyby a mezi hmotou a kelímkem nevznikl žádný volný prostor. Kelímek by měl přesahovat asi 0,5 cm nad vrchní okraj hmoty. Přebytečný materiál nad okrajem květináče odstraňte a povrch uhladte. Formu i s kelímkem nechte volně vyschnout, nejlépe 24 hodin. V případě nedostatku času lze použít i sušárnu, kde sušíme formu na 80°C; hmota nesmí sušením nikde prasknout, aby se nevytvořila skulina. Po usušení formy vyjměte kelímek (můžete si pomoci šroubovákem, který přikládáte z různých stran k okraji kelímku a lehce jej poklepete kladívkem). Pokud byl však kelímek v gumovém obalu, obvykle jej snadno vyjmete. Když je hmota formy zcela zatvrdlá, naneste na povrch dutiny štětcem nebo sprejem několik vrstev grafitové suspenze. Každou vrstvu grafitu nechte dobře vyschnout.



Příprava šamotové formy pro žíhací kelímek

Princip:

Uhlík ve formě grafitu v tenké vrstvě má velmi dobrou schopnost ohřívat se působením mikrovlnného záření na velmi vysoké teploty a teplo přenášet. Princip GST techniky je založen na tom, že pokud kelímek těsně přiléhá k formě pokryté tenkou vrstvou grafitu, je teplo přenášeno do obsahu kelímku. Pokud by mezi



formou a kelímkem vznikla vzduchová vrstva – např. v trhlině formy, přítomným kyslíkem by grafitový povrch shořel.

Poznámky:

Při výrobě GST formy je jedním z rozhodujících kroků příprava šamotové hmoty. Podle návodu se mísí 6 dílů obsahu sáčku s jedním dílem vody, pro zvýšení pevnosti lze přidat vodní sklo (přibližně 2-3 lžíce na obsah sáčku). Poměr uvedený výrobcem doporučujeme dodržet, neboť hmota při vysychání nepopraská a je pevnější. (Formy vyrobené z řidší hmoty byly mnohem náchylnější na náraz.)

Dle německého návodu lze na vystříkání dutiny pro kelímek ve formě použít grafitový sprej. Jediný grafitový sprej, který jsme na našem trhu objevili, byl penetrační sprej SILKOPEN. Ten však obsahoval rozpouštědlo, které se při zahřátí formy začalo vypalovat a grafitová vrstva shořela. Proto jsme navrhli a používáme suspenzi grafitového prášku rozptýleného v propan-2-olu, kterou nanášíme na vnitřní povrch dutiny ve formě pomocí štětce několikrát vždy po odpaření propan-2-olu. (Grafitový prášek na přípravu suspenze lze získat např. rozdrčením grafitové elektrody z vybité ploché baterie.)

Formu při provádění pokusů stavíme do trouby na žáruvzdornou destičku (např. z lehčené betonové příčkovky YTONG) na dno trouby bez otočné talíře do místa s největší intenzitou mikrovlnného záření.

Toto místo lze najít pomocí pokusu s termosenzitivním (faxovým) papírem.



Forma s kelímkem v MW troubě při provádění pokusu



Formy někdy praskají ...

6. Výroba skla

Zadání: Získejte tavením borosilikátové sklo. Srovnejte s dobou potřebnou na výrobu skla ve sklárnách.

Chemikálie: kyselina boritá, křemenný písek, uhličitán vápenatý, uhličitán sodný, oxidy: kobaltnatý, železitý, chromitý

Pomůcky: mikrovlnná trouba, GST sestava, žáruvzdorná betonová destička (Ytong), kleště na kelímek, špachtle, třecí miska s tloučkem

Postup: Odvažte 10,6 g H_3BO_3 , 1 g křemenného písku, 1,7 g $CaCO_3$ a 1,8 g Na_2CO_3 . Směs promíchejte v třecí misce, žíhací kelímek naplňte do poloviny směsí a GST sestavu postavte na žáruvzdornou desku do trouby. Zapněte troubu na plný výkon (700 W) asi na 6-8 min; pokud v kelímku dosud nevzniká tavenina, prodlužte dobu tavení o několik minut. Celý proces tavení je možné sledovat skrz dvířka trouby. Už asi po 3 až 4 min zahřívání začne kelímek rovnoměrně žhnout. Směs se nejdříve vyboulí přes okraj kelímku, ale brzy se zase vrátí zpět a změní se v tekoucí taveninu. Po dalších dvou minutách se uvolní kouř a tavenina se homogenizuje. GST sestavu vyjměte ven z trouby a postavte na teplovzdornou podložku, pomocí kleští vyndejte kelímek a taveninu vylijte na pevnou žáruvzdornou podložku (dlaždici). Při vylévání tavenina skla poměrně rychle tuhne, z kelímku se ji proto nepodaří vylít všechnu. Taveninu lijte tak, aby vznikly co nejmenší skleněné kapičky, větší kuličky v důsledku pnutí při rychlém ochlazení popraskají. Ochlazené skleněné perličky je možné sebrat se stolu. Kelímek je možné používat opakovaně, pokud nepraskne.



Práce s roztavenou sklovinou

Pomocí této techniky lze vyrobit např. bezolovnaté borosilikátové sklo během 10 minut - tímto způsobem jsme s úspěchem získali perličky skla bezbarvého, zeleného, žlutého a modrého. Barevná skla jsme vyrobili přidáním oxidu kovů k základní směsi, např. oxidu kobaltnatého pro tmavě modré, oxidu chromitého pro zelené nebo oxidu železitého pro žluté zbarvení.



Kelímky po tavení skla obarveného CoO a Cr_2O_3



Vyrobené skleněné perličky

Pozorování a vysvětlení:

Tavením směsi kyseliny borité, křemenného písku a uhličitanů sodného a vápenatého a následným ochlazením vznikne borosilikátové sklo. V mezerách nepravidelného zesíťování atomů kyslíku, křemíku a bóru jsou umístěny sodné a vápenaté kationty. Se vzrůstajícím množstvím kationtů klesá počet vazeb mezi kyslíkem a křemíkem nebo borem a tím klesá míra zesíťování. To se projeví ve snížení pevnosti skla a teploty jeho měknutí.

7. Tavení stříbra

Zadání: Získejte tavením přečištěné stříbro, např. z odpadů po ustalovací lázni.

Chemikálie: stříbrný prášek (např. z ustalovací lázně), borax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)

Pomůcky: mikrovlnná trouba, GST sestava, žáruvzdorná destička (Ytong), kleště na kelímek

Postup:

Stříbro ve formě prášku (0,5 až 1 g) smíchané s dvěma menšími lžičkami boraxu (asi 1 g) dejte do kelímku. GST sestavu postavte do trouby na žáruvzdornou destičku, zahřívejte při maximálním výkonu (700 W) 7 minut (pokud tavenina dosud nevznikla, prodlužte dobu tavení).

Stříbro ve formě černého prášku můžeme předtím získat elektrolýzou použitých ustalovacích lázní. Použijeme měděnou katodu a grafitovou anodu.

Pozorování a vysvětlení:

Teplota tání stříbra je $961,3^\circ\text{C}$. Práškové stříbro je tedy možné stavit při teplotě okolo 1000°C ve slítek. Jako tavidlo použijeme borax. Směs v kelímku začne žhnout, vznikne trochu kouře. Stříbro se taví a shlukuje se do bíle se lesknoucích kuliček,

kteřé jsou dobře viditelné v žhnoucí hmotě. Tavenina velice rychle chladne, není proto úplně snadné slitky stříbra z taveniny získat.



Rozžhavená tavenina stříbra



Vytavené stříbro se zbytky tavidla

8. Výroba slitiny mědi a zinku

Zadání: Získejte tavením slitinu kovů – mosaz.

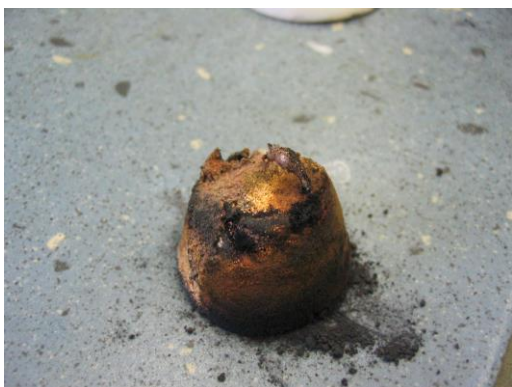
Chemikálie: měď - jemný prášek, zinek – jemný prášek

Pomůcky: mikrovlnná trouba, GST sestava, žáruvzdorná destička (Ytong), kleště na kelímek, špachtle, víčko na kelímek

Postup:

V kelímku pečlivě promíchejte 8 g měděného prášku a 2 g zinkového prášku. Kelímek přikryjte porcelánovým víčkem a celou GST sestavu postavte do MW trouby. Výkon trouby nastavte na 650 W a směs zahřívejte asi 7 minut.

Při zahřívání směsi práškových kovů vzniká kouř oxidu zinečnatého, proto je třeba, aby byl kelímek při zahřívání zakrytý. Po odklopení víčka je možné pozorovat červenorůžově žhnoucí reakční směs. Podobně lze v MW troubě vyrobit také slitinu mědi a cínu – zvonový bronz: v GST sestavě se taví směs 8 g měděného prášku a 2 g cínového prášku při výkonu 600 W po dobu přibližně 5 min.



