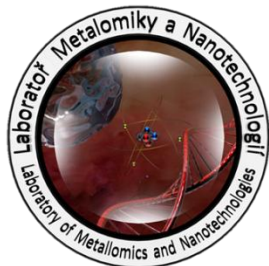


Laboratoř Metalomiky a Nanotechnologií



Praktický kurz

Monitorování hladiny metalothioneinu po působení iontů těžkých kovů

Elektrochemické stanovení kovu

Vyučující: Mgr. Renáta Kenšová, Ph.D.

Elektrochemická detekce kovů probíhá v acetátovém pufru v objemu 2 ml v elektrochemické měřicí nádobce. Acetátový pufr je složen z 0,2 M CH_3COONa a pomocí CH_3COOH je upraven na požadované pH 5. Elektrolyt se dává o objemu 1985 μl . Vzorek je dávkován v objemu 15 μl , ale lze pipetovat i objemy větší. Samotné měření je započato vnesením proudu argonu do elektrolytu (90 s) pro dostatečné promíchání vzorku v základním elektrolytu a odstranění přebytečného kyslíku ze vzorku. Měření je prováděno metodou diferenční pulzní voltametrií (DPV). Parametry měření jsou následující: akumulace vzorku na povrchu pracovní elektrody ($E = -1,15 \text{ V}$, 240 s). Začátek záznamu je nastaven na počáteční potenciál $-1,3 \text{ V}$, koncový potenciál je 0,2 V, modulační čas 0,025 s, časový interval 0,04 s, potenciálový krok 5 mV, modulační amplituda 25 mV. Tento měřicí cyklus je opakován třikrát.

Jako pracovní elektroda je při elektrochemickém měření použita rtuťová kapková elektroda (HMDE), jako pomocná platinová a jako referentní elektroda je používána elektroda $\text{Ag}/\text{AgCl}/3 \text{ M KCl}$.

Měření kovů bude prováděno na automatickém měřicím zařízení skládající se z autosampleru 813 Compact Autosampler (Metrohm, Švýcarsko) propojeném s měřicí jednotkou 797 VA Computrace (Metrohm, Švýcarsko). Data budou vyhodnocena pomocí softwaru 797 VA Computrace od firmy Metrohm (Švýcarsko).



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



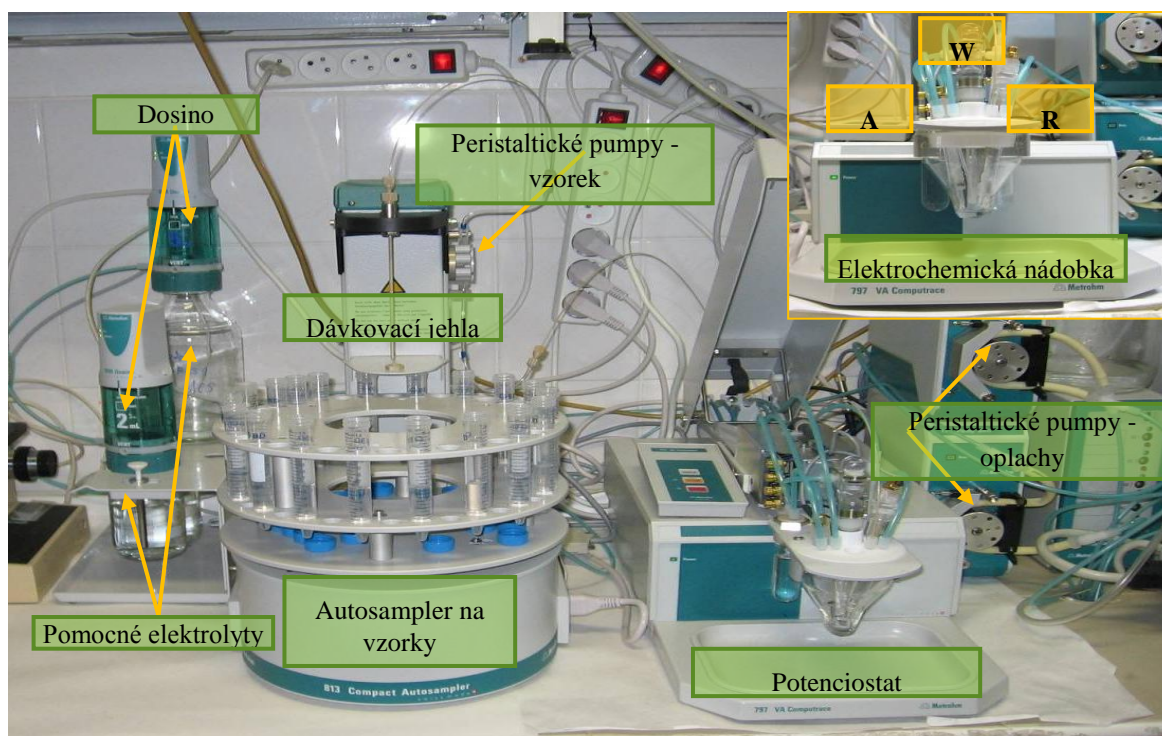
OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Navážíme 27,22 g trihydrátu octanu sodného ($\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$) a rozpustíme do 1 litru ACS H_2O , přidavkem kyseliny octové (CH_3COOH) upravíme na požadované pH 5,0.

