

# INTERKONVERZIA STEREOCHEMICKY NESTÁLÝCH CHIRÁLNYCH LIEČIV – VYUŽITIE CHROMATOGRAFICKÝCH TECHNÍK NA ŠTÚDIUM ENANTIOMERIZÁCIE, VÝPOČET TERMODYNAMICKÝCH PARAMETROV ČASŤ I. – TEORETICKÉ ASPEKTY

FEDURCOVÁ A., LEHOTAY J., ČIŽMÁRIK J.<sup>1</sup>

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Fakulta chemickej a potravinárskej technológie, Katedra analytickej chémie, SR

<sup>1</sup>Univerzita Komenského v Bratislave, Farmaceutická fakulta, Katedra farmaceutickej chémie, SR

## SÚHRN

**Interkonverzia stereochemicky nestálych chirálnych liečiv - využitie chromatografických techník na štúdium enantiomerizácie, výpočet termodynamických parametrov**

**Časť I: Teoretické aspekty**

Táto práca opisuje teoretickú stránku procesu enantiomerizácie. Vysvetľuje pojem „enantiomerizácia“ a charakterizuje jej základné črty (vznik plátá). Venuje sa aj komplikáciám, ktoré tento jav spôsobuje, či už z analytického alebo farmakologického hľadiska. Definuje spôsoby výpočtu energetickej bariéry enantiomerizácie podľa metódy použitej na separáciu racemických zmesí (metóda zastavenia prietoku alebo dynamická chromatografia). Ďalej opisuje matematické modely používané pri dekonvolúcii chromatografických záznamov. Pri dynamických metódach nie je možné bez počítačom asistovanej dekonvolúcie namerané chromatografické záznamy kvantitatívne vyhodnotiť, a teda aj výpočet termodynamických parametrov nie je možný.

**K l ú č o v é s l o v á:** enantiomerizácia – racemizácia – interkonverzia – konfiguračne nestále liečivá – rýchlostné konštanty

Čes. slov. Farm., 2005; 54, 256–261

## SUMMARY

**Interconversion of Stereochemically Unstable Chiral Drugs: Utilization of Chromatographic Techniques for the Study of Enantiomerization, Calculation of Thermodynamic Parameters**

**Part I: Theoretical Aspects**

The paper explains the theoretical aspects of the process of enantiomerization and describes its characteristic features (generation of a plateau). In addition, some complications are presented that are produced by enantiomerization either from analytical or pharmacological points of view. It also defines the way of how to calculate energy barriers of enantiomerization according to the methods used for the separation of racemic mixtures (stopped-flow or dynamic chromatography). Mathematic models useful in deconvolution of chromatograms are also described. With the use of dynamic methods it is not possible to quantitatively evaluate the obtained chromatograms and calculate thermodynamic parameters without computer-assisted deconvolution.

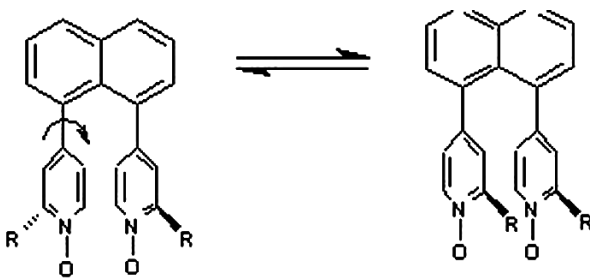
**K e y w o r d s:** enantiomerization – racemization – interconversion – configuration unstable drugs – kinetic rate constants

Čes. slov. Farm., 2005; 54, 256–261

*Má*

Je všeobecne známe, že chirálne látky môžu existovať vo viacerých formách, ktoré sa navzájom líšia priestorovým usporiadaním. Ak je energetická bariéra pre prechod z jednej formy na druhú relatívne nízka, môže sa stať, že pôvod-

ne čistá enantioména forma sa samovolne, resp. veľmi malou zmenou vonkajších podmienok konvertuje na inú, čím sa v prípade liečiv môže úplne zmeniť výsledný terapeutický efekt. Procesy priestorovej premeny enantiomé-



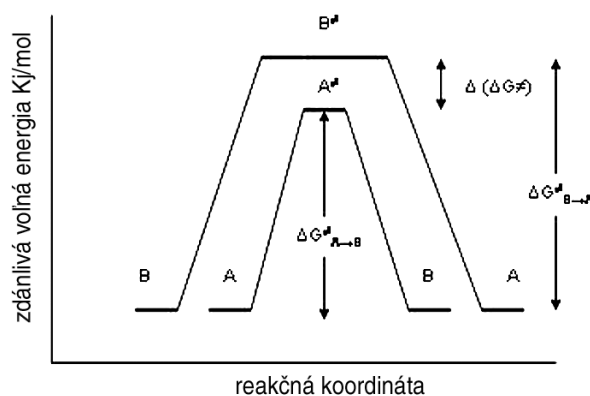
Obr. 1. Enantiomerizácia a chirálnych 2,2'-disubstituovaných 1,8-bis(4,4'-dipyridyl)naftalénov  
Atropizoméry sa vyskytujú ako ekvimolárna zmes syn - a anti - izomérov, interkonverzia nastáva veľmi rýchlo už pri laboratórnej teplote<sup>1)</sup>.

rov sa všeobecne označujú ako interkonverzia. Interkonverzia enantiomérov je daná konfiguračnou nestabilitou štruktúry niektorých chirálnych látok a vychádza z prirodzenej snahy látok existovať v stave s najnižšou energiou. Pre štúdium tohto javu sa používajú bežne dostupné separačné chromatografické techniky a zároveň bol nevyhnutný vývoj nových počítačových programov pre výpočet termodynamických parametrov interkonverzie.

