

3. KAPALINOVÁ CHROMATOGRRAFIE (RP-HPLC)

3.3. Provedení chromatografického stanovení

Vysokoučinná kapalinová chromatografie RP-HPLC je druhem kapalinové chromatografie s reverzní fází, což znamená, že mobilní fáze (MF) je většinou organické rozpouštědlo a stacionární fáze (SF) je pevná látka. Mobilní fáze je pak tlačena skrz nepohyblivou a nemísitelnou stacionární fázi. Principem HPLC je různá afinita vzorku ke stacionární fázi. Čím vyšší má vzorek afinitu ke stacionární fázi, tím větší je jeho zadrž a pozdější eluce, dochází tedy k separaci látek.

Vzorek je kolonou nuceně transportován postupným přitékáním mobilní fáze. Tento proces se nazývá eluce. Výsledkem měření pomocí metody HPLC je chromatogram, z něhož zjišťujeme retenční čas jednotlivých analytů, popřípadě koncentraci, atd

Nejdůležitější kvalitativní charakteristikou látek rozdělujících se mezi stacionární a mobilní fázi je kapacitní faktor, pro jehož výpočet je nezbytné znát mrtvý čas dané kolony. Mrtvý čas t_0 je čas, za který projde kolonou nezadržovaná látka, tzn. látka, která prakticky neinteraguje se stacionární fází (SF). Je-li tedy SF velmi polární (nemodifikovaný silikagel), můžeme mrtvý čas ztotožnit s retenčním časem velmi nepolární kapaliny, tj. markeru (např. hexanu), je-li SF velmi nepolární (C18), pak markerem může být velmi polární molekula, např. aceton.

Při znalosti průtokové objemové rychlosti (F , ml·min⁻¹), lze vypočítat V_M mrtvý objem kolony z času t_M .

3.3.1. Příprava chromatografu k měření a sběr dat

- zapnout zařízení, a to v pořadí detektor, pumpa, počítač (nutné nažhavení detektoru po dobu 30 minut). MF je třeba odplynit na ultrazvukové lázni po dobu minimálně 20 minut.
- jakmile je detektor nažhavený, je možné přistoupit k ekvilibraci kolony.
- zkontrolovat, zda je nasávací hadička s filtrem ponořena pod hladinou MF.
- inj. stříkačku se šroubovacím zakončením o objemu 30 ml nasadit na výpustní ventil pumpy. Ventil opatrně otevřít a pomalu natáhnout mobilní fázi ze zásobní láhve, to zajistí odstranění bublin z koloběhu mobilní fáze. Před sejmutím stříkačky z výpustního ventilu vždy ventil opět uzavřít. Natáhnutí mobilní fáze opakovat alespoň 2x, dokud nedojde k odstranění veškerých drobných bublinek z nasávací hadičky. Poté ještě hadičku zkontrolovat pohledem, případné bublinky sklepnout a znovu inj. stříkačkou natáhnout mobilní fázi. **POZOR!** Při vniknutí bublin do kolony může dojít k jejímu poškození.
- na pumpě nastavit požadovaný průtok pro stanovení (0,5 ml·min⁻¹), teprve nyní je možné spustit pumpu tlačítkem "RUN".
- až je tlak na pumpě konstantní, spustit program EZStart.
- v úvodní nabídce vybrat metodu *test254.met* (lze ji najít na cestě c:\Ezstart\Methods\test254.met). Tato metoda slouží k ekvilibraci kolony a také k následnému provedení jednotlivých měření
- spustit *Preview* na horní liště programu, které slouží k ekvilibraci kolony.
- základní linie (base line) se ustálí po cca 40 min, což odpovídá 20 kolonovým objemům, po této době ukončit ekvilibraci červeným tlačítkem "RUN STOP".

3.3.2. Příprava roztoků standardů a neznámého vzorku

Mobilní fáze: CH₃OH:voda 70:30 (v/v).

Příprava testovací směsi - do odměrné baňky na 10 ml připravit testovací směs napipetováním 50 µl acetonu, 25 µl benzenu a 25 µl toluenu, doplnit methanolem po rysku. Připravenou směs umístit na 5 min do ultrazvukové lázně. Nástřik 20 µl (proměřit 1×).

Příprava 0,002% roztoku thiomocoviny pro stanovení mrtvého objemu kolony - do odměrné baňky na 100 ml připravit navážením 0,01% roztok thiomocoviny rozpuštěním v destilované vodě. Připravenou směs umístit na 5 min do ultrazvukové lázně. Poté tento roztok naředit methanolem 5× do odměrné baňky na 10 ml. Připravenou směs opět umístit na 5 min do ultrazvukové lázně. Nástřik 20 µl (proměřit 1×).

Příprava 0,002% roztoku thiomocoviny pro sestavení van Deemterovovi křivky – použít předchozí roztok. Nástřik 20 µl (proměřit 1× při každé změně průtoky).