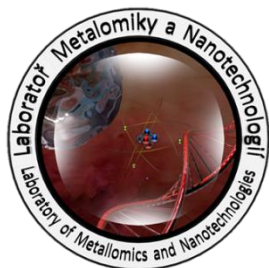
Postup měření v elektrochemické nádobce na automatickém analyzátoru:

- 1) dobře vymýt elektrochemickou nádobku a vodou opláchnout elektrody
- 2) napipetovat 985 μl acetátového pufru pH 5 do epinky (1,5 ml) a přidat 15 μl vzorku
- 3) takto připravený vzorek umístit do autosampleru (odstříhnout víčko epinky)
- 4) doplníme vodu na oplachy (vymytí nádobky mezi jednotlivými měřeními vzorků)
- 5) zkontrolovat obsah acetátového pufru pH 5 v automatické byretě (doplní 1 ml acetátového pufru do elektrochemické cely do celkového objemu 2 ml)
- 6) zadáme vzorky do programu měření
- 7) spustíme automatickou analýzu a probíhá samotné měření
- 8) každý vzorek změřit minimálně 3x (není třeba měnit obsah nádobky)
- 9) automatické vyhodnocení naměřených dat v programu 797 VA Computrace případně manuálně v programu GPES



Autosampler 813 Compact Autosampler (Metrohm, Švýcarsko) propojený s měřicí jednotkou 797 VA Computrace (Metrohm, Švýcarsko).

Laboratoř Metalomiky a Nanotechnologií



Praktický kurz

Monitorování hladiny metalothioneinu po působení iontů těžkých kovů

Elektrochemické stanovení metalothioneinu

Vyučující: Ing. Kateřina Tmejová, Ph.D., Mgr. Hoai Viet Nguien

Elektrochemická detekce metalothioneinu (MT) v Brdičkově roztoku je možná dvěma způsoby: (a) měřením v elektrochemické nádobce nebo (b) adsorptivní přenosovou technikou (AdTs). Brdičkův elektrolyt je složen z 1mM $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ a 1mM amonného pufru NH_3 (aq) s NH_4Cl . Elektrolyt se dávkuje o objemu 1 995 μl . Vzorek je dávkován v objemu 5 μl , ale lze pipetovat i objemy větší. Jako pracovní elektroda je při elektrochemickém měření použita rtuťová elektroda (HMDE), jako pomocná glassy carbon a jako referenční elektroda je používána elektroda $\text{Ag}/\text{AgCl}/3 \text{ M KCl}$.

Samotné měření je započato vnesením proudu argonu do elektrolytu (20 s) pro dostatečné promíchání vzorku v základním elektrolytu a odstranění přebytečného kyslíku. Měření je prováděno diferenční pulzní voltametrií (DPV). Parametry měření jsou následující: akumulace vzorku na povrchu pracovní elektrody ($E = 0 \text{ V}$, 120 s), začátek záznamu je nastaven na počáteční potenciál -0,70 V, koncový potenciál je -1,75 V, modulační čas 0,057 s, časový interval 0,2 s, potenciálový krok 2 mV, modulační amplituda -250 mV, $E_{\text{ads}} = 0 \text{ V}$. Tento měřicí cyklus je opakován třikrát. Nutné je neustálé chlazení elektrolytu a měřených vzorků (5°C).

Samotné měření je možné provádět na ručním standu (obr. 1) nebo na plně automatizované aparatuře (obr.2). Plně automatizovaný systém umožňuje měření větších počtů vzorku (řádově v desítkách



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

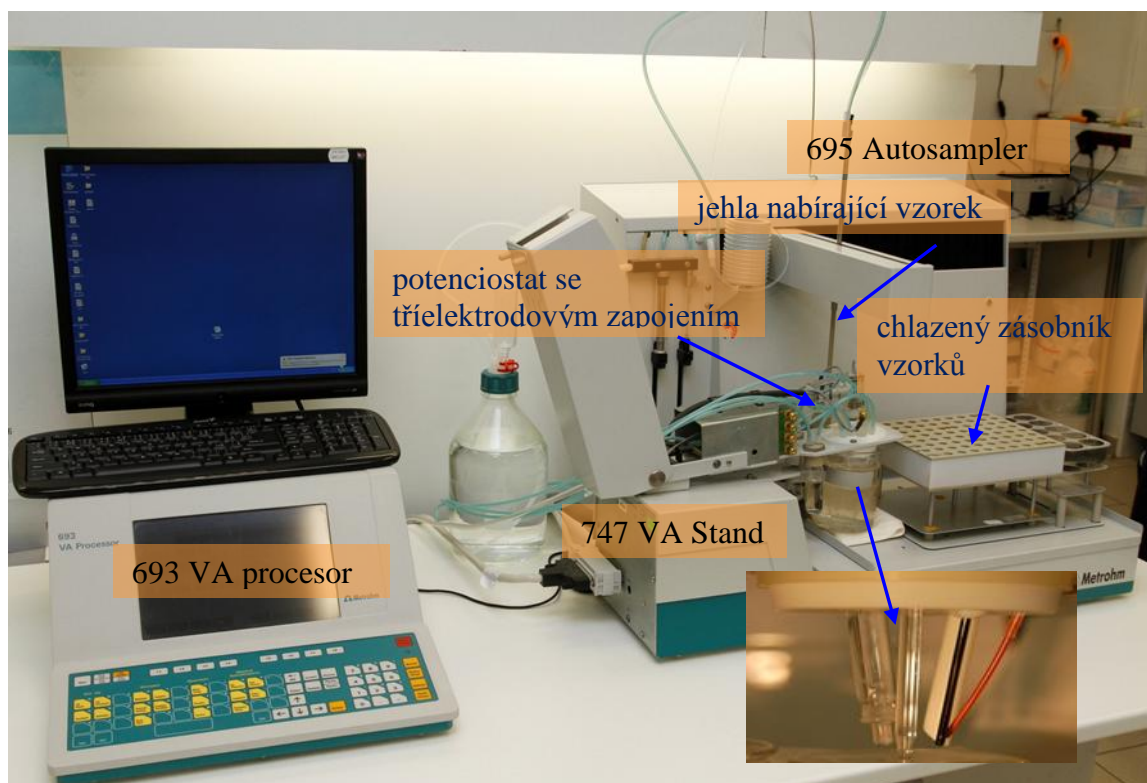


OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 1 Schéma ručního standu.