#### Konfiguračná stabilita chirálnych liečiv

Konfiguračná stabilita niektorých chirálnych liečiv je veľmi dôležitá z farmaceutického a farmakologického hľadiska, pretože množstvo biochemických procesov je riadených a kontrolovaných práve stereochemicky. Jednotlivé enantioméry môžu v chirálnom prostredí vykazovať rôznu farmakologickú, farmakodynamickú a toxickú aktivitu, a tým aj výsledný terapeutický efekt môže byť rôzny. Konfiguračná nestabilita enantiomérov vedie k rotácii jednotlivých funkčných skupín (resp. častí molekuly) okolo chirálneho centra (atómu uhlíka, príp. osi chiralít), ako je znázornené na obrázku 1. Stereolabilná molekula liečiva si v danom prostredí „hľadá“ energeticky najvýhodnejší stav, čím sa môže úplne zmeniť jej priestorové usporiadanie. Následky takejto priestorovej reorganizácie molekuly liečiva môžu viesť od straty žiadanejho terapeutického efektu (v tom lepšom prípade) až k jeho negatívnym kvalitatívnym zmenám.

Stereolabilita chirálnych liečiv a z nej vyplývajúce zmeny v priestorovom usporiadaní molekuly viedli k definovaniu pojmu interkonverzia. Pojem interkonverzia enantiomérov zahŕňa množstvo reakcií charakterizujúcich špecifické prípady stereopremeny konfiguračne nestálych zlúčenín, ako sú: racemizácia, enantiomerizácia, epimerizácia, izomerizácia, atď., povaha procesov je zrejma už z ich názvov. Z farmakologického hľadiska je podstatné, či interkonverzia je podmienená prítomnosťou chirálneho prostredia, t.j. nastáva aj počas prítomnosti liečiva v tele, čo je ťažko ovplyvniteľné. Je dôležité, či interkonverzia liečiv nastáva počas doby ich skladovania, čo ovplyvňuje čistotu enantiomérových liečiv od ich výroby až kým sa nedostanú do rúk pacienta. V tomto prípade je možné tomuto javu zabrániť, napríklad voľbou vhodnej liekovej formy či pomocných látok. Predaj



Obr. 2. Diagram reakčnej koordináty pre interkonverziu enantiomérov  $A \rightarrow B$  a  $B \rightarrow A$ <sup>2)</sup>

a používanie liečiv v racemickej forme nie je zakázaný, ale je veľmi obmedzený, pričom sa vyžadujú rozsiahle informácie o ich stereochemii a konfiguračnej stabilite.

Stabilita liečiv, ktoré sa používajú ako čisté enantioméry, je spojená s energetickou bariérou potrebnou na prekonanie tranzitného stavu pri interkonverzii (obr. 2). Vzrastajúce nároky na stereochemickú bezpečnosť liečiv podmienili rýchly vývoj nových techník, pomocou ktorých je možné určiť energetickú bariéru a rýchlostné konštanty interkonverzie, čím je možné predpovedať stereochemickú stabilitu liečiva. Najčastejšie študované procesy sú racemizácia, t.j. ireverzibilná transformácia enantiomérov na racemickú zmes, (+) al. (-)  $\rightarrow$  ( $\pm$ ), a enantiomerizácia, t.j. reverzibilná premena jednej formy enantioméru na druhú, prípadne naopak: (+)  $\leftrightarrow$  (-)<sup>3)</sup>.

#### Chromatografické techniky používané na štúdium interkonverzie

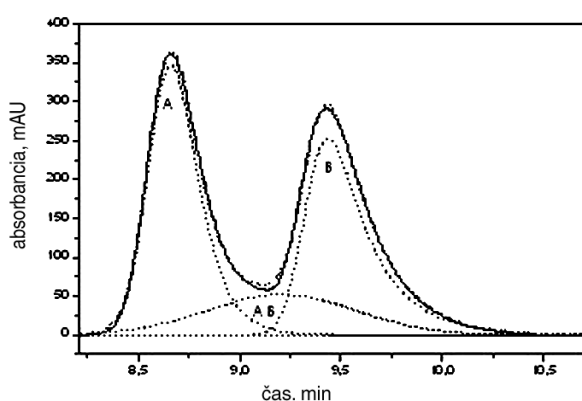
Na štúdium interkonverzie sa používajú enantioselektívne separačné metódy:

- plynová chromatografia (GC) 4–7, 9–11, 13–20, 23–28, 30, 31, 64, 67, 69),
- vysokoučinná kvapalinová chromatografia (HPLC) 3, 8, 29, 32–50, 59–62),
- superkritická fluidná chromatografia (SFC) 2, 51, 52),
- planárna chromatografia (PC) 53)
- kapilárna elektroforéza (CE) 21, 22, 54, 70),
- micelárna elektrokinetická chromatografia (MEKC) 5, 12, 55),
- nukleárna magnetická rezonancia (NMR) 1, 20, 28, 56, 57, 59, 71, 72).

