



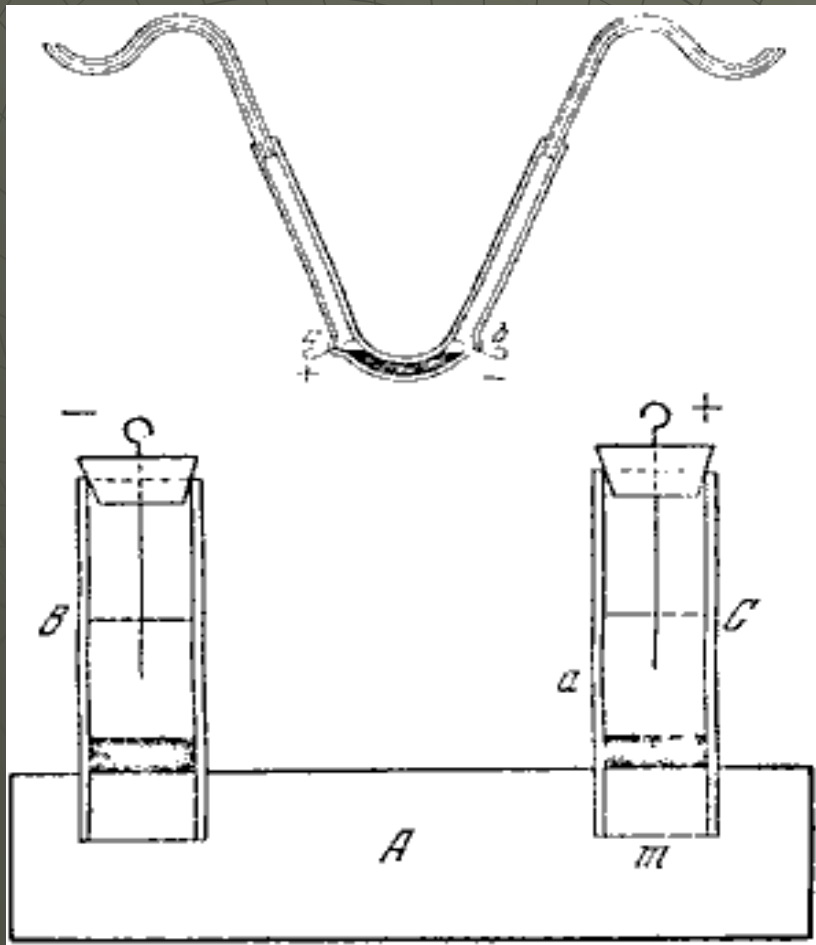
Využití kapilární elektroforézy při studiu enzymů

Zdeněk Glatz

Frederic Reuss

(1807)

Katoforéza



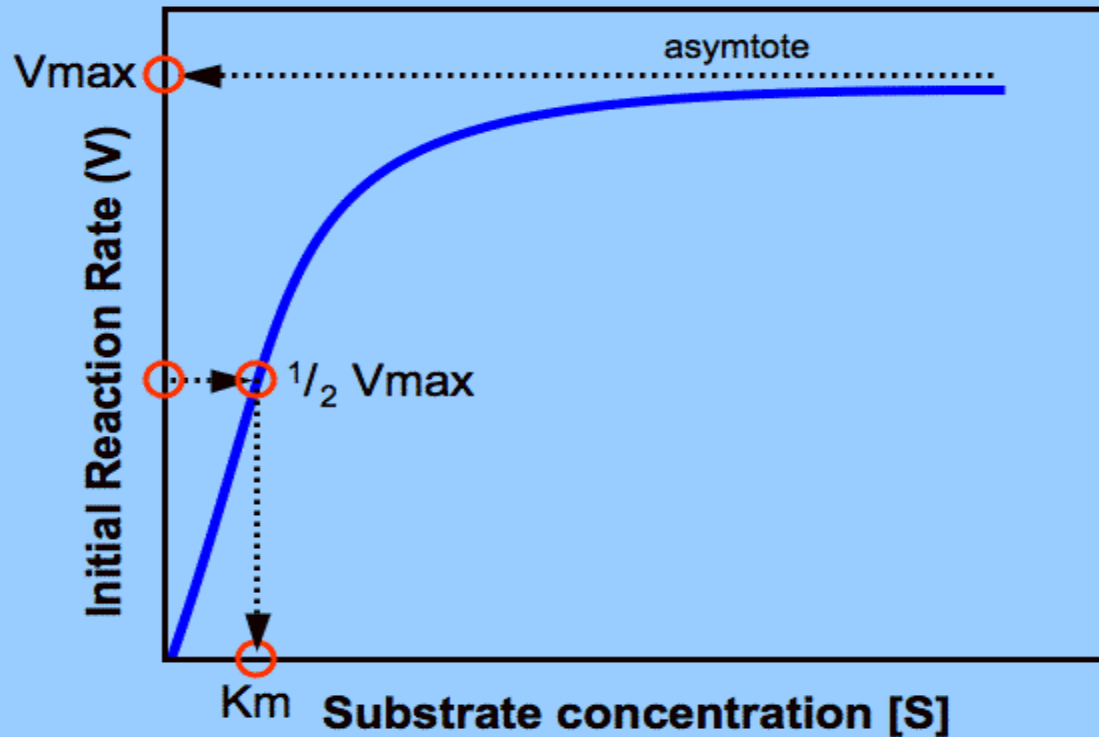
Elektroforéza

(1909)

Leonor Michaelis

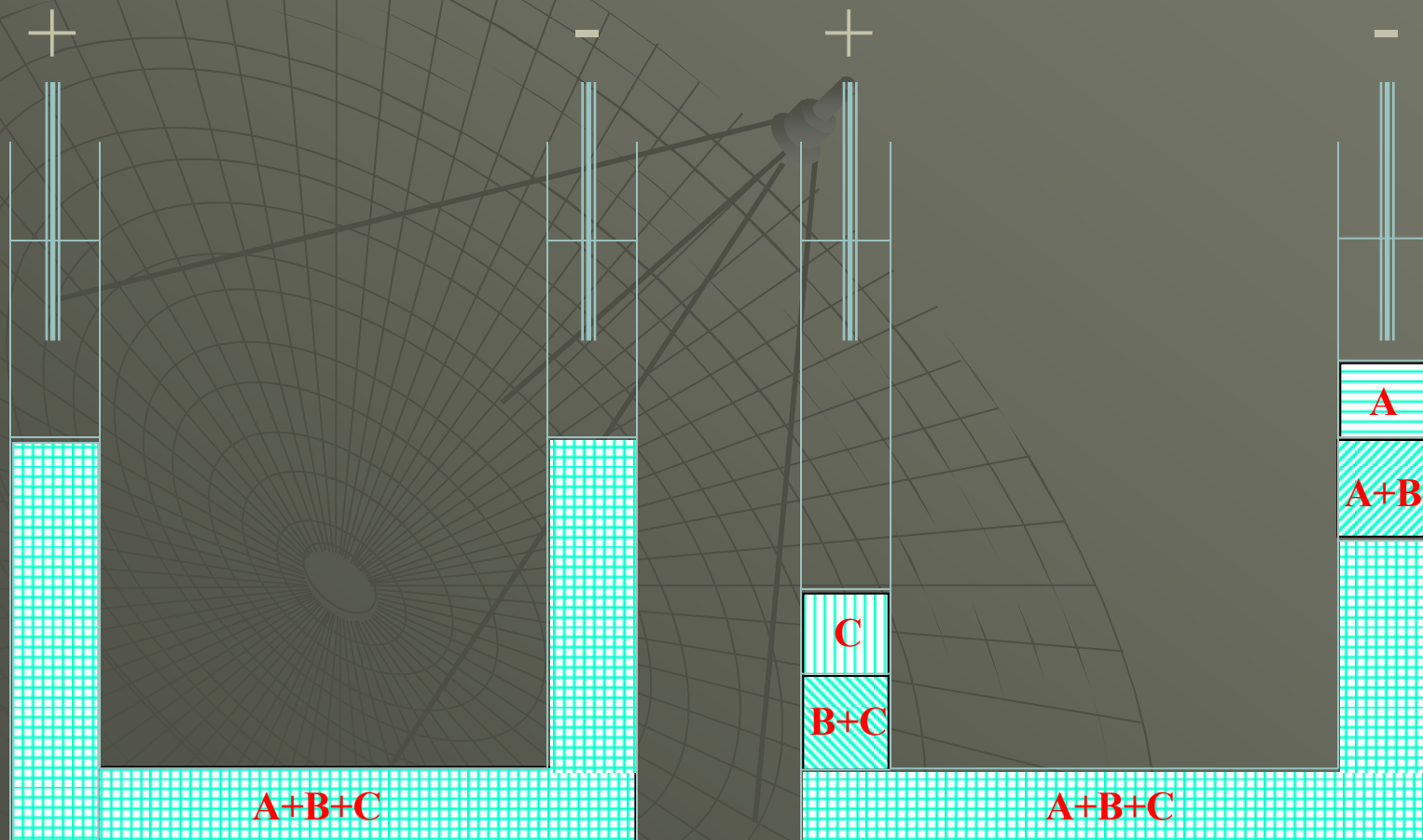
Michaelis Menten Plot

$$v = \frac{V_{\max} \cdot [S]}{K_m + [S]}$$



Volná elektroforéza

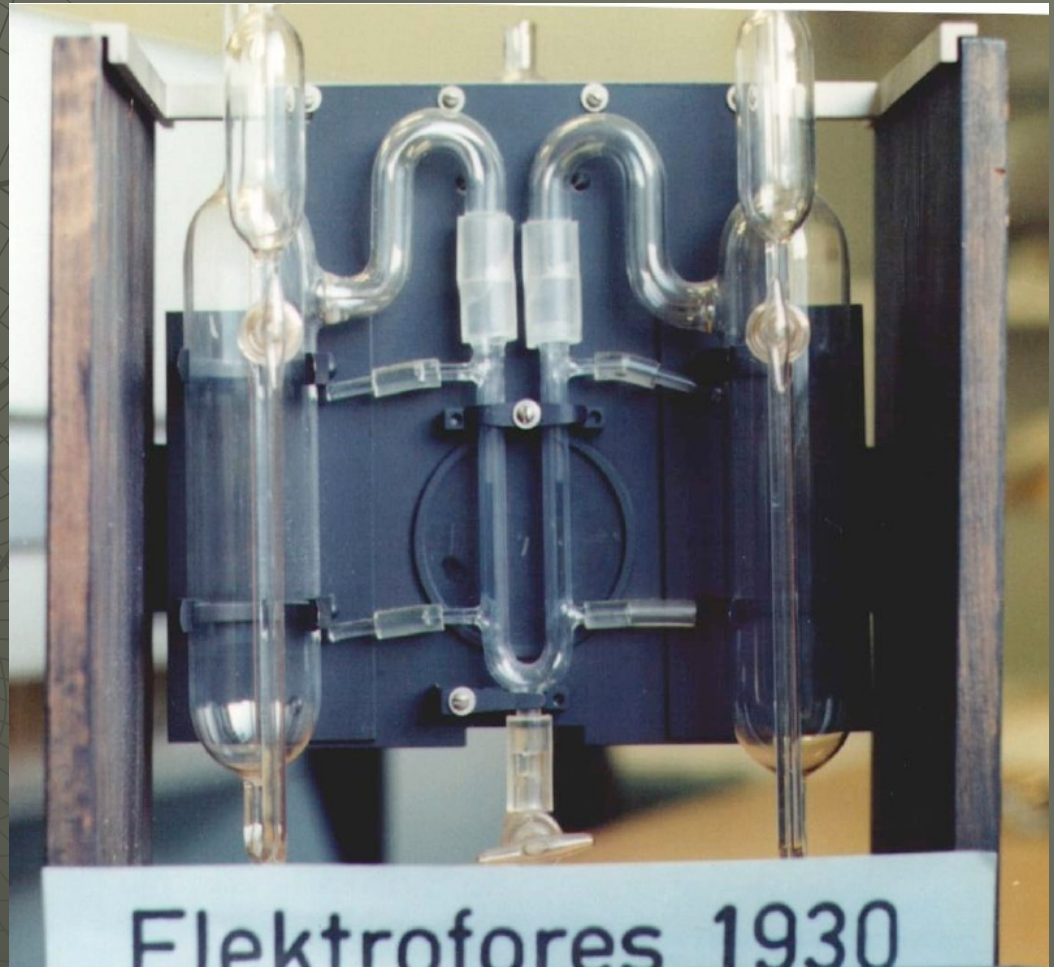
(1925)



$$\mu_A > \mu_B > \mu_C$$

Volná elektroforéza

Arne Tiselius (1902 – 1971)



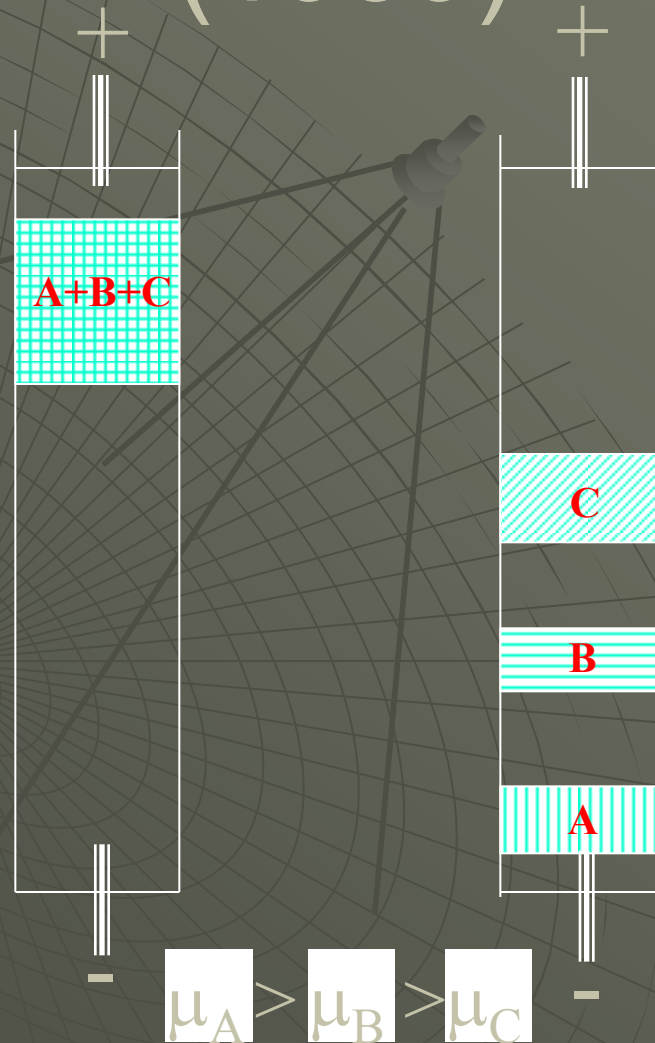
Volná elektroforéza

Arne Tiselius (1902 – 1971)

Nobelova cena 1948



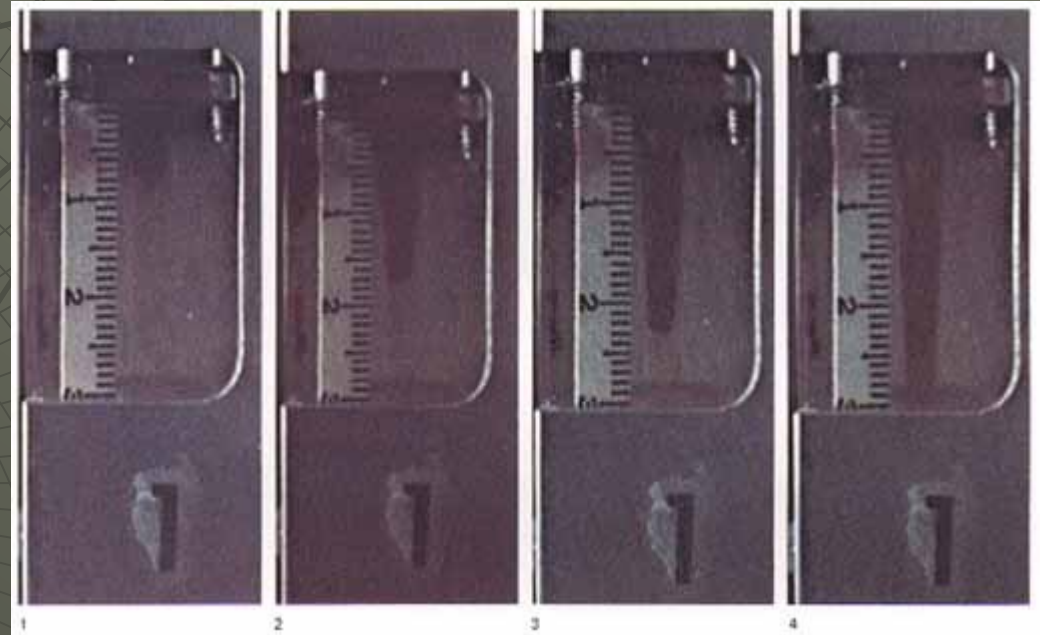
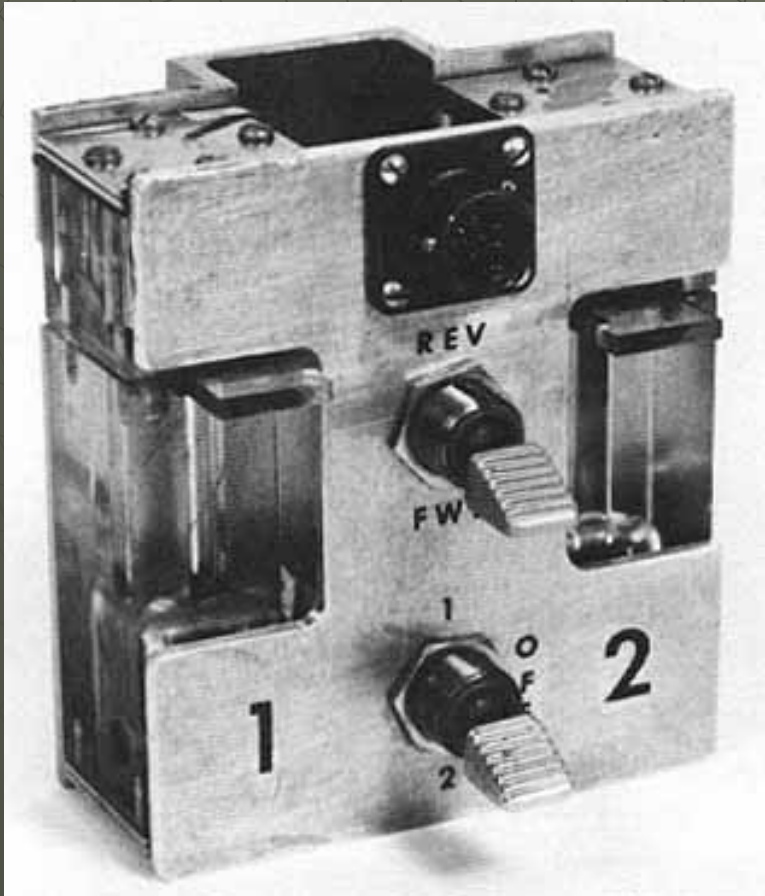
Zónová elektroforéza (1939)



Skylab



Skylab



Stabilizace



- ◆ Porézní media

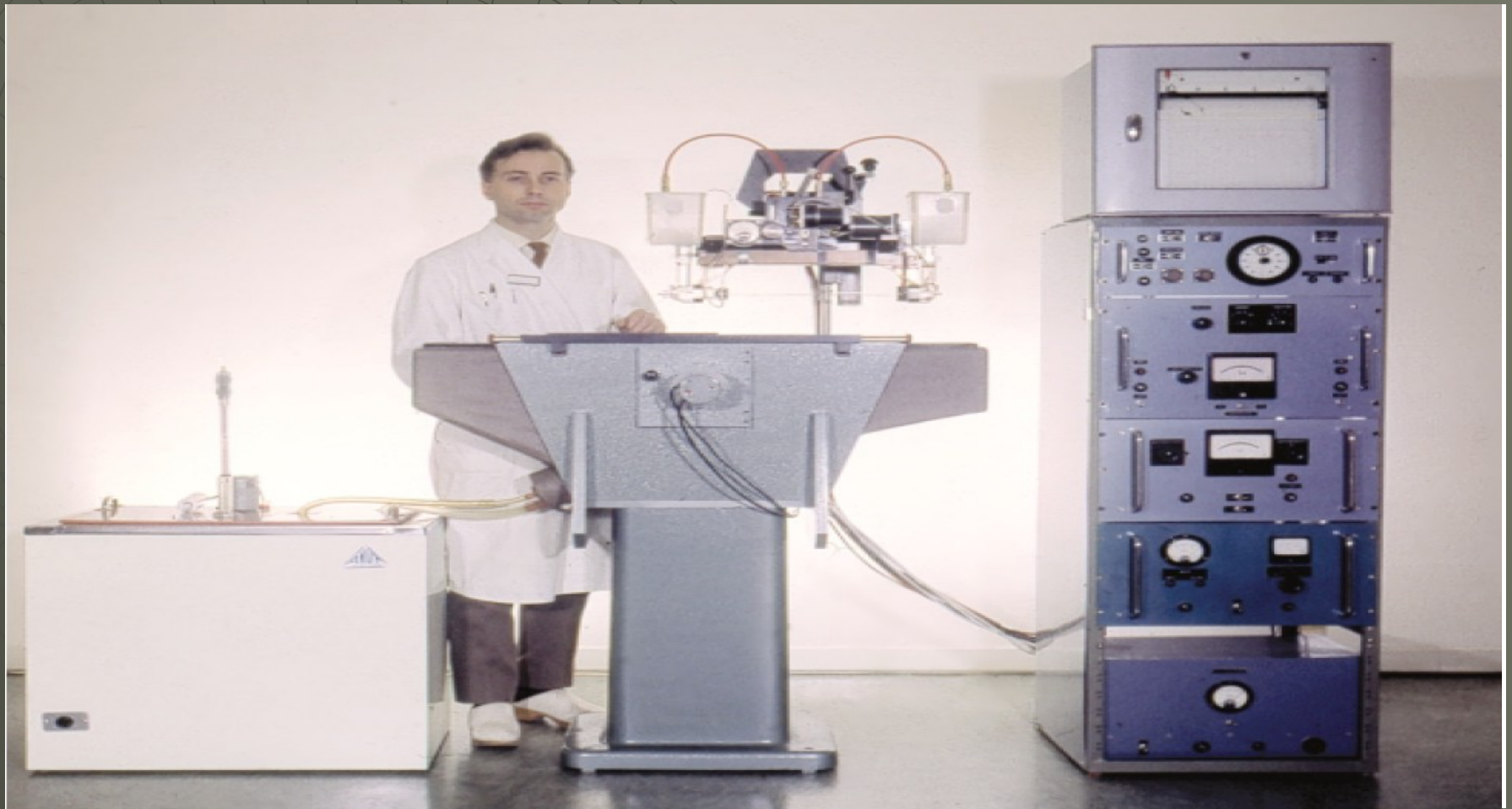
- ◆ Kapilára

Porézní media

- ◆ 1939 *Papír*
- ◆ 1950 *Agarový gel*
- ◆ 1955 *Škrobový gel*
- ◆ 1957 *Acetát celulosy*
- ◆ **1959 Polyakrylamidový gel**
- ◆ 1979 *Agarosový gel*

Kapilární elektroforéza

1967 - Hjerten
3 mm kapilára



Kapilární elektroforéza

1981 - Jorgenson Lukacsová
75 μm kapilára

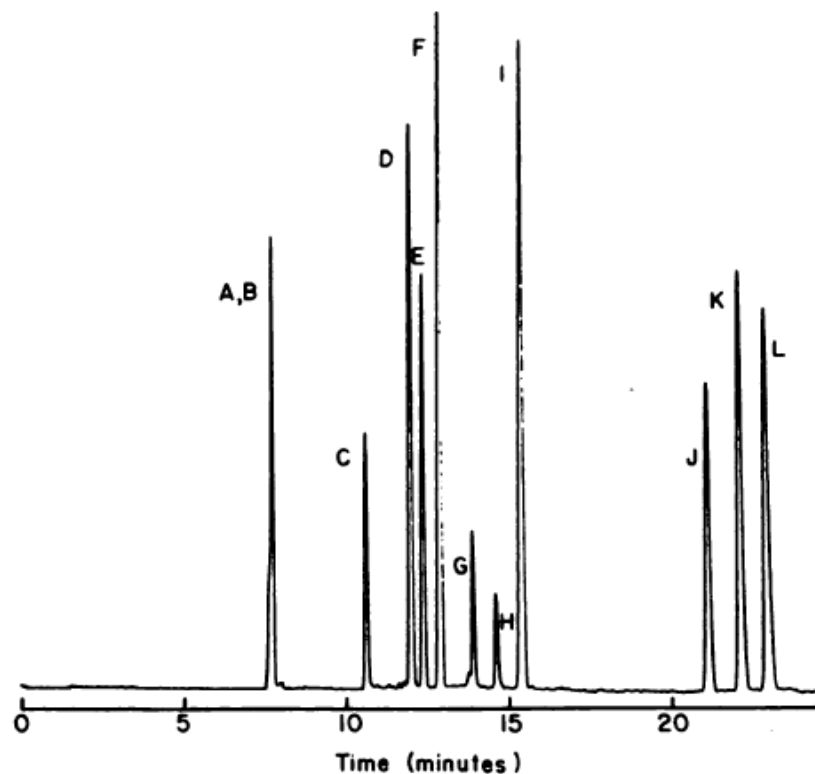
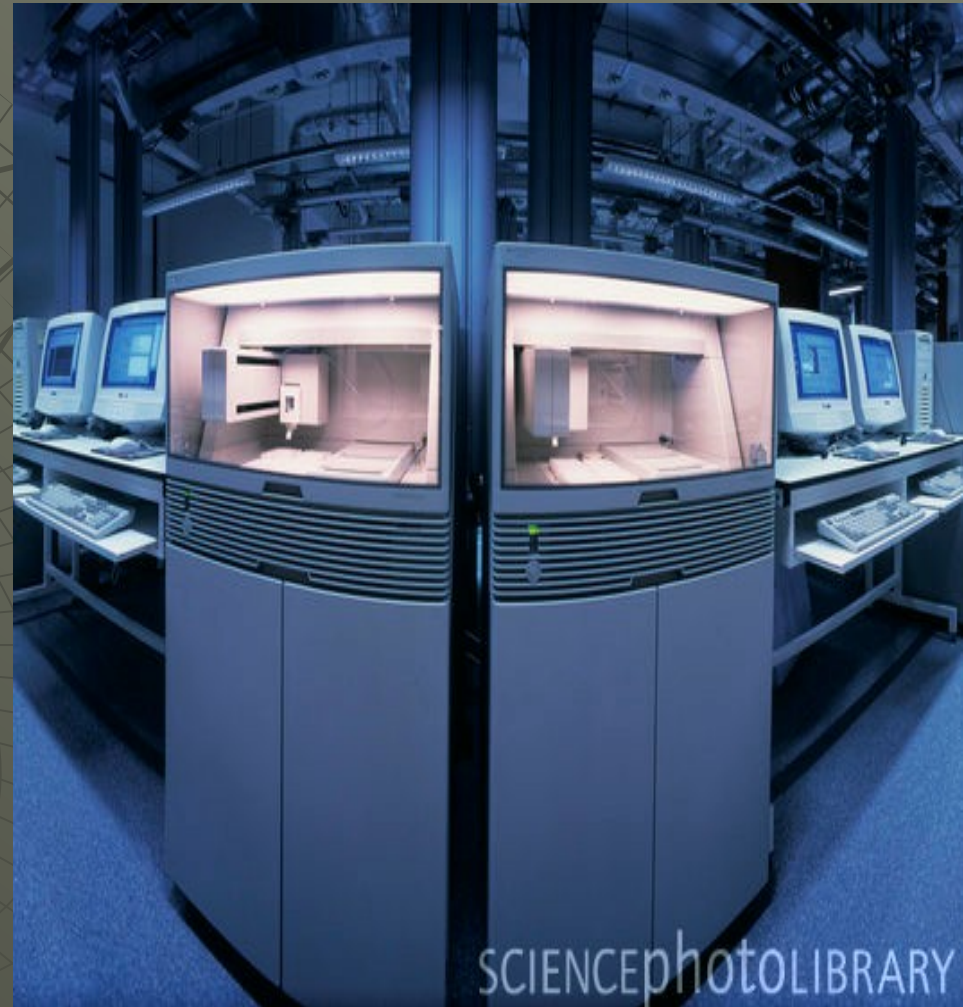