Obr. 2 Schéma automatické aparatury.



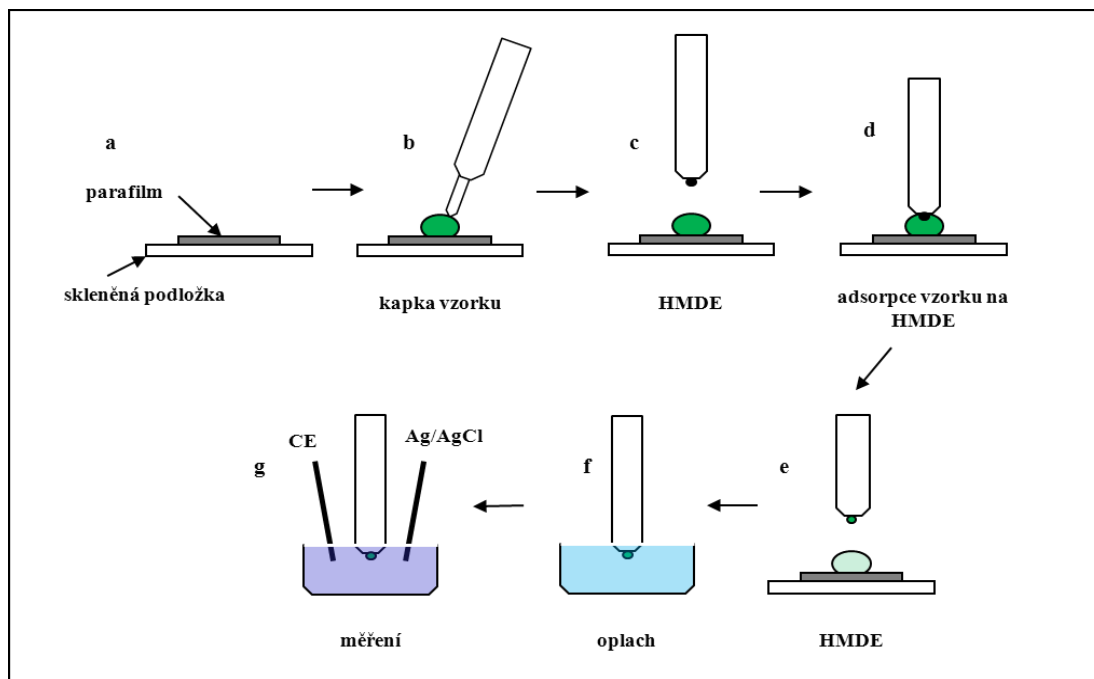
Postup měření v elektrochemické nádobce:

- 1) zapnout potenciostat
- 2) zapnout PC
- 3) spustit program GPES
- 4) zapnout argon
- 5) dobře vymýt elektrochemickou nádobku
- 6) dát 1995 μl Brdičkova elektrolytu do nádobky
- 7) zajistit chlazení elektrochemické cely
- 8) omýt kapiláru vodou
- 9) odebrat 5 μl vzorku
- 10) přidat 5 μl vzorku do nádobky
- 11) pipetou promíchat směs v elektrochemické nádobce promíchat
- 12) odkápnout ručně nebo automaticky 2x rtuťovou kapku (HMDE)
- 13) nechat vzorek 2 min inkubovat na HMDE
- 14) spustit měření
- 15) každý vzorek změřit minimálně 3x (není třeba měnit obsah nádobky)
- 16) mezi měřeními jednotlivých vzorků dobře umýt elektrody MQ vodou
- 17) mezi měřeními jednotlivých vzorků dobře umýt elektrochemickou nádobku MQ vodou
- 18) vyhodnotit naměřená data v programu GPES

Postup měření pomocí AdTS:

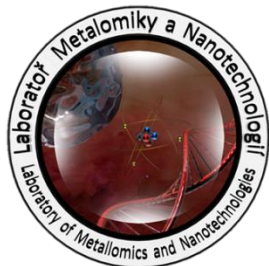
- 1) zapnout potenciostat
- 2) zapnout PC
- 3) spustit program GPES
- 4) zapnout argon
- 5) dobře vymýt elektrochemickou nádobku
- 6) dát libovolné množství Brdičkova elektrolytu do nádobky
- 7) zajistit chlazení elektrochemické cely
- 8) omýt kapiláru vodou
- 9) odebrat 5 μl vzorku
- 10) nanést vzorek ho na parafilm
- 11) nechat vzorek 2 min inkubovat na HMDE
- 12) omýt pracovní elektrodu s naabsorbovaným vzorkem
- 13) pracovní elektrodu se vzorkem přenést do měřicí nádobky
- 14) zapnout program GPES
- 15) probíhá měření

- 16) každý vzorek změřit minimálně 3x
- 17) vyhodnocení naměřených dat v programu GPES
- 18) není nutné měnit elektrolyt při měření dalšího vzorku



Obr. 3 Schéma postupu měření pomocí AdTS.