Slitek mosazi se struskou



Mosazné plíšky

Pozorování a vysvětlení:

V mikrovlnné troubě je možné v krátkém čase ukázat výrobu slitin kovů. Slitina mědi a zinku se nazývá mosaz. Mosazný slitek je dobře kujný, je možné jej kladivem na kovadlině rozkovat do žlutého až měděně červeného kovového kousku.

9. Výroba železa

Zadání: Vyzkoušejte výrobu železa – simulujte procesy probíhající ve vysoké peci.

Chemikálie: oxid železitý, dřevěné uhlí

Pomůcky: mikrovlnná trouba, GST sestava, žáruvzdorná destička (Ytong), kleště

Postup:

Na dno kelímku vložte nejprve vrstvu dřevěného uhlí (spíše větší kousky, ne prach); do další vrstvy dejte 5 g práškového oxidu železitého a opět vrstvu dřevěného uhlí. Celou GST sestavu postavte na žáruvzdornou destičku do MW trouby a při 600 W zahřívejte přibližně 5 min. Asi po 1 min zahřívání začne reakční směs v kelímku žhnout. Po vytažení formy z trouby je možno pozorovat, jak vypadá rozžhavená směs, jsou viditelné hořící částičky dřevěného uhlí. Při delším tavení vzniknou větší slitky železa. Po ochlazení produkty vysypejte na Petriho misku a pomocí magnetu ověřte přítomnost železa. Reakci produktu na magnet porovnejte s reakcí práškového železa a oxidu železitého.

Pozorování a vysvětlení:

Při použití GST techniky můžete v mikrovlnné troubě vyrobit železo. Získáte jej redukcí oxidu železitého dřevěným uhlím. Ze směsi produktů je možné oddělit částičky železa magnetem, budou se přeskupovat stejně jako práškové železo; oxid železitý ani zbytky dřevěného uhlí na magnet reagovat nebudou.



Oxid železitý není magnetický



Vytavené železo vyrobené z oxidu železitého reaguje na magnet



5.3. Pokusy z praktické chemie – další možnosti využití mikrovlnné trouby

Další možností, kde lze využít mikrovlnné trouby jako laboratorního přístroje, jsou ty pokusy, u kterých použití mikrovlnného ohřevu funguje buď zcela specificky nebo urychluje průběh reakcí či zvyšuje jejich výtěžek. Předložené experimenty mají navíc za cíl propojit školní chemii s běžným každodenním životem.

10. Syntéza léčiva acylpyrinu

Zadání: V mikrovlnné troubě proveďte přípravu acylpyrinu.

Chemikálie: kyselina salicylová, acetanhydrid, koncentrovaná kyselina sírová, studená voda, kostky ledu

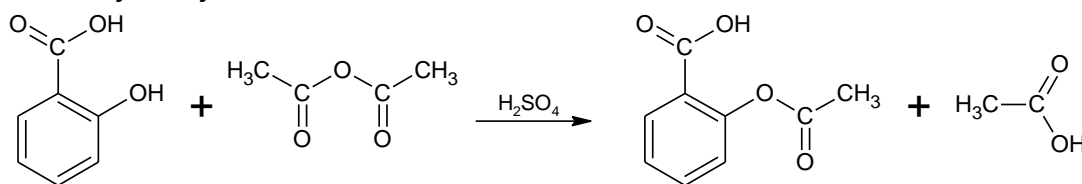
Pomůcky: mikrovlnná trouba, kádinka (150 nebo 250 cm³), hodinové sklo, skleněná tyčinka, teploměr, filtrační aparatura

Postup:

Do malé kádinky odvažte 5 g krystalické kyseliny salicylové a převrstvěte 5 cm³ acetanhydridu, přidejte několik kapek koncentrované H₂SO₄, promíchejte. Kádinku s reakční směsí překryjte Petriho miskou a vložte do MW trouby, troubu zapněte na 30s na maximální výkon (700 W). Reakční směs promíchejte skleněnou tyčinkou, potom zahřívejte dalších 30s. Směs vyndejte z trouby a přilijte 20 cm³ studené vody (nebo kostky ledu). Nechte asi 10 min stát, vysrážené krystalky odsajte a promyjte ledovou vodou. Produkt odfiltrujte.

Pozorování a vysvětlení:

Po 30s se pevná reakční směs změní v čirou kapalinu, ze které je silně cítit kyselinu octovou. Teplota reakční směsi dosahuje asi 120 – 130°C, lze ji změřit mimo troubu běžným laboratorním teploměrem. Po přidání studené vody vznikne bílá sraženina kyseliny acetylsalicylové. Zbytky reaktantů jsou na rozdíl od acylpyrinu rozpustné ve studené vodě, proto se po ochlazení vyloučí téměř čistá kyselina acetylsalicylová. Tato kyselina vzniká esterifikací kyseliny salicylové acetanhydridem v kyselém prostředí. Kyselina salicylová se v tomto specifickém uspořádání při reakci s acetanhydridem chová jako alkohol, reakce se zúčastní její fenolická část (hydroxylová skupina). Esterifikace se provádí za katalýzy silnými minerálními kyselinami, nejčastěji koncentrovanou H₂SO₄.



kyselina salicylová

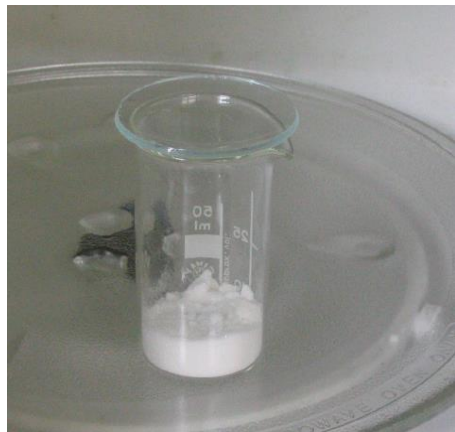
acetanhydrid

kyselina acetylsalicylová

kyselina octová

Přítomnost a čistotu produktu je možné ověřit zjištěním teploty tání (134 – 135°C), reakcí s roztokem chloridu železitého (negativní na přítomnost fenolů) nebo pomocí

chromatografie na tenké vrstvě: porovnání produktu, acylpyrinu z lékárny a kyseliny salicylové.



Acylpyrin získaný v MW troubě



Porovnání vzhledu výchozí látky a produktu



Reakce kyseliny salicylové a vyrobeného acylpyrinu s roztokem chloridu železitého (acylpyrin se nechová jako fenol)

11. Výroba mýdla

Zadání: V mikrovlnné troubě zkuste vyrobit mýdlo.

Chemikálie: vepřové sádlo nebo lůj, pevný hydroxid sodný, chlorid sodný, destilovaná voda

Pomůcky: mikrovlnná trouba, kádinka (400 cm³), skleněná tyčinka, hodinové sklo nebo Petriho miska, odpařovací miska

Postup:

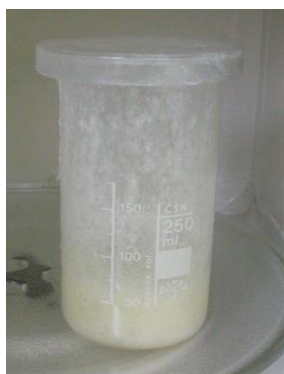
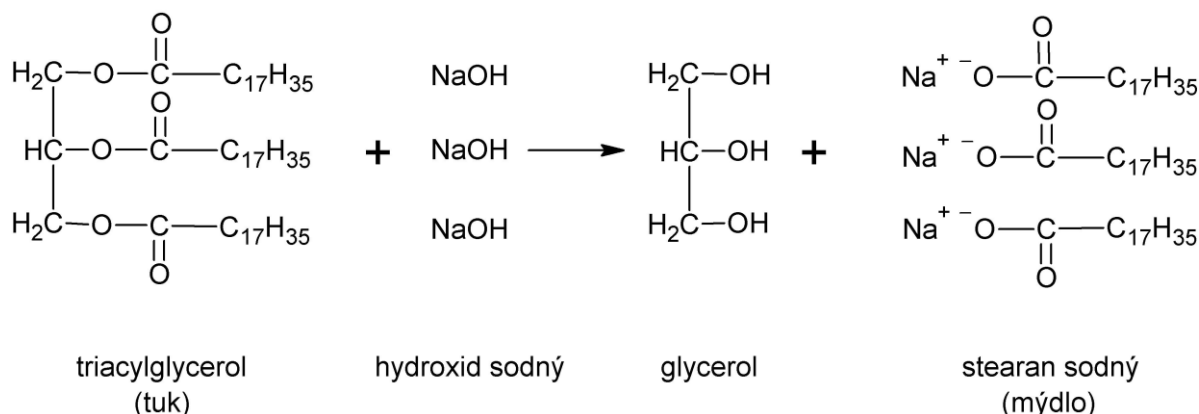
Rozpusťte 12 g Na OH ve 40 cm³ vody. Odvažte 27 g vepřového sádla a dejte do vyšší kádinky, vložte do MW trouby a zapněte na 90 s na maximální výkon (700 W). Do roztaveného tuku přilijte 20 cm³ roztoku NaOH, přikryjte hodinovým sklem a zahřívejte 3 min při výkonu 400 W. Dolijte odpařenou vodu zbytkem roztoku NaOH,

tyčinkou promíchejte a zahřívajte další 3 min na 400 W. Po ukončení reakce přidejte další vodu a nechte mírně zchladnout. Přidejte asi 3 g NaCl, vytvoří se vrstva mýdla, kterou oddělte od kapalně vrstvy a nechte vysušit v odpařovací misce. Zkouška na přítomnost mýdla: do zkumavky se vzorkem bílé sraženiny tyčinkou odebrané např. na stěně kádinky přilijte horkou vodu. Po protřepání lze pozorovat vznik pěny, což dokazuje přítomnost mýdla. Pokud ještě ke zmydelnění nedošlo, vznikají v roztoku mastné tukové kapičky. Kvůli přítomnosti nezreagovaného hydroxidu má mýdlo vysoké pH (asi 12). Nechá-li se mýdlo několik dní stát, tzv. dozrát, pH se po třech týdnech sníží přibližně na 8 – 9. Pro zlepšení kvality mýdla se k mýdlové hmotě přidávají vonné esence, lanolin, kalafuna, včelí vosk či med.