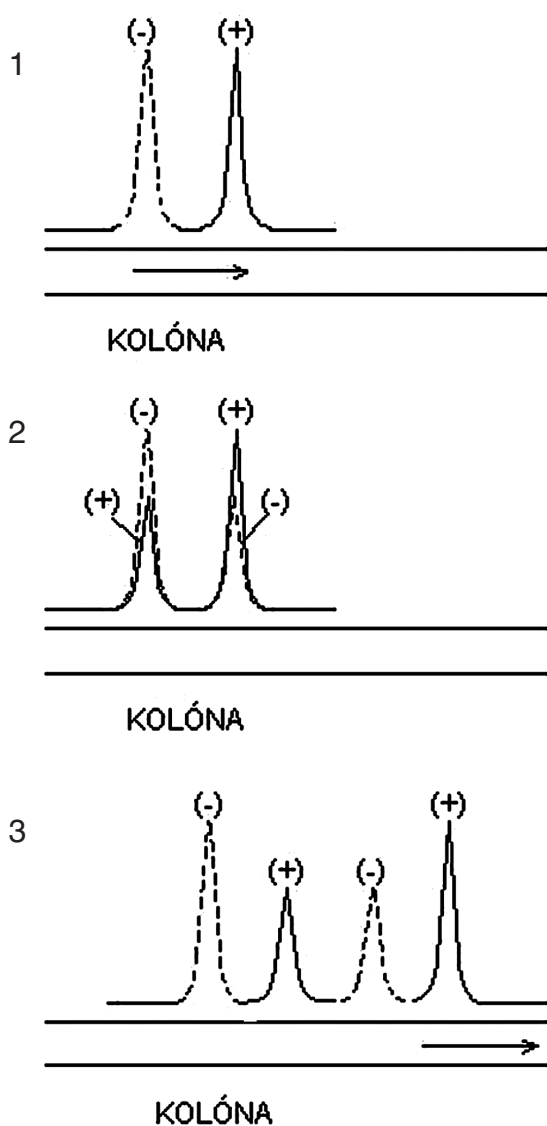
Chirálna liečivá s energetickou bariérou enantiomerizácie v rozmedzí 80–150 kJ.mol<sup>-1</sup> je možné študovať použitím GC resp. SFC, látky s energetickou bariérou interkonverzie 50–100 kJ.mol<sup>-1</sup> sú vhodné pre HPLC a CE<sup>51)</sup>.

#### Metódy používané v chromatografii

Dôležitým aspektom interkonverzie enantiomérových liečiv je práve časový rozsah tohto fenoménu. Z tohto hľadiska možno chromatografické metódy rozdeliť na:



Obr. 3. Profil pík (plná čiara) počas enantiomerizácie v dynamickej chromatografii  
Počítačom asistovaná dekonvolúcia (znázornená prerušovanou čiarou) umožňuje rozlíšiť tzv. reakčnú zónu (racemát A'B') od pík pre jednotlivé enantioméry (A a B).



Obr. 4. Statická metóda (stopped-flow)  
1. Nadávkovanie enantioméru (resp. racemátu) do chromatografickej kolóny  
2. Zastavenie prietoku mobilnej fázy – nastáva interkonverzia enantiomérov  
3. Obnovenie prietoku cez chromatografickú kolónu

*Dynamicke (D)* – Podmienkou je, aby separácia enantiomérov a ich interkonverzia boli navzájom simultánne a konkurenčné procesy. Rýchlosť interkonverzie je porovnateľná s rýchlosťou separácie, chromatografickú kolónu si možno predstaviť ako chemický reaktor a súčasne ako separačné zariadenie. Na chromatografickom zázname (obr. 3) sa tieto dva paralelné procesy prejavujú vznikom tzv. platá medzi dvoma píkmi, pričom pík eluujúci ako prvý sa vyznačuje chvostovaním a na druhom možno pozorovať predvoj. Enatiomerizácia v kolóne počas separácie spôsobuje komplikácie, pretože zvýšiť rozlíšenie jednotlivých enantiomérov nie je možné zmenou chirálnej stacionárnej fázy či optimalizáciou chromatografického separačného systému a separačných podmienok<sup>8)</sup>. Charakteristický elučný profil pík počas interkonverzie závisí od teploty a rýchlosti prietoku mobilnej fázy, pričom pri príliš vysokej teplote alebo prietoku dochádza ku kolapsu, na chromatograme pozorujeme iba jeden pík. Tento jav je dôkazom toho, že interkonverzia enantiomérov je z časového hľadiska oveľa rýchlejšia ako ich separácia v danom chromatografickom systéme<sup>51)</sup>.

