

MASARYKOVA UNIVERZITA

Přírodovědecká fakulta

C7651 ŠKOLNÍ POKUSY 2 – NÁVODY
K PRAKTIKU

BRNO 2021

poslední úprava: 20. září 2021

Zpracovatelé nebo autoři úloh a fotografií:

- Aneta Benešová
- Vladimír Bláha
- Petra Elblová
- Petra Jarošová
- Jan Kolář, Ústav experimentální botaniky AV ČR (úloha Experimenty s antokyany, Třpytivé žížaly z pektinu)
- Šárka Kotasová
- Veronika Krapež
- Tereza Kvasničková
- Jaromír Literák
- Radek Matuška
- Tomáš Pinka
- Petr Stadlbauer
- Veronika Švandová

Rozpis úloh

- 13. 9. 2021** Kyanotypie
- 20. 9. 2021** Příprava trihydrátu tris(oxaláto)železitanu draselného a šťavelanu železnatého (+ příprava pyroforického železa).
- 27. 9. 2021** Izolace DNA, neklasické provedení čpavkové a chlorovodíkové fontány, experimenty s antokyany, výroba barevné limonády, adsorpce barviv z červeného vína.

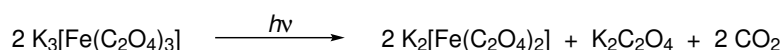
Obsah

Kyanotypie	4
Příprava trihydrátu tris(oxaláto)železitanu draselného	7
Alternativní příprava trihydrátu tris(oxaláto)železitanu draselného	8
Příprava štavelanu železnatého a pyroforického železa	10
Izolace a hydrolýza DNA z jahod/banánů	12
Neklasické provedení čpavkové a chlorovodíkové fontány	13
Experimenty s antokyany	14
Výroba barevné limonády	17
Adsorpce barviv z červeného vína	18

Kyanotypie

Kyanotypie (fotochemický modrotisk, *κυανός* = modrý) patří spolu s daguerrotypii a talbotypii mezi nejstarší fotografické techniky. Působením světla na fotocitlivé sloučeniny železa vzniká stabilní modrý obraz. Papír nebo jiný materiál je napuštěn směsí hexakynoželezitanu draselného a vhodné železité soli obsahující organický anion. Chemickou podstatou děje je světlem vyvolaná redukce železitého kationtu organickým aniontem na kation železnatý, který ihned tvoří s hexakynoželezitanovým aniontem intenzivně modrou sraženinu berlínské (Turnbullovy) modři. Složení vzniklého nerozpustného modrého pigmentu odpovídá vzorci $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3 \cdot x \text{H}_2\text{O}$.

Původně byl v kyanotypii využíván citran železito-amonný jako fotocitlivá sůl, ukázalo se však, že zvláště jeho roztoky jsou dobrou živnou půdou pro plísně. Proto k našim experimentům využijeme tris(oxaláto)železitan draselný, jehož menší citlivost ke světlu vyvažuje jeho vyšší stabilita. V komplexním aniontu této soli dochází po absorpci modrého, fialového nebo ultrafialového světla k přenosu jednoho elektronu ze šťavelanového aniontu na železitý kation. Výsledkem je redukce Fe^{3+} na Fe^{2+} a oxidace ligandu na CO_2 .



Následuje reakce Fe^{2+} s $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ za vzniku berlínské modři. V místech, kam nedopadlo toto světlo, zůstává nezměněná směs výchozích solí. Aby nedošlo k nežádoucímu zmodrání těchto oblastí, je potřeba obraz ihned po expozici opláchnout vodou a odstranit tak všechny rozpustné soli.

Při dostatečné expozici směsi obsahující šťavelany vzniká v místě expozice tzv. berlínská běl o složení $\text{Fe}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, která dává exponovanému místu modro-šedé zabarvení. Vznik tohoto zbarvení je proto dobrým ukazatelem okamžiku, kdy by expozice měla být ukončena. Po vymytí solí vodou z neexponovaných míst dochází k ustálení obrazu působením vzdušného kyslíku – obraz postupně získává konečnou modrou barvu díky oxidaci berlínské běli. Proces je možno urychlit opláchnutím obrazu zředěným roztokem peroxidu vodíku.

Berlínská modř je velmi odolná vůči působení světla, vzdušného kyslíku a zředěných slabých kyselin. Zásady však způsobují naleptání berlínské modři a její zežloutnutí.

Příprava negativů:

- Nejlépe lze kyanotypií reprodukovat obrázky s ostrými přechody, ideální je kresba.



Vhodný obrázek.



Obrázek, který se ke kyanotypii nehodí.

- Obrázek načteme do grafického programu, převedeme jej na černobílý obrázek a následně invertujeme bílou a černou.
- Výsledný negativ vytiskneme pomocí laserové tiskárny na průsvitku formátu A4. Vhodné průsvitky z PET lze zakoupit ve větších papírnictvích.
- Lze rovněž zhotovovat kyanotypy rostlin nebo jiných objektů.

Chemikálie:

Hexakvanoželezitan draselný, trihydrát tris(oxaláto)železitanu draselného, zředěný roztok peroxidu vodíku ($w \approx 0,003$), kyselina citronová.