Pozorování a vysvětlení:

Po přidání roztoku NaOH do roztaveného tuku se začíná objevovat bílá staženina vznikajícího mýdla. Bílé částičky mýdla ulpívají i na stěnách kádinky a na hodinovém skle; po přidání NaCl dojde k lepšímu oddělení horní vrstvy vysráženého mýdla od spodní kapalně fáze, která obsahuje vzniklý glycerol, nezreagovaný NaOH a přidaný NaCl. Mýdlo má charakteristickou vůni.

Zásaditou hydrolýzou triacylglycerolů vznikají sodné nebo draselné soli vyšších mastných kyselin, které nazýváme mýdla.



Mýdlo



pH mýdla v den výroby,



po 5 dnech a po 3 týdnech

12. Sublimace kofeinu z čajových lístků nebo kávy

Zadání: Provedte sublimaci kofeinu a prohlédněte produkt pod mikroskopem.

Chemikálie: lístky černého nebo zeleného čaje, káva (mletá či instantní)

Pomůcky: mikrovlnná trouba, GST sestava, žáruvzdorná destička, třecí miska s tloučkem, Petriho miska nebo velké podložní sklíčko, dvě kádinky (asi o 1 cm vyšší než GST sestava), filtrační papír, led, mikroskop

Postup:

Suché čajové lístky nebo kávu rozetřete v třecí misce na jemný prášek a dejte je do žíhacího kelímku GST formy. GST sestavu dejte do MW trouby a zapněte na maximální výkon asi na 3 min. Z kelímku by se měly uvolňovat bílé páry sublimujícího kofeinu. Po zahřátí vyjměte sestavu z trouby a na kádinky postavené po stranách formy položte nad žíhací kelímek Petriho misku (velké podložní sklo)



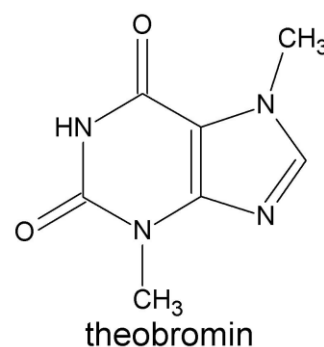
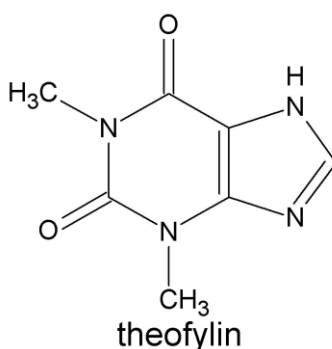
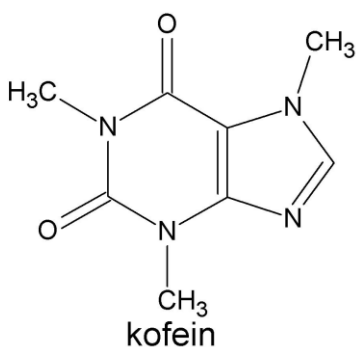
a do ní na filtrační papír kostku ledu (aby neklouzala), která bude chladit její dno. Kofein, který vysublimuje na spodní straně dna Petriho misky (podložním skle), pozorujte pod mikroskopem. Někdy kofein sublimuje už pod horním okrajem žíhacího kelímku.

Čas ohřevu formy v MW troubě je pouze orientační, doporučujeme zahřívát opakovaně, v kratších intervalech.

Pozorování a vysvětlení:

Po zahřátí formy se z čajových lístků začnou uvolňovat bílé páry kofeinu, které sublimují a usazují se na chlazeném dně Petriho misky. Na skleněném povrchu se objeví bílý nálet; při zkoumání tohoto bílého náletu pod mikroskopem (zvětšení 20 krát) pozorujeme bílé jehličkovité krystalky kofeinu.

Kofein je možné získat sublimací přímo ze suchého rostlinného materiálu. Kofein sublimuje při teplotě 160 – 165 °C. Kofein patří mezi alkaloidy s purinovým cyklem.





Krystalky kofeinu z kávy

a zeleného čaje



13. Příprava indikátorových barviv

Zadání: Připravte acidobazické indikátory a vyzkoušejte jejich vlastnosti.

Chemikálie: ftalanhydrid, fenol, resorcin, koncentrovaná kyselina sírová, ethanol, roztok NaOH

Pomůcky: mikrovlnná trouba, 2 zkumavky, kádinky, vata

Postup:

Pro přípravu fenolftaleinu odvažte 0,1 g fenolu, pro přípravu fluoresceinu 0,1 g resorcinu. Ke každé látce přidejte asi 0,3 g ftalanhydridu, směsi rozetřete a dobře promíchejte, dejte do těžkotavitelné zkumavky a na každou přikápněte 1-3 kapky koncentrované H_2SO_4 . Zkumavky uzavřete smotkem vaty, postavte do kádinky. Směsi tavně v MW troubě po dobu 15 s při maximálním výkonu (700 W). Po zchladnutí zkumavky extrahujte barviva do ethanolu a malá množství ethanolových roztoků nalijte do vody. Přidáním zásady (např. několika kapek roztoku hydroxidu sodného) dokažete přítomnost fenolftaleinu nebo fluoresceinu.

Pozorování a vysvětlení:

Tavenina fenolftaleinu má tmavě červenou až hnědou barvu. Tavenina fluoresceinu je také tmavá, na stěnách zkumavky je ale pozorovatelný světle žlutý nálet. Vzniklý fenolftalein se v zásaditém prostředí zbarví červenofialově, roztok fluoresceinu se barví žlutě, ale při pozorování ve směru kolmém na procházející světlo se proti tmavému pozadí objeví zelená fluorescence.

Při tavení se mohou uvolňovat bílé páry ftalanhydridu, který vře již při 131,6 °C.

H_2SO_4 působí jako katalyzátor, je hygroskopická, je třeba, aby se kapky kyseliny smísily před reakcí se směsí reaktantů. Seběmenší množství fluoresceinu se projeví fluorescencí, to je možno ověřit postupným ředěním roztoku barviva.

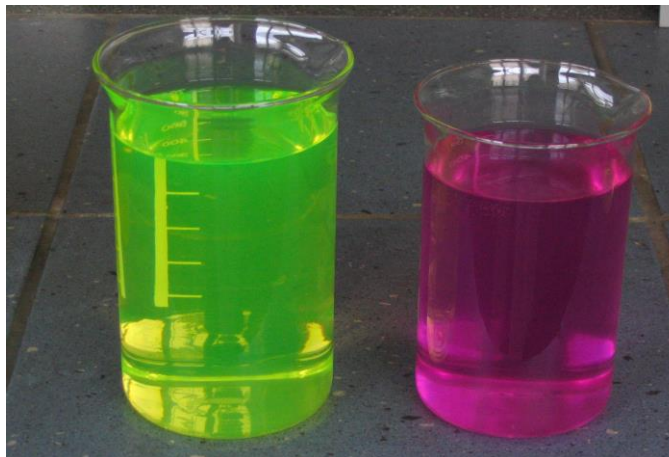
Variace: přidáním několika kapek bromu k ethanolovému roztoku fluoresceinu získáme další barvivo – eosin.

Fluorescence
roztoků:

původní roztok,
roztok po
dvojnásobném,
čtyřnásobném a
osminásobném
zředění

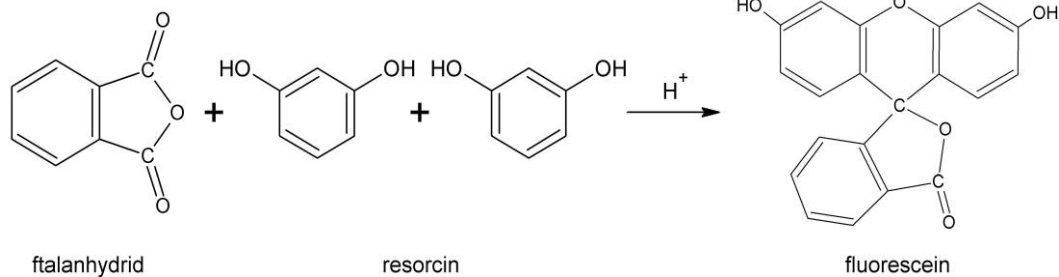
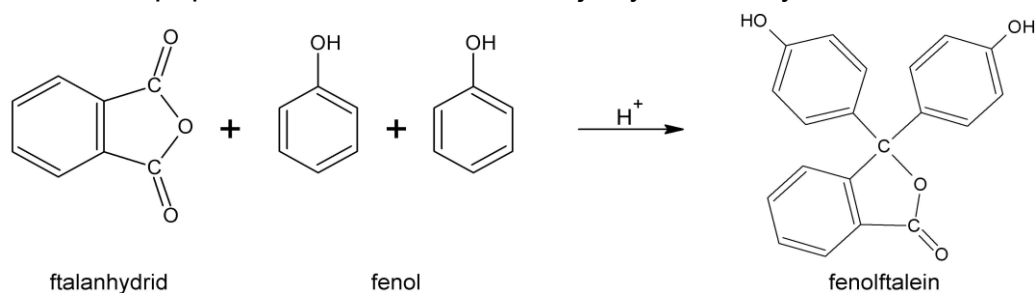


Fluorescein a fenolftalein po vytavení



Zásadité roztoky po přidání indikátorových barviv

Barviva vyrobíme reakcí ftalanhydridu s fenolem v případě fenolftaleinu a s resorcinem v případě fluoresceinu. Reakce je kyselě katalyzována:



14. Orientační analýzy obsahu a přítomnosti redukujícího sacharidu

Zadání: V mikrovlnné troubě proveďte orientační analýzy redukujících sacharidů.