Příprava roztoků pro stanovení acetonu v neznámé směsi - do dvou mikrozkušavek připravit 1 ml roztoku o neznámé koncentraci acetonu:

- a) 50 µl neznámého vzorku + 950 µl methanolu
- b) 50 µl neznámého vzorku + 10 µl acetonu + 940 µl methanolu

Umístit na 5 min do ultrazvukové lázně. Nástřík 20 µl; 3× proměřit každý roztok.

3.3.3. Optimalizace podmínek stanovení, ověření funkčnosti a stavu chromatografické kolony

Dávkování vzorku dávkovacím kohoutem

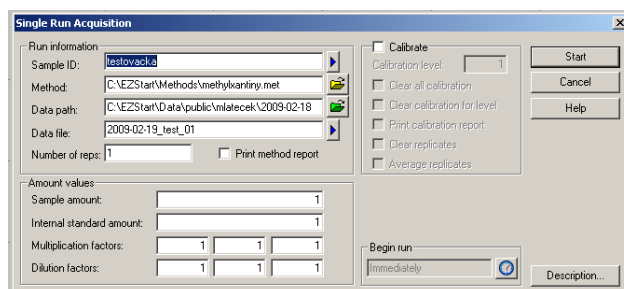
- před zahájením vlastního měření je doporučeno několikrát propláchnout dávkovací kohout destilovanou vodou, methanolem nebo mobilní fází pomocí injekční stříkačky s nasazovací jehlou. *POZOR:* Zasunutá jehla nesmí propíchnout septum dávkovacího kohoutu, zasunujte ji tedy velmi opatrně a poté, co ucítíte odpor, je třeba se s jehlou vrátit o několik mm zpět
- vzorek dávkovaný na kolonu musí být čistý, částice nebo zákal mohou nevratně znehodnotit kolonu
- vzorky obsahující rozpuštěné plyny (např. metanolicke roztoky) je třeba před nástřikem důkladně odvdušnit v ultrazvukové lázni.

Naplnění smyčky dávkovače a nástřík vzorku na kolonu

- po ekvilibraci kolony je možné nástříknout testovací roztok. Testovací roztok se měří při 254 nm. Aceton má funkci inertního analytu, tudíž se vůbec nezachytává na stacionární fázi, proto se čas jeho eluce bere jako mrtvý retenční čas. Toto slouží k výpočtu kapacitních faktorů. Dávkovací zařízení je opatřeno kohoutem s polohou 1 (load) a 2 (inject). V poloze 1 (levá poloha) se plní smyčka, aniž by docházelo k unášení analytu mobilní fází, v poloze 2 (pravá poloha) je analyt unášen mobilní fází. Než dojde k nástřiku, musí být dávkovací zařízení vždy v poloze 1.
- při plnění dávkovací smyčky o objemu 20 µl se kohout dávkovače přepne do pohotovostní horní polohy 1 (levé polohy), do dávkovacího otvoru se **jemně** (ne násilím) zasune jehla injekční stříkačky a tlakem na píst injekční stříkačky se naplní dávkovací smyčka dávkovače (na konci odpadní kapiláry odkápně 3–5 kapek).
- kohout dávkovače se přepne do pravé spodní polohy a jehla se vytáhne. Tím se uvnitř dávkovače přepne směr toku mobilní fáze tak, že prochází smyčkou.

Měření vzorku

- zkontrolovat zda je kohout dávkovače v pohotovostní horní poloze 1 (levá poloha)
- inj. stříkačku (např. Hamilton) s obsahem 25 µl několikrát propláchnout destilovanou vodou, poté měřeným roztokem. Do inj. stříkačky nabrat požadované množství (µl) z testovacího roztoku tak, aby ve stříkačce nebyla žádná bublinka
- inj. stříkačkuzasunout rovně skrz septum do dávkovacího zařízení
- před nadávkováním vzorku je potřeba spustit program pro sběr naměřených dat → pro spuštění programu stlačit **modrou** šipku na horní liště → objeví se okno, ve kterém je třeba vyplnit název vzorku (sample ID), cestu pro uložení naměřených hodnot (data path) a název souboru, pod kterým se jednotlivé měření uloží (data file). V řádku Method zkontrolovat, zda je správně zvolena metoda



- pro další informace slouží tlačítko Description, kde je možné vypsát bližší informace o vzorku, např. kolik µl vzorku dávkujeme, typ kolony, typ mobilní fáze, průtok
- měření spustit tlačítkem **Start**. Než dojde k nástřiku jakéhokoliv vzorku, je třeba počkat, až se na obrazovce objeví **waiting for trigger** což znamená, že je software připraven a čeká na nástřík vzorku



- po objevení nápisu *waiting for trigger* na liště, pohybem pístu stříkačky nadávkovat 20,0 µl testovací směsi. Ihned po nadávkování otočit kohout dávkovače do polohy 2, teprve poté vytáhnout inj. stříkačku z dávkovacího zařízení
- před ukončením analýzy nejprve vrátit kohout dávkovače do polohy 1 a teprve poté analýzu ukončíte červeným tlačítkem „RUN STOP“.
- testovací směs proměřit 1× při průtoku 0,6 ml·min⁻¹, příp. 0,7 ml·min⁻¹ dle použité kolony.