Laboratoř Metalomiky a Nanotechnologií



Praktický kurz

Monitorování hladiny metalothioneinu po působení iontů těžkých kovů

Příprava vzorku metalothioneinu

Vyučující: Mgr. Monika Kremplová, Bc. Michal Žůrek

Před samotnou analýzou metalothioneinu (MT) je potřeba získané vzorky patřičně upravit. Nejčastěji je na přípravu používán fosfátový pufr ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{HPO}_4$, 0,2 M, pH 7) nebo Tris-HCl.

Vzorky jsou ředěny pufrům v množství ekvivalentním desetinásobku hmotnosti **tkáně**. Vzorek by měl být homogenizován sonikací ultrazvukovým přístrojem, u celistvých tkání nebo pletiv je lepší použít mechanického rozrušování pomocí mixeru. K separaci metalothioneinu od ostatních proteinů se využívá jeho termostability a pro tuto operaci stačí denaturace vzorku v termobloku (99°C, 20 minut). Následnou centrifugací (4°C, 16400 rpm, 30 min) je docíleno oddělení buněčných kompartmentů od cytoplazmy. Odebraný supernatant může být potom použit pro analýzu MT.

Příprava vzorků **tkání** na stanovení hladiny metalothioneinu sestává z několika kroků. Navážíme 100 mg vzorku (tkáně), následně se přidá 1 ml fosfátového pufru o pH 7. Vzorek se rozmixuje pomocí mechanického homogenizátoru ULTRA – TURBAX T8 (IKA – WERKE) po dobu 5 min., dále se homogenizuje pomocí mechanického homogenizátoru SCHUTT. Poté je vzorek vortexován po dobu 15 min. Vzorky jsou uchovávány po celou dobu homogenizace na ledu!!! Následně je vzorek centrifugován po dobu 20 minut při 4°C, při 25000g. Po centrifugaci odebereme 10 µl vzorku, ke kterému se přidá 990 µl fosfátového pufru. Vzorek se nechá denarovat v termobloku (99°C, 20 minut) a poté se centrifuguje (4°C, 16400 rpm, 30 min). V takto připraveném vzorku lze stanovovat metalothionein.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

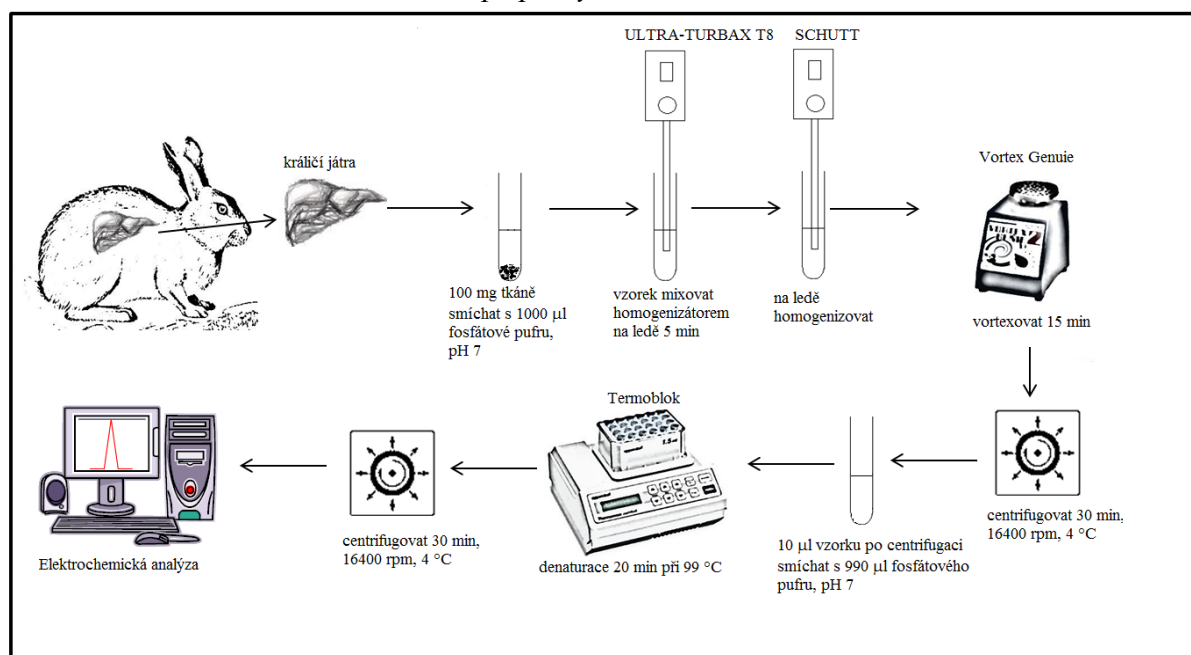
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Při přípravě vzorků na stanovení metallothioneinu v **erythrocytech** navážíme 100 mg vzorku, zakápneme kapalným dusíkem a poté se přidá 1 ml fosfátového pufru pH 7. Ultrazvukovou jehlou homogenizujeme 2 minuty, vortexujeme 10 minut. Centrifugujeme 20 minut 4°C 24000 rpm. Supernatant se odseparuje: 50 μ l + 50 μ l TFA (trifluoroctová kys.). Odebereme 10 μ l vzorku a přidá se 990 μ l fosfátového pufru pH 7. Vzorek se nechá denaturovat v termobloku (99°C, 20 minut) a poté se centrifuguje (4°C, 16400 rpm, 30 min). V takto připraveném vzorku můžeme stanovovat metallothionein.