Chemikálie: glukosa, fruktosa, sacharosa, laktosa, škrob, Benediktovo (nebo Fehlingovo) činidlo

Na 100 cm³ Benediktova činidla:

17,3 g citronanu sodného a 10 g Na₂CO₃, při mírném zahřátí rozpustíte v 70 cm³ vody, po rozpuštění látek roztok zfiltrujete a k filtrátu za stálého míchání přilijete roztok 1,7 g CuSO₄ · 5H₂O v 10 cm³ vody, objem nakonec doplňte na 100 cm³. Činidlo je stálé. (Alternativně lze používat též *Fehlingovo činidlo* – viz pokus č. 3, kap.3, str. 47)

Pomůcky: mikrovlnná trouba, 6 kádinek (100 cm³), 6 hodinových skel

Postup:

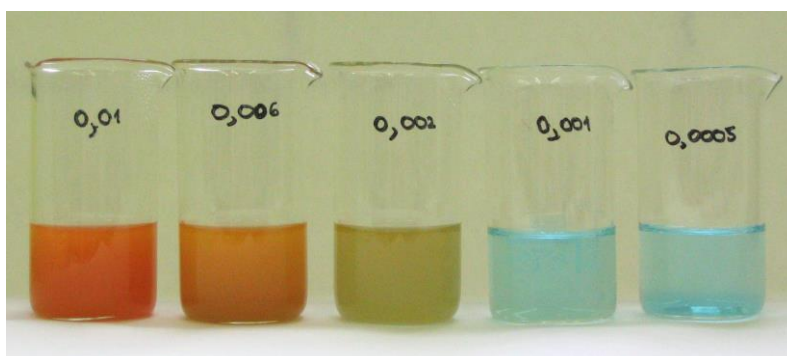
1. Připravte si sadu roztoků glukosy o koncentracích 0,01; 0,005; 0,0025; 0,001 a 0,0005 mol.dm⁻³. Do 6 kádinek nalijte vždy po 20 cm³ roztoku glukosy a přidejte po 1 cm³ Benediktova činidla. Kádinky najednou zahříváte asi 60 s při max. výkonu, po skončení ohřevu nechte chvíli stát (3-5 min).
2. V kádinkách rozpustíte vzorek glukosy, fruktosy, sacharosy, laktosy a škrobu (asi 1g) v 25 cm³ vody, přidejte po 1 cm³ Benediktova činidla a zahříváte 30 – 60 s při max. výkonu (700 W).

Pozorování a vysvětlení:

1. Roztoky sacharidů mají po přidání Benediktova činidla modré zbarvení. Změna zbarvení po zahřívání se u kalibračních roztoků glukosy ustálí asi po 5 min stání. Zbarvení nejzředěnějšího roztoku zůstane modré; se zvyšující se koncentrací glukosy se zbarvení mění z modré přes zelenou, olivovou, oranžovou až do červené.
2. Přítomnost redukujících sacharidů ve vzorcích různých sacharidů se projeví změnou zbarvení, u většiny dojde k zčervenání roztoku.

Reakcí s Benediktovým činidlem se dokazuje přítomnost redukujících sacharidů. pozitivní reakcí je změna původně modré barvy Benediktova činidla na zelenou či oranžovou až červenou barvu. Barevné změny indikují přítomnost, ale i přibližné množství redukujícího sacharidu.

V **1. části** se vytvoří sada kalibračních roztoků o různých koncentracích glukosy



Analýza různě koncentrovaných roztoků glukosy



Provedení analýzy najednou v mikrovlnné troubě

Ve **2. části** se testují různé vzorky sacharidů na přítomnost redukujících sacharidů:

Výsledky testu:

glukosa	fruktosa	laktosa	sacharosa	škrob
+	+	+	-	+



Škrob v přítomnosti Benediktova činidla při zahřátí podléhá částečné hydrolyze na kratší řetězce glukosových jednotek (dextriny), případně až na monomery, což prokazuje mírně pozitivní reakce roztoku škrobu s Benediktovým činidlem (zelené zbarvení).



Stanovení přítomnosti redukujícího sacharidu v MW troubě

Pokusili jsme se vám v několika experimentech s využitím kuchyňské mikrovlnné trouby nabídnout a ukázat netradiční řešení otázek a problémů z každodenního života včetně takových pokusů, které by nebylo možno provádět v tradiční výuce chemie. Domníváme se, že právě prostřednictvím nových metod pro včleňování poznatků a dovedností z přírodovědných předmětů a každodenních zkušeností studentů do obsahu učiva chemie lze zatraktivnit tento tak málo oblíbený předmět.

6. Veselá a zábavná chemie

Poslední část je věnována pokusům zábavným, veselým, ale i poučným. Pokusy jsou určeny především pro motivaci studentů k praktické „výzkumné“ činnosti v chemii, ale poslouží též pro pobavení či rozveselení diváků při různých chemických besídkách a hrátkách. Podle toho získaly pokusy i své speciální názvy:

„Akumulátor I“, „Kuřák“ a „Alkoholik“, „Konec gumového medvídka“, „Faraonovi hadi“, „Antimon kreslíř“, „Sloní zubní pasta“, „Hořící gel“, „Kouzelné baňky“ a další.

1. „Akumulátor I“

Katalytická oxidace alkoholu na aldehyd vzdušným kyslíkem

Zadání: Proveďte katalytickou oxidaci ethanolu vzdušným kyslíkem a dokažte vzniklý produkt.

Chemikálie: ethanol, Schiffovo činidlo (tj. 0,1% roztok fuchsinu/rosanilinu odbarvený oxidem siřičitým)

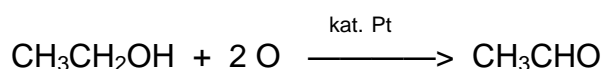
Pomůcky: kádinka na 200 ml, skleněná tyčinka, platinový drátek, Petriho miska nebo hodinové sklo, třínožka a keramická síťka, kahan

Postup:

Do menší kádinky odlijte alkohol asi do jedné čtvrtiny její výšky. Kádinku mírně zahřejte a přiklopte hodinovým sklem. Potom pod sklo položte přes kádinku skleněnou tyčinku se zavěšenou spirálkou z tenkého Pt drátku tak, aby spirálka sahala asi 1-2 cm nad hladinu alkoholu (což si předem vyzkoušejte). Pt drátek předem vyžehněte v plameni do červeného žáru. Po umístění rozžhavené spirály do par zahřátého alkoholu **pozorujte** katalyzovanou oxidaci par alkoholu na povrchu drátku, což se projeví žhnutím a zhasením vlákna (jako ve filmu *Akumulátor I*). V případě, že se páry alkoholu v kádince vznítí, přikryjte okamžitě kádinku hodinovým sklem nebo Petriho miskou.

Pozorování a vysvětlení:

Páry alkoholu se na povrchu platiny oxidují na acetaldehyd, který se částečně vrací do roztoku. Po určité době zkusíme dokázat přítomnost aldehydu přidáním Schiffova činidla – pokud je v roztoku přítomen acetaldehyd, projeví se růžověním, až červenáním roztoku, způsobeným uvolněným fuchsinem ze Schiffova činidla.





Žhnutí platinového drátku v parách



Důkaz vzniklého produktu

2. „Kuřák“

Škodlivé látky v cigaretovém dýmu

Zadání: Zkoumejte přítomnost škodlivých a nebezpečných látek obsažených v cigaretovém dýmu a pokuste se dokázat některé vzniklé produkty.