Provedení kyanotypie:

- Do tmavých lahví připravíme roztoky solí pro provedení kyanotypie. Roztok A je 12% vodný roztok tris(oxaláto)železitanu draselného, který obsahuje ještě 1 % kyseliny citronové. Roztok B je 7% roztok hexakvanoželezitanu draselného ve vodě.
- V kádince smícháme stejné objemy roztoku A a B a směs důkladně promícháme. **Od tohoto okamžiku je vhodné všechny operace s roztokem a fotocitlivým papírem provádět v prostorách s nízkou intenzitou osvětlení.** Nevhodné je přímé sluneční světlo nebo světlo fluorescenčních zářivek. Vhodné jsou žárovky nebo svítidla s teplejšími tóny.
- Připravíme si výkres, vhodné jsou levnější typy papíru, které obsahují menší množství bazických plniv, které mohou proces kyanotypie komplikovat. Pomocí molitanové houbičky nanese tenkou vrstvu připraveného roztoku na papír, roztok necháme vsáknout a mírně zvadnout. Spotřeba roztoku by měla být 2–3 cm³ na jeden papír formátu A4. Impregnovaný papír vysušíme fénem nebo horkovzdušnou pistolí, dbáme na to, aby došlo k rovnoměrnému vyschnutí na celé ploše papíru a také aby teplota vzduchu nebyla příliš vysoká, protože by mohlo dojít k částečnému rozkladu solí. Papír by měl mít sytě zeleno-žlutou barvu.
- K papíru přiložíme polyesterovou folii s vytištěným negativem, zatížíme tabulkou skla a vystavíme slunečnímu světlu. Typická doba expozice se pohybuje v rozmezí jedné a dvaceti minut. Během expozice pozorujeme změnu barvy světla vystavených částí papíru, měli bychom zaznamenat nejdříve zelené, později modré až nakonec šedomodré, popřípadě šedohnědé zbarvení. Nejvhodnější okamžik pro ukončení expozice nastane, když zřetelně pozorujeme počínající blednutí šedého zbarvení plně exponovaných ploch.
- Kyanotyp oplachujeme několik minut tekoucí vlažnou vodou tak, aby došlo k vymytí nezreagovaných solí z papíru. Dobré vymytí poznáme podle vymizení žluté barvy papíru v místech, která byla zakrytá. Nakonec papír s obrazem opláchneme zředěným roztokem peroxidu vodíku.
- Vytvořený obraz vysušíme proudem teplého vzduchu.

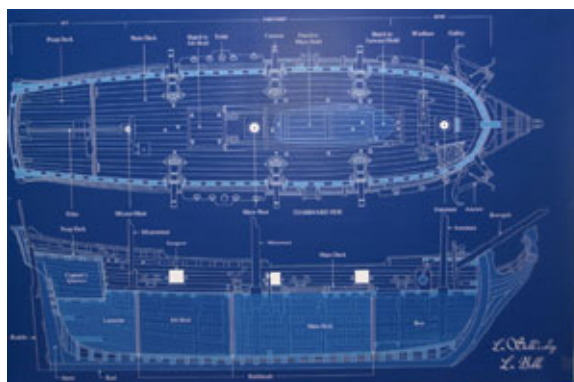
Poznámky:

Při provádění kyanotypie je vhodné zakrýt pracovní stůl mikroténovou fólií. Pokud přeci jen zůstane na nábytku nebo oblečení modrá skvrna berlínské modři, je možné ji odstranit

pomocí vodného roztoku sody (Na_2CO_3). Z tohoto důvodu nejsou vhodné k provádění kyanotypie papíry s velkým obsahem plniv a alkalických aditiv. Podobně textilie s modrotiskem nelze opakovaně prát s běžnými pracími prášky. V tomto případě se doporučuje ruční praní s využitím mýdel na ruce nebo dětských šamponů.

Barvu vzniklého modrého obrázku lze dodatečně chemicky změnit. Je možné rovněž kyanotypii provádět na textilu nebo dřevěném prknu. Více se můžete dočíst na následující webové stránce <https://www.chemieasvetlo.cz/teorie/fotochemicky-modrotisk/>.

Kyanotypie byla v minulosti oblíbenou metodou kopírování technických výkresů a plánů.



Doplňující otázky:

1. Vysvětlíte chemickou podstatu klasické černobílé fotografie.

Příprava trihydrátu tris(oxaláto)železitanu draselného

Reakce:

Reakcí železité soli se šťavelanem draselným vzniká komplexní anion tris(oxaláto)železitanový. Draselná sůl tohoto aniontu vykazuje silnou závislost rozpustnosti ve vodě na teplotě. Ochlazením koncentrovaného roztoku proto dojde k vyloučení trihydrátu tris(oxaláto)železitanu draselného.



Roztok tris(oxaláto)železitanu draselného je používán jako tzv. chemický aktinometr k chemickému stanovení intenzity světla. Komplexní anion absorbuje světlo a následně dochází k přenosu jednoho elektronu ze šťavelanového aniontu na železitý kation. Výsledkem je redukce Fe^{3+} na Fe^{2+} a oxidace ligandu na CO_2 .