Fig. 1. Electropherogram of dansyl amino acids

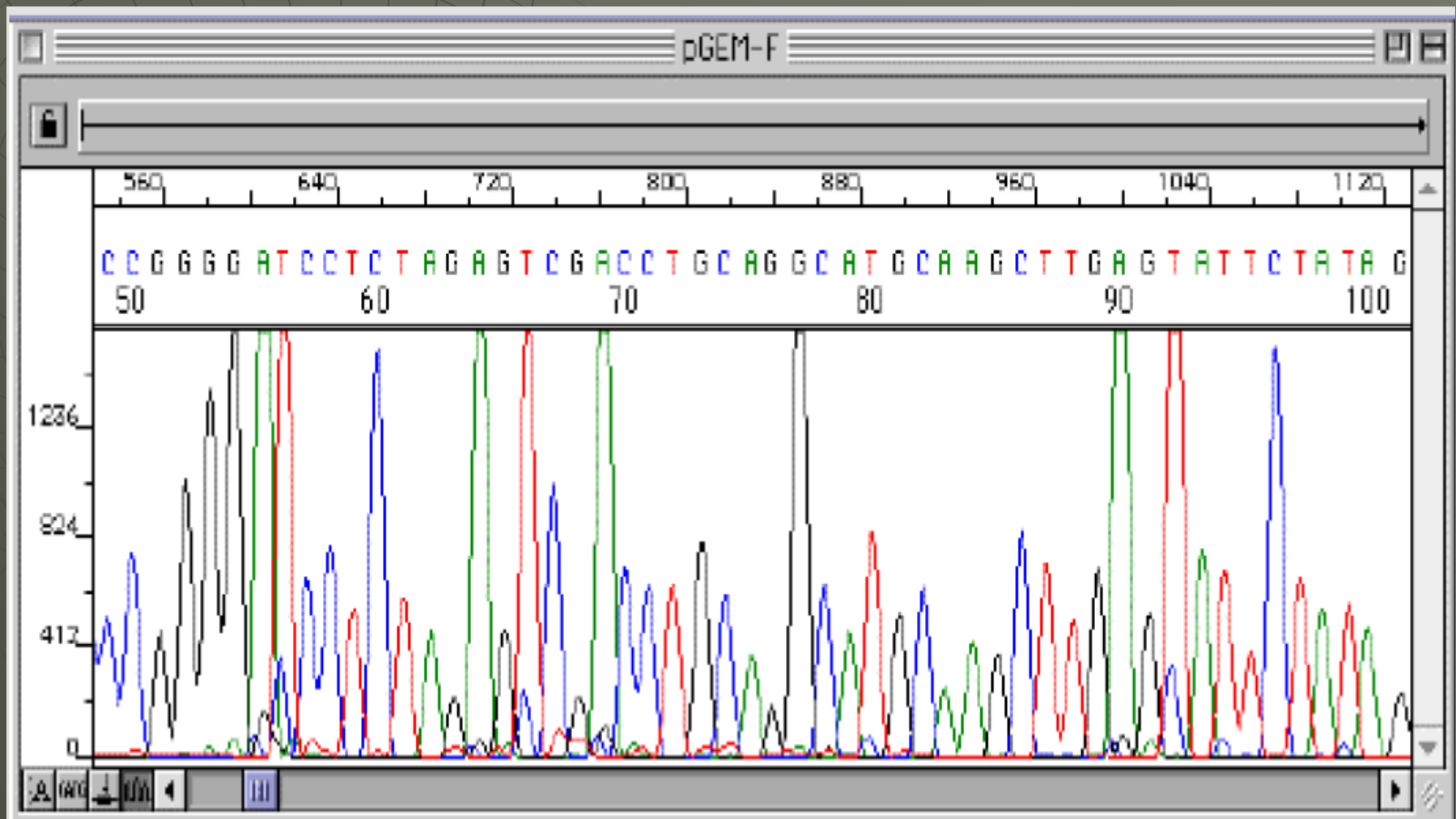
Beckman 1987



2003 - Projekt lidského genomu



2003 - Projekt lidského genomu





Proč enzymy ?

Enzymy – molekulární stroje



Enzymy – molekulární stroje



Rychlostní konstanta :

- Bez katalýzy - $0,23 \text{ s}^{-1}$
- Pt - $1,3 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1}$
- Enzym - katalasa - $3,7 \cdot 10^7 \text{ s}^{-1}$

Enzymy – molekulární stroje

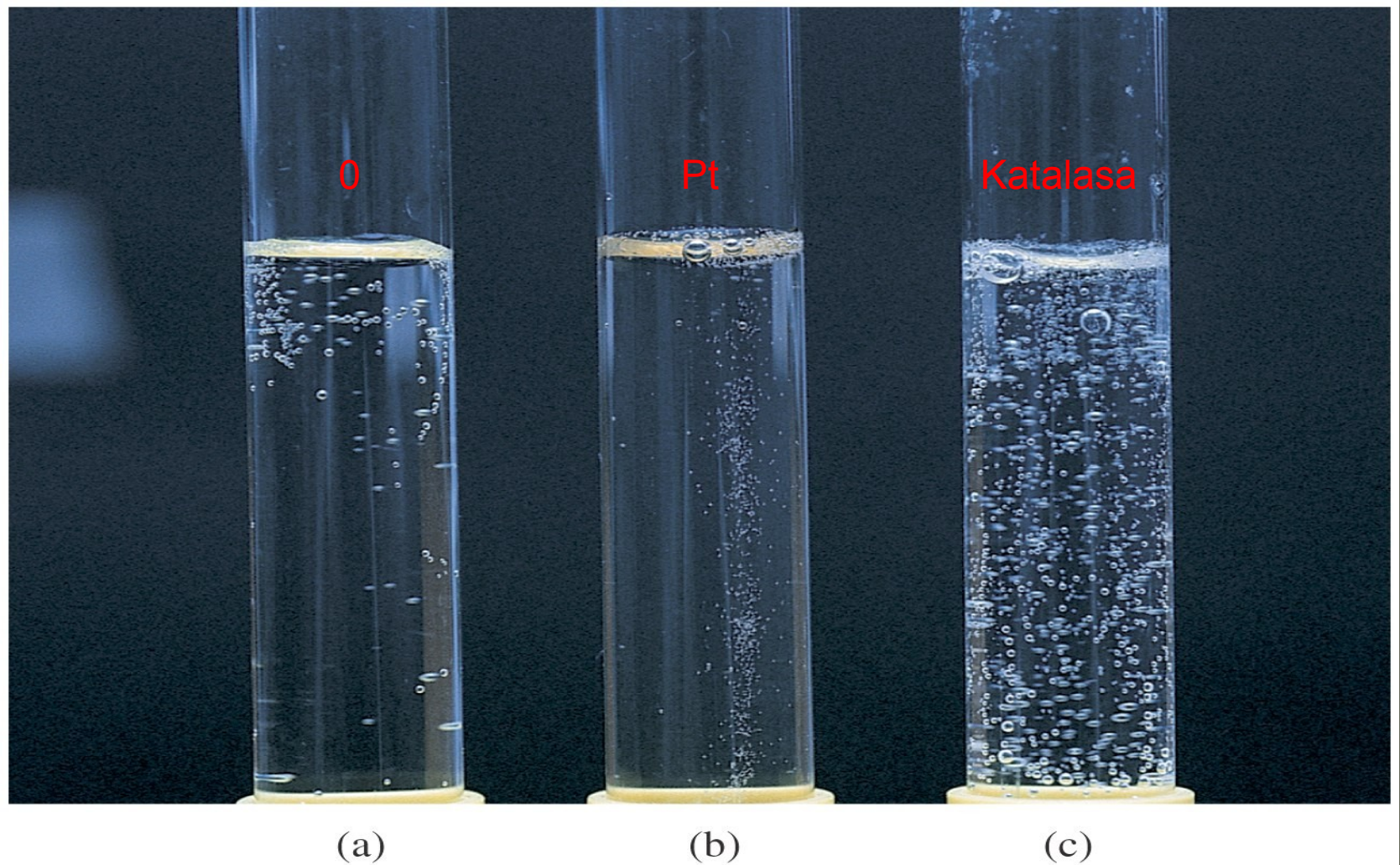


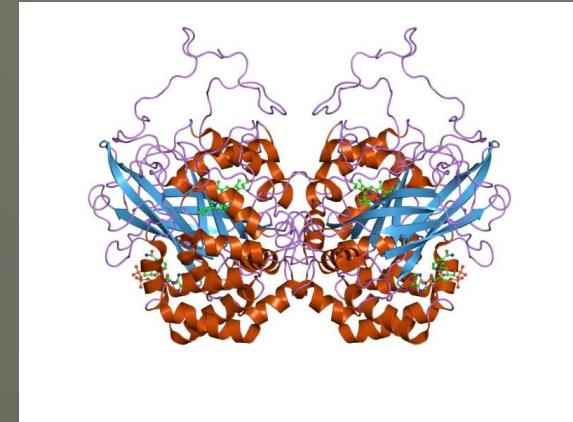
Figure 5-1 Concepts in Biochemistry, 3/e

Enzymy – molekulární stroje

Katalasa



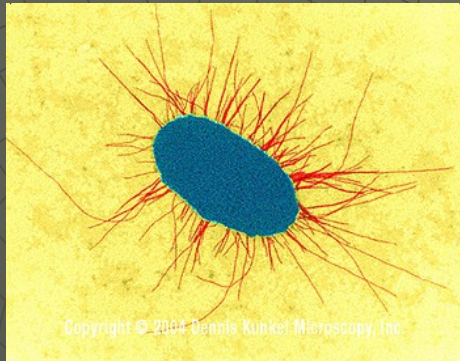
Číslo přeměny 40 000 000



1 molekula enzymu přemění
40 000 000 molekul substrátu za 1 s

Enzymy – stanovení koncentrace

Escherichia coli



3 000 bílkovin

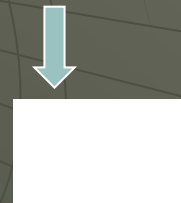
Homo sapiens



25 000 bílkovin

Koncentrace ↔ Katalytická aktivita

Substrát



Produkt

Stanovení aktivity enzymů

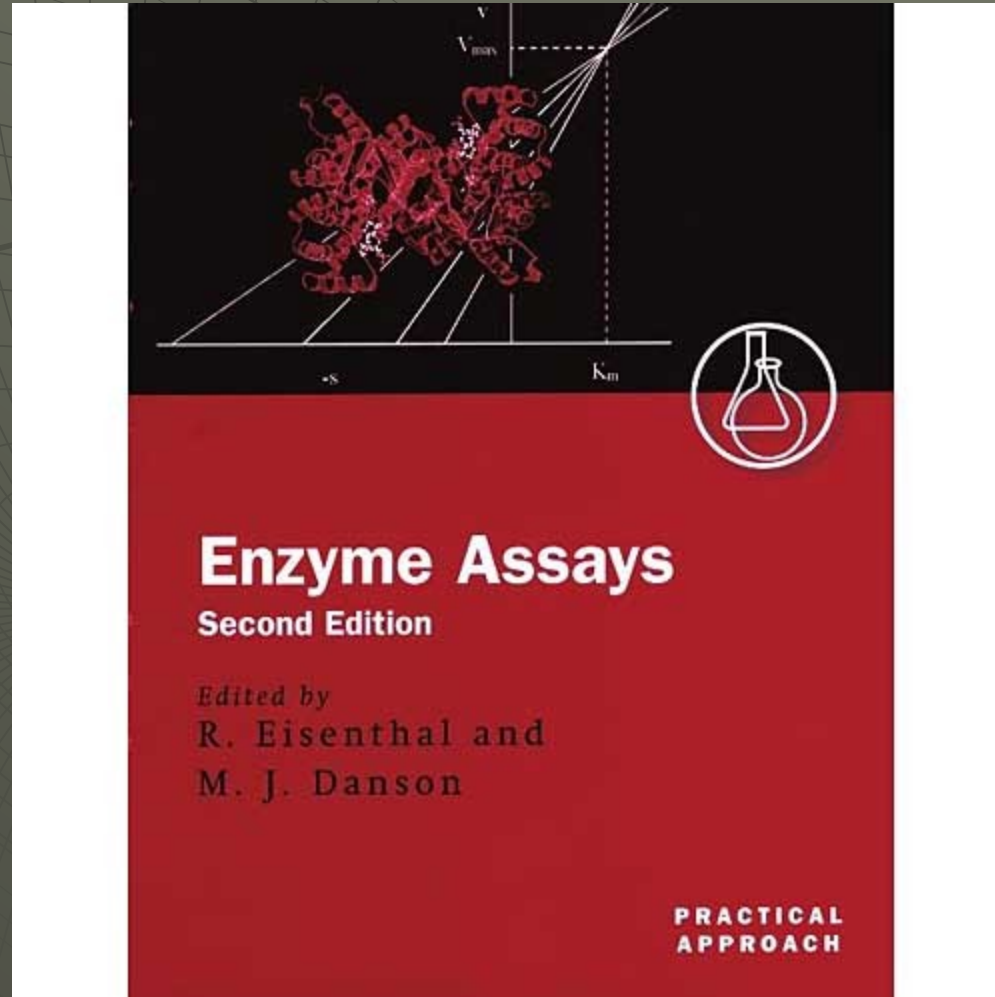
- *Biochemie*
- *Molekulární biologie*
- *Klinická diagnostika*
- *Farmakologie – vývoj léčiv*
- *Biotechnologické procesy*
- *Bioanalytická chemie*

Metody používané pro stanovení aktivity enzymů

- ◆ Spektrofotometrické
- ◆ Spektrofluorimetrické
- ◆ Elektrochemické
- ◆ Radiochemické
- ◆ Separáčnı́ – HPLC, GC, **CE**

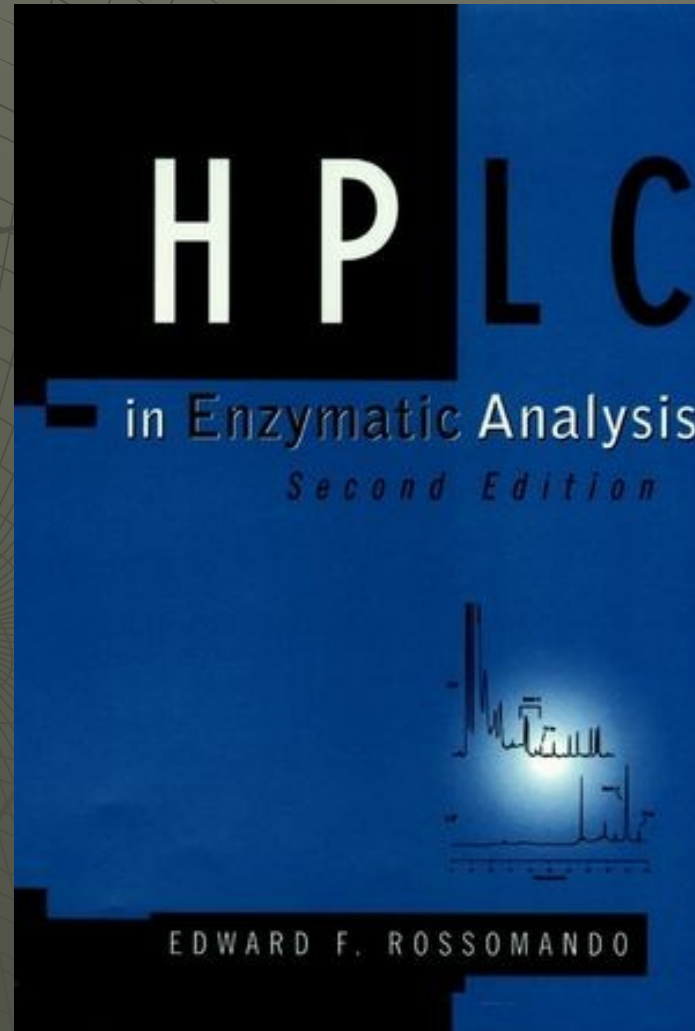
Enzyme Assays

R. Eisinger and M.J. Danson



HPLC in Enzymatic Analysis

E.F. Rossomando





Proč enzymy a CE ?

Výhody CE

- ◆ **Aplikační diverzita**

nabité i neutrální látky

nízkomolekulární i vysokomolekulární látky

chirální i achirální látky

bakterie i viry

Výhody CE

- ◆ Aplikační diverzita
- ◆ Jednoduchá instrumentace

CZE, MEKC,
CIEF, CIP
NACE, MEEKC,
CGE, ChCE



CEC

Výhody CE

- ◆ Aplikační diverzita
- ◆ Jednoduchá instrumentace
- ◆ Vysoké rozlišení a účinnost separací
- ◆ Malá spotřeba vzorku
- ◆ Rychlost analýzy
- ◆ Malá spotřeba chemikálií a malé množství odpadů

Výhody CE

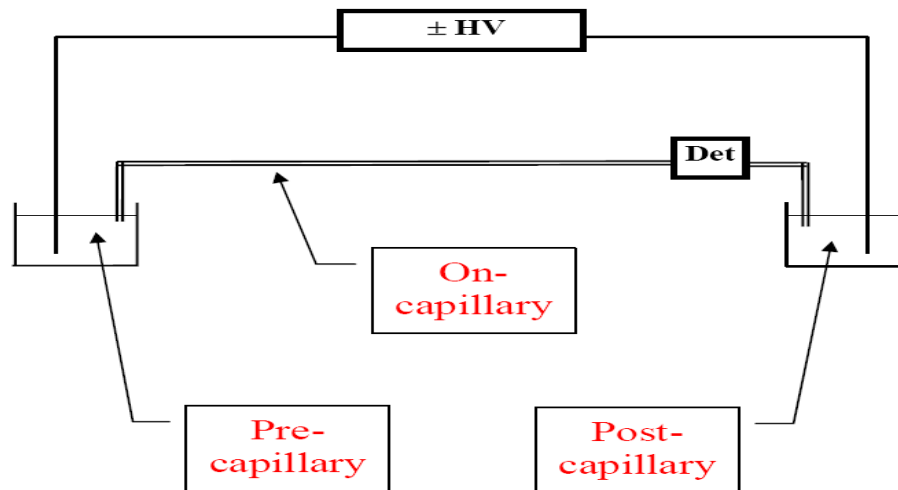
Kapilára jako reakční prostor

Studium enzymových reakcí pomocí CE

- „Pre-capillary“
- „On-capillary“

HOMOGENNÍ

- „Post-capillary“

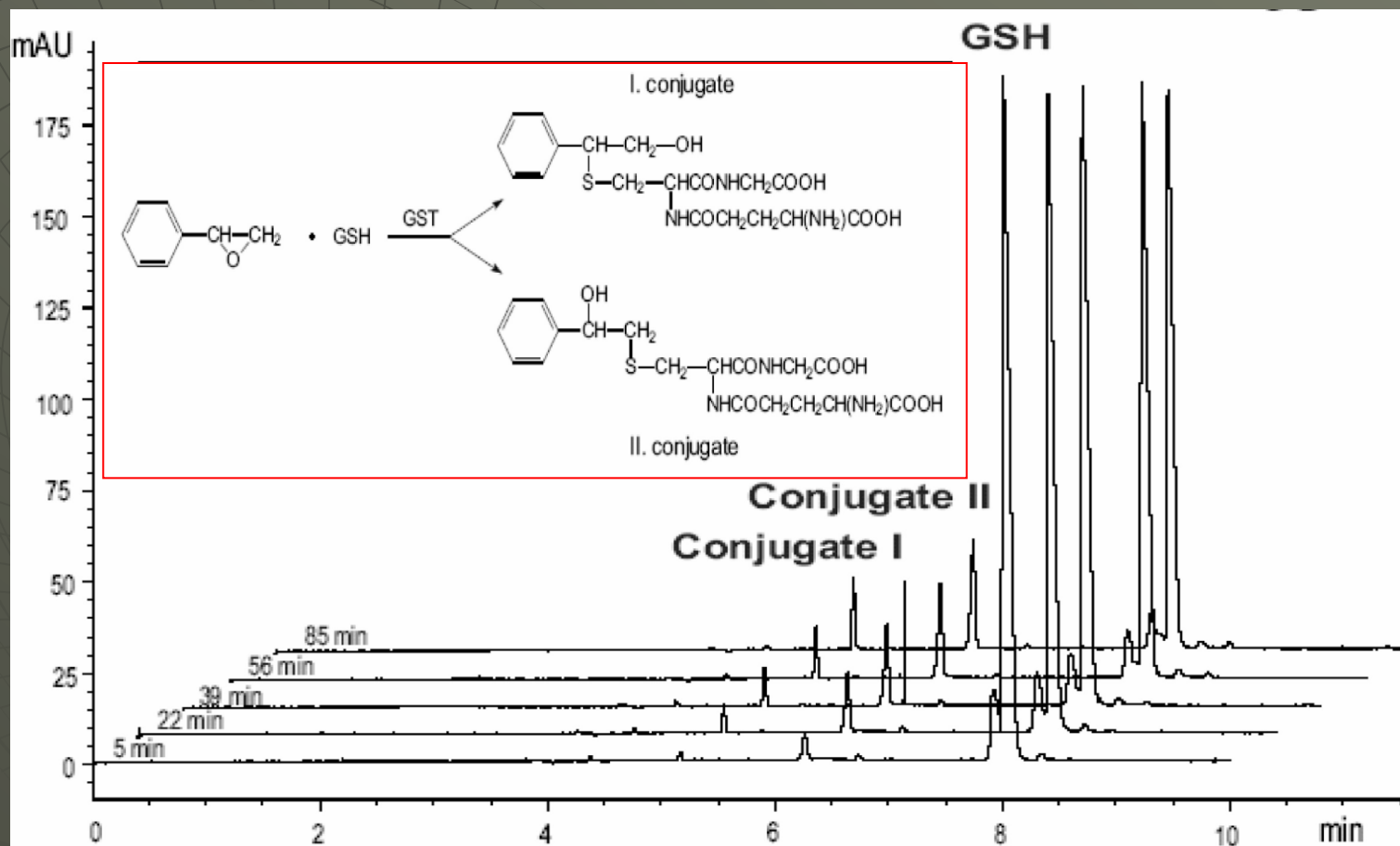


Studium enzymových reakcí pomocí CE

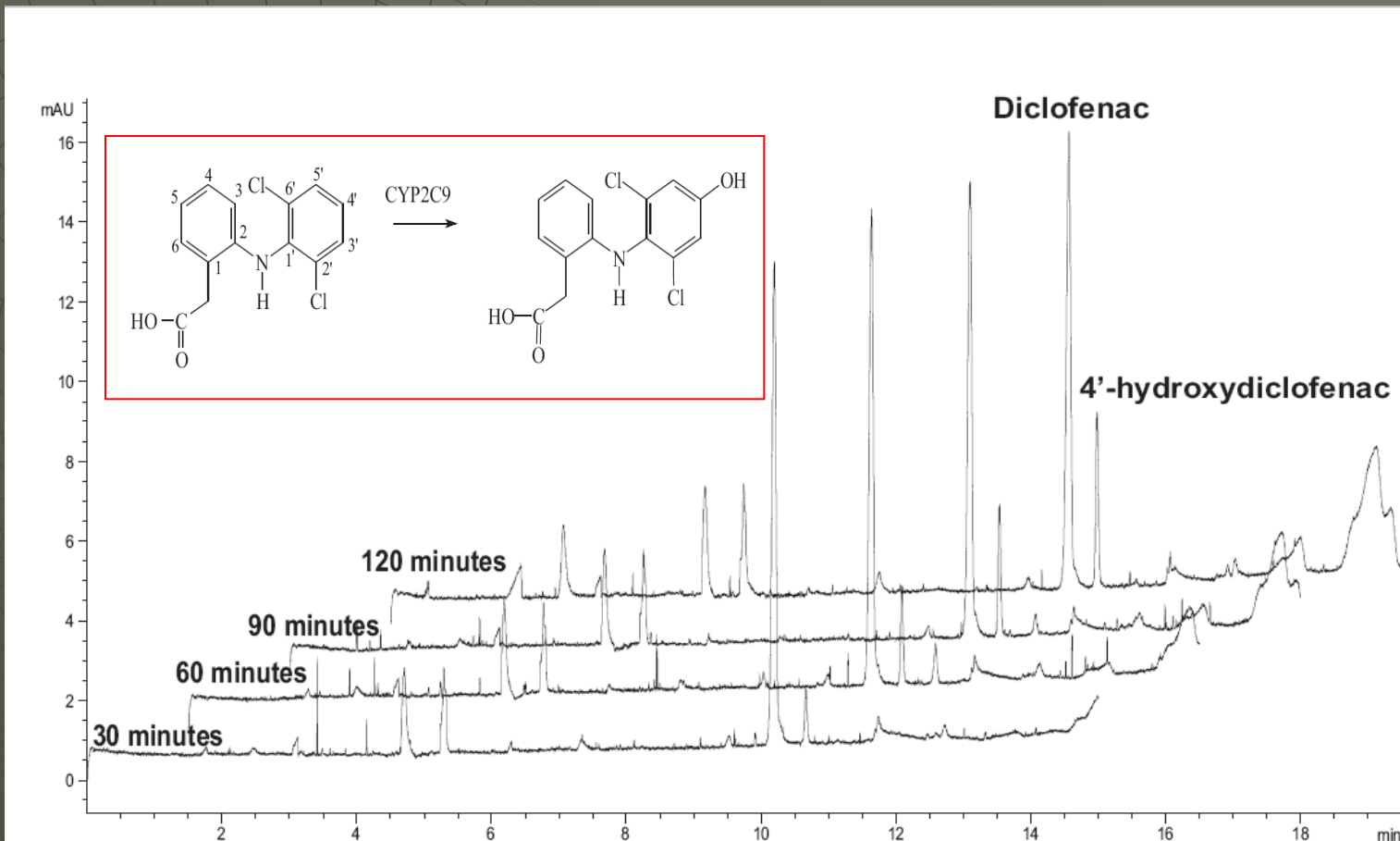
▪ „Pre-capillary“ provedení :