Chemikálie: Schiffovo činidlo*, činidlo: roztok 1,2-dinitrofenylhydrazinu v HCl (tzv. Bradyho činidlo*), 1% roztok manganistanu nebo dichromanu draselného, roztoky vápenné vody, případně roztok síranu železnatého a koncentrovaná H_2SO_4 , chlorid sodný

* viz kap. 4, pokus č. 2 – činidla pro důkaz formaldehydu:

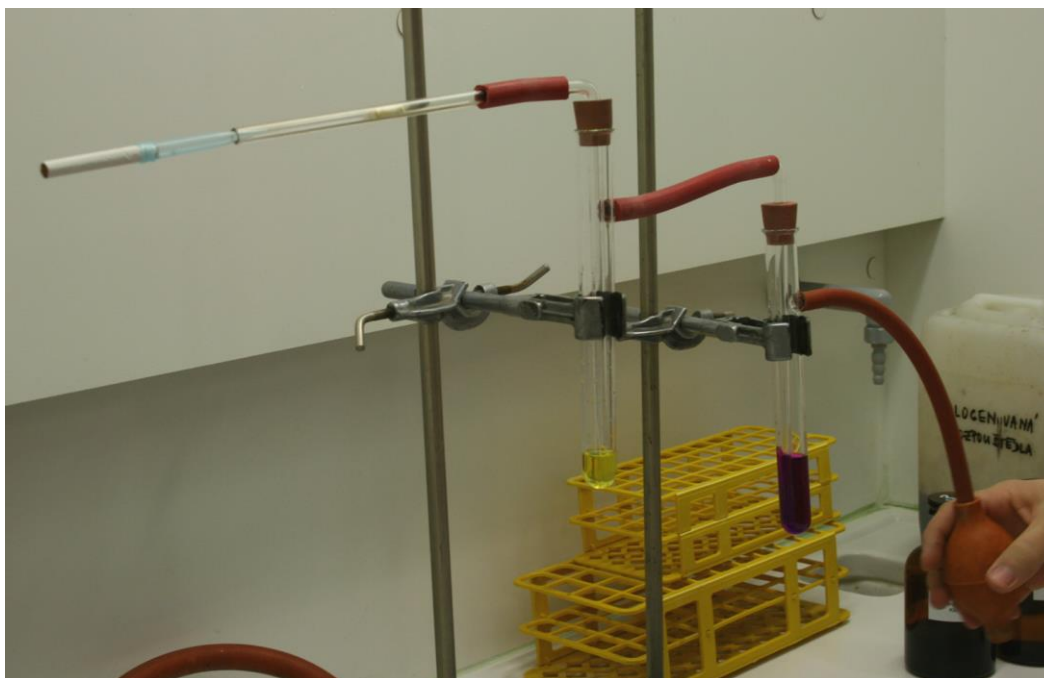
Schiffovo činidlo: 0,1% roztok fuchsínu odbarvený oxidem siřičitým;

Bradyho činidlo: roztok 2,4-dinitrofenylhydrazinu v koncentrované kyselině chlorovodíkové (1,2 g 2,4-dinitrofenylhydrazinu se rozpustí ve 12 cm^3 koncentrované HCl. Vzniká světle žlutý roztok, který se míchá do zhoustnutí. Potom se přilije 600 cm^3 zředěné HCl ($c = 2\text{mol}\cdot\text{cm}^{-3}$) za neustálého míchání.)

Pomůcky: Zkumavky s bočním vývodem, stojany, svorky, držáky, kádinka, gumové hadice, skleněné trubičky zahnuté + vrtané zátky, rovná skleněná trubička, plastový nástavec na automatickou pipetu, vata, větší injekční stříkačka, balónek, cigareta

Postup:

Dvě zkumavky s bočním vývodem připevněte ke stojanům pomocí svorek. Do první nalijte do třetiny výšky Schiffovo činidlo (nebo roztok 1,2-dinitrofenylhydrazinu), do druhé roztok manganistanu draselného (nebo dichromanu draselného). Zahnutou skleněnou trubičku se zátkou nasadte na zkumavku tak, aby trubička zasahovala co nehlouběji do reagenčního roztoku. Druhý konec trubičky připojte krátkou hadičkou k rovné skleněné trubičce, která je naplněná cigaretovým filtrem (nebo malým množstvím jiného absorbentu, např. chloridu sodného a z obou stran uzavřená malým kouskem vaty). Na volný konec skleněné trubičky pomocí krátké hadičky (nebo plastovým nástavcem na automatickou pipetu) připojte cigaretu. Na boční vývod zkumavky připojte větší injekční stříkačku nebo balónek. Cigaretu zapalte a pomocí stříkačky nebo balónku protahujte činidly cigaretový dým. (Aparatura musí dobře těsnit!)



Aparatura před zahájením reakce roztoků na „kouření“

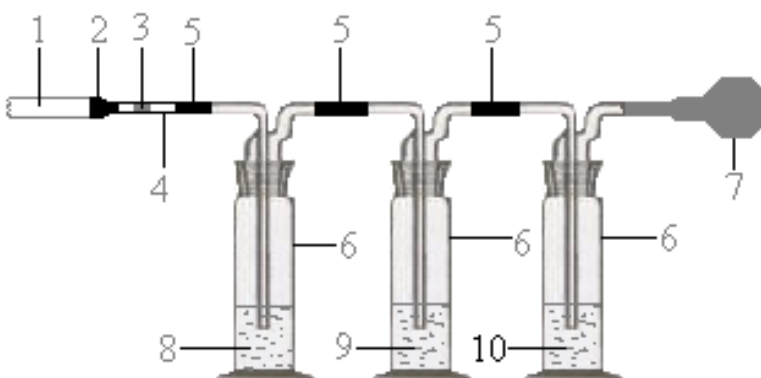
Pozorování a vysvětlení:

Pozorujte postupné zčervenání roztoku Schiffova činidla (v případě Bradyho činidla zakalení a tmavnutí až do oranžové barvy – vznik krystalků hydrazonů), což ukazuje na přítomnost aldehydů v cigaretovém dýmu, především **formaldehydu**. Dále pozorujte postupné zhřnutí roztoku manganistanu – přítomnost **redukčních činidel** v cigaretovém dýmu. Žloutnutí až hnědnutí použitého absorbentu (filtru) a usazování tmavých kapiček na stěnách trubičky okolo indikuje **dehet**. Po vyjmutí filtru a vymytí

kapiček kondenzátu (ve vodě nerozpustného) v minimálním množství vody můžeme sesbírat na dně kádinky jeho kapičky.

Variace: Pokus lze uspořádat do promývacích lahví připojených k vývěvě. Jestliže použijete nasycený roztok síranu železnatého opatrně podvrstvený koncentrovanou kyselinou sírovou, vzniká hnědnoucí fialový prstenec - zbarvení roztoku ukazuje na přítomnost oxidů dusíku (NO, NO₂). Zaváděním dýmu do zkumavky s vápennou vodou lze prokázat oxid uhličitý. Ve slabých roztocích KMnO₄ se hnědnutím až odbarvováním detekují redukující látky jako primární a sekundární alkoholy a amidy, zbytkové aldehydy, hydrazin, kyanidy a další.

Nákres:



1. cigareta bez filtru
2. náústek
3. vata, filtr
4. skleněná trubička
5. spojovací hadička
6. promývačka
7. balónek
8. Schiffovo činidlo
9. konc. roztok FeSO₄ podvrstvený H₂SO₄
10. roztok KMnO₄

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

Acetaldehyde Acetone Acrolein Acrylonitrile and methyl acrylate Ammonia Benzene Benzo[a]pyrene Bicyclohexyl Crotonaldehyde Cyclopentane Cyclohexane Ethylamine	Dimethylamine Formaldehyde Furfural Hydrazine Hydrogen cyanide Methylamine Methyl chloride Methylpyrazines and 2,5-dimethylpyrazine 2-, 3- and 4-Methylpyridines 1-Methylpyrrolidine Nicotine	Nitric oxide Nitrogen dioxide 2-Nitropropane N-Nitrosamines PAH Propionaldehyde Pyridine Pyrrolidine Tar (=dehet) Trimethylamine Urethane Vinyl chloride
--	--	---

Pozn.: Za modifikaci pokusu děkujeme RNDr. V. Martínkovi, Ph.D.



Kuřák v akci ...



Výsledky po vykouření jedné cigarety: uvolnění oxidujících látek, aldehydů, kapičky dehtu zachycené v trubičce a na filtru



Přítomnost formaldehydu: změna barvy u Schiffova činidla a vznikem barevné sraženiny u Bradyho činidla

3. „Alkoholik“

Dechová zkouška alkoholu

Zadání: Detekujte alkohol pomocí „dýchacích“ trubiček.

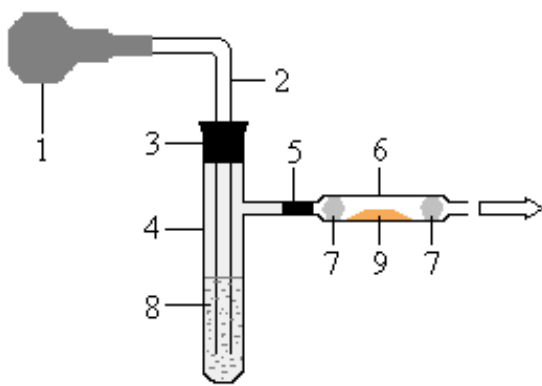
Chemikálie: ethanol, krystalky a roztoky $K_2Cr_2O_7$, $KMnO_4$, koncentrovaná H_2SO_4

Pomůcky: odsávací zkumavka, skleněná L-trubice, skleněná trubička (rovná, ke koncům zúžená), zátka s otvorem, skelná vata, silikagel, balónek

Postup:

Sestavte aparaturu podle nákresu a pomocí balónku pohánějte páry ethanolu přes práškový silikagel napuštěný okyseleným koncentrovaným roztokem $K_2Cr_2O_7$.