Množství uvolněného železnatého kationtu lze pak různými analytickými metodami stanovit. Uvolňování Fe^{2+} světlem a jeho následné reakce s $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ za vzniku modré sraženiny se také využívá v tzv. kyanotypii.

Chemikálie:

$\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$.

Postup:

V kádince o objemu 100 cm^3 rozpustíte **40 mmol** hexahydrátu chloridu železitého v **16 cm^3** demineralizované vody. Dále v kádince o objemu 250 cm^3 rozpustíte za horka **132 mmol** monohydrátu šťavelanu draselného ve **40 cm^3** demineralizované vody. K zahřívání použijte vařič nebo elektromagnetickou míchačku. Následně za míchání přilijte roztok chloridu železitého k roztoku šťavelanu draselného. Zbytky roztoku, které ulpěly na stěnách kádinky, spláchněte několika cm^3 vody. Po smíchání roztoků dojde ke změně zbarvení na zelenou. Kádinku s roztokem vložte do ledové lázně a za míchání nechte směs ochladit. Vyloučené krystaly produktu odsajte na fritě.

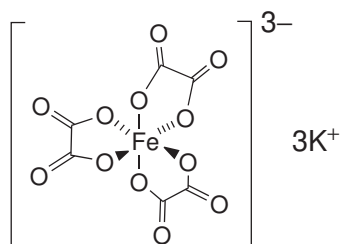
Surový produkt přemístěte do kádinky o objemu 150 cm^3 , přidejte **40 cm^3** vody a směs v kádince zahřívejte na vařiči a míchejte, až dojde k rozpuštění krystalů. Horký roztok přefiltrujte přes papírový filtr do kádinky a nechte ochladnout v ledové lázni za občasných promíchání. Krystaly odsajte na fritě, odpojte od odsávačky zdroj vakua, ke krystalům přidejte cca **5 cm^3** ledové vody, směs promíchejte a vodu opět odsajte. Poté promytí krystalů opakujte s **10 cm^3** ethanolu.

Rekrystalizovaný produkt sušte ve vakuové sušárně za laboratorní teploty. Poté stanovte výtěžek reakce.

Vlastnosti:

Trihydrát tris(oxaláto)železitanu draselného krystalizuje v podobě smaragdově zelených krystalů. V měkkém ultrafialovém záření sloučenina zeleně fluoreskuje.

Pomalým odpařováním koncentrovaného vodného roztoku této sloučeniny lze připravit velké smaragdově zelené krystaly. Proces však negativně ovlivňují přítomné nečistoty.



Fyzikálně-chemické charakteristiky výchozích látek a produktů:

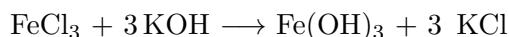
Látka	$M/(\text{g mol}^{-1})$
$\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	184,23
$\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	270,30
$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$	491,24

Navážky reaktantů a teoretický výtěžek produktu:

	$\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	$\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$
m/g			
			%

Alternativní příprava trihydrátu tris(oxaláto)železitanu draselného

Tris(oxaláto)železitan draselný je možné připravit alternativním způsobem z kyseliny šťavelové, hydroxidu draselného a chloridu železitého. Přidáním roztoku chloridu železitého do roztoku šestinásobného látkového množství hydroxidu draselného dojde k vysrážení hydroxidu železitého.



Po přidání roztoku kyseliny šťavelové dojde k neutralizaci zbývajících hydroxidu draselného za vzniku šťavelanu draselného a k rozpuštění sraženiny hydroxidu železitého. Reakcí železitých iontů se šťavelanem draselným vznikne zelený roztok tris(oxaláto)železitanu draselného, který po ochlazení vykryštalizuje jako trihydrát.



Chemikálie:

Monohydrát kyseliny šťavelové, $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$, KOH .

Postup:

- V kádince o objemu 50–100 ml rozpustíte **0,040 mol** hexahydrátu chloridu železitého v **15 ml** demineralizované vody.

- V kádince o objemu 250 ml rozpustíte **0,267 mol** KOH ve **40 ml** demineralizované vody. Následně k tomuto roztoku za míchání přilijte vodný roztok $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$. Zbytky roztoku chloridu železitého spláchněte několika mililitry vody. Vznikne hnědočerná hustá sraženina.
- Kádinku se suspenzí postavte na elektromagnetickou míchačku s ohřevem nebo vaříč a zahřejte na přibližně **80 °C**.
- V kádince o objemu 100–150 ml připravte směs **0,133 mol** dihydrátu kyseliny šťavelové a **25 ml** demineralizované vody a směs následně za míchání zahřejte na přibližně **80 °C**, až dojde k rozpuštění krystalů kyseliny šťavelové.
- Roztok kyseliny šťavelové za míchání přidejte k ohřáté suspenzi $\text{Fe}(\text{OH})_3$ a kádinku spláchněte několika ml vody. Směs v kádince intenzivně míchejte, až dojde k rozpuštění sraženiny a vznikne zelený roztok.
- Kádinku s roztokem za míchání chladte v ledové lázni, až dojde k vyloučení zelených krystalů produktu. Krystaly odsajte na Büchnerově nálevce nebo fritě.
- Surový produkt přemístěte do kádinky o objemu 150 ml a přidejte **40 ml** demineralizované vody. Směs za míchání zahřívajte, až dojde k rozpuštění krystalů. Horký roztok přefiltrujte přes hladký filtr. Filtrát v kádince vložte do ledové lázně a za občasného míchání nechte vyloučit krystaly rekrystalovaného produktu.
- Krystaly odsajte na Büchnerově nálevce nebo fritě a nakonec je promyjte cca **30 ml** ethanolu. Rekrystalizovaný produkt sušte ve vakuové sušárně za laboratorní teploty. Poté stanovte výtěžek reakce.