- kapilára je používána pouze pro separaci a detekci
- nutná manipulace mezi enzymovou reakcí a separací

Kinetické stanovení glutathion S-transferasa




„End point“ stanovení cytochrom P450 2C9



Studium enzymových reakcí pomocí CE

▪ „On-capillary“ provedení :

- kapilára je navíc využita i jako reakční prostředí
- stanovení je automatizováno – dávkování, smísení, inkubace, separace, detekce  E

Elektroforeticky zprostředkovaná mikroanalýza

Electrophoretically **M**ediated **M**icro**A**nalysis **EMMA**

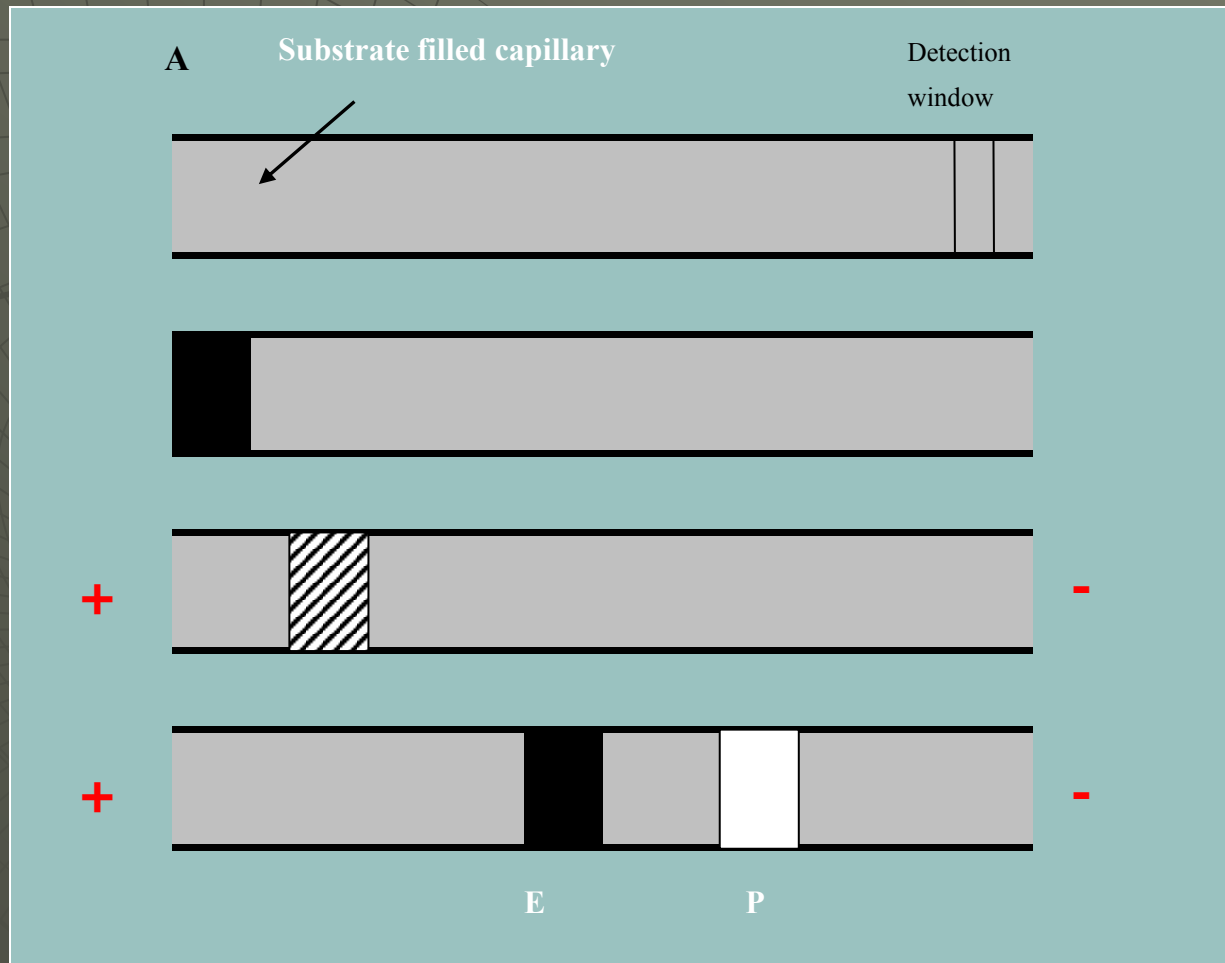
J. Bao, F.E. Regnier, J. Chromatogr. 608, 217 (1992).

rozdílná elektroforetická **mobilita** enzymu a jeho substrátu(ů)
pro vyvolání reakce **přímo** v kapiláře

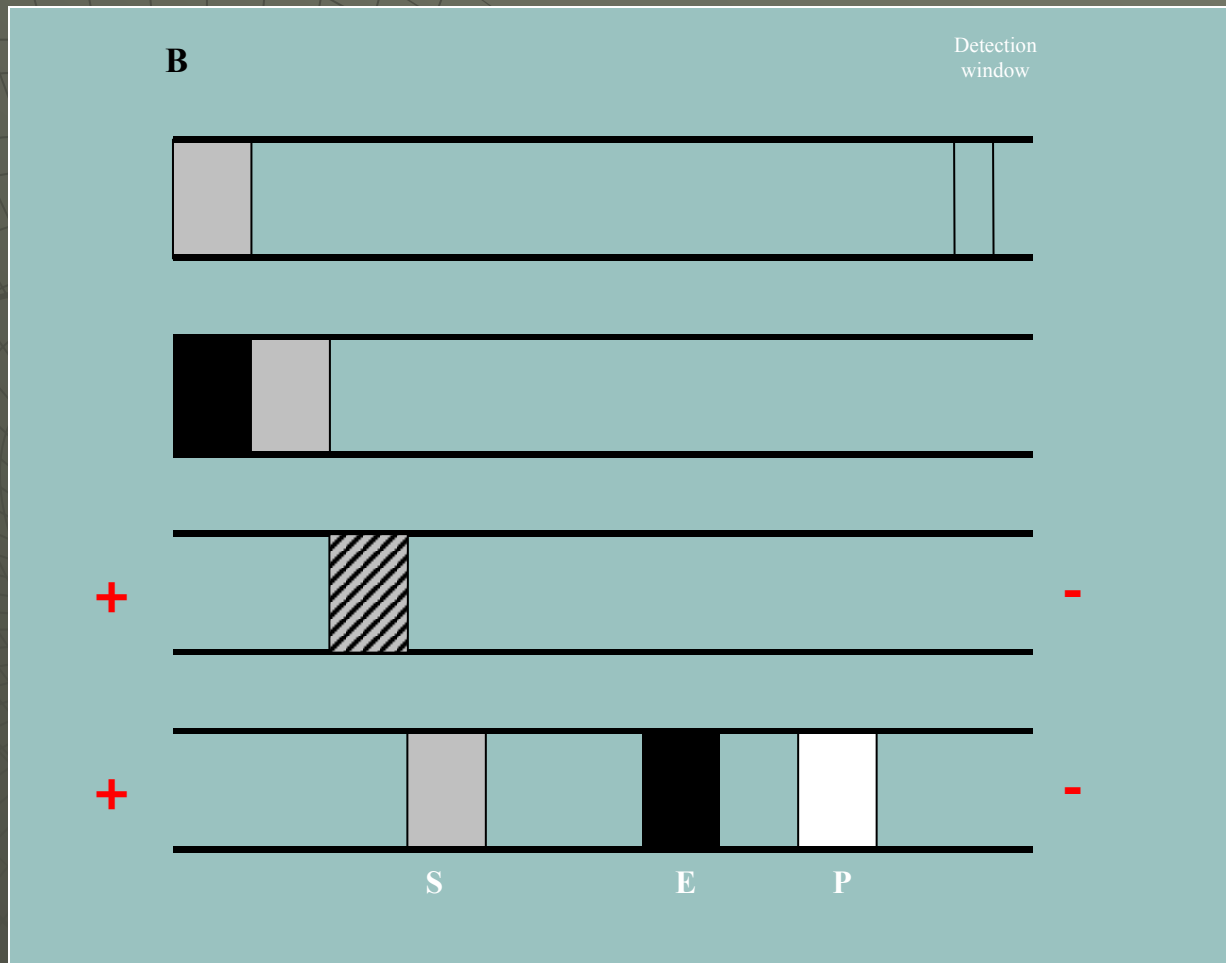


Cestovní kancelář
EMMA

EMMA - kontinuální mód



EMMA – zonální mód



EMMA – zonální mód

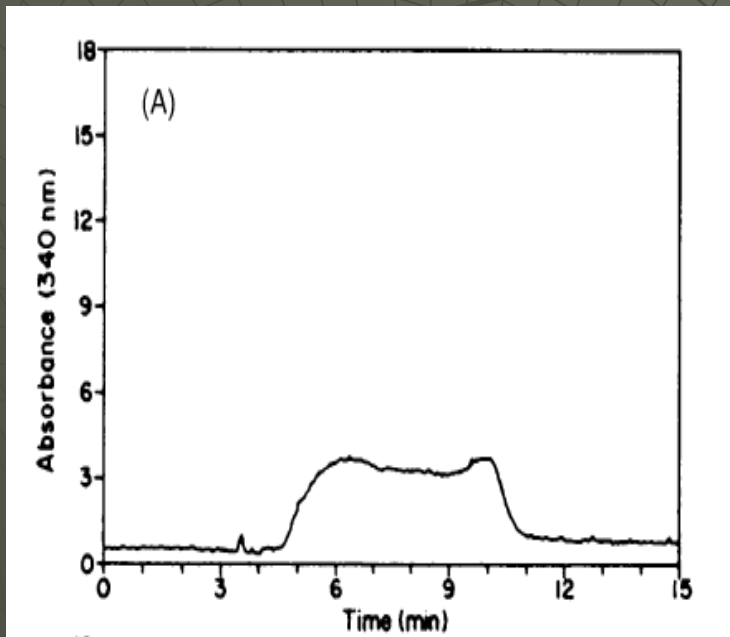
Výhody :

- Menší spotřeba vzorků – enzym, substráty, inhibitory
- Vyhodnocování

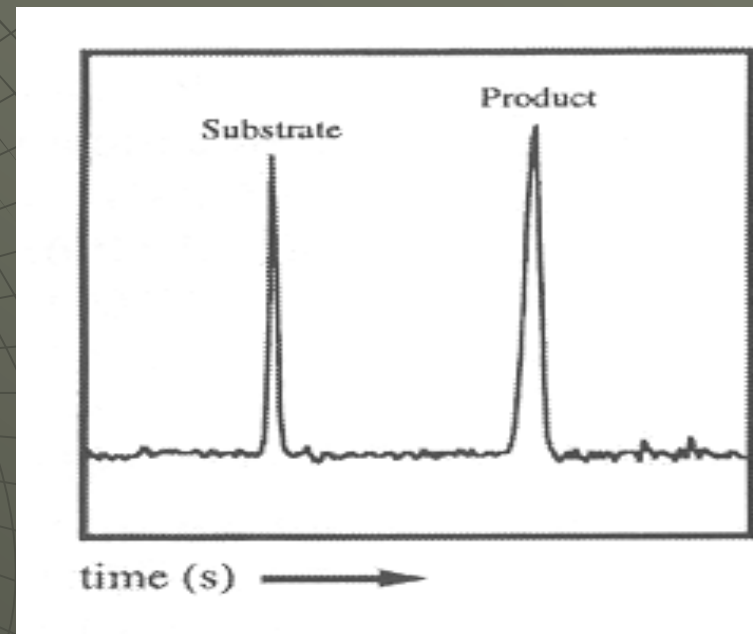
EMMA – vyhodnocení



Kontinuální mód



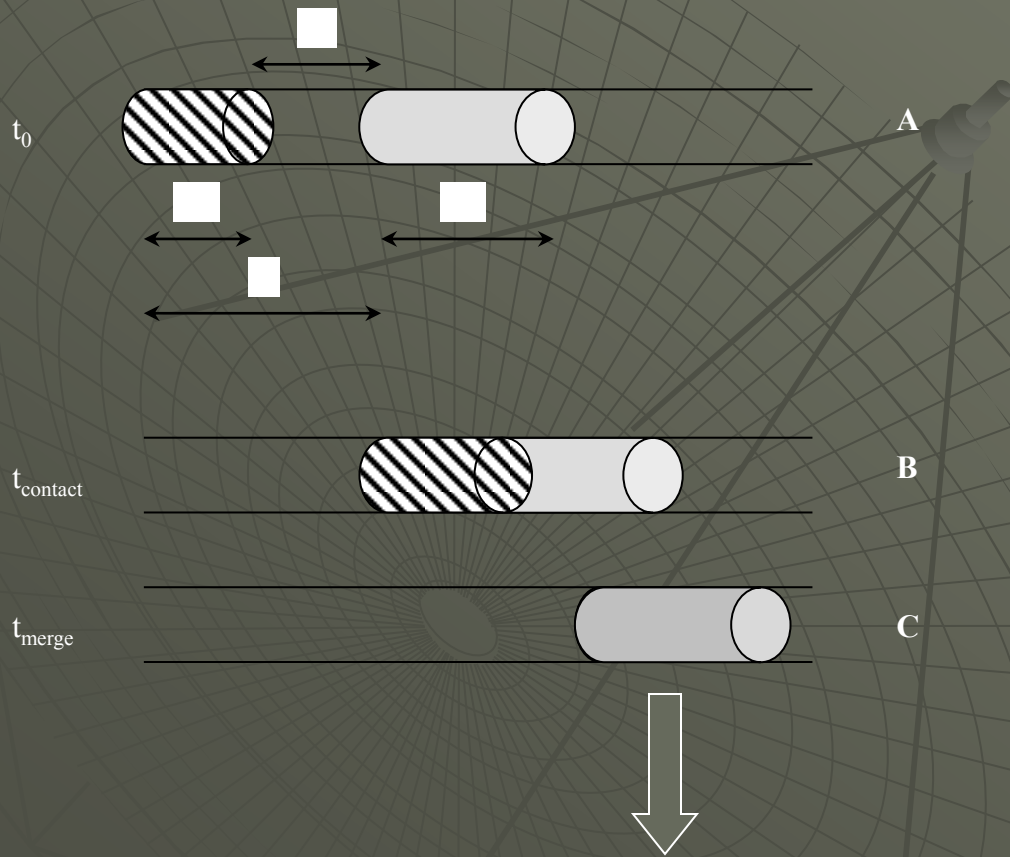
Zonální mód



B.J. Harmon et al., J. Chromatogr. A 726, 193 (1996).

E.S. Kwak et al., Anal. Chim. Acta 397, 183 (1999).

EMMA – zonální mód



$t_{\text{reaction}} =$

$=$

$t_{\text{merge}} =$

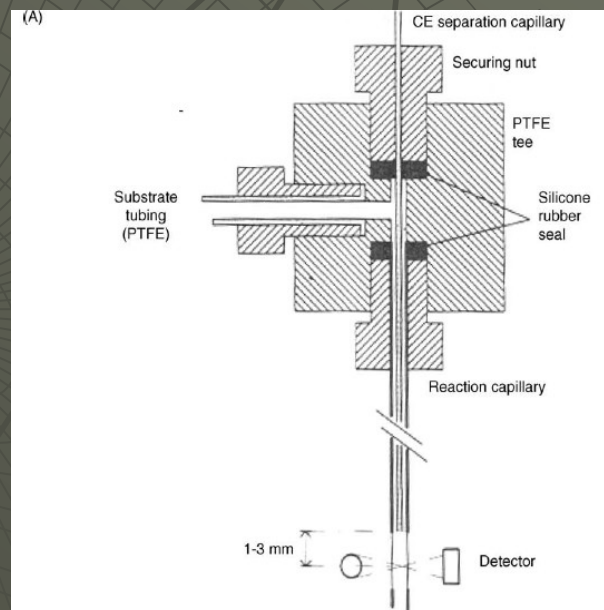
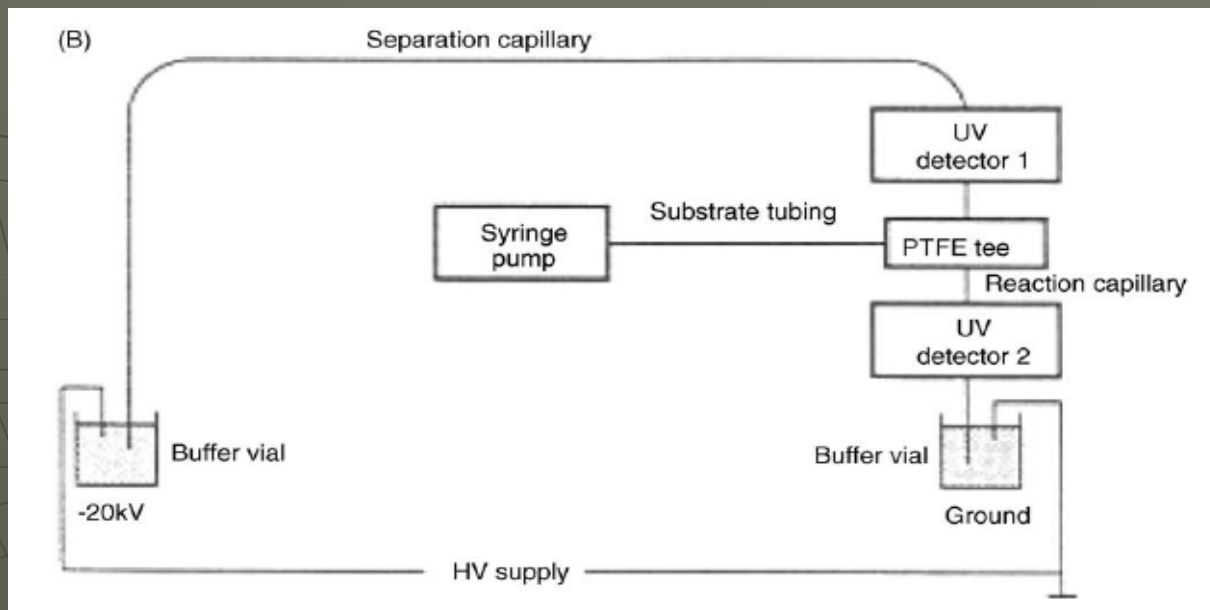
$=$

vypnutí el. napětí: "zero potential amplification"

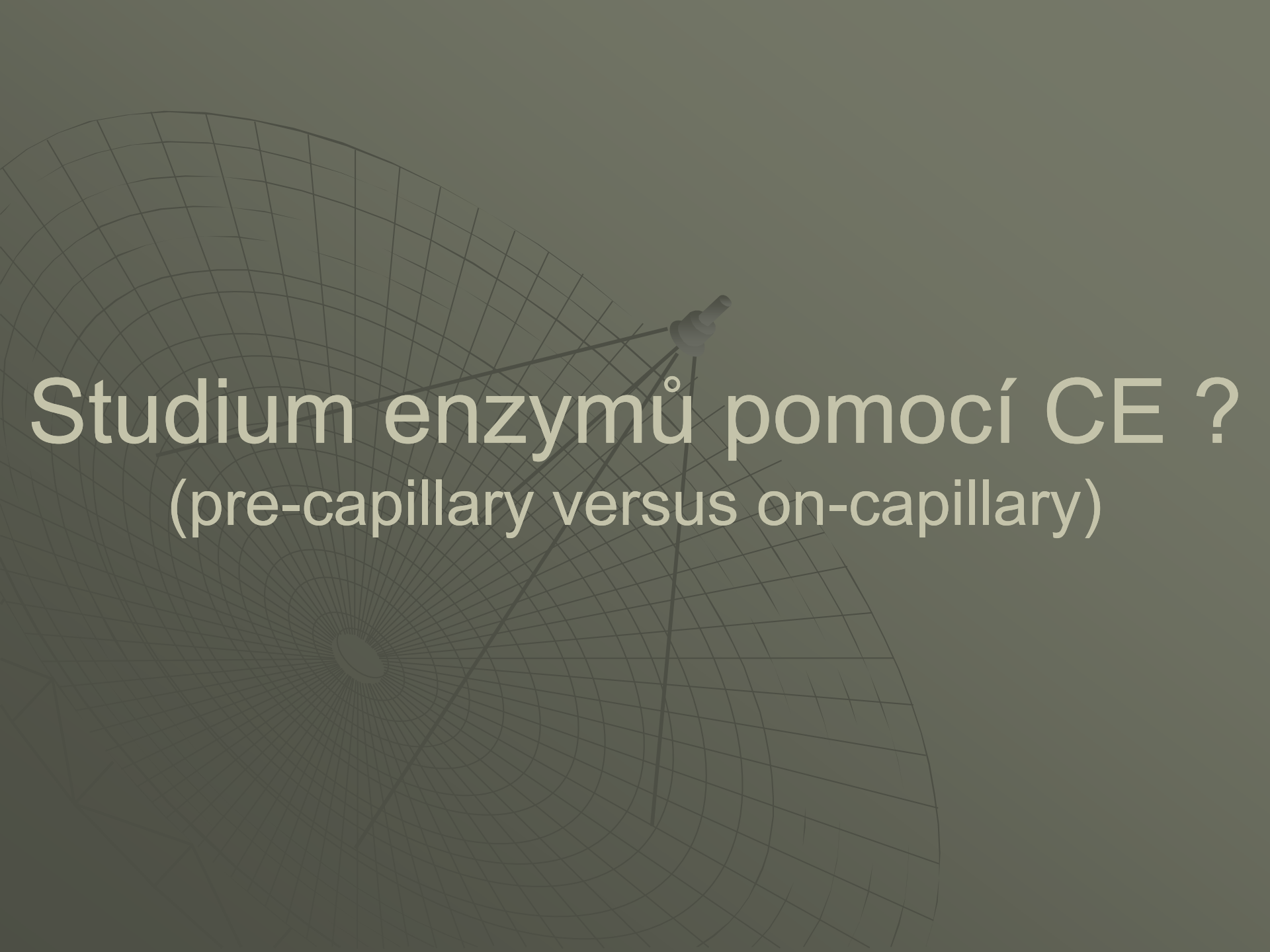
Studium enzymových reakcí pomocí CE

▪ „Post-capillary“ provedení :

- vzorek je nejprve separován pomocí CE, na konci kapiláry je reaktor, kde probíhá enzymová reakce
- uvedenou variantu nelze použít u komerčních CE zařízení



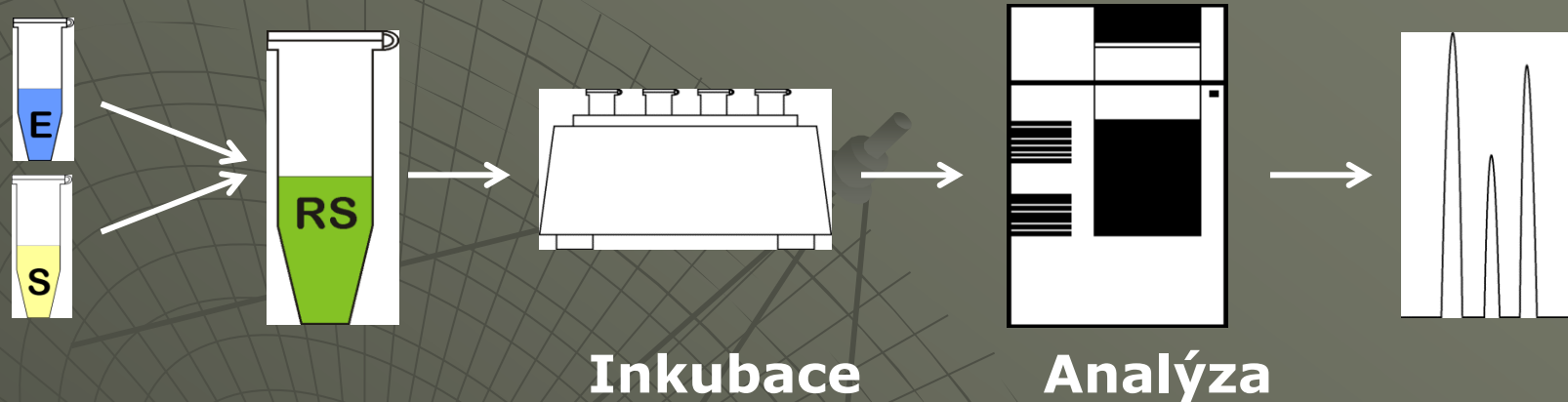
A. Emmer, J. Roeraade, *Chromatographia* 39 (1994) 271.