*Interkonverzia v statickom systéme* – počas separácie je interkonverzia potlačená, t.j. enantiomerizácia je pomalšia ako separácia. Princípom metódy je zastavenie prietoku mobilnej fázy (v angl. stopped-flow) cez chromatografickú kolónu na určitý časový interval. Počas tejto doby dochádza k enantiomerizácii, resp. racemizácii enantiomérov. Výhodou je, že podmienky interkonverzie je možné do určitej miery ovplyvniť, napríklad zvýšením (resp. znížením teploty), dobou pobytu v kolóne, kým v dynamickej chromatografii sú striktné určené chromatografickými podmienkami separácie. Jednotlivé stupne tejto techniky sú znázornené na obrázku 4. Podmienkou pre aplikáciu tejto metódy je kvantitatívna separácia racemátu na jednotlivé enantioméry.

Tieto techniky sa používajú na študovanie chemických reakčných procesov, ktoré sa uskutočňujú v chromatografickej kolóne a umožňujú určiť vplyv chirálneho selektora na proces interkonverzie. V prítomnosti chirálnej stacionárnej fázy môže byť rýchlosť interkonverzie pre oba enantioméry rovnaká – resp. rôzna. V niektorých publikovaných článkoch<sup>52, 61, 62)</sup> bol pozorovaný inhibičný efekt chirálnej stacionárnej fázy na interkonverziu v dôsledku vzniku komplexov medzi enantiomérom a chirálnym selektorom.

#### Výpočet termodynamických parametrov

Pri výpočte termodynamických parametrov sa musí brať do úvahy charakter interkonverzie, konkr. enantiomerizácia je reakciou prvého poriadku (obr. 5). Pre rýchlostnú konštantu enantiomerizácie platí, že sa rovná polovici rýchlostnej konštanty racemizácie<sup>3)</sup>.

Výpočet rýchlostnej konštanty je v oboch systémoch rozdielny:

Dynamickej systém: interkonverzia enantiomérov je ireverzibilná, musí byť splnený predpoklad, že jednotlivé enantioméry a z nich vzniknuté produkty interkonverzie počas migrácie chromatografickou kolónou navzájom neinteragujú. Na výpočet rýchlostných konštant možno

použit rovnice:

$$k_1^{app} = \frac{1}{t_{R,A}} \ln \frac{A_{AO}}{A_A} \quad [1]$$

$$k_{-1}^{app} = \frac{1}{t_{R,B}} \ln \frac{A_{BO}}{A_B} \quad [2]$$

kde  $A$  je plocha píku enantiomérov  $A$  a  $B$  (dolný index) pred (v čase  $t=0$  sú plochy píkov označené ako  $A_{AO}$  príp.  $A_{BO}$ ) a po separácii v čase  $t$  ( $A_A$  a  $A_B$ ),  $t_R$  retenčný čas<sup>63</sup>.

*Statický systém:* interkonverzia enantiomérov je reverzibilná a pre výpočet rýchlostnej konštanty sa použijú rovnice:

$$k_1^{app} = \frac{1}{2t_{R,A}} \ln \frac{A_{AO}}{2A_A - A_{AO}} \quad [3]$$

$$k_{-1}^{app} = \frac{1}{2t_{R,B}} \ln \frac{A_{BO}}{2A_B - A_{BO}} \quad [4]$$

kde  $A$  je plocha píku enantiomérov  $A$  a  $B$  (dolný index) pred (v čase  $t = 0$  sú plochy píkov označené ako  $A_{AO}$  príp.  $A_{BO}$ ) a po separácii v čase  $t$  ( $A_A$  a  $A_B$ ),  $t_R$  retenčný čas<sup>11, 64</sup>.

Pre výpočet energetickej bariéry možno použiť Eyringovu rovnicu.

$$\Delta G_1^{app}(T) = -RT \ln \left( \frac{k_1^{app} h}{\kappa \cdot k_B T} \right) \quad [5]$$

$$\Delta G_{-1}^{app}(T) = -RT \ln \left( \frac{k_{-1}^{app} h}{\kappa \cdot k_B T} \right) \quad [6]$$

kde  $k_1^{app}$  a  $k_{-1}^{app}$  sú zdanlivé rýchlostné konštanty (z angl. apparent),  $k_B$  – Boltzmanova konštantka ( $k_B = 1,380662 \times 10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$ ),  $h$  – Planckova konštantka ( $h = 6,626176 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ ),  $R$  – univerzálna plynová konštantka ( $R = 8,31441 \text{ J.K.mol}^{-1}$ ),  $\kappa$  – transmisný koeficient ( $\kappa = 0,5$  pre reverzibilnú mikroskopickú interkonverziu),  $T$  je teplota v (K)<sup>50</sup>.