Fyzikálně-chemické charakteristiky výchozích látek a produktů:

Látka	$M/(\text{g mol}^{-1})$
$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	126,07
KOH	56,1056
$\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	270,30
$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$	491,24

Navážky reaktantů a teoretický výtěžek produktu:

	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	$\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	KOH	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$
m/g				
				%

Příprava šťavelanu železnatého a pyroforického železa

Reakce:

Šťavelan železnatý získáme srážecí reakcí mezi vodným roztokem zelené skalice (heptahydrát síranu železnatého) a kyselinou šťavelovou.



Zahřátím vzniklého produktu v nepřítomnosti vzduchu vzniknou jemné částice železa, které jsou na vzduchu samozápalné (pyroforické).



V tomto experimentu bude malé množství žlutě zbarveného šťavelanu železnatého zahříváno ve zkumavce. Vznikající oxid uhličitý, který je těžší než vzduch, bude částečnou ochranou pyroforického železa před oxidací.

Chemikálie:

$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, roztok H_2SO_4 ($c = 1 \text{ mol dm}^{-3}$).

Příprava šťavelanu železnatého:

- V kádince připravte roztok **6 g** heptahydrátu síranu železnatého ve **20 cm³** demineralizované vody okyselené **2–3 kapkami** 1M- H_2SO_4 .
- Ve druhé kádince připravte roztok **4 g** dihydrátu kyseliny šťavelové ve **35 cm³** demineralizované vody.
- Za stálého míchání přilijte roztok kyseliny šťavelové k roztoku síranu železnatého.
- Suspenzi produktu zahřejte k varu, dojde ke sbalení sraženiny.
- Po vychladnutí suspenze produkt odfiltrujte na Büchnerově nálevce, promyjte vodou a ethanolem. Produkt nechte vyschnout na vzduchu.

Příprava pyroforického železa:

- Na dno zkumavky nasypete malé množství šťavelanu železnatého, konec zkumavky opatrně rovnoměrně zahřívejte a její obsah opatrně protřepávejte. Obsah postupně přechází na šedou práškovou látku a dochází k vývoji plynu.
- Obsah zkumavky po skončení reakce rychle vysypejte do misky s pískem nebo do jiné nehořlavé nádoby.



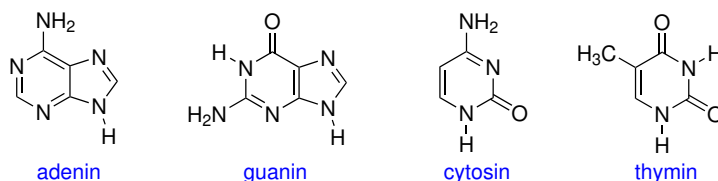
Doplňující otázky:

1. Jakou jinou železnatou sůl byste mohli použít pro přípravu šťavelanu železnatého?
2. Bylo by možné místo kyseliny šťavelové pro srážecí reakci použít roztok šťavelanu draselného nebo šťavelanu vápenatého? Vysvětlete.
3. Jemně dispergované železo tvoří náplň některých typů ohřivačů rukou. Proč v případě ohřivačů rukou nehrozí sebevznícení náplně, když dochází ke stejné reakci jako v případě pyroforického železa?

Izolace a hydrolyza DNA z jahod/banánů

Deoxyribonukleová kyselina (DNA) je obsažena v každé buňce a zodpovídá za správný přenos genetické informace z generace na generaci. DNA je chemicky poměrně stabilní, a právě proto je vhodným informačním úložištěm. V minulosti pravděpodobně sloužila k ukládání genetické informace molekula ribonukleové kyseliny (RNA), ale díky jejímu snadnému štěpení sebou sama se pravděpodobně vyvinula DNA, která tuto sebeštěpící schopnost nemá. U eukaryotických organismů je DNA uložena v jádře buňky. DNA je rozdělena do několika chromozomů. Počet unikátních chromozomů je v každé buňce stejný a je charakteristický pro daný organismus. Například u člověka je to 23. Tato tzv. sada chromozomů bývá v buňkách často ve více kopiích. Většina tělních buněk člověka je diploidní, což znamená, že buňky obsahují dvě homologní sady chromozomů, celkem tedy 46. Polyploidie (triploidie, tetraploidie atd.) je pro živočichy obvykle smrtelná, ale u rostlin se vyskytuje často. U hospodářsky významných rostlin se někdy záměrně šlechtí polyploidní odrůdy, protože dosahují vyšších výnosů než původní diploidní odrůdy. A to je i případ triploidních a tetraploidních banánů a oktaploidních jahod. Pro nás to znamená nejen vyšší výnos na poli a plantáži, ale také vyšší výnos DNA při izolaci.