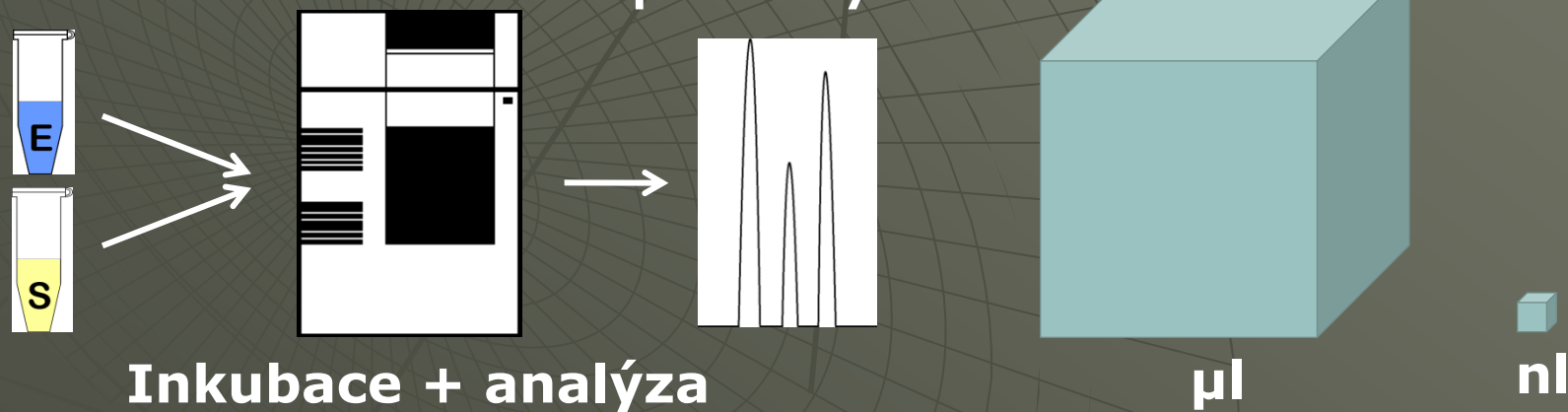
Studium enzymů pomocí CE ?

(pre-capillary versus on-capillary)

Off-line – pre-capillary



On-line – on-capillary



Rhodanasa (EC 2.8.1.1)



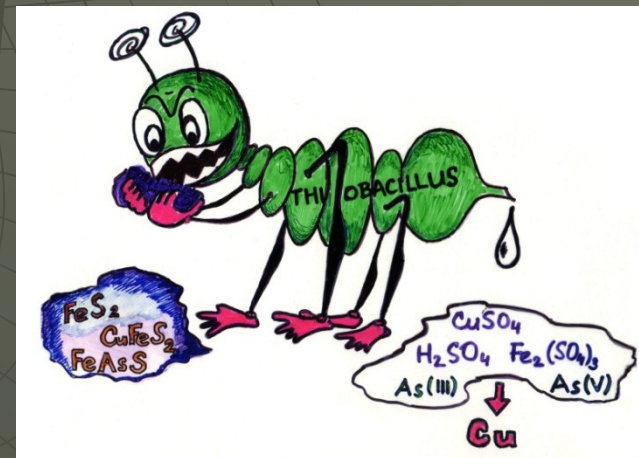
Homo sapiens

- Detoxikace kyanidu - otravy
- cigaretový kouř
 - glykosinoláty *Brassicaceae*

Acidithiobacillus ferrooxidans

Biohydrometalurgie

Životní prostředí



rhodanasa – pre-capillary stanovení aktivity

Volba separačních podmínek

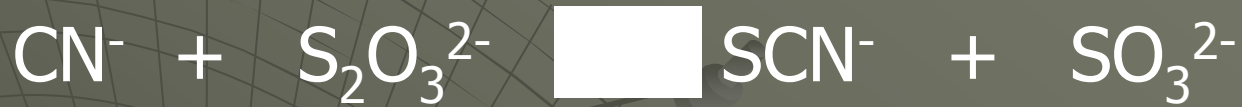


0.1 mM TTAB - 15 mM borát pH 9.0
blízká mobilita CN⁻, SCN⁻
vysoká koncentrace CN⁻ v reakční směsi



rhodanasa – pre-capillary stanovení aktivity

Volba separačních podmínek



100 mM β -alanin - HCl, pH 3.5

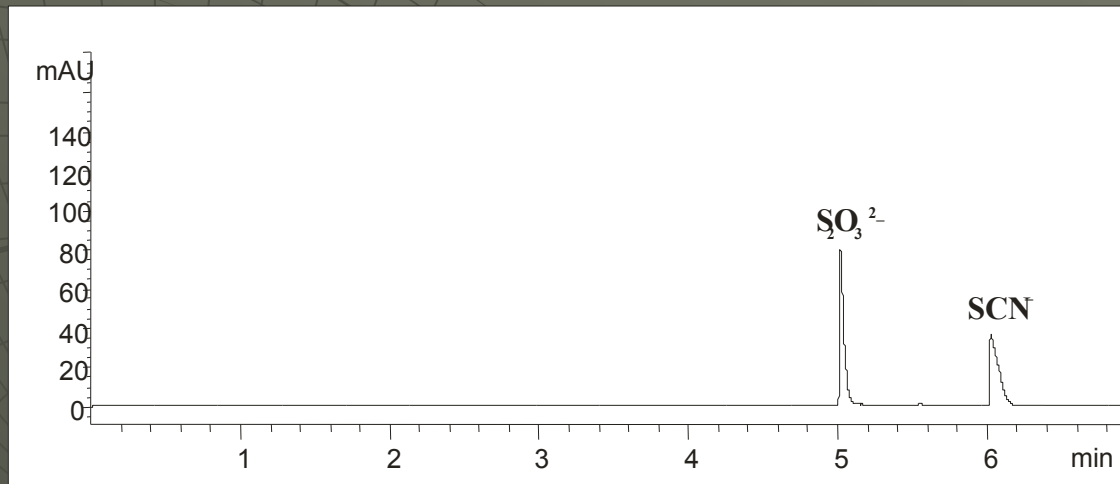
nizký EOF

CN⁻ = HCN



rhodanasa – pre-capillary stanovení aktivity

Analýza standardů



Kapilára: křemenná, vnitřní průměr 75 μ m,
celková délka 64.5 cm, efektivní
délka 56 cm

Dávkování : 50 mbar/6s

Separáční napětí: 18 kV (negativní polarita)

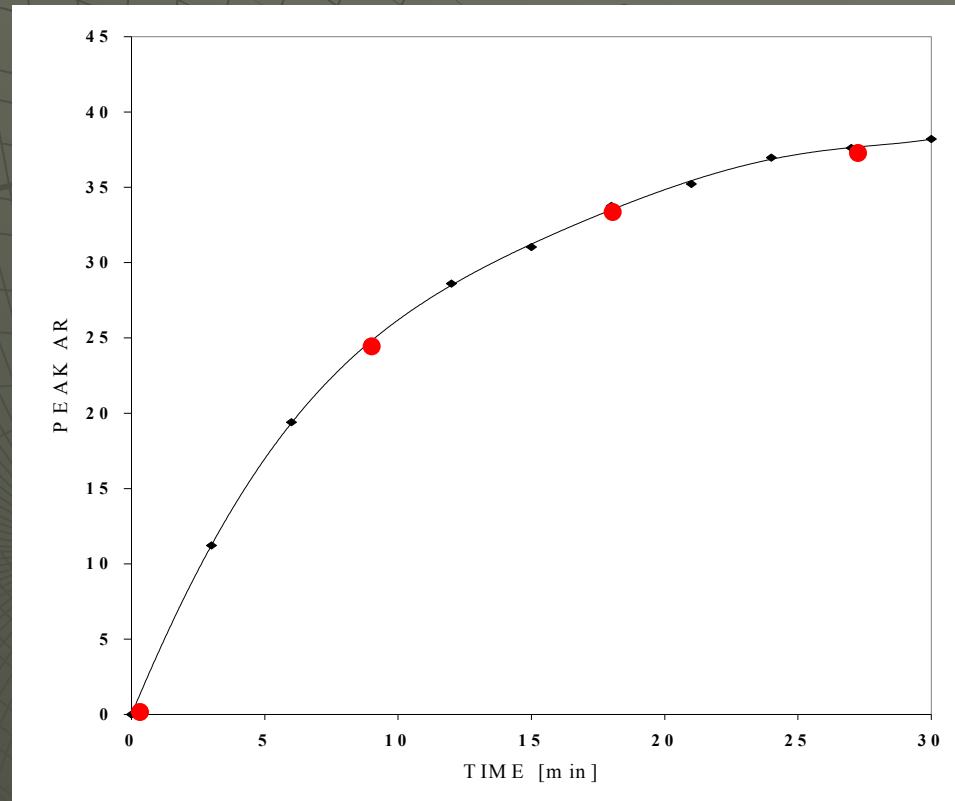
Teplota kapiláry: 25 $^{\circ}$ C, 0,1 C

Detekce: λ = 200 nm (šířka pasu 20 nm)

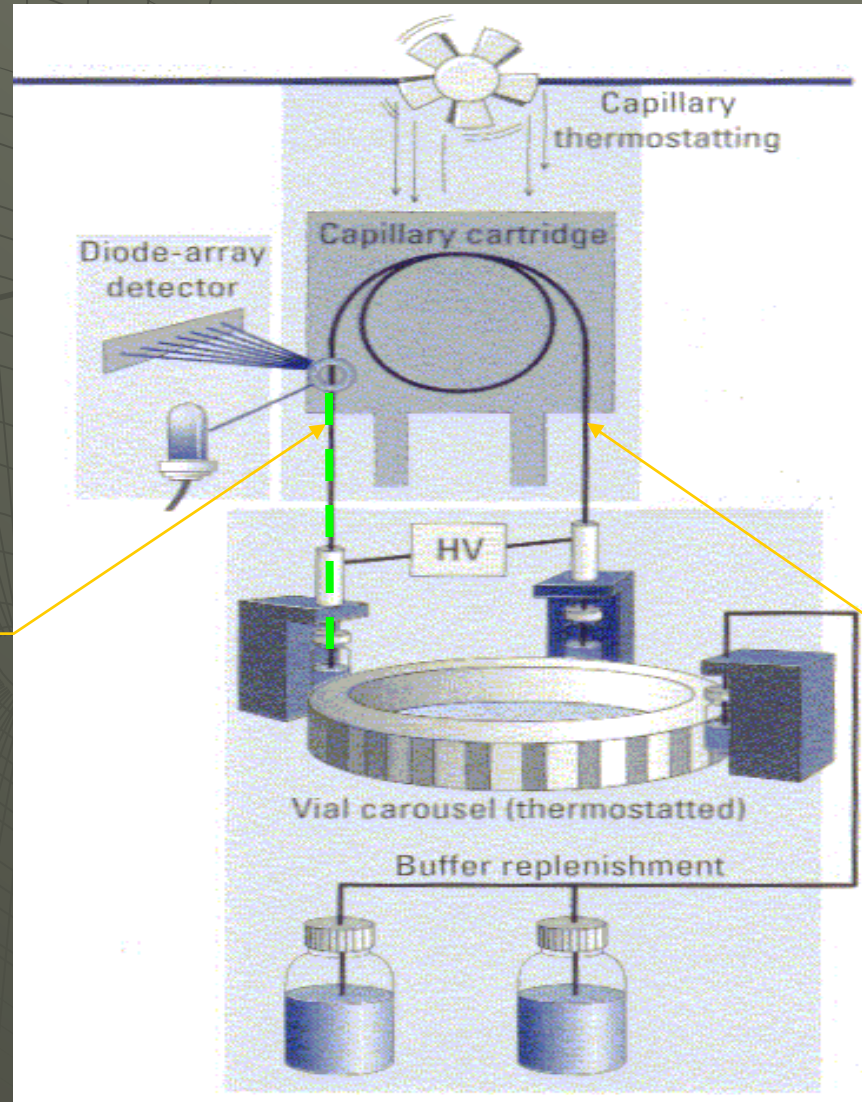
Vzorek : 1 mM $S_2O_3^{2-}$, 1 mM SCN^- , 25 mM CN^-
v 25 mM HEPES pufru (pH 8.5)

rhodanasa – pre-capillary stanovení aktivity

Stanovení aktivity



rhodanasa – pre-capillary stanovení aktivity Dávkování

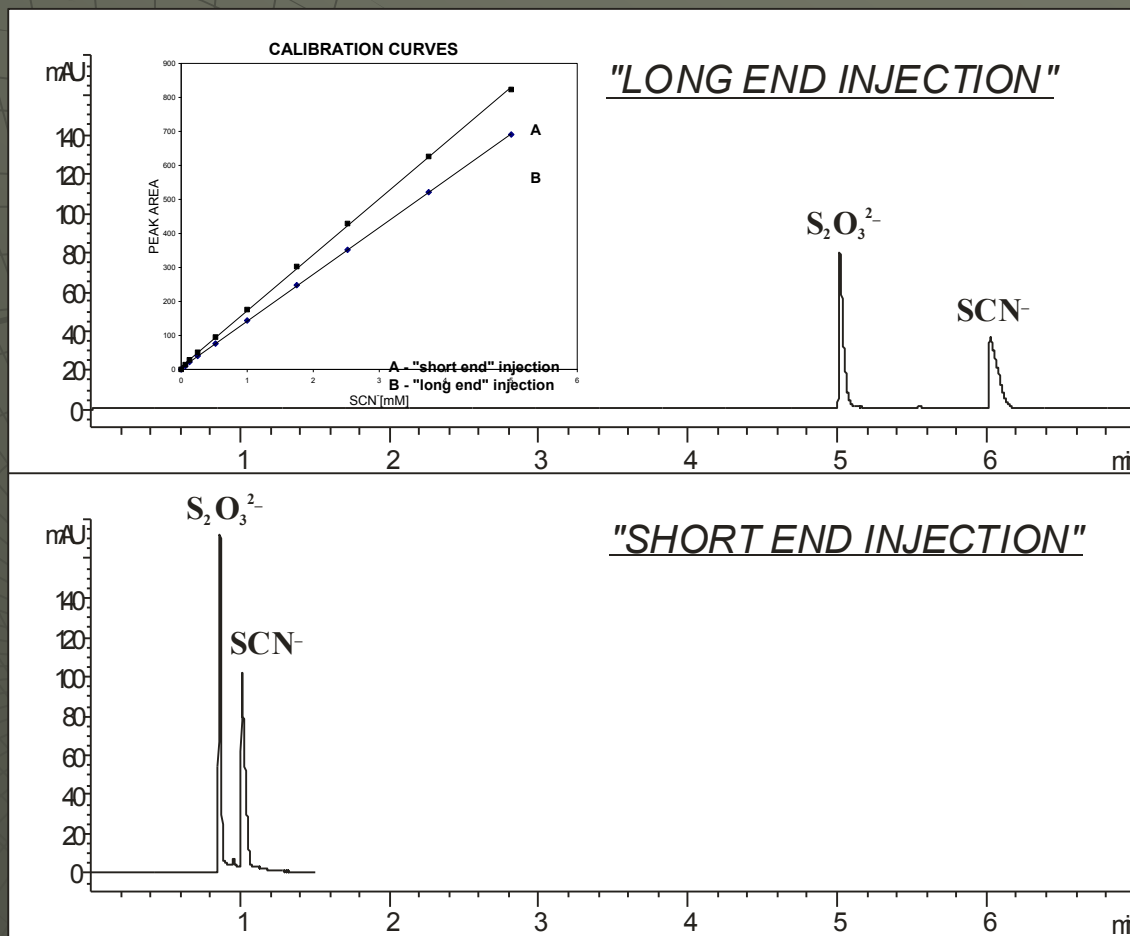


Short-end

Long-end

rhodanasa – pre-capillary stanovení aktivity

„Short end“ versus „Long end injection“



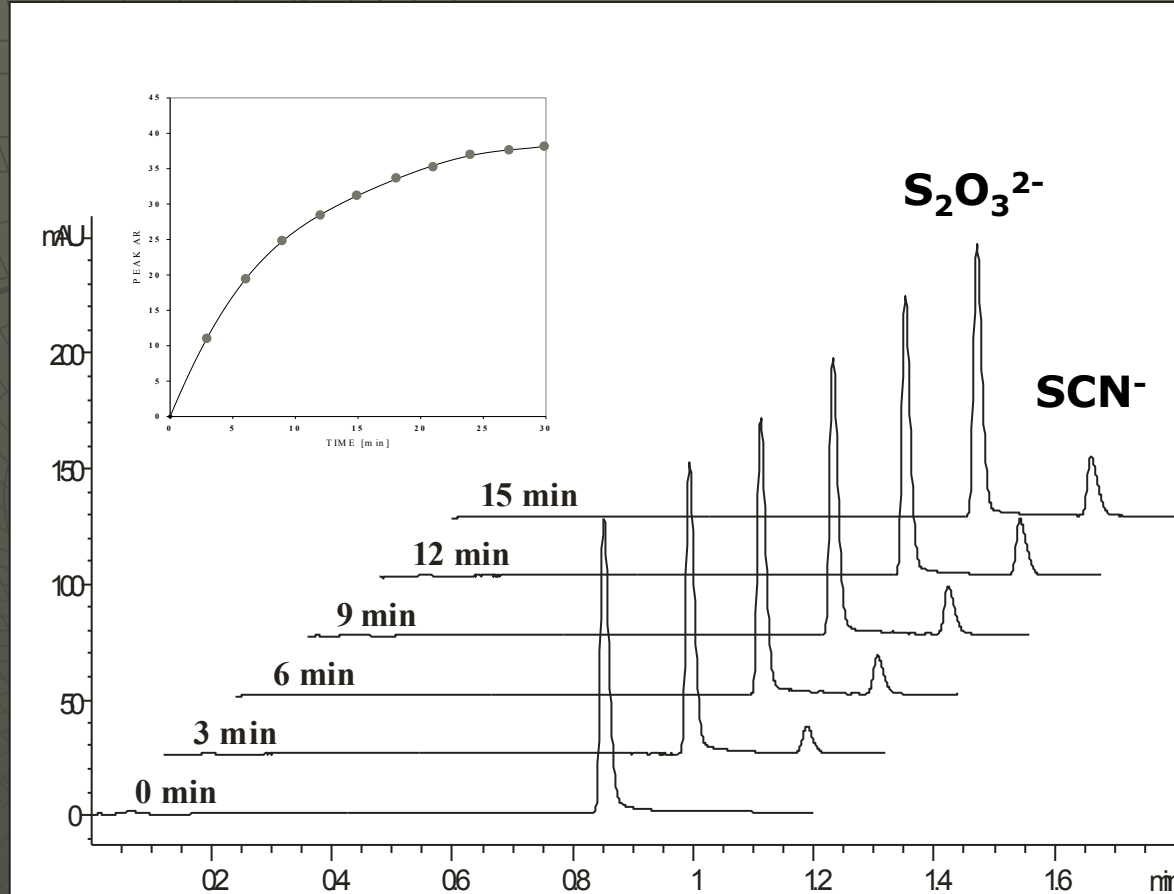
rhodanasa – pre-capillary stanovení aktivity

„Short end“ versus „Long end injection“

	Short-end injection	Long-end injection
Doba analýzy	1.5 min	7 min
Přesnost migračních časů (n=10)	0.11%	0.04%
Přesnost plochy píků (n=10)	0.33%	0.82%
Linearita	50-5000 μM	50-5000 μM
Korelační koeficient	0.9993	0.9998
Limit detekce	25 μM	5 μM

rhodanasa – pre-capillary stanovení aktivity

Stanovení aktivity



rhodanasa – EMMA stanovení kinet. parametrů

Volba separačních parametrů

Stejný pufr použít jak pro enzymovou reakci,
tak pro separaci produktů

pH optimum rhodanasy: 8.5



BGE pH 8.5 – (nepokrytá kapilára, PVA – pokrytá kapilára)



rhodanasa – EMMA stanovení kinet. parametrů

Volba separačních parametrů

Separace anorganických aniontů ($S_2O_3^{2-}$, SCN^-)
probíhá nejlépe při **nízkém pH** základního elektrolytu
■ eliminace EOF

pH optimum rhodanasy: 8.5

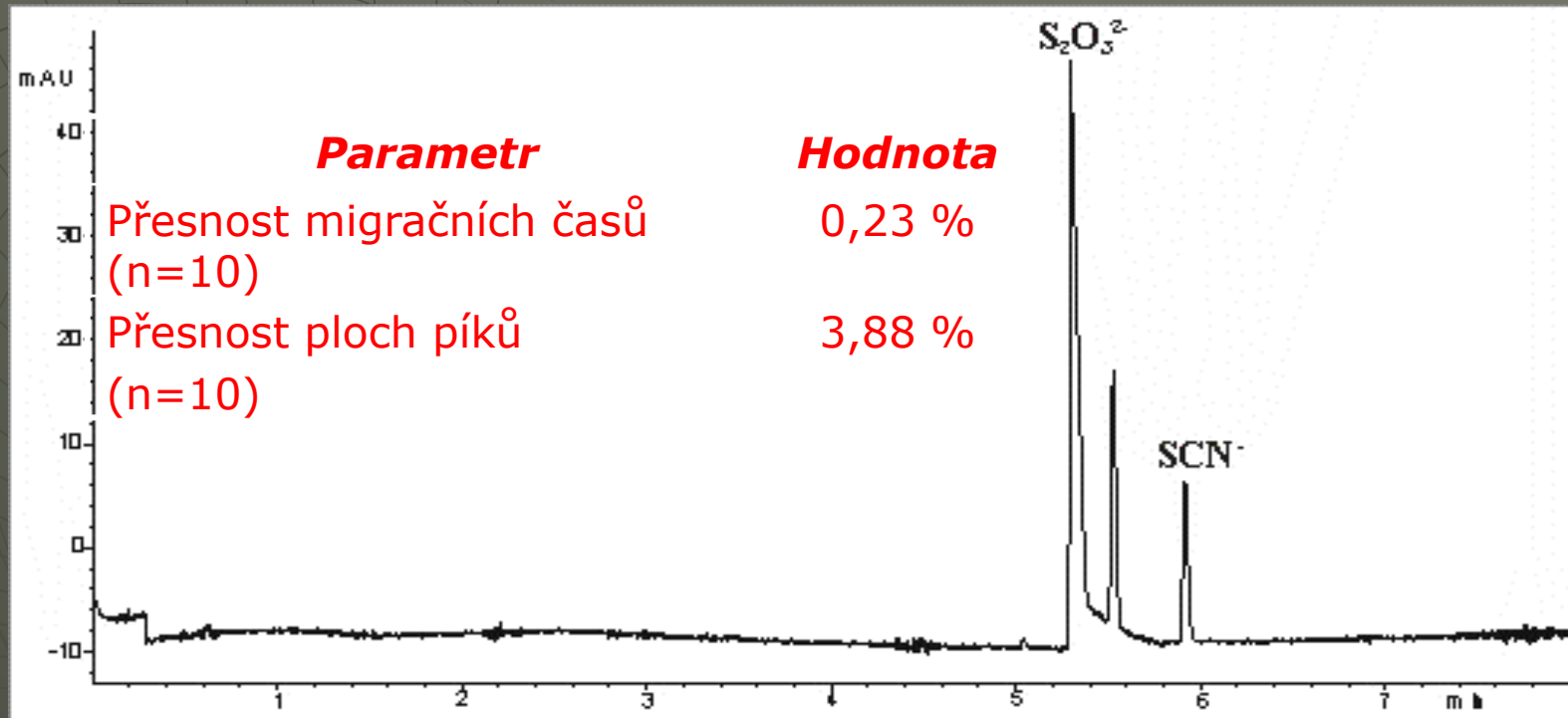


Kombinace metody EMMA s "partial filling technique"



rhodanasa – EMMA stanovení kinet. parametrů

Dávkovací a separační parametry



25 mM HEPES
(pH 8,5)

Substráty v 25 mM
HEPES (pH 8,5)

Rhodanasa v 25 mM
HEPES (pH 8,5)

25 mM HEPES
(pH 8,5)