Nákres:

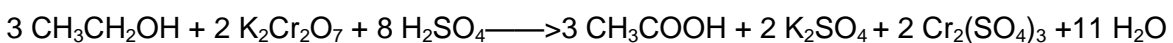
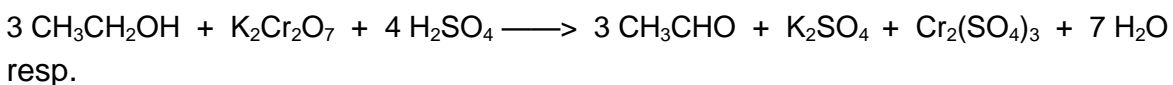


1. balónek
2. skleněná L-trubice
3. zátka s otvorem
4. odsávací zkumavka
5. spojovací hadička
6. skleněná trubička na koncích zúžená
7. skelná vata
8. ethanol
9. silikagel + $K_2Cr_2O_7$ + H_2SO_4

Pozorování a vysvětlení:

Oranžově zbarvený dichroman začne měnit barvu, postupně zelená. Páry ethanolu redukují oranžový roztok dichromanu draselného (okyselený H_2SO_4), napuštěný v silikagelu, na zelený síran chromitý. Přítomnost chromitých kationtů v roztoku se projeví výrazně zelenou barvou.

Princip úlohy – rovnice reakcí probíhajících v trubičce:



Didaktické poznámky:

Pokus lze zařadit jako demonstrační i jako žákovský při probírání tematického celku „Alkoholy“ nebo „Prvky skupiny chrómu“.

Pokus velice dobře vychází, použijeme-li originálních profesionálních trubiček na detekci alkoholu - profesionální „dýchací trubičky“, kterých používá dopravní policie.

Trubička
pro detekci
alkoholu v dechu



4. „Smutný konec gumového medvídká“

Chování sacharidů k oxidačním činidlům

Zadání: Vyzkoušejte reakci sacharidu s prudce oxidačním činidlem.

Chemikálie: krystalický chlorečnan draselný, gumový medvídek

Pomůcky: zkumavka, stojan s držákem na zkumavky, kahan

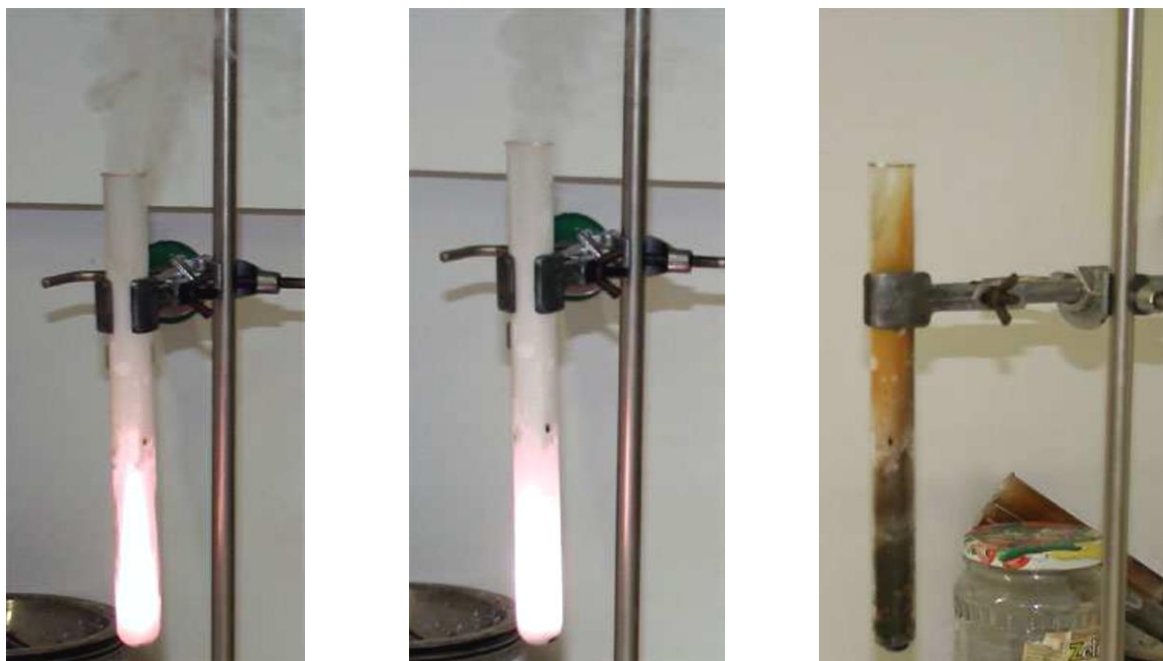
Postup:

Do zkumavky v držáku na stojanu vpravte asi 2 - 3 g chlorečnanu draselného, který roztavte v plameni kahanu. Do taveniny chlorečnanu draselného vhodte želatinového medvídká (postačí půlka), kterého kupujeme jako sladkost pro děti. Pokus provádějte v digestoři, dodržujte pravidla bezpečnosti práce.

Pozorování a vysvětlení:

Dojde k prudké oxidační reakci se světelným efektem. Jedná se o prudké hoření sacharidů v silně oxidačním činidle.

Pozn.: Za námět děkujeme RNDr. Petru Kolorosovi



Smutný konec gumového medvídká a co po něm zbylo...

5. „Faraónovi hadí“

Chování sacharosy za vysoké teploty

Zadání: Vyzkoušejte chování sacharosy za vysoké teploty v přítomnosti hydrogenuhličitanu.

Chemikálie: sacharosa (cukr krupice), hydrogenuhličitan sodný (jedlá soda), ethanol

Pomůcky: větší porcelánová miska, třecí miska s tloučkem, kádinka, arch filtračního papíru, špejle, inertní nehořlavý materiál (např. popel z ohniště, cigaretový popel, písek, silikagel, prášková skořice)

Postup:

1. Do porcelánové misky nasypete nehořlavý sypký inertní materiál (popel, písek, silikagel, skořicový prášek nebo oxid chromitý - např. z pokusu „sopka na stole“, tj. konečný produkt termického rozkladu $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, apod.) a vytvořte v něm důlek.
2. Na papíru promíchejte sacharosu a hydrogenuhličitan sodný v objemovém poměru 10 : 1 (malé lžičky), asi 3 lžičky směsi vsypte do důlku.
3. Inertní materiál (např. oxid chromitý) v misce kolem směsi sacharosu a sody důkladně rovnoměrně ovlhčete asi 10-15 cm³ ethanolu a celou takto připravenou směs špejlí zapalte – v digestoři nebo volně větraném prostoru.
4. Sledujte průběh reakce. Který prvek tvoří černou složku „těla hada“? Zkuste vysvětlit, proč „had roste“.

Pozorování a vysvětlení:

CO₂ uvolněný z jedlé sody vyplňuje vznikající karamel, který vytváří různé útvary podobné hadům.



Didaktická poznámka: použitý písek, silikagel či oxid chromitý vrátíme do prachovnice, lze ho opakovaně používat!



Faraónovi hadi

6. „Antimon kreslíř“

Chování roztaveného antimonu

Zadání: Vyzkoušejte chování a účinky roztaveného prvku antimonu

Chemikálie: antimon

Pomůcky: malý porcelánový kelímek (výška asi 2 cm - kónický), chemické kleště, lžička, plynový kahan, velká fotografická miska (víko od krabice min. 30 x 60 x 5 cm), filtrační papír, ochranný štít nebo brýle

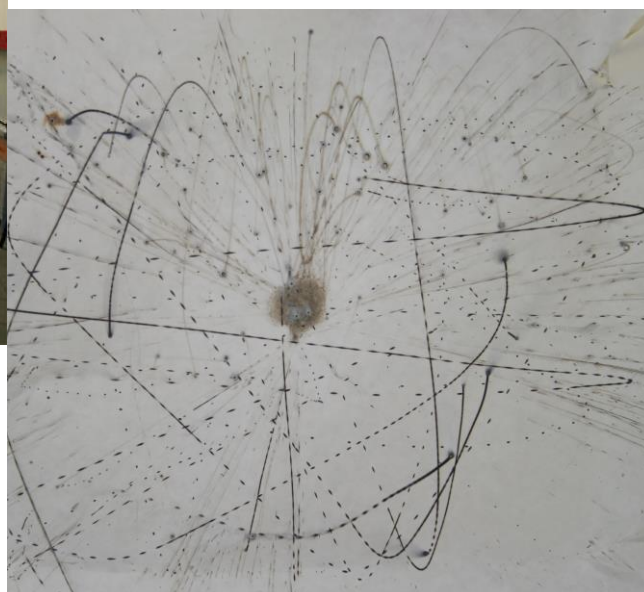
Postup:

1. Velkou fotografickou misku nebo víko krabice vyložte filtračním papírem (papír tvoří rovnou plochu s ohnutými okraji).
2. Do porcelánového kelímku vložte kousek antimonu (velikost 2 hrášky).
3. Kelímek uchopte do kleští a nad plamenem kahanu antimon roztavte (až se vytvoří stříbrolesklá kulička).
4. Roztavený antimon z výšky 40 – 50 cm rychle vylíjte na filtrační papír.
5. Pozorujte „rejdění“ kuliček antimonu po papíře.

Didaktická poznámka:

! POZOR! kousky roztaveného antimonu mohou „vyskočit“ z misky! Použijte ochranný štít nebo brýle! Kuličky vychladlého antimonu sesypejte zpět do zásobní prachovnice!

Pozn.: Za náměty k pokusům č. 5 a 6 děkujeme doc. RNDr. M. Klečkové, CSc.