DNA je polymer skládající se z navzájem spojených nukleotidů. Nukleotid je sloučenina kyseliny fosforečné, sacharidu deoxyribosy a dusíkaté heterocyklické báze. DNA obsahuje čtyři základní báze (obrázek níže). Genetická informace je v molekule DNA nesena v podobě pořadí těchto bází.



Nejprve bude třeba jahody/banány rozmačkat a rozrušit buněčné a jaderné membrány. Poté se přistoupí k samotné izolaci DNA.

Chemikálie a materiál:

Ovoce (banán nebo jahody), tekuté mýdlo, chlorid sodný, ethanol, filtrační papír (nebo filtry pro překapávače kávy).

Postup:

Příprava extrakčního pufru:

- Jedna skupina připraví extrakční pufr pro všechny – 100 ml vody smíchejte s 1 ml (1 g) mýdla a 1 g NaCl. Směs by neměla být příliš kalná. Rozdělte si pufr mezi všechny skupiny pracující na extrakci DNA, každá skupina bude potřebovat 25 ml tohoto pufru. Před samotným použitím během extrakce pufr znovu promíchejte.

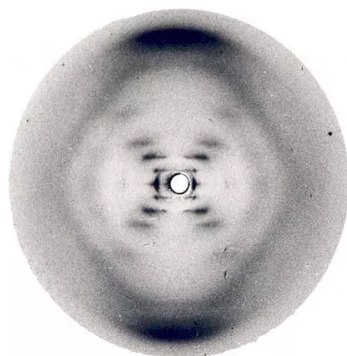
Extrakce:

- Vezměte 1 jahodu/čtvrtku banánu a velmi důkladně ji rozmačkejte ve vhodné nádobě. Poté k ní přilijte 25 ml extrakčního pufru a směs důkladně promíchejte. Pak směs přefiltrujte přes papírový filtr do 250 ml kádinky. Pokud se vám při filtraci protrhne papír, ustříhnete si nový filtr a filtraci opakujte.
- V jiné nádobě vychladte přibližně 80 ml ledového ethanolu.

- Opatrně nalijte ethanol k jahodovému extraktu po stěně kádinky tak, aby vytvořil oddělenou vrstvu na jahodové vrstvě. Na rozhraní extrakt-ethanol se začne srážet DNA. Nechte probíhat srážení po dobu 10 minut.
- Vysráženou DNA vyjměte z kádinky pomocí skleněné tyčinky nebo jiného podobného nástroje a vložte ji do zkumavky. Pomocí pipety nebo savé látky odstraňte ze zkumavky přebytečný ethanol. Pochlubte se se svým výsledkem.

Doplňující otázky:

1. Následující obrázek je jednou z nejslavnějších vědeckých fotografií dvacátého století. Uveďte, co snímek zachycuje a kdo tento snímek pořídil. Znali jste již jméno nebo jména těchto osob, případně historický význam tohoto experimentu?¹



Neklasické provedení čpavkové a chlorovodíkové fontány

Amoniak a chlorovodík jsou plyny, které se velmi dobře rozpouštějí ve vodě. Výsledkem je zmenšení objemu plynu a pokles tlaku (v baňce). V klasickém provedení experimentu se do vody přidávají acidobazické indikátory. K indikaci kyselého a bazického pH roztoku však lze využít snadno dostupný extrakt antokyanů z červeného zelí.

Chemikálie a materiál:

Červené zelí, baňka 500 ml s kulatým dnem, zátka s trubicí na konci zúženou, která zasahuje do baňky, velká kádinka nebo akvárium, 25% vodný roztok amoniaku, 35% roztok chlorovodíku, kahan.

Postup:

- Spařte listy červeného zelí horkou vodou a nechte barviva extrahovat přibližně 1 hodinu. Extrakt barviv dekantujte do velké kádinky.
- Do silnostěnné baňky s kulatým dnem nalijte asi 2 ml koncentrovaného roztoku amoniaku nebo chlorovodíku.
- Zahřívejte opatrně baňku nad plamenem kahanu, až se vnitřní prostor baňky naplní vyvařeným plynem.
- Baňku uzavřete zátkou s trubicí. Druhým koncem ponořte trubici do kádinky s vodným extraktem barviv.

¹<https://doi.org/10.1021/ed076p378>

Experimenty s antokyany

Růžové, červené, fialové a modré květy často obsahují ve vodě rozpustná barviva antokyany. Antokyany najdete v rostlinném světě skoro na každém kroku. Kromě mnoha květů zbarvují také plody – třeba jahody, borůvky a ostružiny – nebo červené podzimní listy. Zajímavé je, že v kyselém prostředí mají tyto látky jinou barvu než v zásaditém. V kyselém prostředí (tedy při pH nižším než 7) jsou obvykle růžové až červené. V zásaditém prostředí (při pH vyšším než 7) jsou pak modré, modrozelené až zelené.