+

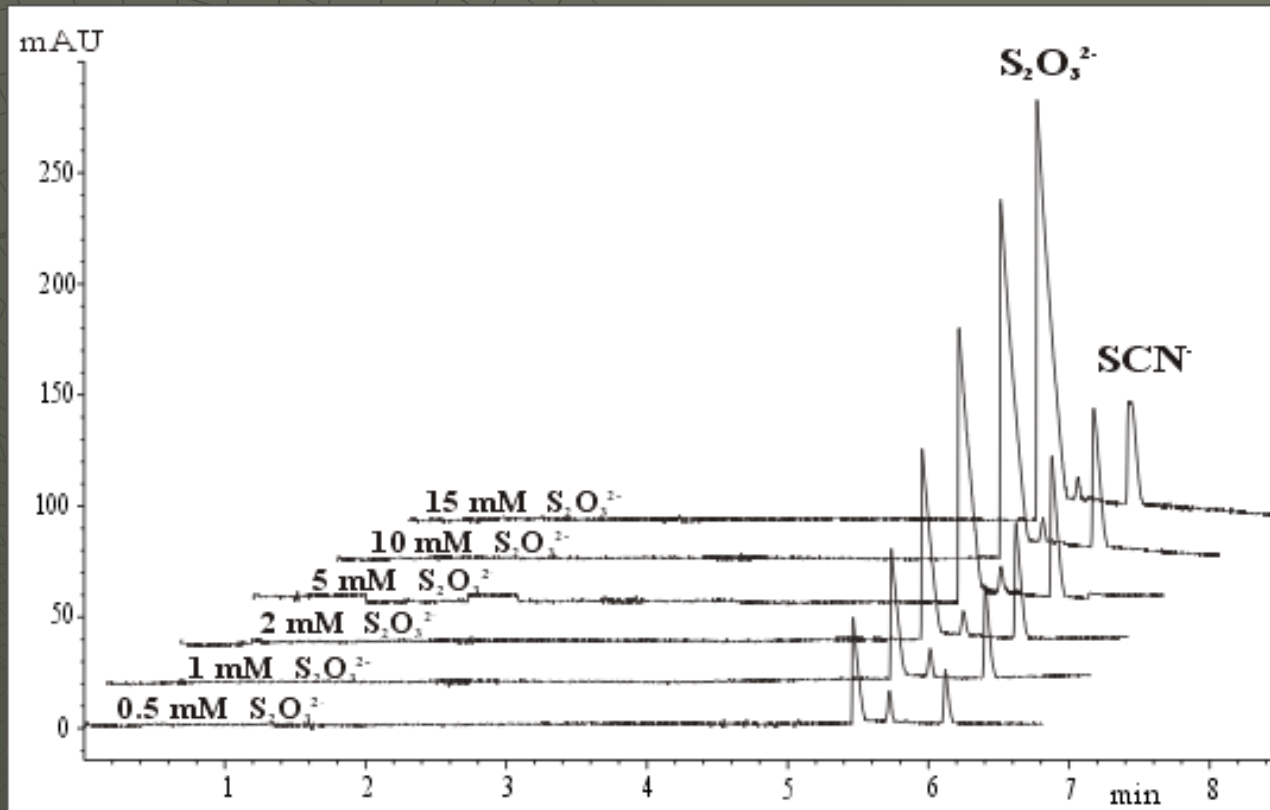
nástřik
vzorku

Separační napětí
18 kV (negativní polarita)

Detekce
200 nm

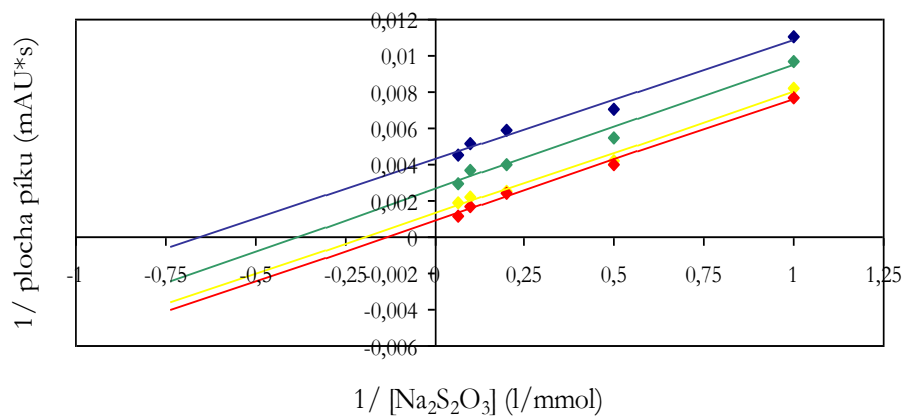
rhodanasa – EMMA stanovení kinet. parametrů

Stanovení Michaelisových konstant K_m

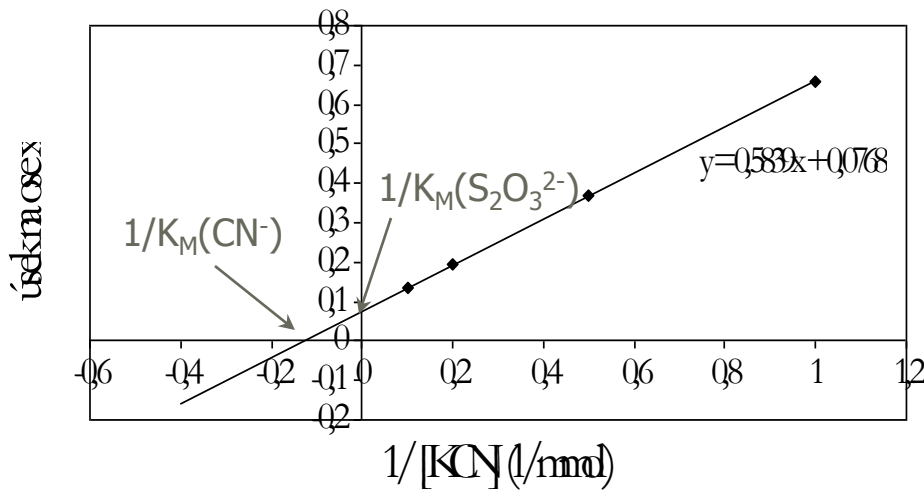


rhodanasa – EMMA stanovení kinet. parametrů

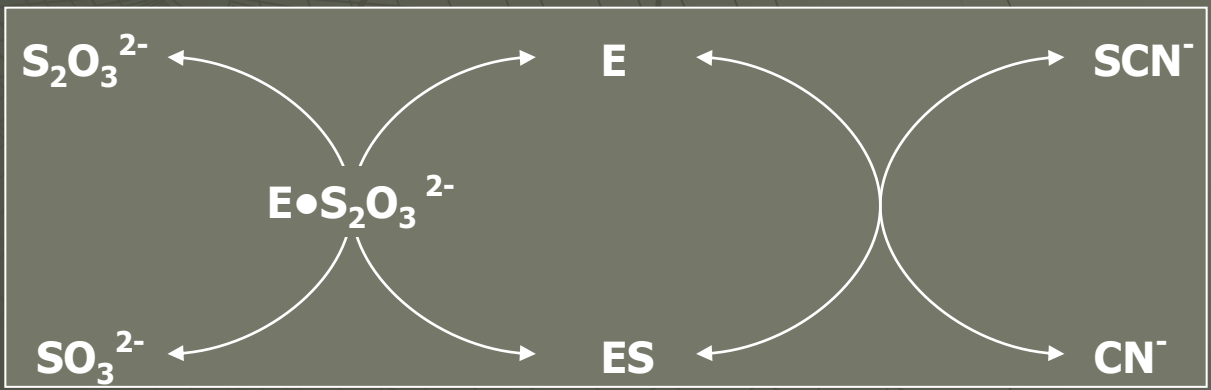
Stanovení Michaelisových konstant K_M



◆ 1 mM KCN ◆ 2 mM KCN ◆ 5 mM KCN ◆ 10 mM KCN



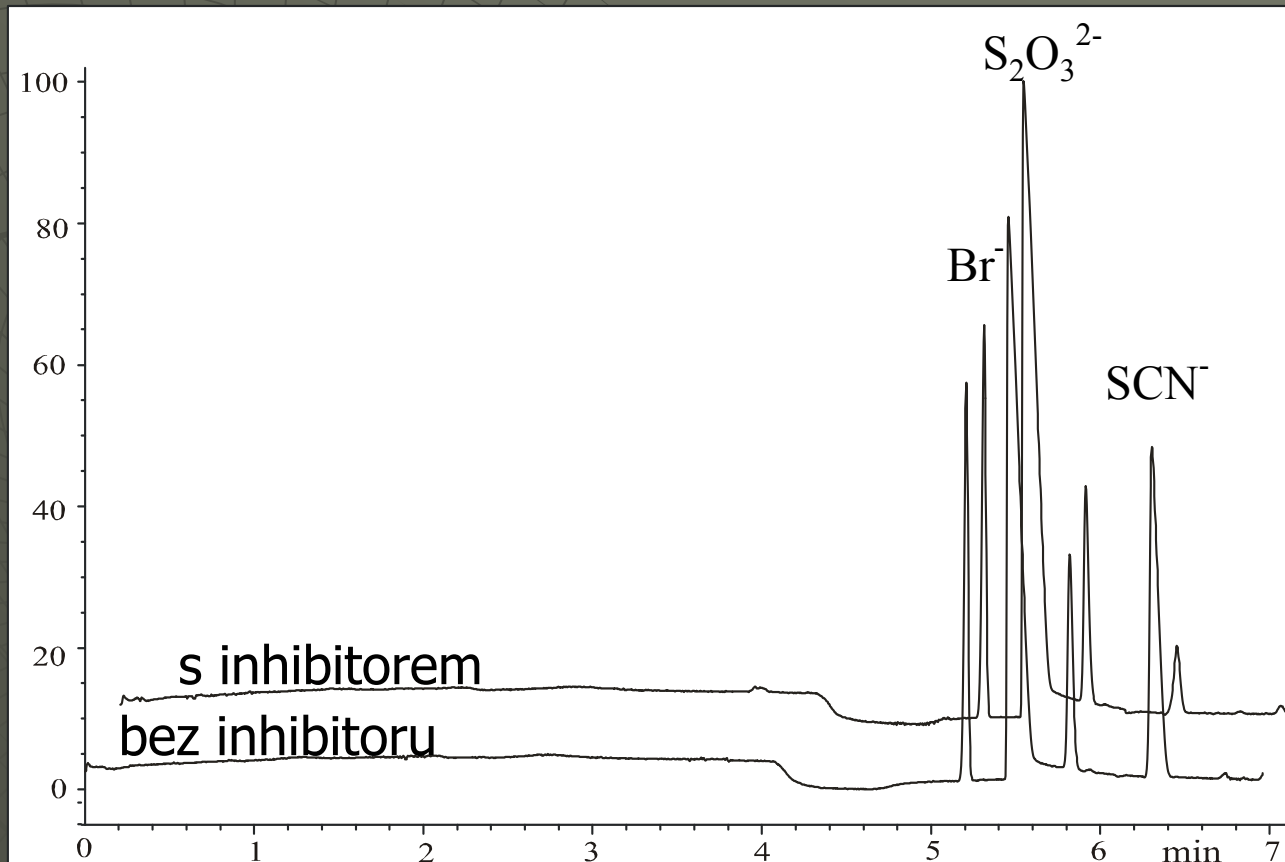
$K_M (\text{CN}^-) = 7.60 \text{ mM}$ $K_M (\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = 13.02 \text{ mM}$



rhodanasa – EMMA stanovení kinet. parametrů

Inhibice rhodanasy 2-oxoglutarátem

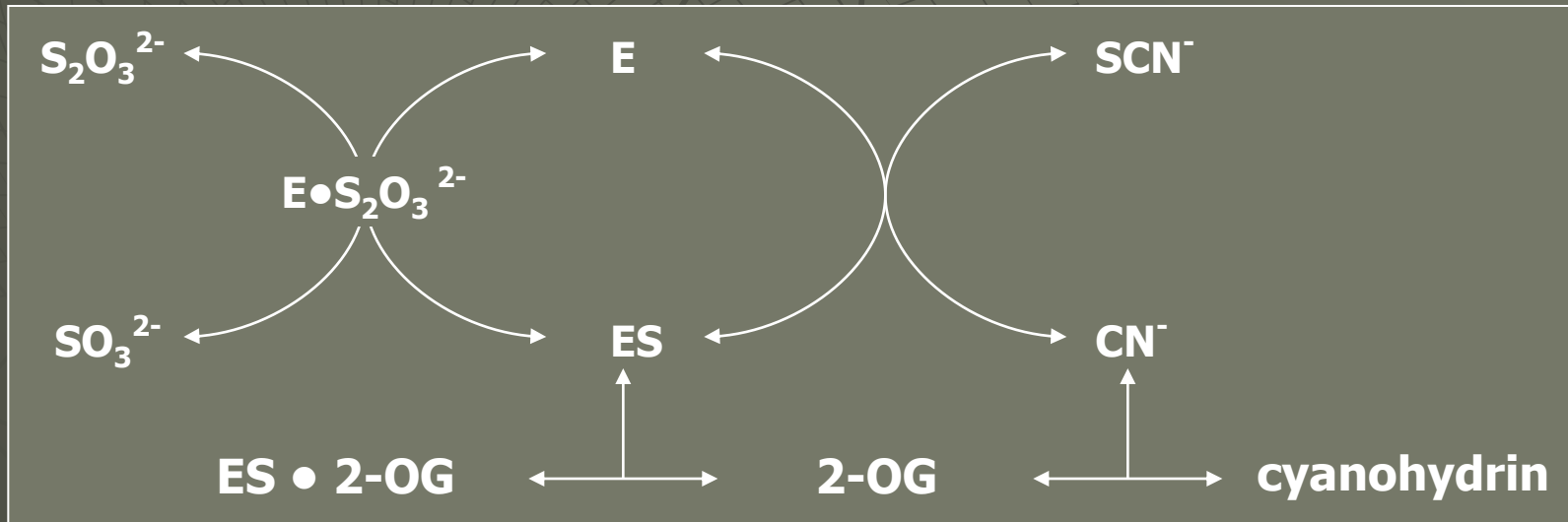
(inhibitor přidán do zóny substrátů)



rhodanasa – EMMA stanovení kinet. parametrů

Diagnostika typu inhibice

	2-OG K_I (mM)	inhibice
$S_2O_3^{2-}$	1.40	akompetitivní
CN^-	3.62×10^{-1}	kompetitivní



Haloalkandehalogenasa (EC 3.8.1.5)



- Odbourávání halogenovaných derivátů uhlovodíků
- Enantioselektivní organické syntézy

haloalkandehalogenasa – pre-capillary stanovení

Volba separačních podmínek



100 mM β -alanin - HCl, pH 3.5

UV 200 nm

Separační napětí 18 kV (hegativní polarita)



haloalkandehalogenasa – pre-capillary stanovení

Volba separačních podmínek

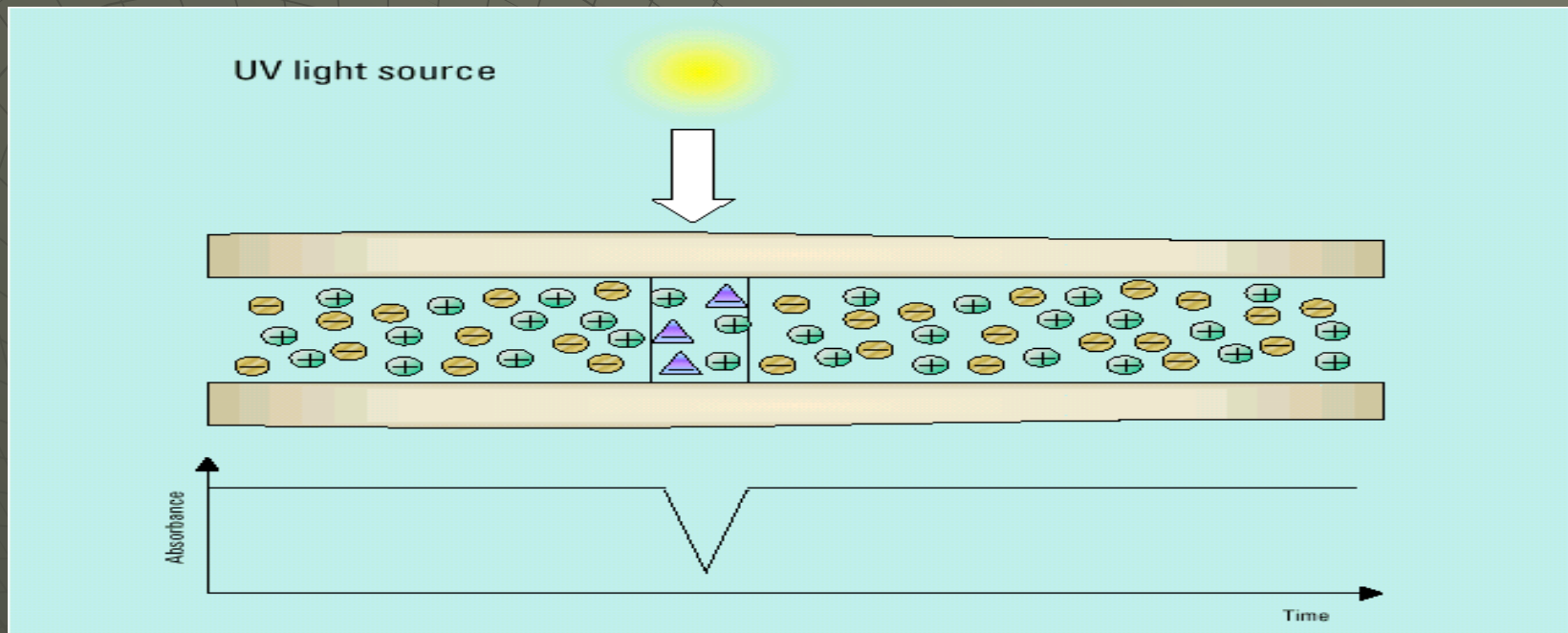


Nepřímá detekce



haloalkandehalogenasa – pre-capillary stanovení

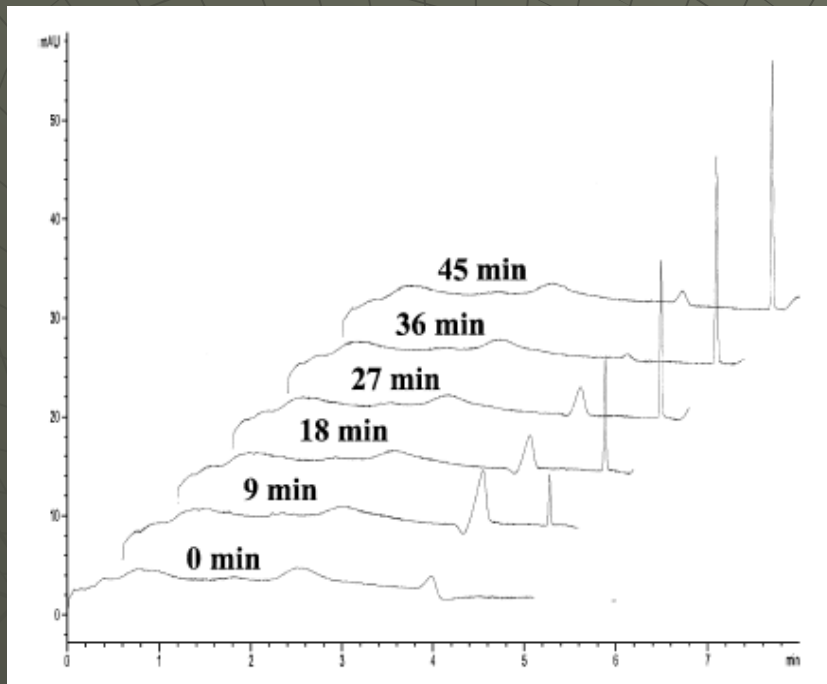
Nepřímá detekce



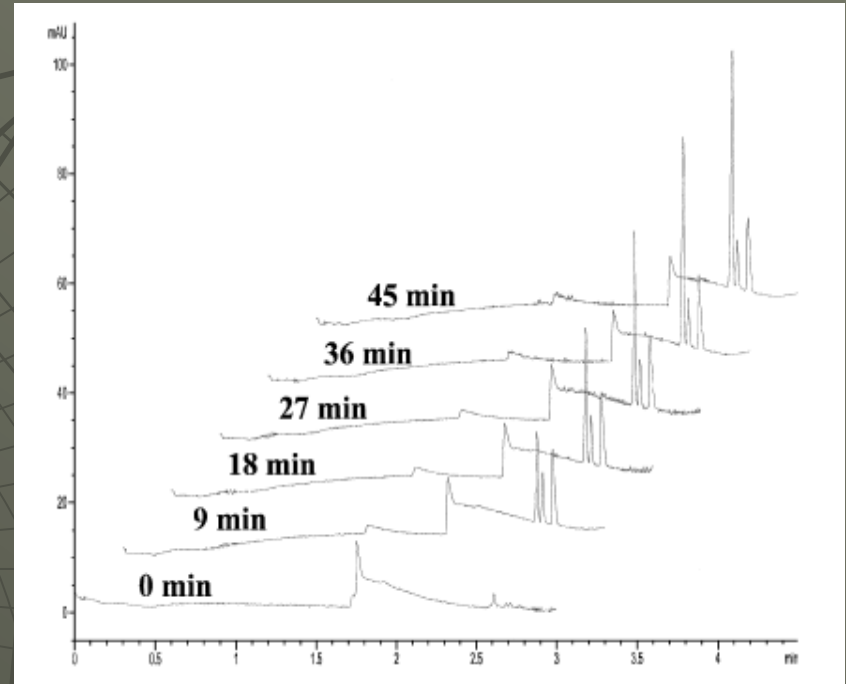
5 mM chroman 0.5 mM TTAB pH 8.5
Nepřímá detekce – 315 nm / 375 nm
Separační napětí 15 kV (negativní polarita)

haloalkandehalogenasa – pre-capillary stanovení

Stanovení aktivity substrát 1-brombutan



Přímá detekce



Nepřímá detekce

haloalkandehalogenasa – EMMA

Dávkovací a separační parametry Základní elektrolyt

20 mM β -alanin - HCl, pH 3.5 - přímá detekce
separační napětí 29,9 kV (negativní polarita)

nebo

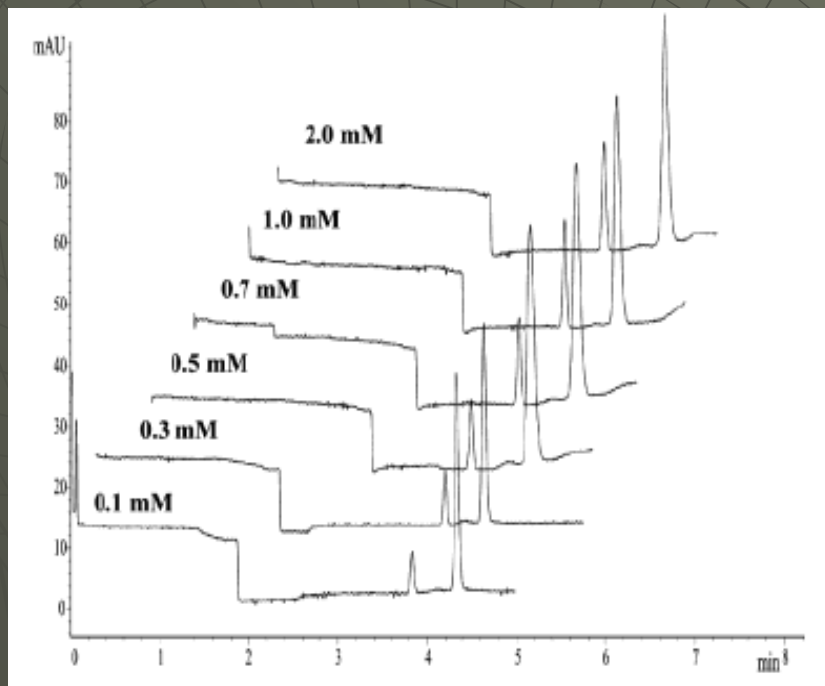
10 mM chroman 0.1 mM CTAB pH 9.2 - nepřímá detekce
separační napětí 18 kV (negativní polarita)

Dávkování

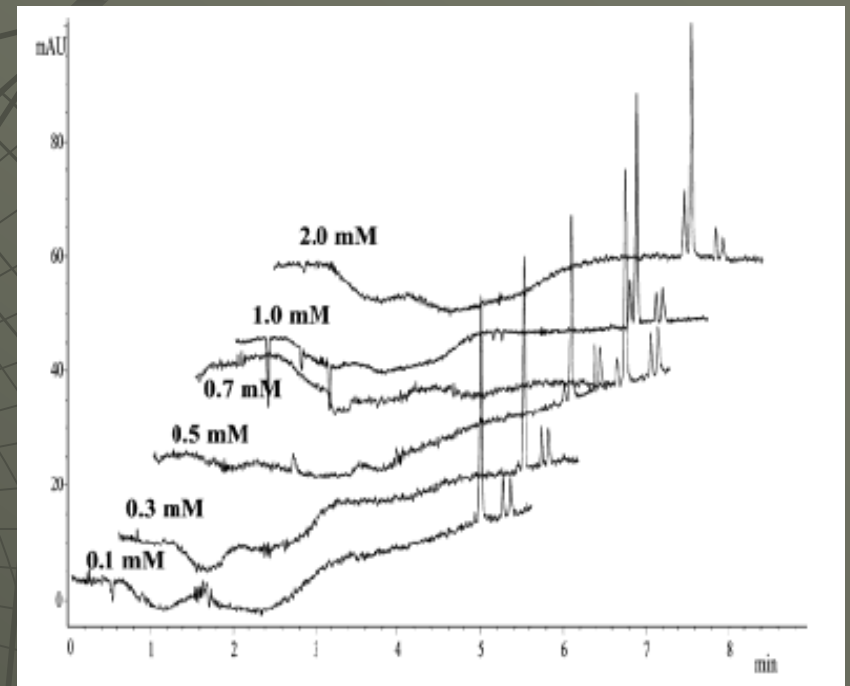
1. 20 mM glycinátový pufr (pH 8.6) : 50 mbar/4s
2. Enzym ve 20 mM glycinátovém pufru (pH 8.6) : 50 mbar/4s
3. Substrát ve 20 mM glycinátovém pufru pufru (pH 8.6) : 50 mbar/4s
4. 20 mM glycinátový pufr (pH 8.6) : 50 mbar/4s

haloalkandehalogenasa – EMMA

Stanovení Michaelisovy konstanty K_m substrát 1-brombutan



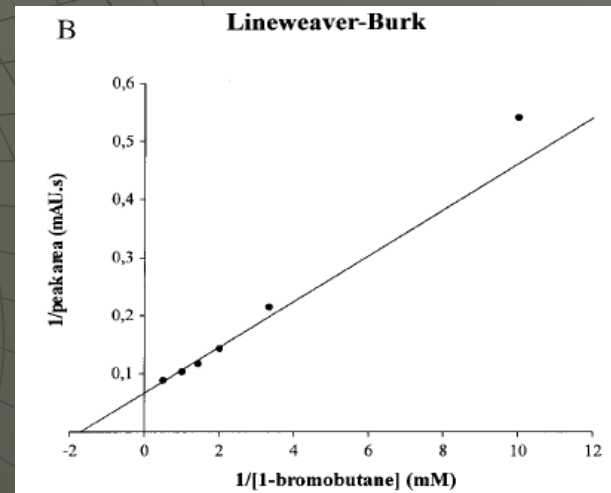
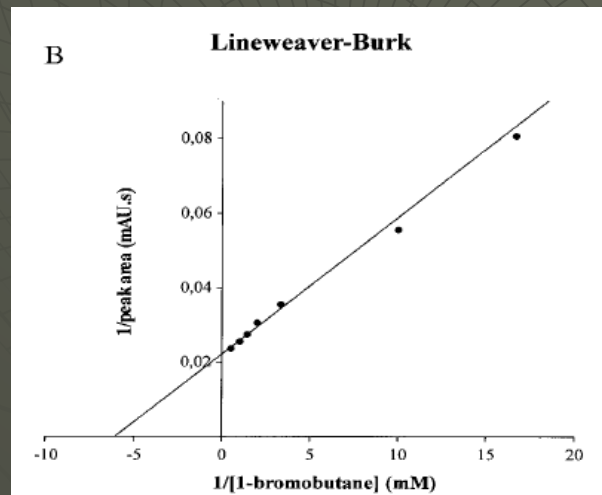
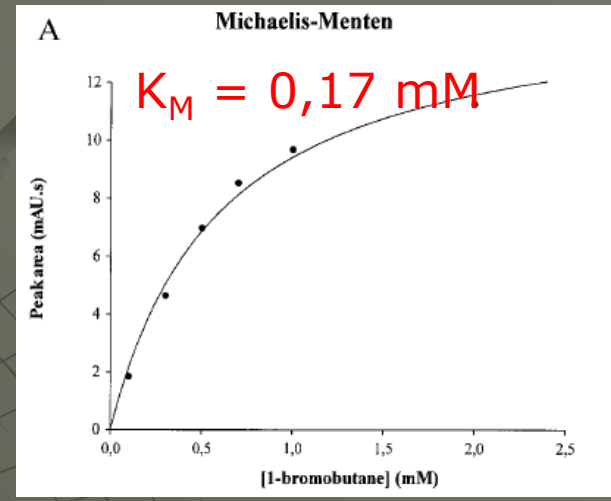
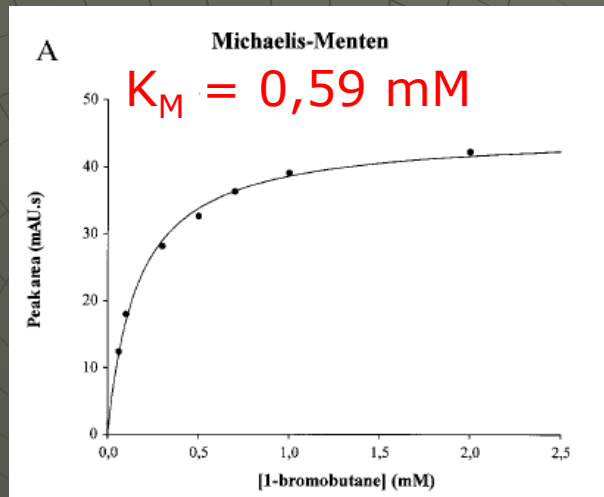
Přímá detekce