Abstraktní obrázek:
stopy po řádění kuliček antimonu

7. „Sloní pasta“

Ukázka účinků prudce uvolněného plynu

Zadání: Dejte se překvapit účinky uvolněného plynu.

Chemikálie: roztok peroxidu vodíku 10% (30%), saponát, potravinářské barvivo, nasycený roztok jodidu draselného

Pomůcky: odměrný válec, kádinky, skleněná tyčinka, filtrační papír

Postup:

Do odměrného válce vlijte 4 cm³ 10% (30%) H₂O₂, 2 cm³ saponátu a promíchejte. Přidejte pár kapek potravinářského barviva, které necháte stékat po stěně válce. Potom opatrně vlijte rychle z kádinky do válce 4 cm³ nasyceného roztoku KI.

Válec ještě před pokusem umístěte na filtrační papír (nebo do průhledné široké skleněné vany), aby nedošlo ke znečištění demonstračního stolu.



Sloní zubní pasta?

Pozorování:

Po vlití nasyceného roztoku KI dojde k překvapivému bouřlivému růstu vznikající pěny, způsobené přítomností dobře pěnivého saponátu v reakční směsi – uvolněný plyn tvoří množství bublinek. Pro větší efekt přidejte ještě potravinářské barvivo – vzniklá pěna připomíná „zubní pastu pro slony“.

Didaktická poznámka:

Pokus je překvapivě rychlý a efektní v demonstračním provedení učitelem za použití 30% peroxidu vodíku. Pokud jej budou provádět žáci sami, doporučujeme práci se zředěným peroxidem vodíku.

8. „Hořící gel“

Rozpustnost látek v závislosti na rozpouštědle

Zadání: Připravte si „gelovou svíčku.“

Chemikálie: ethanol $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, octan vápenatý $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$, roztok fenolftaleinu, zředěný roztok NaOH , H_2O

Pomůcky: trojnožka, síťka, kádinky, zápalky, skleněná tyčinka, filtrační papír, špejle

Postup:

1. V kádinkách si připravte následující roztoky:

A: Ve 150 cm^3 kádince rozpustíte 4 g octanu vápenatého v 13 cm^3 vody. Vzniká nasycený roztok. Přidejte několik kapek zředěného roztoku hydroxidu sodného.

B: Do druhé kádinky nalijte 100 cm^3 ethanolu a 1 cm^3 indikátorového roztoku fenolftaleinu.

2. Roztok **B** prudce nalijte do roztoku **A** a pozorujte. Po chvíli gel na povrchu zapalte hořící špejlí.

Pozorování a vysvětlení:

Octan vápenatý je látka málo rozpustná v ethanolu. Proto přilitím ethanolu do nasyceného roztoku octanu vápenatého vzniká gel. Růžovou barvu gelu způsobí fenolftalein v zásaditém prostředí hydroxidu sodného.

Plamen uhasíte přiložením síťky nebo hodinového skla na kádinku. Gel je možno zapálit znovu i po několika dnech.

Kádinka se během hoření gelu zahřívá. **Pozor na popálení!**



Příprava gelu





Zapalování gelu špejlí

Pozn.:

Za náměty k pokusům č. 7 a 8 děkujeme

doc. RNDr. Marii Solárové, Ph.D.



Hoření „gelové svíčky“

9. „Modrá a duhová baňka“

Barevné přechody redoxních indikátorů

Zadání: Vyzkoušejte si „kouzelnou“ baňku.

Chemikálie: hydroxid sodný, glukosa, indikátory: roztok methylenové modři v ethanolu, indigokarmín.

Pomůcky: Kulatá nebo Erlenmayerova baňka (250 nebo 500 cm³), zátka

Postup:

A: 10 g hydroxidu sodného rozpustíte ve 500 cm³ vody. Ve vzniklém roztoku rozpustíte 10 g glukosy a přidejte několik kapek indikátoru – methylenové modři. Baňku zazátkujete, roztok dobře promíchejte a ponechte v klidu. Po chvíli se modrý roztok odbarví. Opět jej intenzívně protřepejte a nechte v klidu – dochází k pravidelným změnám barev.

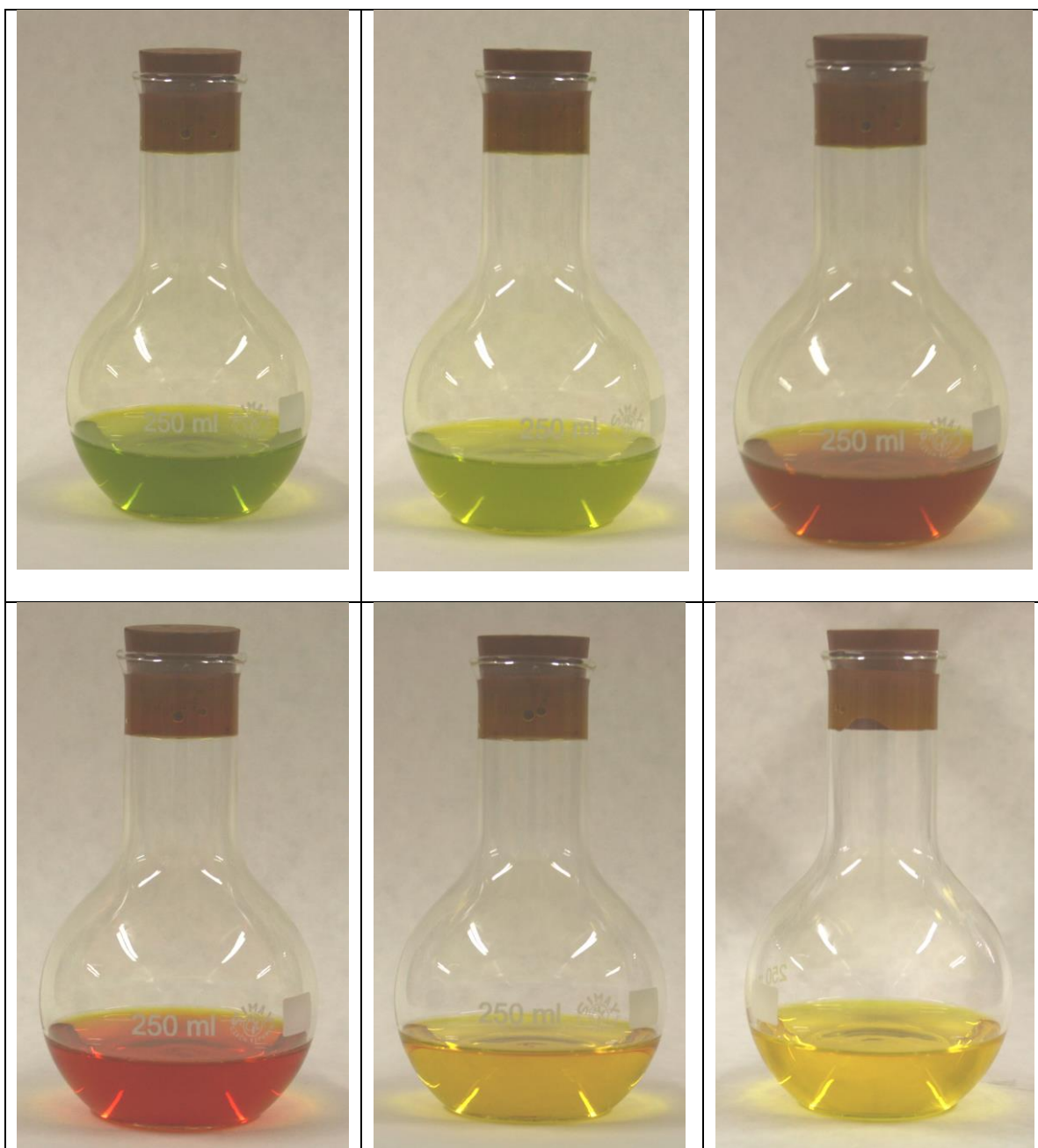
B: 4 g hydroxidu sodného nebo draselného rozpustíte asi v 150-200 cm³ vody a nechte ochladit. Do vzniklého roztoku přidejte 4,5 g glukosy a po jejím rozpuštění vlijte 0,5% roztok indigokarmínu ve vodě (popř. vsypte pevný indikátor – asi 0,03g). Baňku zazátkujete, dobře promíchejte, protřepejte a nechte stát v klidu. Po určité době získá čirý roztok v baňce světle žlutou barvu. Poté promíchejte roztok krouživým pohybem – barva se změní na temně červenou. Jakmile tento roztok intenzívně silně protřepete, roztok zezelená. Pozorujte změny barev ze zelené na hnědou až bordó, červenou, oranžovou až světle žlutou. Celý cyklus lze vícekrát zopakovat.

Princip a vysvětlení:

Pokusy jsou založeny na různě barevných (nebo bezbarvých) redukovaných formách jednotlivých indikátorů v roztoku, které se tvoří působením glukosy na ně v alkalickém prostředí, a na postupné zpětné oxidaci indikátorových barviv vzdušným kyslíkem přítomným v rozpouštědle po protřepání na jinou barevnou formu. Indigokarmín vykazuje dokonce několik barevných přechodů. Celý děj se opakuje tak dlouho, dokud není glukosa vyčerpána.

Didaktická poznámka:

Úspěšnou realizaci pokusů podmiňuje použití čerstvě připravených roztoků.