V přírodě existují desítky různých antokyanů, které se poněkud liší svou barvou a reakcí na pH. Všechny ale mají podobnou chemickou strukturu, tvoří tedy jednu skupinu látek.

Některé rostliny obsahují místo antokyanů jiné typy barviv – karotenoidy nebo betakyany. V takovém případě se barva se při různém pH nezmění.

V klasickém provedení se antokyany extrahují do vody (například je možné materiál spařit horkou vodou) a následně se u extraktu například demonstruje změna jeho barvy v závislosti na pH. Tento experiment vyžaduje poměrně velké množství rostlinného materiálu. Vy si vyzkoušíte odlišný přístup – antokyany budou vymačkány do svého filtračního papíru a následně bude zkoušena jejich reakce na pH.

Chemikálie a materiál:

Kyselina citronová, jedlá soda (NaHCO_3), filtrační papír nebo jiný tuhý savý papír, folie nebo euroobaly, kádinky (400–600 ml) nebo sklenice či kelímky o podobném objemu, savé papíry (papírové ručníky, kapesníky...).

Rostlinný materiál bohatý na antokyany:

- Červené zelí, černá mrkev, ředkvička, borůvky, jahody, maliny, ostružiny, granátové jablko, červené bobule hroznového vína, ovocný čaj s ibiškem...
- Korunní lístky růžových, červených, fialových či modrých květů. Vhodné jsou třeba modrofialová violka, růžová pivoňka a červené pelargonie.
- Červené a červeno-žluté podzimní listí rostlin.

Postup:

- Ve velkých kádinkách si připravte vodné roztoky jedlé sody (15 g NaHCO_3 na 500 ml vody) a kyseliny citronové (12 g na 500 ml vody).
- Z (filtračního) papíru vystříhnete proužky o rozměrech přibližně 7×10 cm, případně velikost přizpůsobte velikosti rostlinného materiálu.
- Kousek rostliny vložte mezi dva proužky papíru a vše vložte mezi dvě plastové folie (euroobaly). Následně rostlinu rozmačkejte vhodným předmětem (hříbkem na zašívání ponožek, pevnou skleněnou lahví, lžící, v laboratoři se osvědčila skleněná baňka s kulatým dnem). Pokud je folie průhledná, můžete sledovat, jak barevný roztok vsakuje do papíru).
- Když vidíte, že se barvivo z květů vsálo do papíru, vyndejte papírové proužky z desek a odstraňte z nich rozmačkané zbytky rostliny.
- Jeden ze dvojice papírků ponořte na 2–3 sekundy do roztoku kyseliny citronové, druhý do roztoku jedlé sody. Nemačkejte papírek příliš dlouho, aby se z něj barvivo nevymylo do roztoku. Papírky následně lehce osušte mezi dvěma papírovými kapesníky nebo ubrousky.

- Proužky papírku položte na vhodnou podložku a pozorujte barevnou změnu. V některých případech trvá několik minut, než se vodný roztok dostane k barvivu zachyceném v papíru.

Komentář:

Některé listy rostlin barví intenzivněji jen proužek papíru přiléhající ke spodní straně listu. Proto je potřeba proceduru opakovat, abyste pro experiment dostali dva papírky s podobným množstvím barviva.

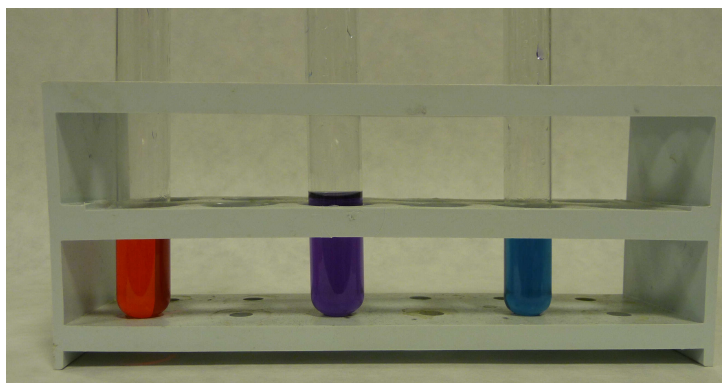
V některých květech jsou kromě antokyanů také jiné barevné sloučeniny. Ty mohou ovlivnit výslednou barvu po namočení do roztoku.

Papírky můžete po skončení pokusu usušit a schovat si je. Barvy ovšem nejsou úplně stálé. Zvláště u papírků ponořených do roztoku jedlé sody probíhají na vzduchu ještě další chemické reakce a původní modrá nebo zelená barva postupně přecházejí do žluté až hnědé.