Nepřímá detekce

haloalkandehalogenasa – EMMA

Stanovení Michaelisovy konstanty K_M substrát 1-brombutan

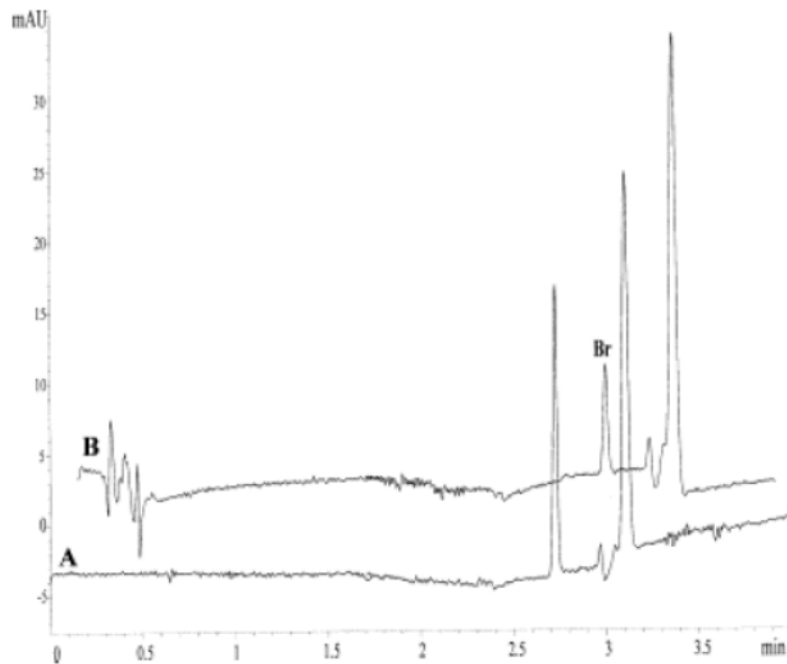


Přímá detekce

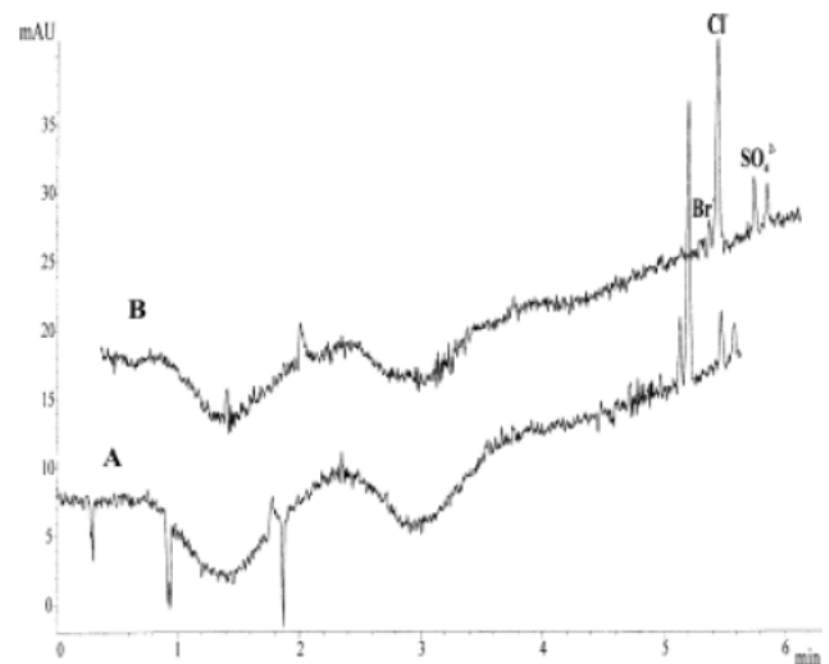
Nepřímá detekce

haloalkandehalogenasa – EMMA

Stanovení inhibiční konstanty K_i
substrát 1-brombutan; inhibitor 1,2-dichloethan



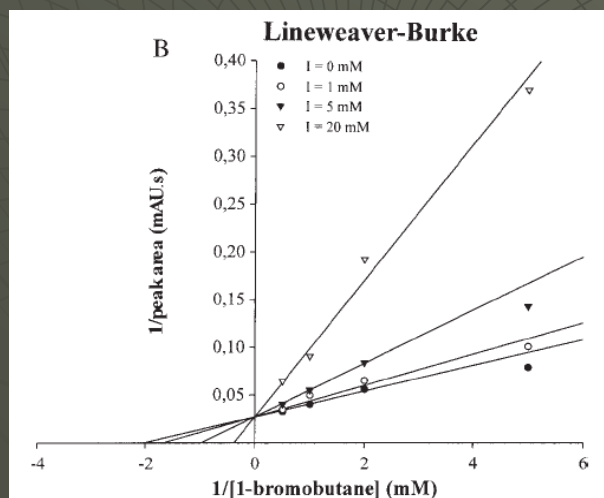
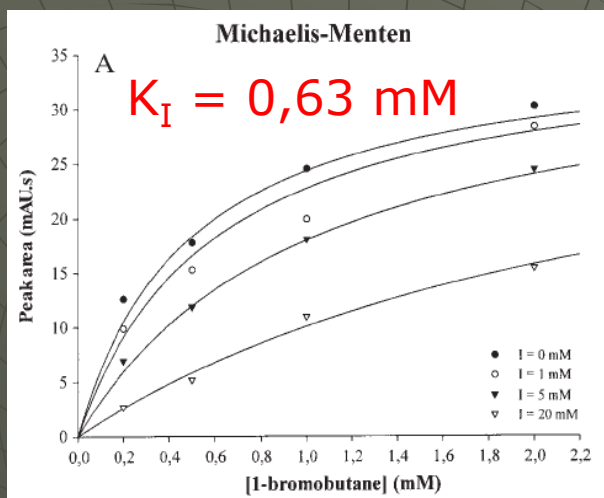
Přímá detekce



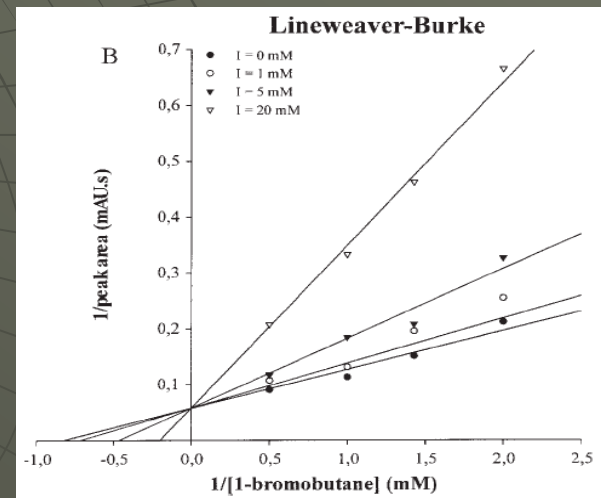
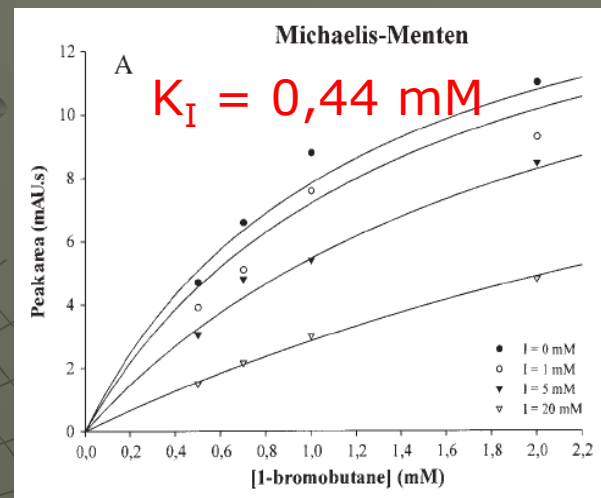
Nepřímá detekce

haloalkandehalogenasa – EMMA

Stanovení inhibiční konstanty K_i
substrát 1-brombutan; inhibitor 1,2-dichloethan



Přímá detekce



Nepřímá detekce

„Pre-capillary“ enzymové stanovení stanovení aktivity

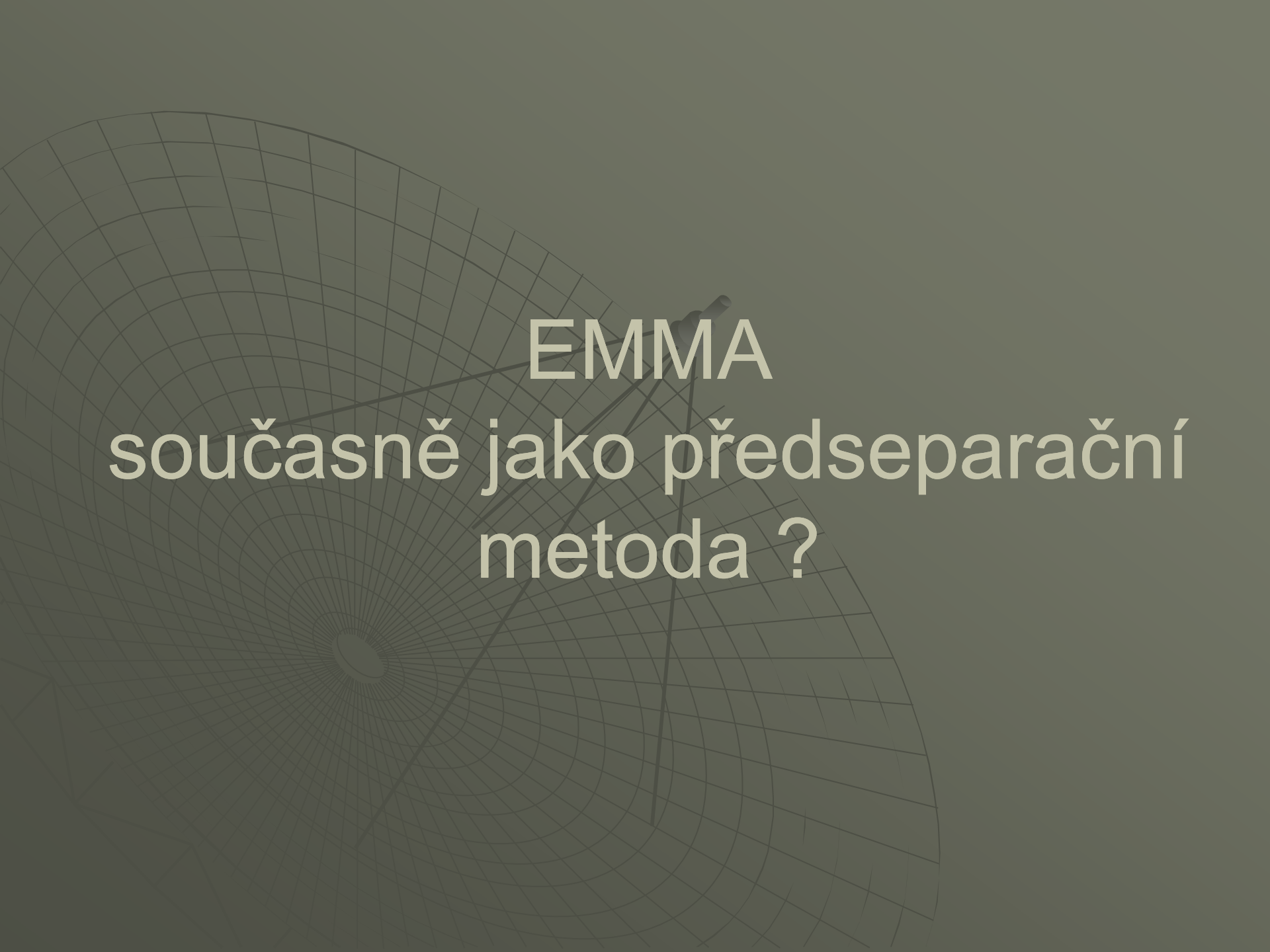
- ◆ Vysoká účinnost
- ◆ Vysoké rozlišení
- ◆ Rychlost analýzy

„On-capillary“ enzymové stanovení studium kinetiky

- ◆ Vysoká účinnost
- ◆ Vysoké rozlišení
- ◆ Rychlost analýzy
- ◆ **Automatizace**
- ◆ **Malá množství vzorku**

Studium kinetiky dvousubstrátové enzymové reakce
(60 experimentů)

- * spotřeba vzorku enzymu – 20 μ l !!
- * doba studie – 3 hodiny SE !! (10 hodin LE)



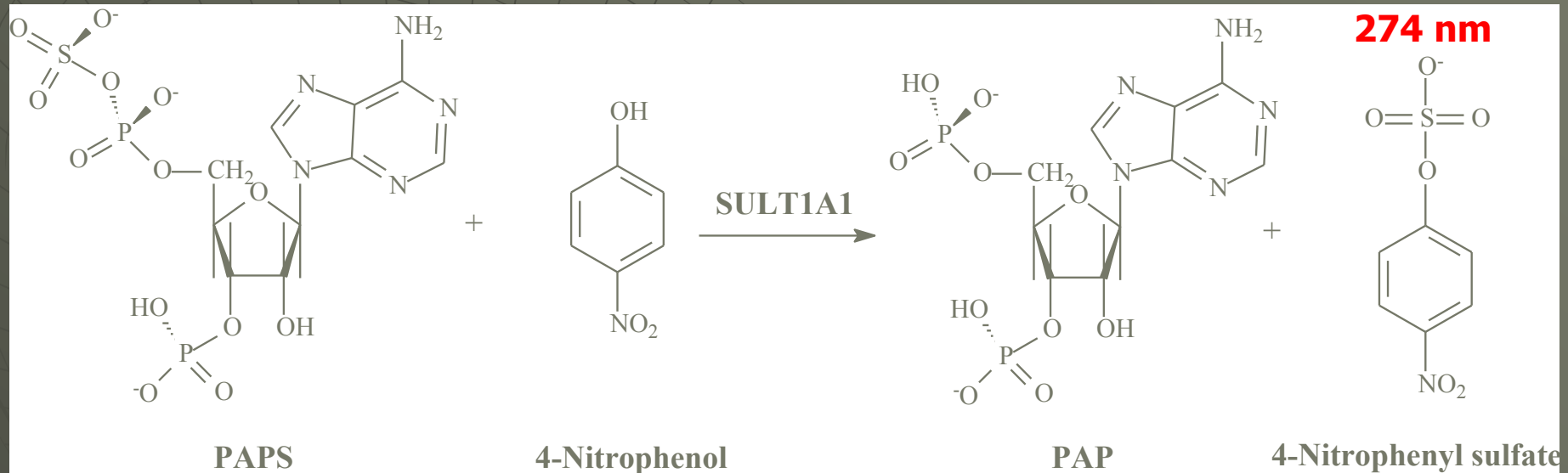
EMMA
současně jako předseparační
metoda ?

Sulfotransferasa (EC 2.8.2.1)

- cytosolická
 - biotransformace/detoxikace xenobiotik (II fáze)
- membránově vázaná
 - sulfatace glykoproteinů

sulfotransferasa – EMMA stanovení aktivity a kinetických parametrů

Reakce



Velmi nestabilní
80 % (20 % PAP)

~1 mg 4900 Kč

Velmi silný inhibitor reakce
 $K_I = 0.4 \mu\text{M}$

sulfotransferasa – EMMA stanovení aktivity a kinetických parametrů

Předseparace PAP od PAPS – MEKC (cholát)

Separační podmínky:

BGE: 150 mM HEPES, pH 6.5 +
20 mM kyselina cholová

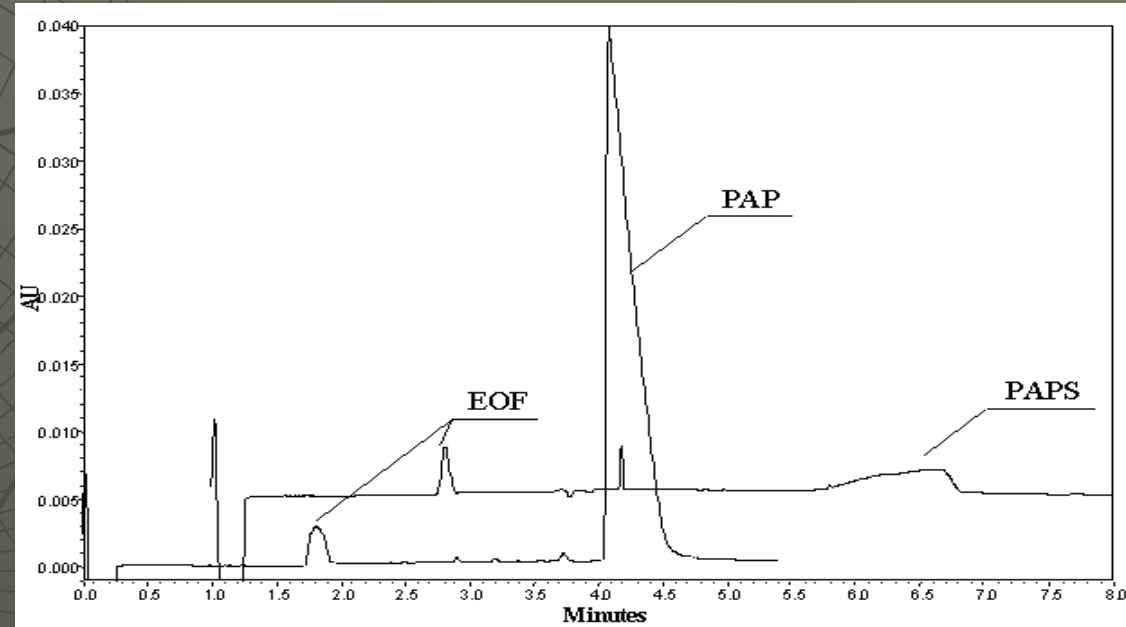
Kapilára: $L_T=31.2$ cm ($L_E = 21$ cm),
75 μ m I.D.

Napětí: + 10 kV

Teplota kapiláry: 37 °C

Detekce: 260 nm

Dávkování: 0.3 psi/ 5 s 1mM PAP
nebo 115 mM PAPS



<i>Standard</i>	<i>Migrační čas (s)</i>	<i>Mobilita ($cm^2V^{-1}s^{-1}$)</i>	<i>Rychlost ($cm s^{-1}$)</i>
PAP	246	-3.90×10^{-4}	-0.106
PAPS	339	-4.03×10^{-4}	-0.130

sulfotransferasa – EMMA stanovení aktivity a kinetických parametrů

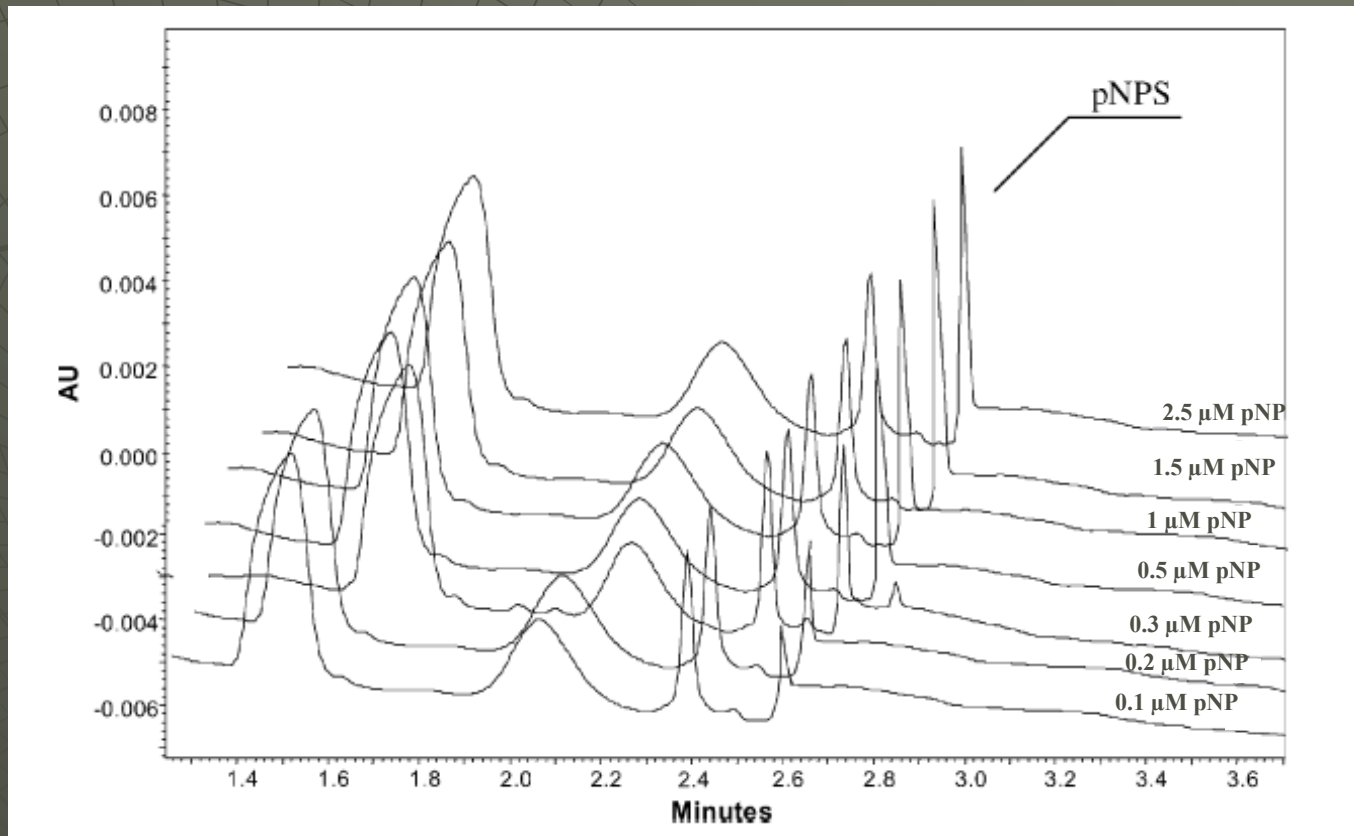
Dávkování a inkubace

Krok	Zóna	Tlak p_i (psi)	Čas (s)	Napětí (kV)
1. Dávkování PAPS	PAPS	0.5	5	/
2. Předseparace od PAPS	/	/	60	15
3. Dávkování S	4-NP	0.3	5	/
4. Dávkování E	SULT1A1	0.3	5	/
5. Smísení a enzymová reakce	/	/	60	5
6. Inkubace	/	/	120	0
7. Separace	/	/	300	10



sulfotransferasa – EMMA stanovení aktivity a kinetických parametrů

Stanovení Michaelisovy konstanty pro 4-nitrofenol



$$K_M = 0.8 \mu\text{M}$$



Stanovení substrátů
metodou EMMA ?