Při přípravě **vzorků z krve nebo krevní plazmy** se odebere 10 μ l vzorku, přidá se 990 μ l fosfátového pufru, vzorek se nechá denaturovat v termobloku (99°C, 20 minut) a poté se centrifuguje (4°C, 16400 rpm, 30 min). Pokud je po stočení ve zkumavce přítomen nějaký sediment, supernatant se přepipetuje do nové zkumavky a v takto připraveném vzorku lze stanovovat metallothionein.

Zkoumáme-li **buňky**, které byly kultivovány s ionty kovů, je třeba vzorky promýt roztokem pufru. Tím budou odstraněny zbytky kultivačního média a kovy adsorbované na povrch buněk. 1 ml narostlé buněčné kultury kultivované s vybraným kovem je stočen při 6000 rpm, 10 min. Pelet je 3x promyt fosfátovým pufrům pH 7, kdy je během promývání stáčen vždy při 3600 rpm, 5 min. Po třetím stočení se nechá supernatant nad peletem a buňky jsou rozbity ultrazvukovou jehlou po dobu 2 minut. Vzorek se poté denaturuje v termobloku (99°C, 20 minut) a centrifuguje (4°C, 16400 rpm, 30 min).

Schématické znázornění přípravy vzorku na měření metallothioneinu.

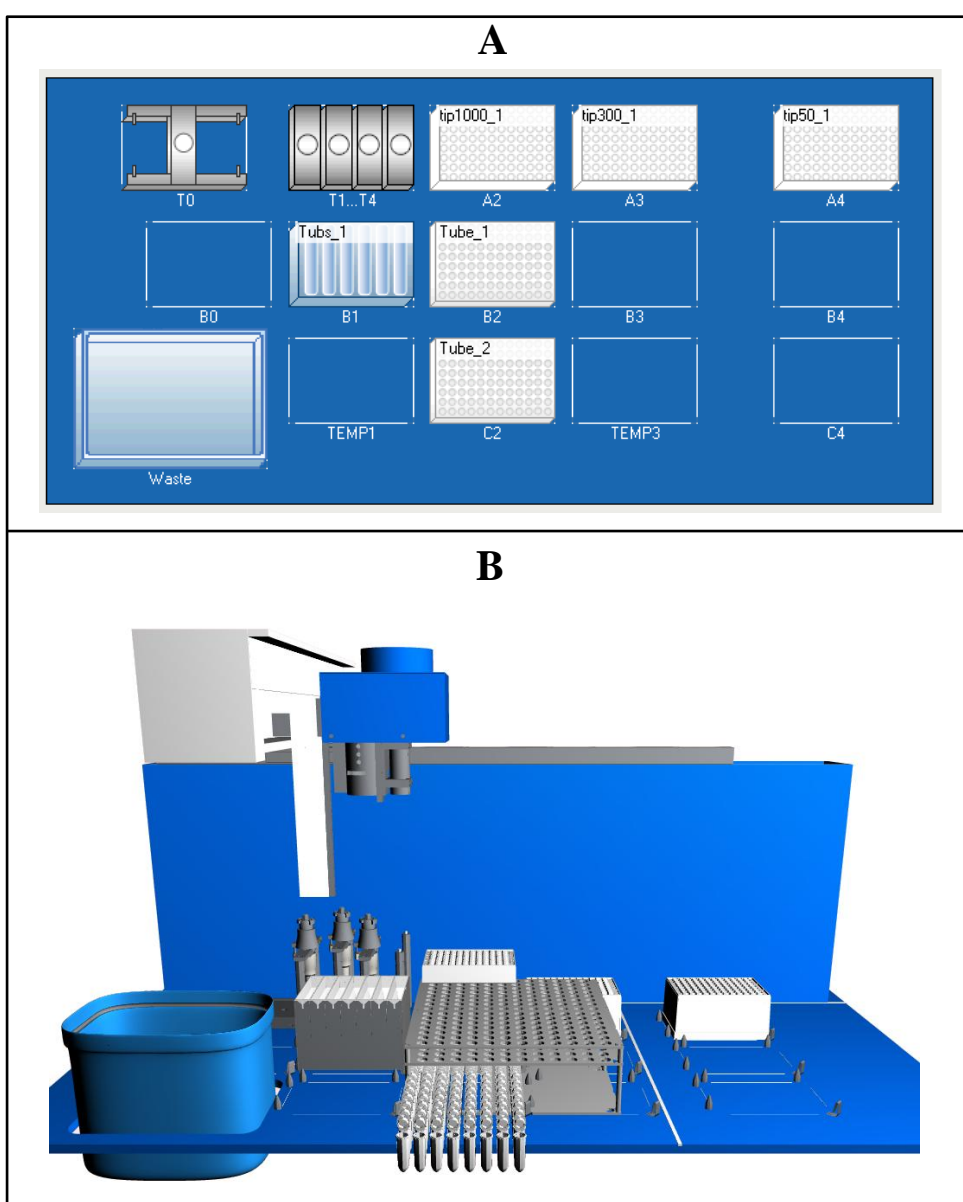


Příprava vzorků sera pro stanovení metallothioneinu pomocí pipetovací stanice EP-MOTION

Pro přípravu vzorků plasmy pro stanovení metallothioneinu byl použit fosfatový pufr o pH 7 (NaH_2PO_4 -9.078 g/l, Na_2HPO_4 -11.876 g/l ACS od firmy Sigma) který byl čerstvě připraven v ACS H_2O . Bylo napipetováno 10 μl vzorku + 990 μl fosfátového pufru pH 7.