3.3.4. Stanovení mrtvého objemu kolony V_M pomocí inertní látky (thiomočovina); sestrojení van Deemterovovi křivky

- nastříknutím látky, která není zadržovaná sorbetem, se stanoví tzv. mrtvý čas t_M, tj doba, za kterou kolonou projde látka zcela inertní vůči sorbetu. Při znalosti průtokové objemové rychlosti (F, ml/min), lze vypočítat mrtvý objem kolony V_M (odečtem času t_M a s použitím údaje F vypočítat mrtvý objem kolony V_M)
- měření roztoku 0,001% thiomočoviny pro stanovení mrtvého objemu kolony provést stejným způsobem jako měření testovací směsi, dávkování 20 µl stanovované látky (proměřit 1× při průtoku 0,6 ml·min⁻¹, příp. 0,7 ml·min⁻¹ dle použité kolony)
- pro sestrojení van Deemterovovi křivky roztok 0,002% thiomočoviny proměřit vždy 1× při průtocích 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,1 a 1,2 ml·min⁻¹
- sestrojiti van Deemterovu křivku závislosti výškového ekvivalentu teoretického patra H na průměrné lineární rychlosti MF, kde minimum křivky odpovídá optimální průtokové rychlosti, při které kolona vykazuje největší účinnost a tedy minimálně rozšiřuje zóny analytů (délka kolony C18 je 250 mm, délka kolony C8 je 100 mm)

3.3.5. Stanovení obsahu acetonu v neznámém vzorku

- měření roztoků o neznámé koncentraci acetonu provést stejným způsobem jako jako měření testovací směsi, dávkování 20 µl stanovované látky (proměřit 3× při průtoku 0,7 ml·min⁻¹).

3.3.6. Statistické vyhodnocení

Aritmetický průměr:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

kde: n je počet měření, x_i jsou naměřené hodnoty

Směrodatná odchylka:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

kde: n je počet měření, x_i jsou naměřené hodnoty, \bar{x} je aritmetický průměr

Relativní směrodatná odchylka v %:

$$s_r = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100$$

kde: s je směrodatná odchylka, \bar{x} je aritmetický průměr

Šířka intervalu spolehlivosti

$$IS = 2 \cdot s \cdot \left(\frac{t_{\alpha, \nu}}{\sqrt{n}} \right)$$

kde: s je směrodatná odchylka, t_{α,ν} je konstanta Studentova rozdělení pro určitou hladinu jistoty, v našem případě pro n = 3 je t_{0,05;2} = 4,303

Odlehlost výsledků – Grubbsův test – při tomto testu se seřadí hodnoty od nejmenší po největší a testují se krajní body (tzn. nejvyšší a nejnižší hodnota).

Vypočítají se kritéria podle vztahů:

pro nejvyšší hodnotu:

$$T_{s,n} = \frac{x_n - \bar{x}}{s}$$

pro nejnižší hodnotu:

$$T_{s,1} = \frac{\bar{x} - x_1}{s}$$

kde: \bar{x} je aritmetický průměr, x_n (x_1) je nejvyšší (respektive nejnižší) hodnota, s je směrodatná odchylka

Vypočtená kritéria se porovnají s hodnotou:

$$T_{s,\alpha} = T_\alpha \cdot \sqrt{\frac{n-1}{n}}$$

Lordův u-test shodnosti:

$$u = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{R_1 + R_2}$$

kde: \bar{x}_1 a \bar{x}_2 jsou aritmetické průměry měření, R_1 a R_2 jsou jejich rozpětí, u_α je tabelovaná hodnota, je-li $u \geq u_\alpha$, je rozdíl aritmetických průměrů statisticky významný

3.4. Vyhodnocení chromatografické separace

1. Provést identifikaci látek testovací směsi, zdůvodnit pořadí jednotlivých analytů v chromatogramu.
2. Z chromatogramů určit a uvést do tabulky pomocí programu EZStart-offline pro jednotlivé látky retenční časy t_R , plochy A (AU.s), výšky h (AU) a šířky signálů w (min) ($w_{0,5}$ je třeba dopočítat). Data jsou uložena v programu EZStart Offline.
3. Vyhodnotit chromatografický záznam a stanovit faktory, které mají vliv na chromatografické stanovení (rozlišení, účinnost kolony, kapacitní poměry separovaných látek, atd.).
4. Vypočítat mrtvý objem kolony V_M .
5. Sestrojit van Deemterovu křivku stanovení thiomocoviny. Vybrat optimální průtokovou rychlost. Vyhodnotit a zdůvodnit jakým způsobem ovlivňuje zvyšující se průtok zónu analytů.
6. Určit obsah acetonu v neznámém vzorku (v %). Výsledky statisticky vyhodnotit.
7. Zdůvodnit případné problémy během analýzy.