stanovení kyanidu metodou EMMA po enzymatické konverzi na thiokyanatan



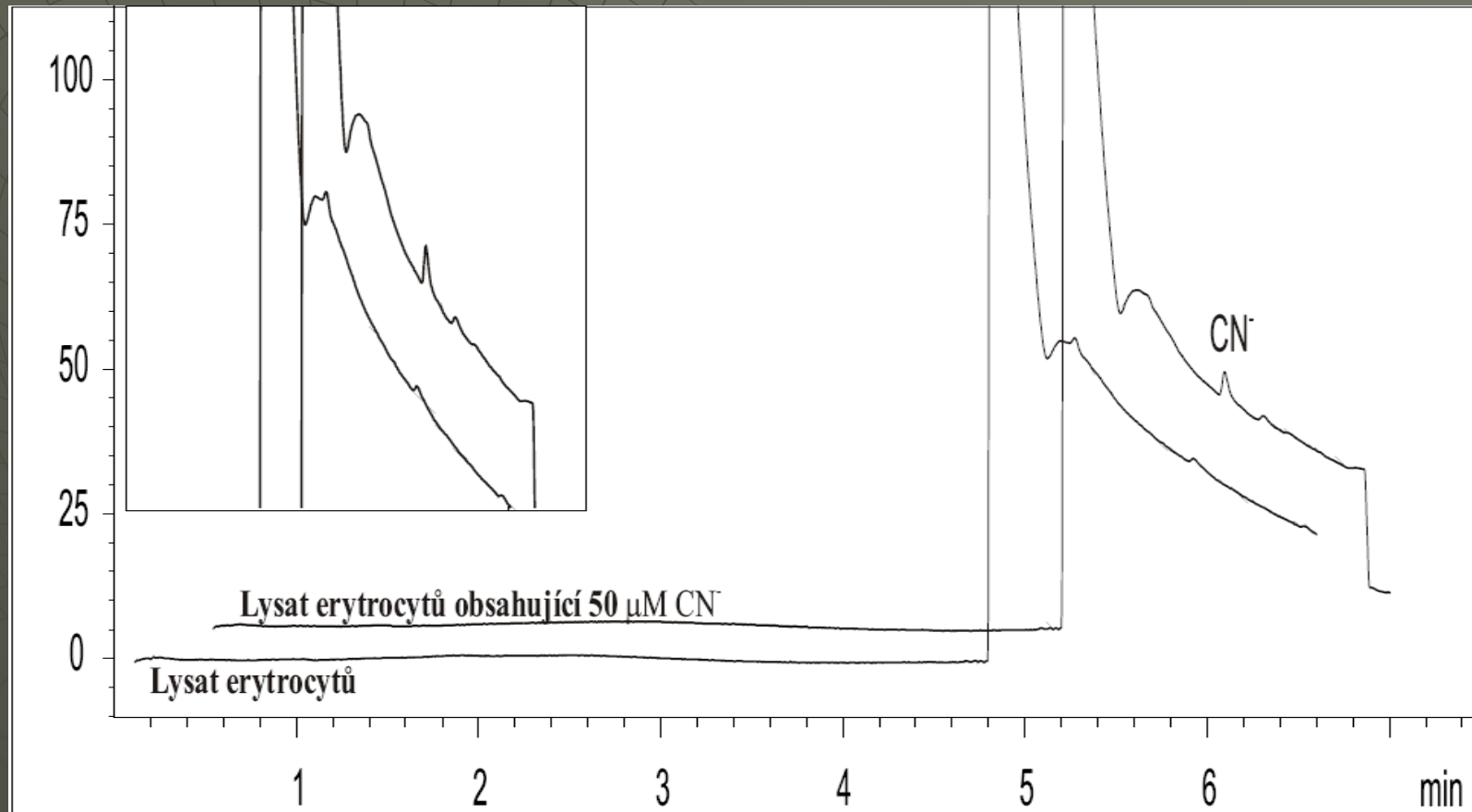
stanovení kyanidu metodou EMMA po enzymatické konverzi na thiokyanatan

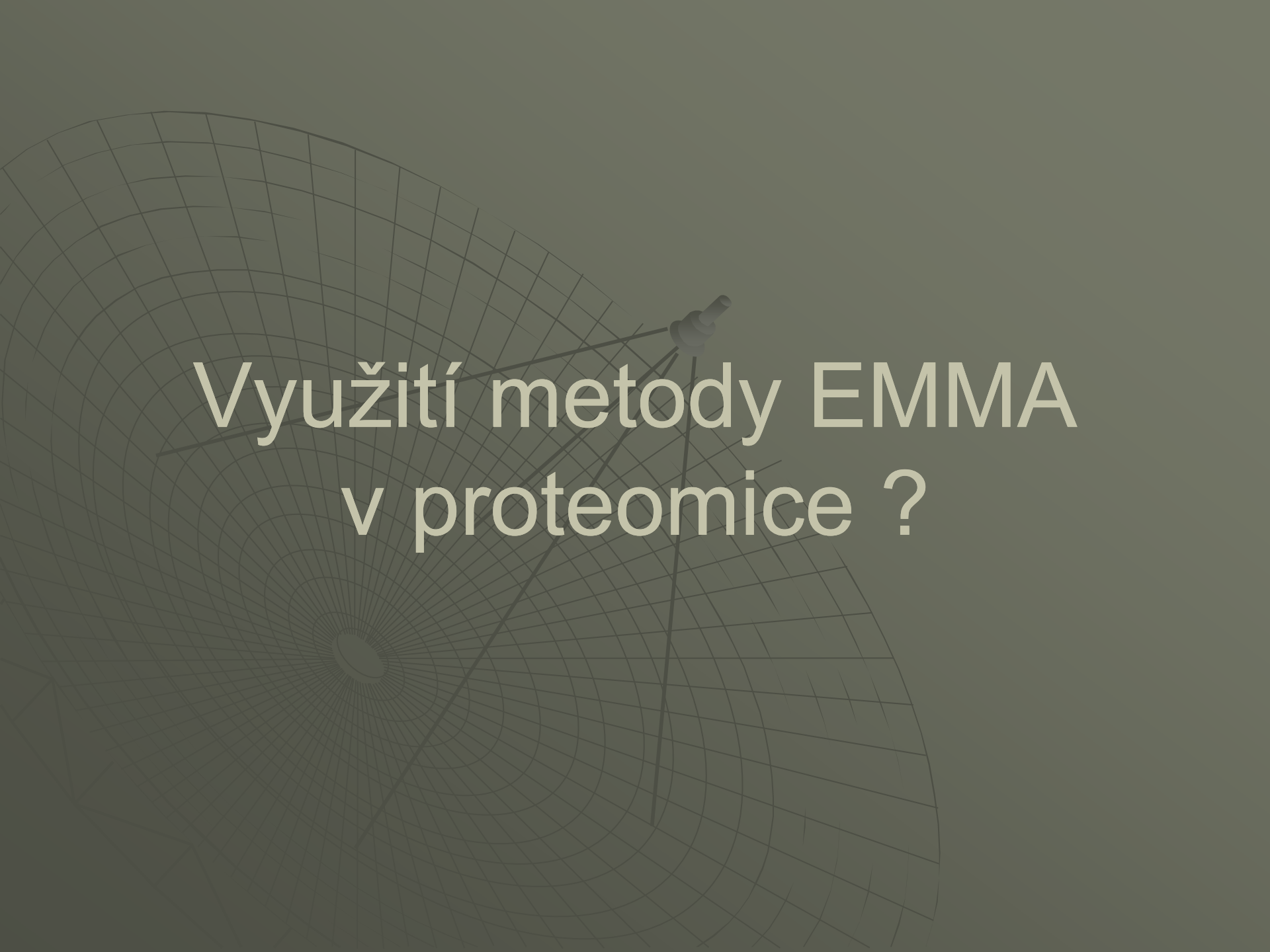
Dávkování a inkubace

Krok	Tlak (mbar)	Čas (s)	Napětí (kV)
1. Dávkování HEPES puftru	50	4	0
2. Dávkování rhodanasy	50	4	0
3. Dávkování vzorku	50	4	0
4. Dávkování HEPES puftru	50	4	0
5. Smíchání vzorku a rhodanasy	0	3	18
6. Inkubace	0	21	0
7. Separace	0	420	18

stanovení kyanidu metodou EMMA po enzymatické konverzi na thiokyanatan

Vzorek lysatu erythrocytů (LOD 3 μM)

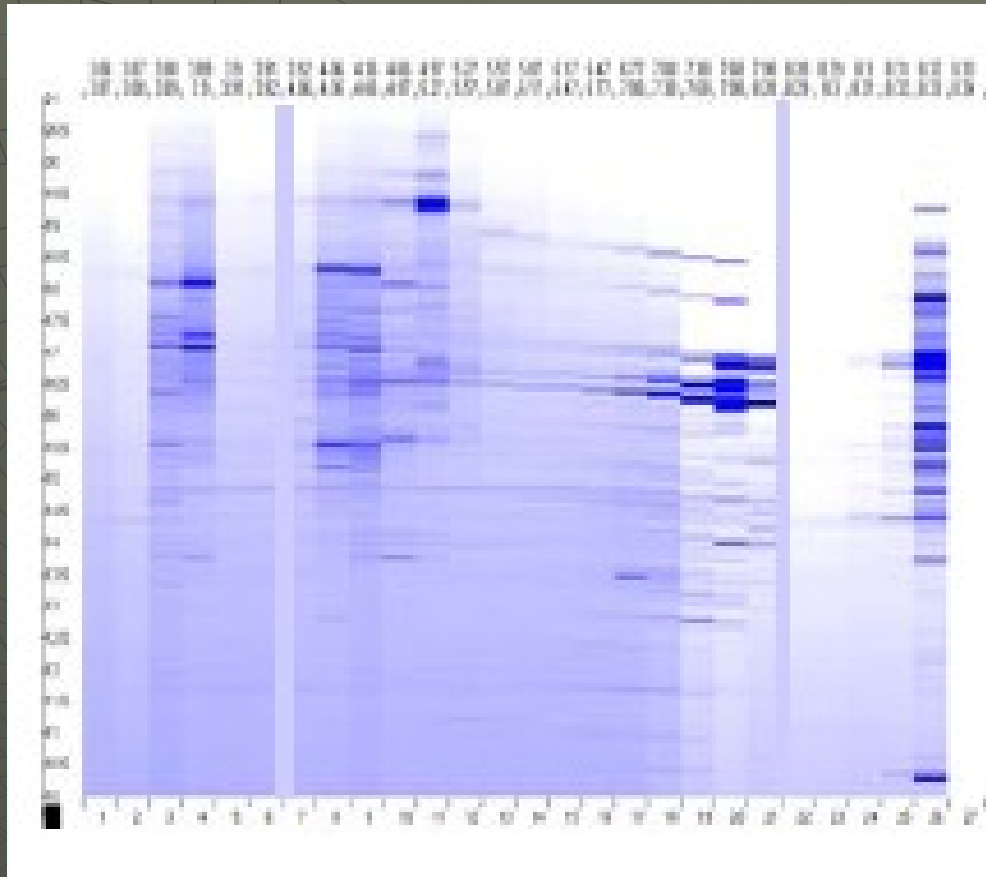




Využití metody EMMA
v proteomice ?

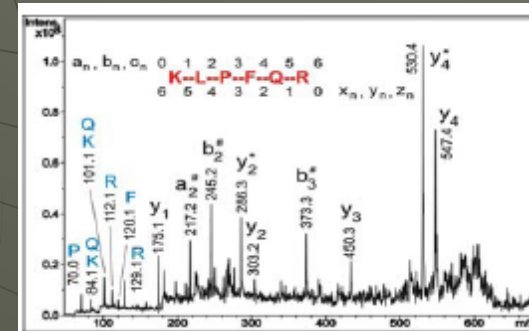
1D, 2D HPLC, CE, HPLC-CE, CE-HPLC

Vzorek



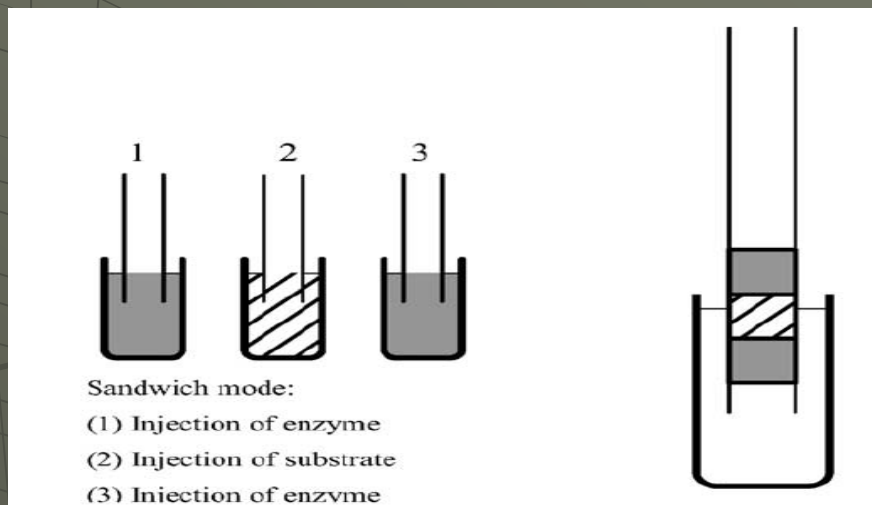
Tryptické štěpení

MS/MS



integrace „on-line“ tryptického štěpení do CE

Dávkovací a separační parametry



25 mM Tris-HCl
(pH 8,5)

Trypsin ve 25 mM
Tris HCl (pH 8,5)

Protein ve 25 mM
Tris HCl (pH 8,5)

Trypsin ve 25 mM
Tris HCl (pH 8,5)

25 mM Tris-HCl
(pH 8,5)

nástřik
vzorku

Základní elektrolyt

0,1 M fosfátový pufr pH 2,5
nebo

0,1 M mravenčanový pufr pH 2,5

Separační napětí

18 kV (negativní polarita)

Detekce
200 nm

integrace „on-line“ tryptického štěpení do CE

Optimalizace

β -kasein, cytochrom c

Teplota kapiláry

↓
35 °C

Množství trypsinu

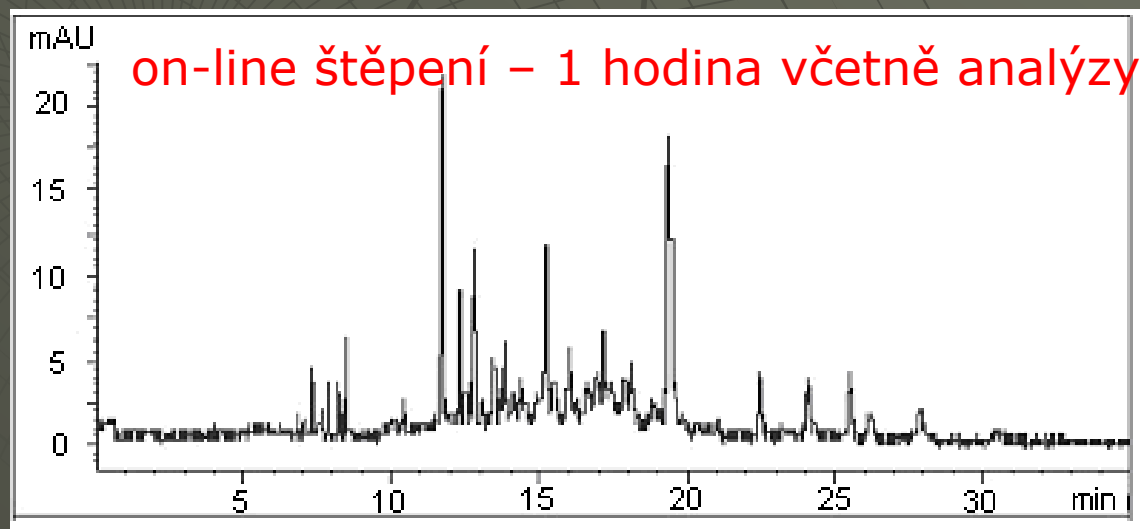
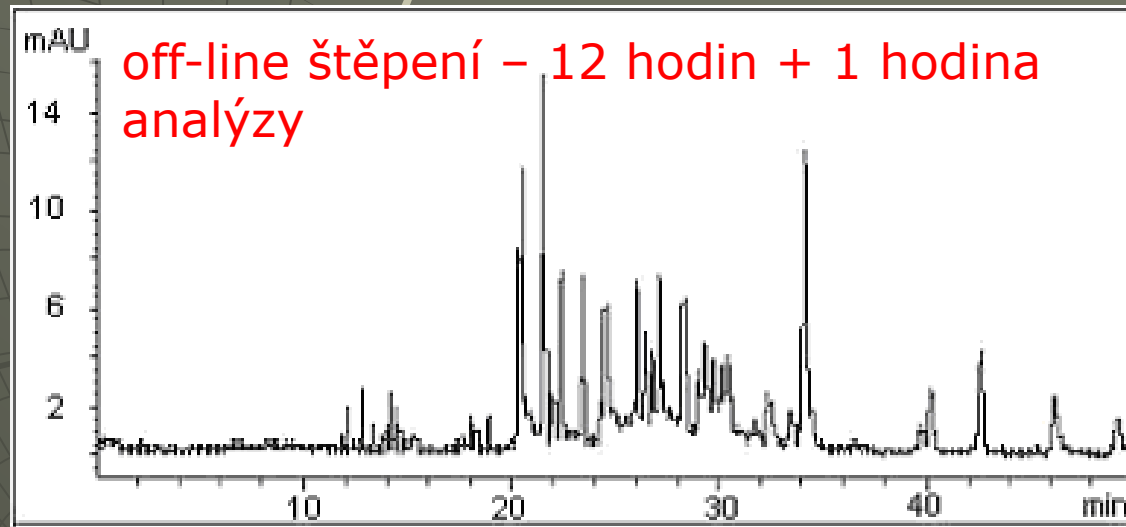
↓
0,1 mg/ml

„Zero potential amplification“

↓
0 s

integrace „on-line“ tryptického štěpení do CE

cytochrom c



EMMA – využití

➤ Enzymové systémy

- Aktivita enzymů
- Koncentrace substrátů a inhibitorů
- Michaelisovy a inhibiční konstanty

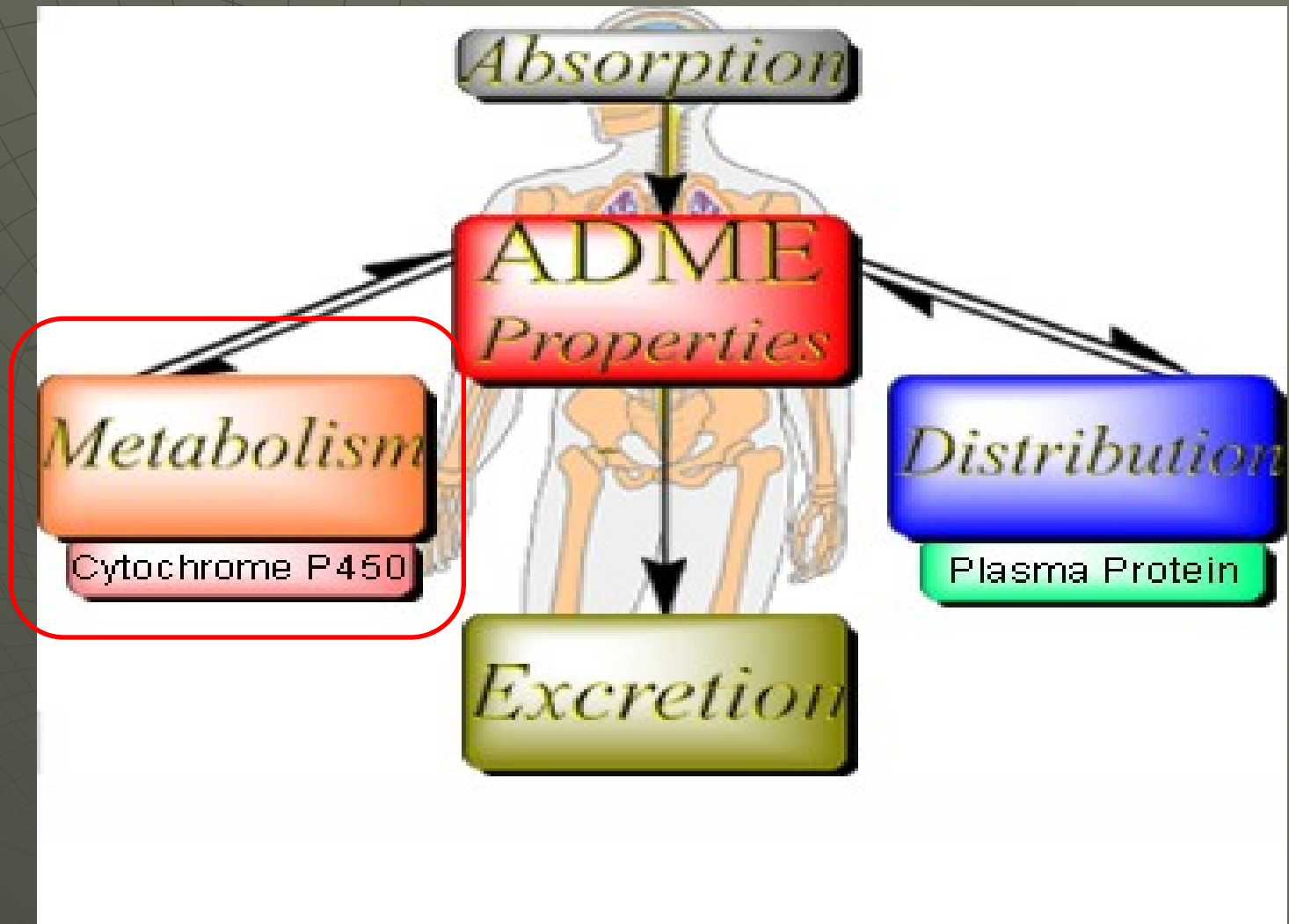
➤ Neenzymové systémy

- GSH, HCys, Cys, DTT
- Ca(II)
- Gentamycin a kanamycin
- Kreatin
- Cr(VI) a Co(II)

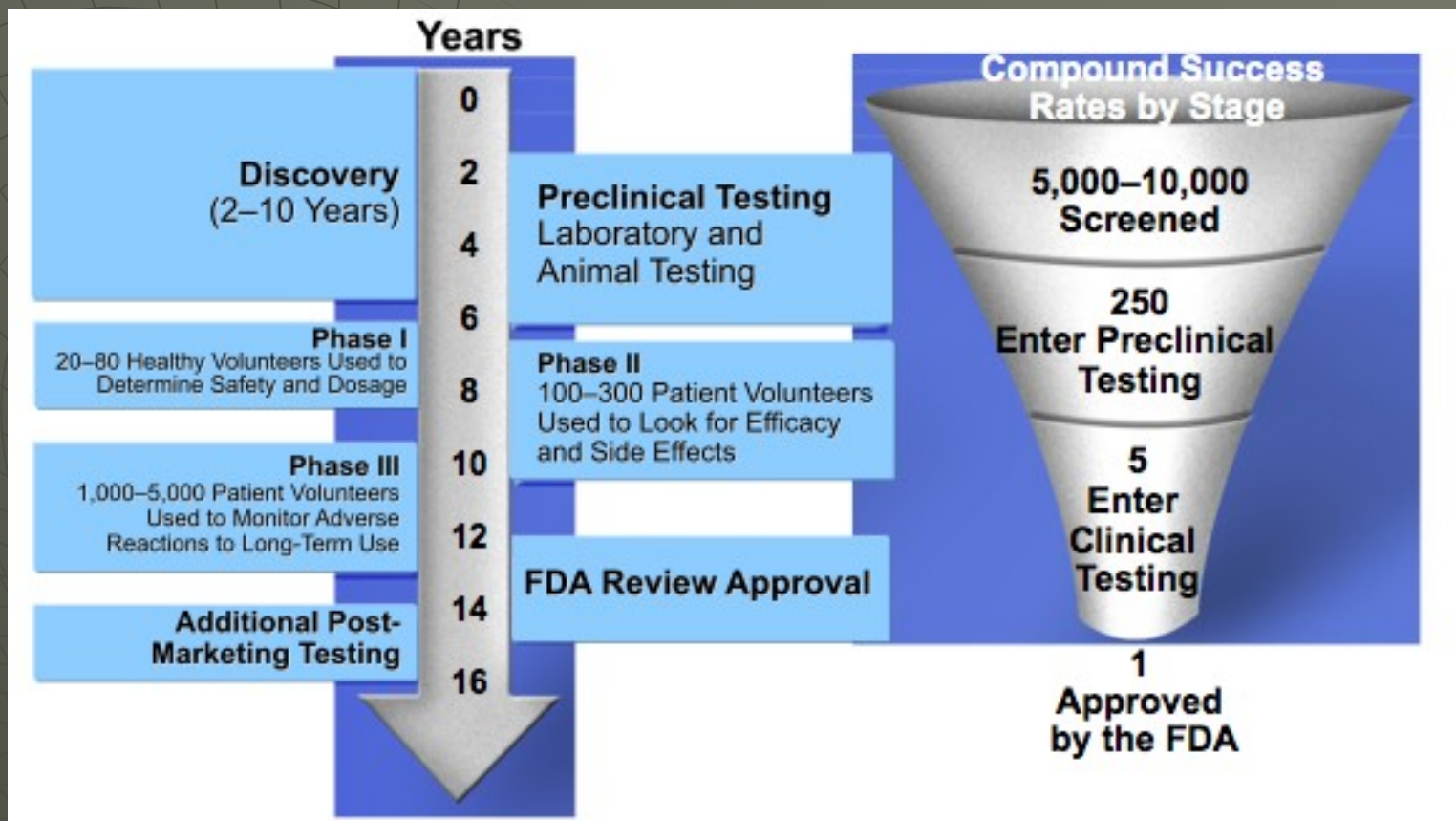


Využití metody CE při studiu metabolismu léčiv

Vývoj nového léčiva - LADME



Vývoj nového léčiva



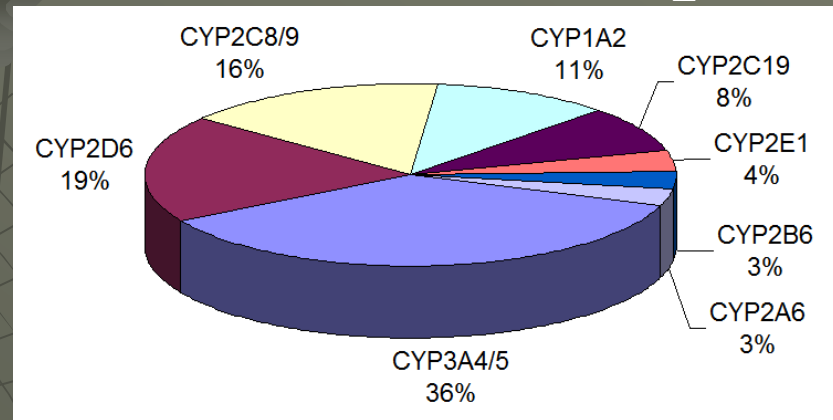
Cytochromy P450 (CYP)