Aktivačné parametre  $\Delta H^{app}$  ( $\Delta S^{app}$ ) možno vyrátať zo smernice (úseku) lineárnej závislosti  $\ln(k/T) = f(T^{-1})$ <sup>50</sup>.

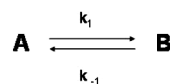
*Poznámka:* Všetky termodynamické parametre sú iba zdanlivé, pretože ich skutočnú hodnotu nie je možné určiť vzhľadom na komplikovanosť chromatografického systému z fyzikálneho hľadiska.

Pri výpočte termodynamických parametrov sa vychádza zo známeho modelu teoretickej priehradky (obr. 6). Rovnovážna konštantka  $K^{CSF}$  v chirálnej stacionárnej fáze závisí od distribučných konštant  $K_A$  a  $K_B$  podľa princípu mikroskopickej reverzibility<sup>4, 6, 9)</sup>:

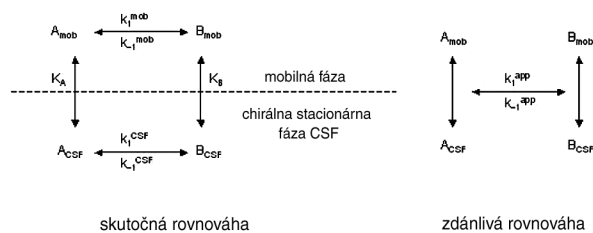
$$K^{CSF} = K_B/K_A = k'_B/k'_A = (k_1^{CSF}/k_{-1}^{CSF}). (k_{-1}^{mob}/k_1^{mob}) \quad [7]$$

$$k_{-1}^{CSF} = \frac{k'_A}{k'_B} k_1^{CSF} \quad [8]$$

kde  $k_1$  je priama a  $k_{-1}$  protismerná



Obr. 5. Schématické znázornenie enantiomerizácie<sup>2)</sup>



Obr. 6. Skutočná a zdanlivá rovnováha na teoretickej priehradke. Symboly:  $A$  ( $B$ ) – enantiomér eluujúci ako prvý (druhý) v poradí<sup>65)</sup>

rýchlostná konštantka, symbol *mob* označuje mobilnú fázu, *CSF* – chirálna stacionárna fáza,  $A$  – enantiomér eluujúci ako prvý,  $B$  – enantiomér eluujúci ako druhý.

Z princípu mikroskopickej reverzibility vyplýva, že voľná Gibbsova energia je pre enantioméry  $A$  a  $B$  rôzna a pre rovnovážne konštanty platí  $K_B > K_A$  (podmienka separácie). Priama ( $k_1^{CSF}$ ) a protismerná ( $k_{-1}^{CSF}$ ) rýchlostná konštantka v chirálnej stacionárnej fáze je z tohto dôvodu rozdielna ( $k_1^{CSF} \neq k_{-1}^{CSF}$ ), kým priama ( $k_1^{mob}$ ) a protismerná ( $k_{-1}^{mob}$ ) rýchlostná konštantka enantiomerizácie v mobilnej fáze môže byť rovnaká ( $k_1^{mob} = k_{-1}^{mob}$ )<sup>35, 52</sup>.

Ako už bolo spomenuté, je možné vyrátať iba zdanlivé konštanty, ktoré v skutočnosti predstavujú vážený priemer rýchlostnej konštanty v mobilnej, chirálnej stacionárnej fáze, a retenčných faktorov  $k'_B$  a  $k'_A$ :

$$k_1^{app} = \frac{1}{1 + k'_A} k_1^{mob} + \frac{k'_A}{1 + k'_A} k_1^{CSF} \quad [9]$$

$$k_{-1}^{app} = \frac{1}{1 + k'_B} k_{-1}^{mob} + \frac{k'_B}{1 + k'_B} k_{-1}^{CSF} \quad [10]$$

Rýchlostné konštanty je možné vyrátať podľa rovníc [1–4] len za nasledujúceho zjednodušeného predpokladu<sup>65)</sup>:

$$k_1^{app} = k_1^{mob} = k_1^{CSF} \quad [11]$$

$$k_{-1}^{app} = k_{-1}^{mob} = k_{-1}^{CSF} \quad [12]$$

### Dekonvolúcia chromatografických záznamov

Pre výpočet energetickej bariéry a rýchlostných konštant interkonverzie je potrebné určiť počet a plochu píkov, ktoré sú latentné v klastri píkov, tzv. obálke. Pri enantiomerizácii sa predpokladá existencia troch píkov: tzv. reakčnej zóny a píky prislúchajúce jednotlivým enantiomérom. Táto procedúra by nebola možná bez počítačom asistovanej dekonvolúcie. Pre počítačovú



simuláciu interkonverzie enantiomérov vznikli tri základné modely:

- model teoretickej priehradky,
- stochastický model,
- model kontinuálneho prietoku.