EP-Program

Worktable:



A - Schéma worktable Ep Motion 5075

B – Simulace worktable Ep Motion 5075.



T0	Chapadlo (nosnost $\leq 1200\text{g}$)
T1...T4	Dávkovací stroje: TS 1000, TS 300, TS 300/8, TS 50
tip1000_1	epTIPS Motion 1000 μl
tip300_1	epTIPS Motion 300 μl
tip50_1	epTIPS Motion 50 μl
Tubs_1	Držák Eppendorf nádrží s7x30ml zásobníky (maximální objem: 30ml, pracovní objem: 25 ml, limit detekce optického sensoru: 3000 μl)
Tube_1 + Tube_2	Stojan Eppendorf pro 96 Test Tubes (diametr 10.9 mm and max. 75 mm délka, bez regulace teploty).

Metoda

- 1) Metalothionein serum serie A[pozice 1-24]
- 2) Počet vzorků : Variabilní maximum-24
- 3) Teplota : TEMP3 stabilní +4°C
- 4) Přenos činidla pomoci TS_1000 990 μl multidisp,Tubs 1 to dwp 96
- 5) Přenos vzorku pomoci TS_50 10.0 μl pipetování do Tube 3 to dwp 96 1
- 6) Zásah uživatele ! zakrýt víko
- 7) Teplota TEMP1 stabilní + 99°C
- 8) Čekání TEMP1 15min 00sec
- 9) Zásah uživatele! odkrýt víko
- 10) Pipetování vzorku TS_1000 1000 μl se pipetuje do dwp96 1 Tube 1
- 11) Konec metody

Příprava vzorku na stanovení kovů

Nejběžnější postup přípravy vzorku pro stanovení kovů je jeho rozložení v různých kyselinách nebo jejich směsích. Konvenční ohřev vzorků byl nahrazen použitím mikrovln. Mikrovlnný ohřev zajišťuje odstranění kontaminace, a zvyšuje rychlost a účinnost rozkladu (mineralizace) u některých typů vzorků, které mohou být hůře rozložitelné. Tento proces je závislý nejen na použité mineralizační směsi a jejím objemu, ale i na čase a výkonu mikrovln.

Postup přípravy mineralizace vzorků

Navážíme 10 mg , u tekutých vzorků napipetujeme 10 μl vzorku do mineralizačních lahvíček a následně přidáme 350 μl HNO₃ (70%) a 150 μl H₂O₂ (30%). Vzorek dále zmineralizujeme



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

CZ.1.07/2.3.00/20.0148 NANOLABSYS

Mezinárodní spolupráce v oblasti „*in vivo*“ zobrazovacích technik

http://web2.mendelu.cz/af_239_nanotech/nanolabsys/

v MW Anton Paar, program SUP6, rotor MG-65. Po mineralizaci

vzorek naředíme; k 15 μ l vzorku se přidá 985 μ l 0,2M acetátového pufru o pH 5.



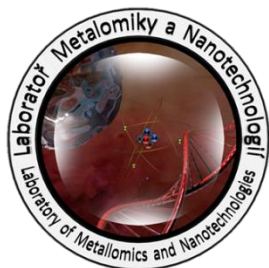
Mineralizační systém Anton Paar



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Laboratoř Metalomiky a Nanotechnologií



Praktický kurz

Monitorování hladiny metalothioneinu po působení iontů těžkých kovů

Vyhodnocení měření

Vyučující: Ing. et Ing. David Hynek, Ph.D., Prof. Ing. René Kizek, Ph.D.

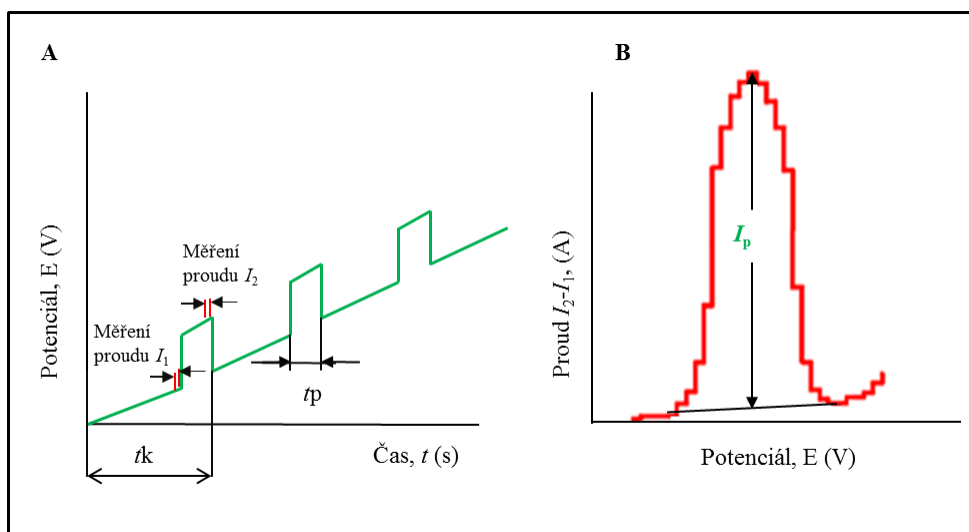
Při sledování chování metalothioneinu (MT) při interakci s kovovými ionty je vhodné podívat se na obě složky interakční směsi. Na jedné straně se sleduje MT, který je stanoven pomocí katalytického vylučování vodíku na rtuťové elektrodě na druhé straně kovová složka.