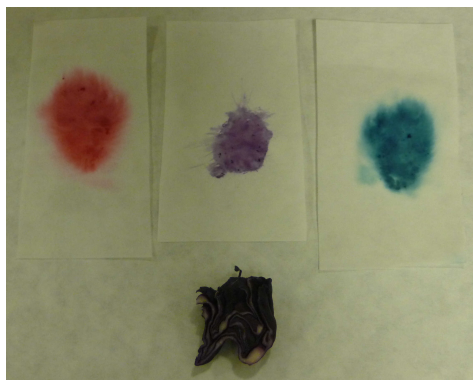
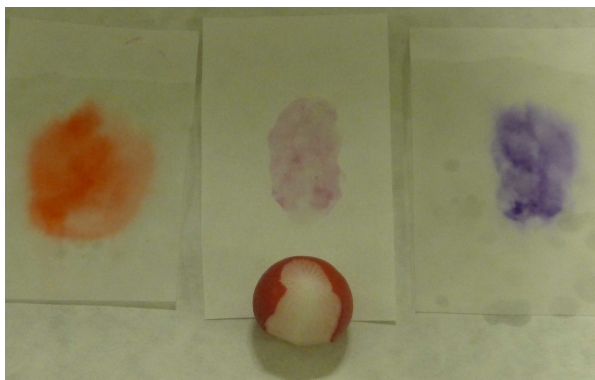
Domácí alternativou filtračního papíru mohou být papírové filtry do překapávače kávy a čaje. Pokud je nemáte, zkuste použít jiný savý papír, který je dostatečně pevný.

Doplňující otázky:

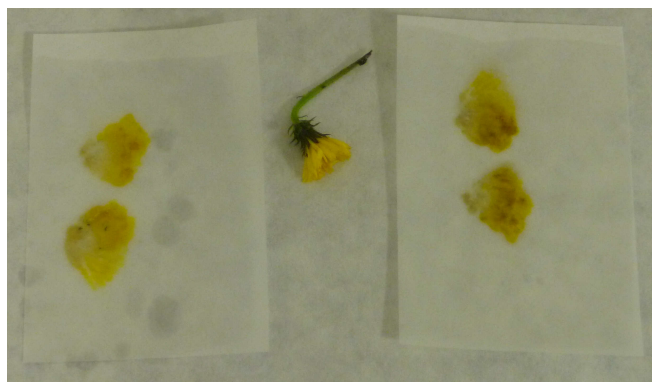
1. Pořídte fotodokumentaci výsledků svých experimentů a fotografie v podobě jednoho dokumentu odevzdejte.
2. Co způsobuje dobrou rozpustnost antokyanů ve vodě?
3. Vyhledejte, jaké antokyany jsou obsaženy v rostlinách, se kterými jste experimentovali a uveďte jejich strukturní vzorce.
4. Listy některých rostlin na podzim červenejí, protože se v nich nově syntetizují antokyany. Pokuste se odhadnout, jakou funkci tato barviva v listech plní.



Obrázek č. 5: Vodný extrakt antokyanů vzniklý spařením červeného zelí a jeho reakce na pH. Vlevo je okyselený extrakt, uprostřed neutrální extrakt a vpravo extrakt s přidanou zásadou.

A**B****C****D**

Obrázek č. 6: Reakce antokyanů obsažených v červeném zelí (A), ředkvičce (B), červeném listu rostliny (C) a modré bobuli stejné rostliny (D) na pH. Papírek vlevo má kyselou reakci, uprostřed je neutrální pH, vpravo bazické pH.



Obrázek č. 7: Květ, který neobsahuje antokyany a jeho barva se s pH nemění. Papírek vlevo má kyselou reakci, vpravo má papírek bazické pH.



Obrázek č. 8: Reakce antokyanů obsažených v různých květech na pH. Papírek vlevo má kyselou reakci, vpravo má papírek bazické pH.

Výroba barevné limonády

Experiment popisuje výrobu šumivého nápoje barveného přírodními rostlinnými barvivy, která jsou extrahována například z červeného zelí nebo borůvek. Smícháním zásaditého roztoku hydrogenuhličitanu sodného s kyselým roztokem kyseliny citronové dochází k neutralizaci a k uvolňování oxidu uhličitého, který zajišťuje charakteristické šumění. Červené zelí a borůvky obsahují mnoho anthokyanů, které jsou charakteristické závislostí barvy na pH.

Pomůcky:

Kádinky, skleněné tyčinky, nůž, odměrný válec, laboratorní váhy.

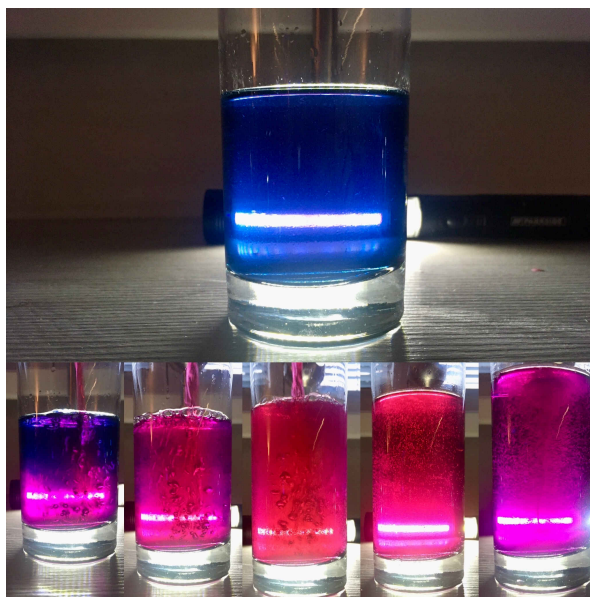
Chemikálie a suroviny:

Jedlá soda, kyselina citronová, destilovaná voda, červené zelí, borůvky (borůvkový kompot).