*Model teoretickej priehradky* (TPM) sa používa najmä v plynovej chromatografii. Separáciu opisuje ako diskontinuálny proces, ktorý sa hypoteticky opakovane uskutočňuje v každej sekcii kolóny pozostávajúcej z  $N$  teoretických priehradiek. Každá priehradka obsahuje mobilnú a stacionárnu fázu, distribúcia enantiomérov a ustáľovanie rovnováhy nastáva medzi oboma fázami. Za dobu pobytu analytu v teoretickej priehradke dochádza k enantiomerizácii za určitú periódu  $\Delta t$ . Záverečnou fázou je transport mobilnej fázy do nasledujúcej teoretickej priehradky. Počiatočné nadávkované množstvo enantioméru do prvej teoretickej priehradky je v konečnom štádiu zaznamenané ako chromatogram s charakteristickými črtami interkonverzie <sup>66</sup>.

*Stochastický model* (SM) navrhol Kramer <sup>67</sup>) a skupina Kellera <sup>68</sup>) sa zaoberala jeho vývojom a zlepšovaním. Tento model opisuje chromatografickú separáciu pomocou tzv. časovej distribučnej funkcie, pričom vstupné parametre sú: mŕtvy čas  $t_M$ , retenčné časy  $t_{R,A}$  ( $t_{R,B}$ ) a počet teoretických priehradiek ( $N_A$ ,  $N_B$ ). Je založený na simulácii chromatografického procesu použitím Gaussovskej distribučnej funkcie  $\Phi_i(t')$  [ $i = (A \text{ a } B)$ , čase  $t'$ ] a matematickej funkcie pre hustotu pravdepodobnosti rozdelenia interkonvertujúcich enantiomérov  $\Psi(t')$  <sup>13, 33, 40, 67, 69</sup>). Nevýhodou tohto modelu je fakt, že pri vysokom počte teoretických priehradiek, prípadne pri veľkých rozdieloch v ich počte pre jednotlivé enantioméry ( $N_A > N_B$ ) dochádza k nepresnostiam pri určovaní plôch. Tento model bol vylepšený (v literatúre sa označuje ako SM+) tým, že používa časovú závislosť počtu teoretických priehradiek  $N(t')$ , a nie ich aritmetický priemer (ako SM). Oba modely sú založené na veľmi zložitom matematickom aparáte <sup>5</sup>).

*Model kontinuálneho prietoku* vychádza z hydrodynamických rovníc chemického inžinierstva aplikovaných pre chromatografický systém a používa sa najmä v dynamických separačných procesoch <sup>13, 36, 70</sup>.

Za predpokladu, že sa pracuje na rovnako výkonných počítačoch pri použití TPM je doba výpočtu 2 hodiny (pri počte teoretických priehradiek 50 000), pričom SM model túto istú procedúru vykoná za 30 sekúnd, výsledky získané oboma modelmi sú zhodné, ako bolo publikované v literatúre <sup>12, 55</sup>). Oba modely sa použili na vývoj komerčne dostupných programov, ako sú SIMUL (TPM) a ChromWin (TPM a SM+), ktoré umožňujú simuláciu elučného profilu interkonvertujúcich enantiomérov a výpočet termodynamických parametrov. Všetky modely slúžia na určenie plôch prislúchajúcich jednotlivým zónam, t.j. reakčnej zóne a píkum jednotlivých enantiomérov, ktoré sú skryté v píkovej obálke a k výpočtu termodynamických parametrov interkonverzie – rýchlostných konštánt, zmeny voľnej Gibbsovej energie, zmeny entalpie a zmeny entropie.

## ZÁVER

Konfiguračne nestále liečivá tvoria veľkú skupinu rôznorodých chirálnych látok, ktoré nemajú vo svojej štruktúre žiadne spoločné znaky. Je prakticky nemožné vytvoriť univerzálny chemický vzorec, z ktorého by bolo možné predpokladať interkonverziu. Chirálné liečivá, u ktorých bola študovaná energetická bariéra, sú napríklad chlórthalidon, oxazepam, prominal, telenzepín, lorazepam, thalidomid. Štúdium interkonverzných procesov je veľmi náročné, vyžaduje si nielen praktické a teoretické ovládanie danej chromatografickej metódy, asistenciu počítačových programov, ale aj veľa poznatkov zo stereochemie. Proces interkonverzie je zároveň komplikáciou pri separácii racemických zmesí, pretože ani zvyšovaním selektivity separačného systému nie je možné dosiahnuť potrebné rozlíšenie.

Táto práca je podporovaná grantmi VEGA 1/2460/05, VEGA 1/1186/04.