Barevné přechody v duhové baňce

**10. A nakonec:
„Zapálený učitel“**



chemie“

**Co dokáže profesionál !
(lampový olej a zapalovač)**



Další zajímavé náměty na jednoduché pokusy lze najít také na internetové adrese:

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

7. Použitá literatura a internetové odkazy

- BÖHMOVÁ, H. „Kurs praktické alchymie“ – diplomová práce. Praha: UK v Praze, PŘF 2006.
- ČTRNÁCTOVÁ, H. a kol. *Chemické pokusy pro školu a zájmovou činnost*. Praha: Prospektrum, 2000.
- ČTRNÁCTOVÁ, H. – HALBYCH, J. *Didaktika a technika chemických pokusů*. Praha: UK v Praze, Karolinum 2006.
- GANAJOVÁ, M. *Chemické experimenty s vybranými produkty z obchodu*. Košice: Univerzita P. J. Šafárika v Košiciach, PrF 2005.
- KLEČKOVÁ, M. a kol. *Chemické pokusy pro studenty základních a středních škol*. Olomouc: Alga Press, 2001.
- KLEČKOVÁ, M. a kol. *Jednoduché a efektní chemické pokusy 2006-2007*. PŘF Univerzity Palackého, Olomouc 2007.
- KOLOROS, P. *Současné pojetí experimentální výuky na SŠ a ZŠ*. (Materiál pro kurzy celoživotního vzdělávání učitelů). UK v Praze, PŘF 2006, 2007.
- LUEHKEN, A. – BADER, H. J. Hochtemperaturchemie im Haushalts- Mikrowellenofen. In: *CHEMKON*, 2001, roč. 8., č.1., Weinheim.
- PROKŠA, M. *Chémia a my*. Bratislava, Slovenské pedagogické nakladateľstvo, 1997.
- PROKŠA, M. – TÓTHOVÁ, A. *Školské chemické pokusy na ZŠ vo svetle aktuálnych požiadaviek didaktickej teórie a praxe*. Bratislava: Univerzita Komenského, PrF 2005.
- SEJBAL, J. *Jednoduché organické pokusy*. Materiál pro potřeby kurzů DVPP, UK v Praze, PŘF, 1999.
- SOLÁROVÁ, M. *Chemické pokusy pro základní a střední školu*. Brno: Paido 1999.
- SOLÁROVÁ, M. *Chemické pokusy 3 – organická chemie*. Ostrava: PŘF OU 2005.
- SOLÁROVÁ, M. *Vybrané chemické pokusy z organické a praktické chemie*. (Materiál pro kurzy celoživotního vzdělávání učitelů). Ostravská univerzita a UK v Praze, PŘF 2006, 2007.
- ŠAULIOVÁ, J. Využití mikrovlnného ohřevu v laboratorních cvičeních studentů pro demonstrační pokusy. In: *Chemické listy*, 2002, roč. 96, č.9, s.761 - 765. ISSN 0009-2770.
- ŠULCOVÁ, R. *Praktické pokusy z organické chemie*. Materiál pro potřeby kurzů DVPP, DPS. Praha: UK v Praze, PŘF 2002.
- ŠULCOVÁ, R. - MARTÍNEK, V. - HYBELBAUEROVÁ, S. *Praktické pokusy z organické chemie a biochemie pro SŠ*. Materiál pro potřeby DPS. Praha: UK v Praze, PŘF 2003.
- ŠULCOVÁ, R. a kol. *Projektové vyučování*. Materiál pro semináře Pedagogických center v ČR. Praha, UK v Praze, PŘF 2004 – 2005.
- ŠULCOVÁ, R. – HYBELBAUEROVÁ, S. *Náměty na pokusy z organické a praktické chemie*. Materiál pro Doplnkové pedagogické studium chemie. UK v Praze, PŘF 2005.
- ŠULCOVÁ, R. – NÝVLTOVÁ, L. Netradiční využití mikrovlnné trouby ve školní laboratoři. In: *Chemické rozhledy*, 2004, č.5, s.144-148. Bratislava: Iuventa 2004.
- ŠULCOVÁ, R. – BÖHMOVÁ, H. *Náměty na pokusy z organické a praktické chemie*. (materiál pro kurz Současné pojetí experimentální výuky chemie na ZŠ a SŠ) Praha: UK v Praze, PŘF 2007.
- VODRÁŽKA, Z. *Biochemie.*, Praha: Academia, 2002.
- VOHLÍDAL, J. – JULÁK, A. – ŠTULÍK, K. *Chemické a analytické tabulky*. Praha: Grada Publishing 1999.

Internetové odkazy

Die Herstellung von Glas im Schulalltag [online 2002-01-10]., dostupné z:

< http://www.gym-kirn.de/hp/projekte/infoschul/chemie/index_chemie.htm >

Současné pojetí experimentální výuky na SŠ a ZŠ. [online 2007-05-03], dostupné z:

< www.natur.cuni.cz/~kudch/main/JPD3 >

8. Seznam experimentů

2. kapitola: Domácí experimenty

1. Důkaz škrobu	7
2. Důkaz redukujících sacharidů	9
3. Důkaz bílkovin	10
4. Červená rostlinná barviva jako indikátory pH	12
5. Indikátor z červeného zelí	16
6. Indikátorová barviva v květech rostlin	18
7. Barviva lišejníků jako indikátory kyselosti	21
8. Reakce přírodních fenolů	22
9. Účinky mořidel na rostlinná barviva	25
10. Příprava anthokyanidinů štěpením jejich oligomerů	28
11. Příprava anthokyanidinů redukcí flavonů	30
12. Fluorescence rostlinných barviv	31
13. Štěpení škrobu slinnou amylasou	33
14. Štěpení škrobu rostlinnými amylasami	34
15. Štěpení sacharosy kyselou hydrolýzou	35
16. Enzymatické štěpení sacharosy	36
17. Katalasa v potravinách	38
18. Účinnost enzymu katalasy v závislosti na pH	40
19. Rostlinné proteasy	42
20. Denaturace enzymů	43

3. kapitola: Laboratorní experimenty s přírodními látkami

1. Duha z rajčatové šťávy	45
2. Xanthoproteinový test	46
3. Praktické aplikace důkazu sacharidů	47
A. Důkaz laktosy v mléce	47
B. Důkaz škrobu v uzenářských výrobcích	48
C. Složení bílé lepicí pasty	48
4. Identifikace tuku v potravinách	50
5. Vlastnosti tuků	51
A. Stupeň saturace tuků	51
B. Liebermannův –Buchardův test na obsah sterolů (cholesterolu)	51
6. Fluorescence chlorofylu ze zelených listů	54
7. Vitamin C v ovoci a zelenině	56
A. Kvalitativní zjištění přítomnosti vitamínu C v nápojích a ovocných džusech	56
B. Kvantitativní určení množství vitamínu C v nápojích	58
8. Vitamin A v potravinách	59
9. Sublimace kofeinu	59
10. Příprava pleťového krému	60
A. Hydratační krém	60
B. Krém s rostlinnými šťávami	61
C. Glycerinový krém	61

4. kapitola: Experimenty v kontextu každodenního života

1. Příprava polyamidového vlákna	63
2. Důkaz formaldehydu v dřevotřískce nebo v linoleu	65

3. Rozvrstvení rozpouštědel – rozdělení směsi barviv kapkou vody	67
4. Chromatografie přírodních a syntetických barviv	68
A. Rostlinná barviva – chromatografie	68
B. Potravinářská a syntetická barviva – chromatografie	70

5. kapitola: Experimenty v mikrovlnné troubě

1. Ohřívání dvoufázového systému	70
2. Důkaz nehomogenity pole v mikrovlnné troubě	75
3. CD v mikrovlnné troubě	76
4. Vliv obsahu vody na dobu tání různých tukových výrobků	77
5. Výroba formy na GST techniku	79
6. Výroba skla	80
7. Tavení stříbra	82
8. Výroba slitiny mědi a zinku	83
9. Výroba železa	84
10. Syntéza léčiva acylpyrinu	85
11. Výroba mýdla	86
12. Sublimace kofeinu z čajových lístků nebo kávy	88
13. Příprava indikátorových barviv fenolftaleinu a fluoresceinu	89
14. Orientační analýzy přítomnosti a obsahu redukovatelného sacharidu	90

6. kapitola: Veselá a zábavná chemie

1. „Akumulátor I“	93
2. „Kuřák“	94
3. „Alkoholik“	98
4. „Smutný konec gumového medvídka“	99
5. „Faraónovi hadi“	99
6. „Antimon kreslíř“	101
7. „Sloní pasta“	102
8. „Hořící gel“	103
9. „Modrá a duhová baňka“	104
10. „Zapálený učitel chemie“	106

NETRADIČNÍ EXPERIMENTY Z ORGANICKÉ A PRAKTICKÉ CHEMIE

PŘÍRODNÍ LÁTKY, NEOBVYKLÉ USPOŘÁDÁNÍ A POMŮCKY

Autorky:

RNDr. Renata Šulcová

Mgr. Hana Böhmová

Recenzenti:

Doc. RNDr. Marie Solárová, Ph.D.

RNDr. Václav Martínek, Ph.D.

Vydala:

Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta

Praha 2007

Vytiskla tiskárna:

P.S. LEADER

© Renata Šulcová, 2007

ISBN 978-80-86561-81-3

ISBN 978-80-86561-81-3