Elektrochemická detekce MT dovoluje kromě thiolových látek také stanovení thiolových skupin ve složitých molekulách. Díky vysokému obsahu thiolových skupin v molekule metalothioneinu jsou elektrochemické metody obzvláště vhodné pro jeho stanovení. Pro zvýšení citlivosti elektrochemických metod je často využívána přenosová adsorptivní technika (AdTs), kdy je MT akumulován na povrchu visící rtuťové kapkové elektrody (HMDE) a takto modifikovaná elektroda je vložena do měřicí nádoby s Brdičkovým elektrolytem.

Běžnou elektroanalytickou metodu pro stanovení MT je diferenční pulsní voltametrie, při níž se studuje závislost elektrického proudu tekoucího pracovní elektrodou ponořenou v analyzovaném roztoku na jejím potenciálu, který se s časem mění. Při této metodě (Obr. 1) je potenciál lineárně s časem se měnící překládán napěťovým pulsem o amplitudě 10 až 100 mV a době trvání řádově desítek ms. Napěťový puls je aplikován ke konci doby života kapky, přičemž celková doba kapky je řízena elektronicky klepátkem. Regstruje se rozdíl proudů změřených těsně před vložení pulsu a na jeho konci. Závislost rozdílu proudů na potenciálu prochází maximem, má tvar píku. Poloha píku na potenciálové ose je dána kvalitou analytu, jeho výška závisí na koncentraci.

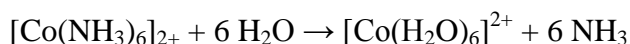


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



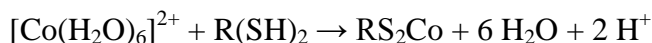
Obr. 1: Charakter vkládaného potenciálu (A) a registrovaná polarizační křivka při diferenční pulsní voltametrii (B). t_k je doba kapky, t_p doba trvání pulsu, I_p limitní proud.

Stanovení metalothioneinu v Brdičkově elektrolytu se dáno katalytickou reakcí v Brdičkově roztoku. Zmíněný roztok je složen z amonného pufru (chlorid amonný a amoniak) a kobaltitého komplexu (chlorid hexaamminokobaltitý komplex). Chemické jevy popsáné níže se zakládají na interakci $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ s $-\text{SH}$ skupinou proteinu. Jako elektrolyt je použit již zmíněný amonný pufr s vysokým pH. Nejprve dochází redukci Co^{3+} na Co^{2+} za vzniku $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ (Obr.2). Protože kobaltitý ion je zařazen mezi tzv. tvrdé kationty a amino skupina mezi tzv. tvrdé anionty, je vzniklý komplex stabilní. Po redukci vzniká kobaltnatý ion, který je již větší, má menší povrchovou hustotu náboje a je tudíž měkký. Stabilita komplexu měkkých a tvrdých kyselin a bází je nízká a produkt redukce (hexaamminkobaltnatý ion) je hydrolyzován podle následující reakce:

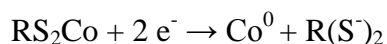


Vzniklý amoniak zvyšuje pH a tím vytváří podmínky pro katalytickou reakci, která by mohla proběhnout později s využitím NH_4^+ kationtu. První redukce kobaltu z oxidačního čísla III na II vytvoří polarografickou vlnu v potenciálu přibližně $E_p = -0,3 \text{ V}$. Následná redukce nepřilíš stabilního hexaaquakobaltnatého na čistý kobalt probíhá při potenciálu $-1,2 \text{ V}$. Jako výsledek redukce $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ v amonném pufru tedy vzniknou dvě polarografické vlny v potenciálu přibližně $E_p = -0,3 \text{ V}$ ($\text{Co}^{3+} \rightarrow \text{Co}^{2+}$) a $E_p = -1,2 \text{ V}$ ($\text{Co}^{2+} \rightarrow \text{Co}^0$) (Obr. 2).

Pokud by ale přidaná látka obsahovala sulfhydrylové skupiny, následné reakce by po první redukci probíhaly následovně. První signál je opět signál redukce kobaltitého komplexu na kobaltnatý. Ale protože $-\text{SH}$ skupiny (potažmo $-\text{S}-$) jsou měkké báze (díky velikosti a hustotě náboje), vzniká stabilní komplex RS_2Co (Obr. 2) podle rovnice:



Druhý signál není tedy redukcí $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$, ale Co^{2+} navázaného v komplexu thiolových skupin. Průběh redukce by se dal popsat následovně:

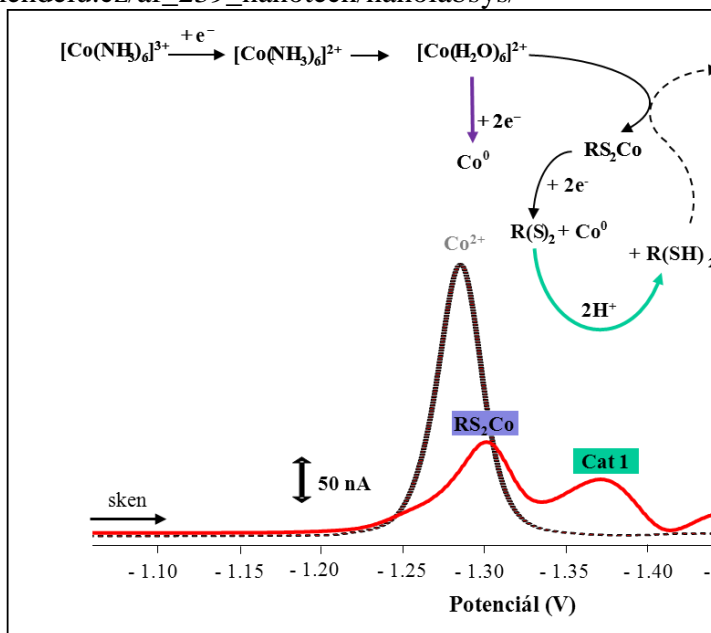


Při vyšších koncentracích thiolových chelátů může být pozorován i pík Co1, který odpovídá redukcí $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ a který se nalézá v kladnějším potenciálu než pík redukce RS_2Co . Vodíkové ionty, vzniklé záměnou ligandů vody za sulfhydrylové skupiny, jsou absorbovány molekulami amoniaku za vzniku amonných iontů.

Po redukcí Co^{2+} na Co^0 je skupina $\text{R}(\text{S}^-)_2$ okamžitě protonována NH_4^+ skupinou a sloučenina je obnovena a schopna vázat další hexaakobaltnaté ionty. Poslední dva signály (Cat1 - $E_p = -1,35 \text{ V}$ a Cat2 - $E_p = -1,48 \text{ V}$) jsou po přidání sloučeniny s $-\text{SH}$ skupinami katalytické povahy. Cat2 je zřejmě výsledkem redukce H^+ iontů vzniklých z reakce mezi $\text{R}(\text{SH})_2$ a $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$. Jedná se o katalytický jev, protože po zvýšení teploty byl pozorován úbytek signálu, což nasvědčuje závislé na povrchové reakci. Reakce $\text{R}(\text{SH})_2$ s $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ probíhá na povrchu elektrody a $\text{R}(\text{SH})_2$ je katalyzátorem vývoje vodíku z elektrolytu.

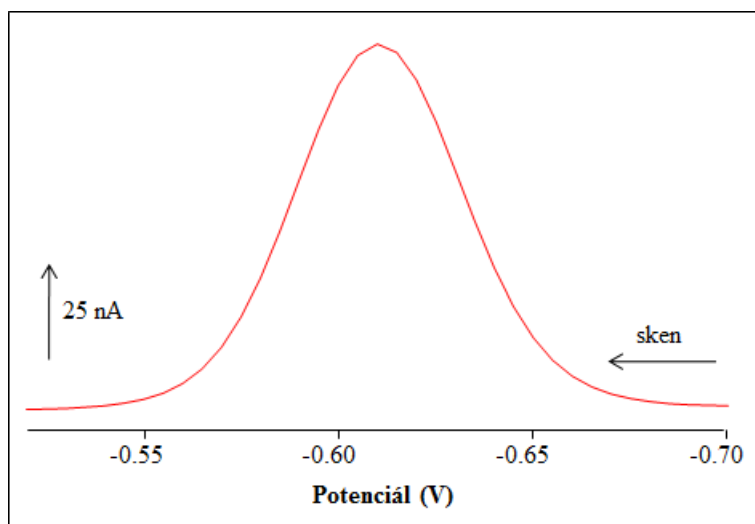
Bylo zjištěno, že při použití Brdičkovy reakce je analyzována hladina MT, a výška posledního signálu ($-1,48 \text{ V}$) na voltamogramu Brdičkovy reakce s reálným vzorkem je závislá na jeho koncentraci.

Voltamogram získaný při stanovení MT v Brdičkově elektrolytu ($1 \text{ mM } [\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ v roztoku 1 mM amonného pufru $\text{NH}_3 (\text{aq}) + \text{NH}_4\text{Cl}$) obsahuje tedy tři charakteristické píky: (a) RS_2Co - redukce kobaltnatých iontů z komplexu $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$, (b) Cat1 - redukce kobaltu v komplexu s thiolovou skupinou proteinu, (c) Cat2 - odpovídá vzniku vodíku spřaženého s interakcí hydratovaného kobaltnatého iontu s thiolovými skupinami MT.



Obr. 2 Schéma vzniku jednotlivých píků při detekci MT v Brdiczkově elektrolytu

Stanovení kovového iontu pomocí diferenční pulsní voltametrie (DPV) je spojeno se vznikem jednoho oxidačně redukčního píku při charakteristickém potenciálu (oproti referentní elektrodě Ag/AgCl/3 M KCl). U takového píku se nejčastěji vyhodnocuje jeho výška (intenzita) – v případě symetrického píku (Obr. 3), nebo plocha - v případě nesymetrického píku. Je důležité zmínit, že každý kov má své charakteristické potenciálové maximum, podle něhož lze určit, jaký kov je v měřeném vzorku stanoven.



Obr. 3 Pík kadmia stanoveného v prostředí acetátového pufru pH 5 metodou DPV

CZ.1.07/2.3.00/20.0148 NANOLABSYS

Mezinárodní spolupráce v oblasti „*in vivo*“ zobrazovacích technik

http://web2.mendelu.cz/af_239_nanotech/nanolabsys/



V případě vyhodnocování píků MT nebo kovu se vždy ze získaných voltamogramů vždy s využitím programu GPES odečítá poloha (potenciál charakterizující kvalitativní složku elektrochemického záznamu) a výška píku (kvantitativní část záznamu).



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