## LITERATÚRA

1. **Wolf, Ch., Ghebremariam, B. T.:** Tetrahedron Asymmetry, 2002; 13, 1153-1156.
2. **Oswald, P., Desmet, K., Sandra, P. et al.:** J. Chromatogr. B, 2002; 779, 283-295.
3. **Tobler, E., Lämmerhofer, M., Mancini, G., Lindner, W.:** Chirality, 2001; 13, 641-647.
4. **Bürkle, K., Karfunkel, H., Schurig, V.:** J. Chromatogr, 1984; 288, 1-14
5. **Trapp, O., Schurig, V.:** Computers and chemistry, 2001; 25, 187-195.
6. **Trapp, O., Schurig, V.:** J. Am. Chem. Soc., 2000; 122, 1424-1430.
7. **Schurig, V., Bürkle, W.:** J. Am. Chem. Soc., 1982; 104, 7573-7580.
8. **Davankov, V. A.:** Chromatographia, 1989; 27, 475-482.
9. **Jung, M., Schurig, V.:** J. Am. Chem. Soc., 1992; 114, 529-534.
10. **Marriott, P., Trapp, O., Shellie, R., Schurig, V.:** J. Chromatogr. A, 2001; 919, 115-126.
11. **Schurig, V., Reich, S.:** Chirality, 1998; 10, 316-320.
12. **Schoetz, G., Trapp, O., Schurig, V.:** Enantiomer, 2000; 5, 391-396.
13. **Lebl, M., Gut V.:** J. Chromatogr, 1983; 260, 487.
14. **Schurig, V., Glausch, A., Fluck, M.:** Tetrahedron Asymmetry, 1995; 6, 2161-2164.
15. **Lai, Y-H., Marriot, P. J., Tan, B-C.:** Aust. J. Chem., 1985; 38, 307-314.
16. **Marriot, P. J., Lai, Y-H.:** Inorg. Chem., 1986; 25, 3680 až 3683.
17. **Jung, M.:** Program SIMUL, No. 620. Quantum Chemistry program exchange. QCPE Bull., 1992; 3,12.
18. **Jung, M.:** Chirality, 1994; 6, 510-512.
19. **Hochmuth, D. H., König, W. A.:** Liebigs. Ann., 1995; 947-951.
20. **Schurig, V., Keller, F., Reich, S., Fluck, M.:** Tetrahedron Asymmetry, 1997; 8, 3475-3480.
21. **Weseloh, O., Wolf, C., König, W. A.:** Angew. chem. Int. Ed., 1995; 34, 1635-1636.