Provedení:

Nakrájejte listy červeného zelí na malé kousky a zalijte je horkou vodou. Po cca 20 minutách extrakt dekantujte. První kádinku naplňte asi 10 ml extraktu a doplňte do jedné třetiny vodou. Dále k extraktu přidejte malé množství jedlé sody; asi tolik, aby roztok získal po jejím rozpuštění světle modrou barvu. Druhou kádinku do poloviny naplňte vodou a rozpusťte v ní asi 0,5 g kyseliny citronové. Následně roztoky z obou kádinek smíchejte, čímž vznikne růžový šumivý nápoj (výsledná barva závisí na pH roztoku po neutralizaci, pokud byste použili větší množství zásady bude modrá). V případě borůvek bude postup velmi podobný. Zajímavého

efektu lze dosáhnout, když roztoky nejsou dokonale smíseny v celém objemu a jsou patrné barevné přechody.

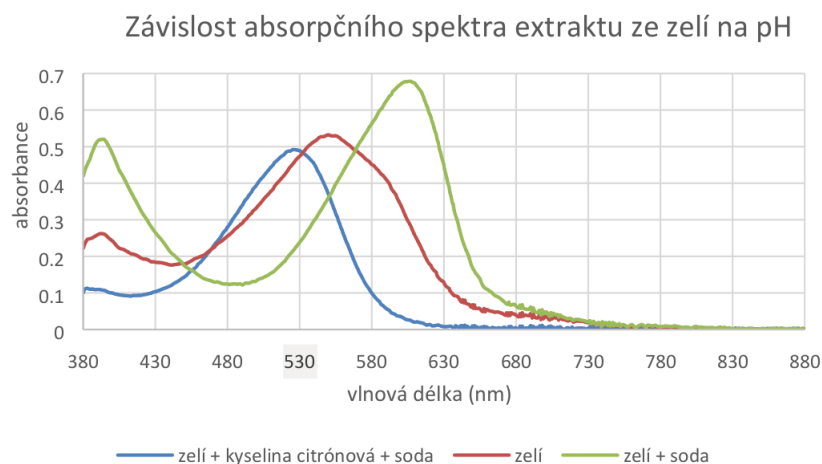


Obrázek č. 3: Extrakt z červeného zelí ve vodě voda + jedlá soda (nahore); efekt přidání vodného roztoku kyseliny citronové (dole).

Komentář:

Takto (mimo laboratoř) připravená limonáda je zdravotně nezávadná a je možno ji ochutnat. Pro lepší chuť je možné do roztoků přidat malé množství cukru. Extraktem z antokyanů lze barvit i jiné potraviny, zajímavého efektu například dosáhneme obarvením jogurtu nebo kysané smetany.

Pro zajímavost byly změřeny i absorpční spektra některých roztoků.



Obrázek č. 4: Závislost absorpčního spektra extraktu ze zelí na pH.

Adsorpce barviv z červeného vína

Červené víno obsahuje relativně velké množství barviv (zejména tzv. antokyanů). Barviva obsažená v červeném víně jsou relativně velké molekuly, které se mohou adsorbovat na látky s velkým povrchem.

Aktivní uhlí je modifikace uhlíku, která má velký povrch. Proto je aktivní uhlí schopno na svůj povrch „vázat“ (tzv. adsorbovat) některé látky – v našem případě třeba barviva z červeného vína.

Chemikálie a materiál:

Aktivní uhlí a červené víno.

Postup:

- Do kádinky o objemu 400 ml nalijte **100 ml** červeného vína nevalné kvality a přidejte varné kamínky.
- Kádinku s vínem zahřejte. Za horka (ale ne za varu) přidejte asi 2 lžičky aktivního uhlí.
- Následně zahřejte k varu a vařte ještě asi **5 minut** a pak nechte ochladit (nejlépe v misce se studenou vodou).
- Víno dekantujte, abyste jej oddělili od většiny aktivního uhlí.
- Sestavte si filtrační aparaturu a víno se zbytky aktivního uhlí přefiltrujte přes hladký nebo skládaný filtr. Pozorujte barvu filtrátu.
- Filtrát vylijte do odpadu a v žádném případě jej nekonzumujte.

Komentář:

Aktivní uhlí je podstatnou složkou léků, které se používají při zažívacích problémech („živočišné uhlí“). Proto by se tyto léky nabízely jako alternativní zdroj aktivního uhlí. Ukazuje se však, že léky jsou poměrně drahé a obsažené částičky uhlíku jsou velmi malé a mají tendenci procházet přes filtrační papír.

Doplňující otázky:

1. Antokyany jsou barviva, která jsou obsažena i v jiných potravinách. Jmenujte alespoň tři další příklady.