22. **Weseloh, O., Wolf, C., König, W. A.:** Chirality, 1996; 8, 441-445.
23. **Marriot, P. J., Lai, Y.-H.:** J. Chromatogr., 1988; 447, 29 až 41.
24. **Marriot, P. J., Lai, Y.-H.:** Chem. Aust., 1994; 386-389.
25. **Roth, A., Winzer, M., Korrel, M., Wildt, H.:** Liebigs. Ann., 1995; 897-919.
26. **Schurig, V.:** J. Chromatogr. A, 2002; 965, 315-356.
27. **Trapp, O.:** Chirality, 2002; 14, 465-470.
28. **Reist, M., Christiansen, L. H., Christoffersen, P. et al.:** Chirality, 1995; 7, 469-473.
29. **Fischer, Ch., Modler, A., Moinet, Ch., Fiaud, J.-C.:** J. Chromatogr. A, 1996; 728, 433-439.
30. **Marriott, P.:** J. Chromatogr. A, 2004; 1033, 135-143.
31. **Reich, S., Schurig, V.:** J. Microcol. Sep., 1999; 11, 475-479.
32. **Jacobson, J., Melander, W., Vaisnys, G., Horváth, C.:** J. Phys. Chem., 1984; 88, 4536.
33. **Stephan, B., Zinner, H., Kastner, F., Mannschreck, A.:** Chimia, 1990; 10, 336-338.
34. **Gasparrini, F., Misiti, D., Pierini, M., Villani, C.:** Tetrahedron Assymetry, 1997; 8, 2069-2073.
35. **Oxelbark, J., Allenmark, S.:** J. Org. Chem., 1999; 64, 1483-1486.
36. **Melander, W. R., Lin, H.-J., Jacobson, J., Horváth, C.:** J. Phys. Chem., 1984 ; 88, 4527-4536.
37. **Moriyasu, M., Kawanishi, K., Kato, A. et al.:** Bull. Chem. Soc. Jpn., 1985; 58, 3351-3355.
38. **Moriyasu, M., Hashimoto, Z., Endo, M.:** Bull. Chem. Soc. Jpn., 1983; 56, 1972-1977.
39. **Böhmer, V., Caccamese, S., Principato G., Schmidt, C.:** Tetrahedron Letters, 1999; 40, 5927-5930.
40. **Venciana, J., Crespo, M. I.:** Angew. Chem. Int. Ed., 1991; 30, 74-77.
41. **Cabrera, K., Jung, M., Fluck, M., Schurig, V.:** J. Chromatogr. A, 1996; 731, 315-321.
42. **Cabrera, K., Lubda, D.:** J. Chromatogr. A, 1994; 666, 433-438.
43. **Friaty, O., Spangler, M., Osterman, R., Schulman, L., Schwerdt, J. H.:** Chirality, 1996; 8, 364-371.
44. **la Torre, F., Cirilli, R., Ferretti, R. et al.:** Chirality, 2003 ; 15, 429-432.
45. **Cirilli, R., Costi, R., di Santo, R. et al.:** J. Chromatogr. A, 2003; 993, 17-28.
46. **Trapp, O.:** J. Biochem. Biophys. Meth., 2002; 54, 301 až 313.
47. **Kiesswetter, R., Brandl, F., Kastner-Pustet, N., Mannschreck, A.:** Chirality, 2003; 15, S40-S49.
48. **Irurre, J., Santamaría, J., González-rego, M. C.:** Chirality, 1995; 7, 154-157.
49. **Abatangelo, A., Zanetti, F., Navarini, L. et al.:** Chirality, 2002; 14, 12-17.
50. **Trapp, O.:** Tetrahedron Assymetry, 2001; 12, 1395 až 1398.
51. **Oswald, P., Desmet, K., Sandra, P. et al.:** Chirality, 2002; 14, 334-339.
52. **Wolf, C., Pirkla, W. H., Welch, C. J. et al.:** J. Org. Chem., 1997; 62, 5208-5210.
53. **Liberek, B., Augustyniak, J., Ciarkowski, J. et al.:** J. Chromatogr., 1974; 95, 223.
54. **Scharwächter, K. P., Hochmuth, D. H., Dittmann, H., König, W. A.:** Chirality, 2001; 13, 679-690.
55. **Schoetz, G., Trapp, O., Schurig, V.:** Anal. Chem., 2000; 72, 2758-2764.
56. **Kalyanam, N., Srinivasan, P. S., Manjunatha, S. G., Rijamohan, P. R.:** Tetrahedron Letters, 1993; 34, 119-122.
57. **Ahmed, A., Bragg, R. A., Clayden, J. et al.:** Tetrahedron, 1998; 54, 13277-13294.
58. **Kiesswetter, R., Burgermeister, T., Mannschreck, A.:** Enantiomer, 1999; 4, 289-296.
59. **Brinkmann, G., Heubes, M., Breuning, M. et al.:** J. Org. Chem., 2000; 65, 722-728.
60. **Cannzza, G., Braghiroli, D., Baraldi, M., Parenti, C.:** J. Pharm. Biomed. Anal., 2000; 23, 117-125.
61. **Cannazza, G., Braghiroli, D., Tait, A. et al.:** Chirality, 2001; 13, 94-101.
62. **Oxelbark, J., Allenmark, S.:** J. Chem. Soc., Perkin Trans 2, 1999; 1587-1589.
63. **Moore, J.:** Physical chemistry, 4th ed. Engelwood Cliffs, NJ: Prentice Hall; 1972.
64. **Reich, S., Trapp, O., Schurig, V.:** J. Chromatogr. A, 2000; 892, 487-497.
65. **Schurig, V., Trapp, O.:** J. Chromatogr. A, 2001; 911, 167-175.
66. **Trapp, O., Schoetz, G., Schurig, V.:** Chirality, 2001; 13, 403-414.
67. **Kramer, R.:** J. Chromatogr., 1975; 107, 241.
68. **Keller, R. A., Giddings, J. C.:** J. Chromatogr., 1960; 3, 205-220.
69. **Cremer, E., Kramer, R.:** J. Chromatogr., 1975; 107, 253.
70. **Rathore, A. S., Horváth, C.:** Electrophoresis, 1997; 18, 2935.
71. **Lebl, M., Gut, V.:** J. Chromatogr., 1983; 260, 478-482.
72. **Gasparrini, F., Lunayyi, L., Misiti, D., Villani, C.:** Acc. Chem. Res., 1995; 28, 163-170.

Došlo 13. 4. 2005.

Přijato ke zveřejnění 18. 7. 2005.

prof. RNDr. Jozef Čižmarík, PhD.  
Odbojárov 10, 832 32 Bratislava, SR  
e-mail: cizmarik@pharm.uniba.sk

## Abstrakta z akcí ČFS v časopisu Česká a slovenská farmacie

Redakce časopisu Česká a slovenská farmacie nabízí možnost zveřejňovat limitované množství abstrakt z odborných akcí pořádaných Českou farmaceutickou společností, například symposií, seminářů, pracovních dnů apod.

Jednotlivá abstrakta (písmo Courier New, velikost 12, řádkování 2), by neměla přesáhnout 1 rukopisnou stranu formátu A4.

Počet abstrakt předem dohodnou předsedové příslušných sekcí, které akce pořádají, případně osoby zodpovědné za akce s redakcí časopisu, která poskytne i bližší informace. Souhrny je možné po dohodě (sedlarova@greenplanet.cz) zveřejnit rovněž na internetových stránkách ČFS (www.cfs-clis.cz)

### Kontakt:

doc. RNDr. Pavel Komárek, PhD., vedoucí redaktor, Katedra farmaceutické technologie a kontroly léčiv IPVZ  
100 05 Praha 10, Ruská 85, e-mail: komarek@ipvz.cz, tel.: 271 019 278