Homo sapiens

50 různých CYP izoforem

podíl na metabolismu 80 % známých léčiv

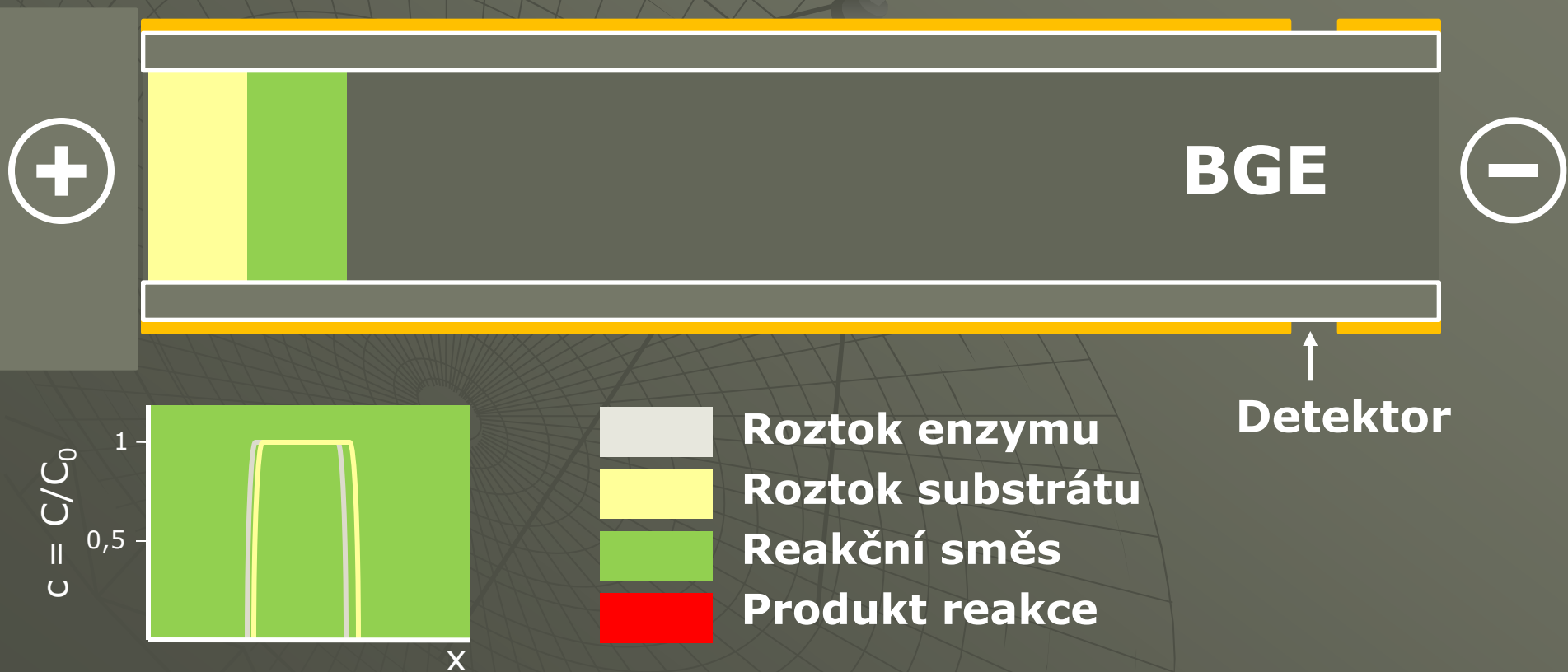


Jaterní plátky, hepatocyty, mikrosomy, rekombinantní enzymy

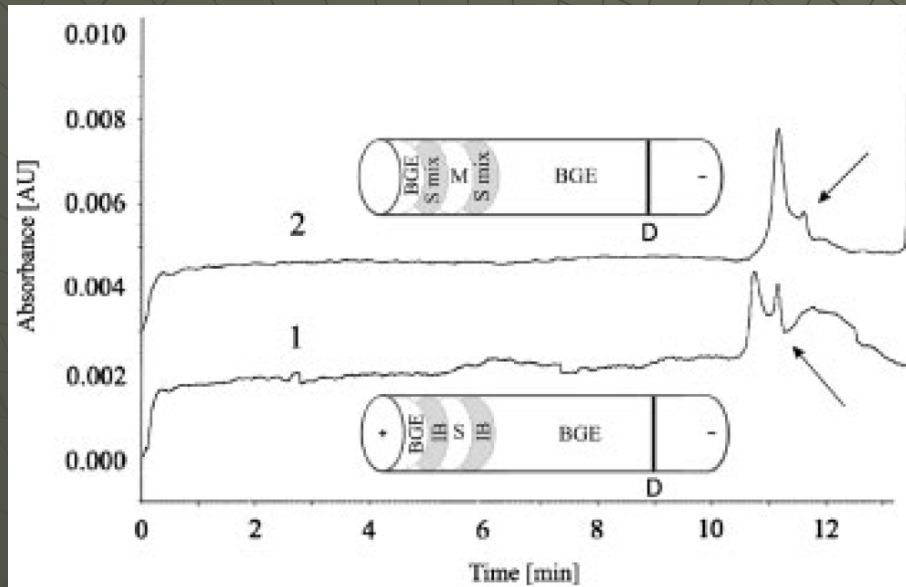


promývání mezi analýzami - dynamické pokrytí kapiláry!!!

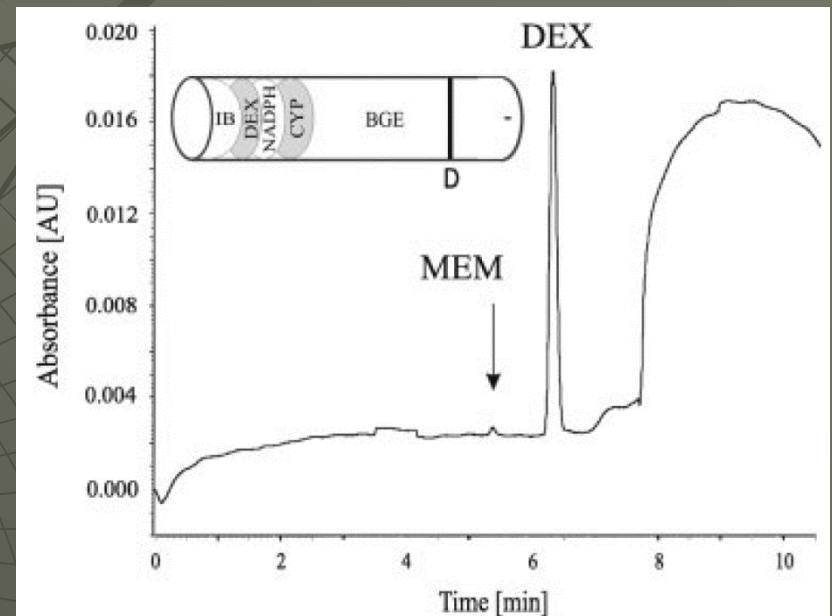
EMMA – CYP3A4 + dextrometorfan



EMMA – CYP3A4 + dextrometorfan



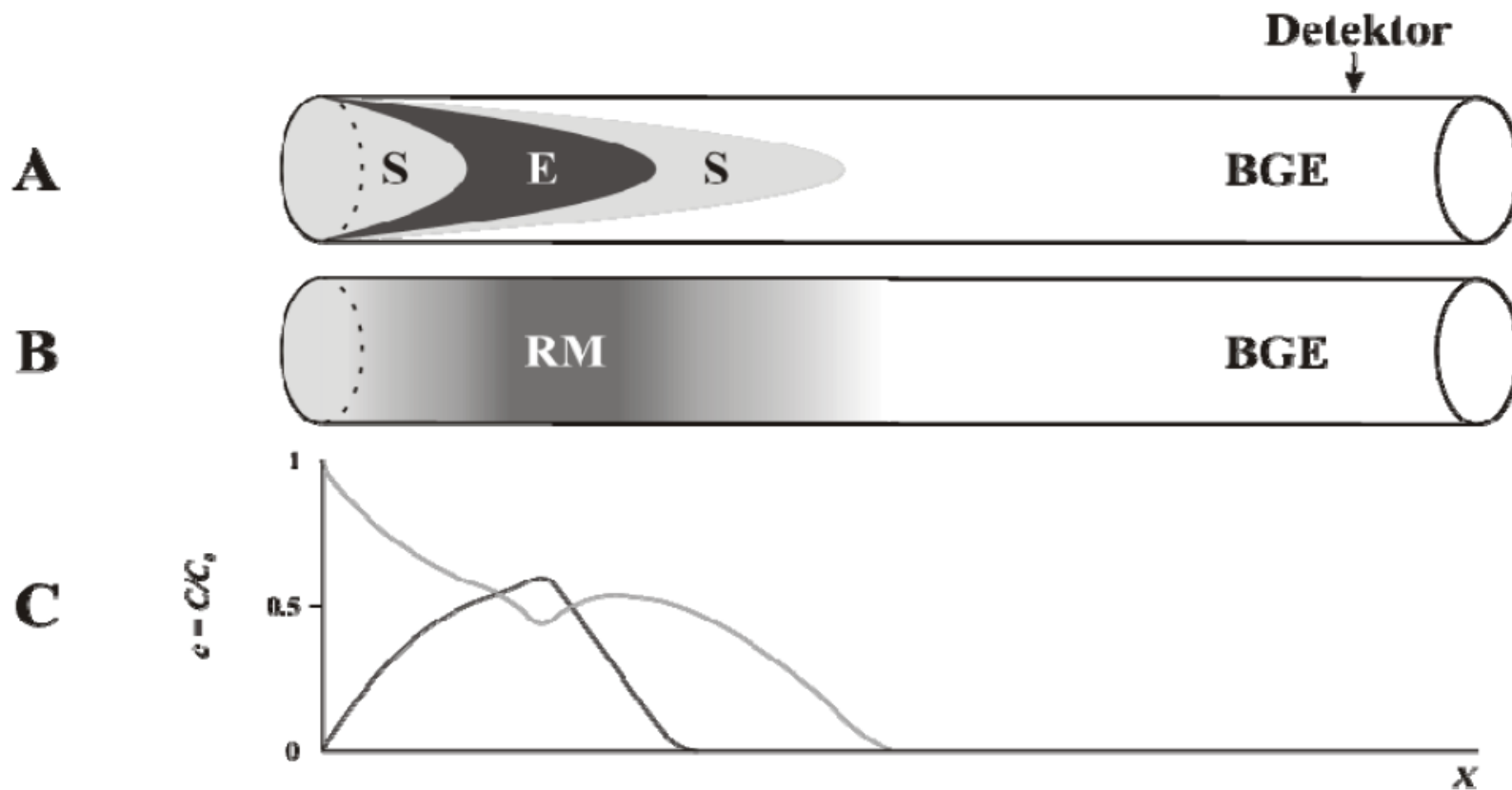
HLM



CYP3A4

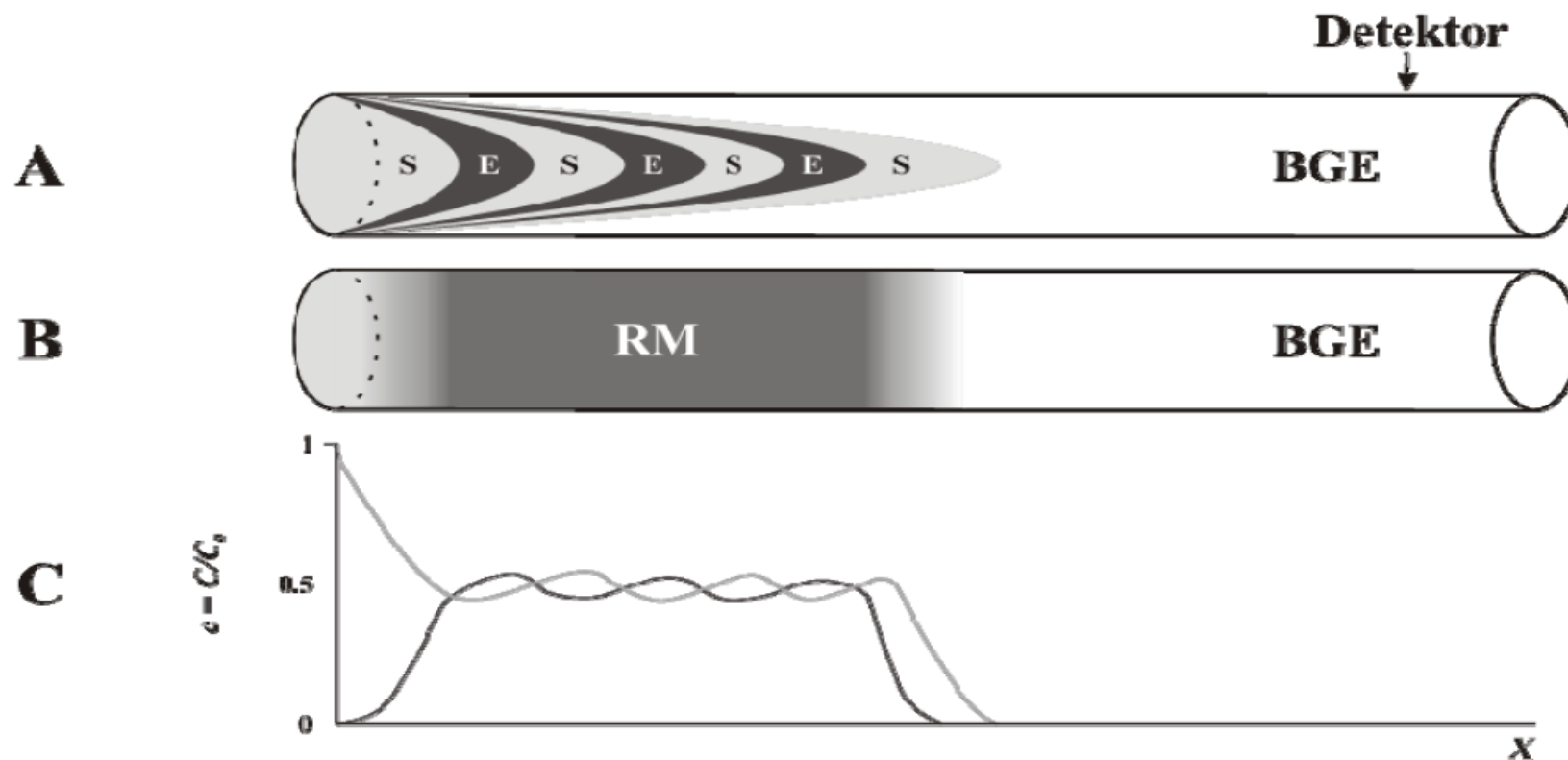
Míchání difuzí

TDLFP = Transverse diffusion of laminar flow



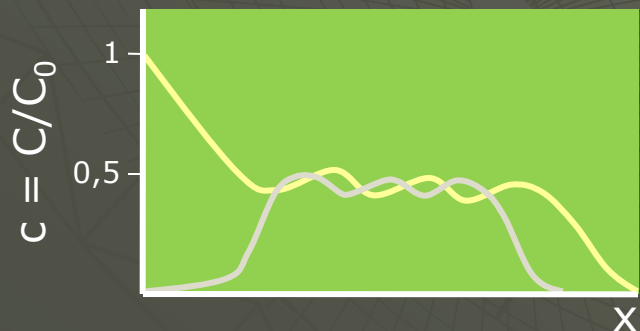
Míchání difuzí


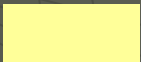
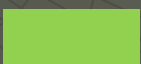
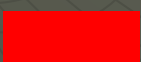
TDLFP = Transverse diffusion of laminar flow



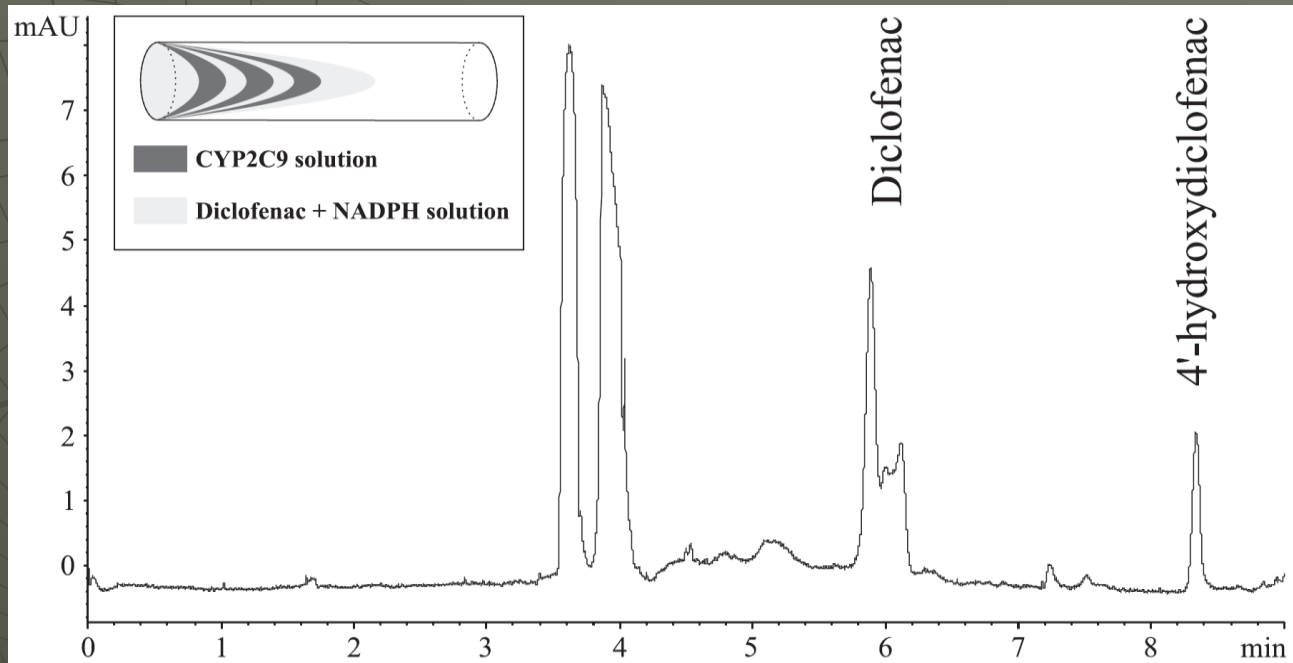
R. Řemínek, M. Zeisbergerová, M. Langmajerová, Z. Glatz, *Electrophoresis*, 34 (2013) 2705.

Míchání difuzí – CYP2C9 + diclofenac



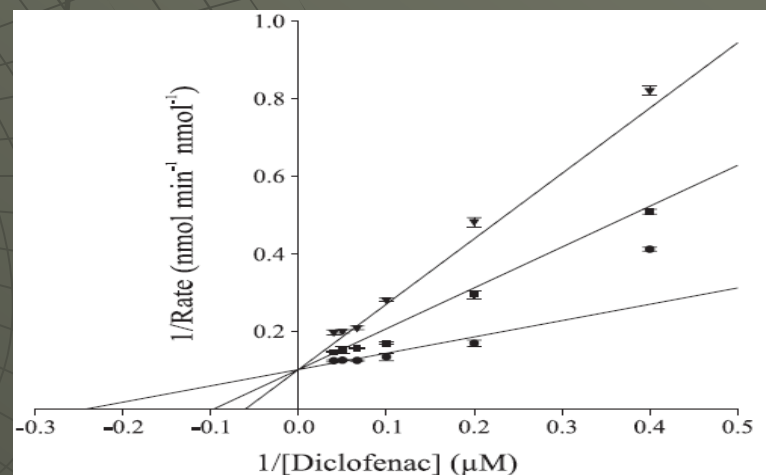
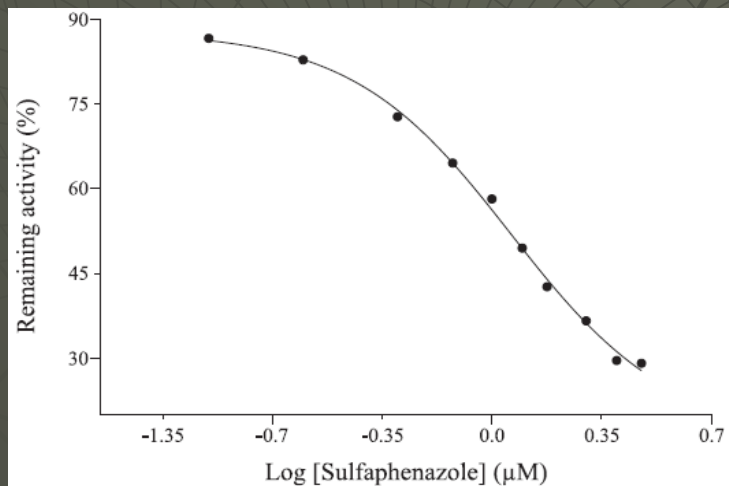
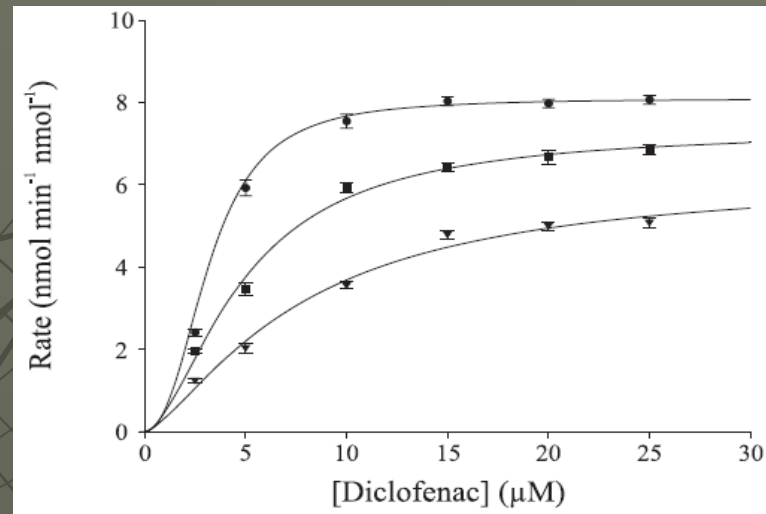
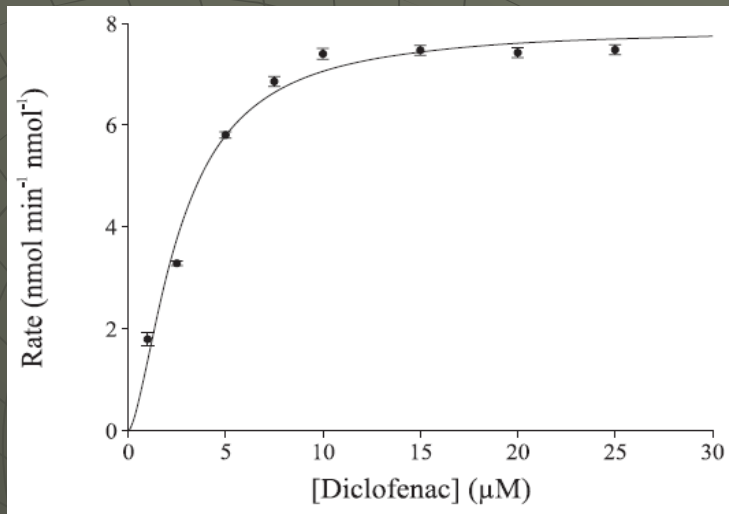
-  Roztok enzymu
-  Roztok substrátu
-  Reakční směs
-  Produkt reakce

Míchání difuzí – CYP2C9 + diclofenac



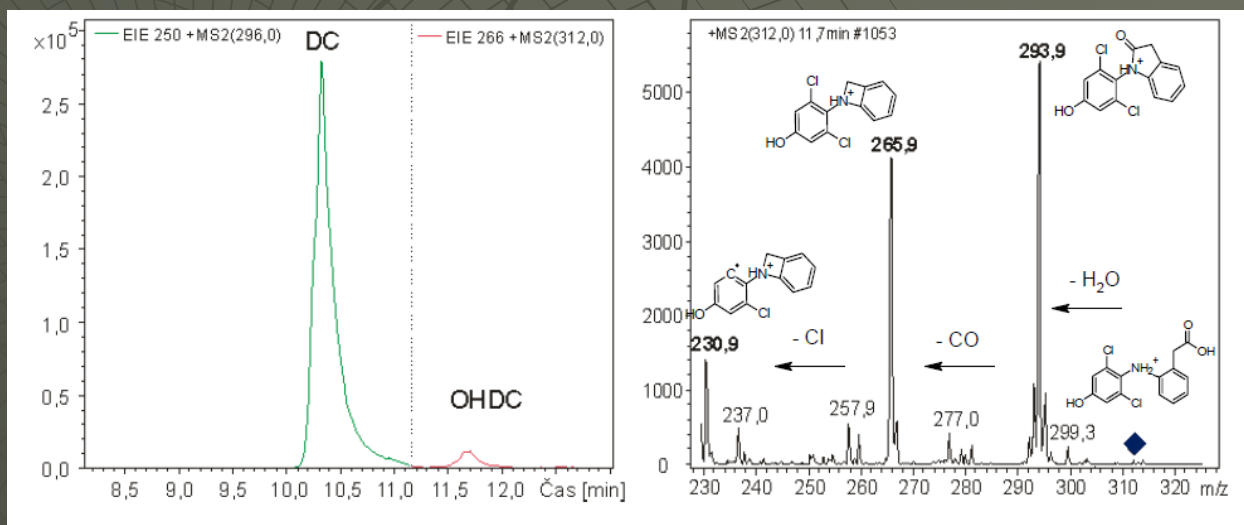
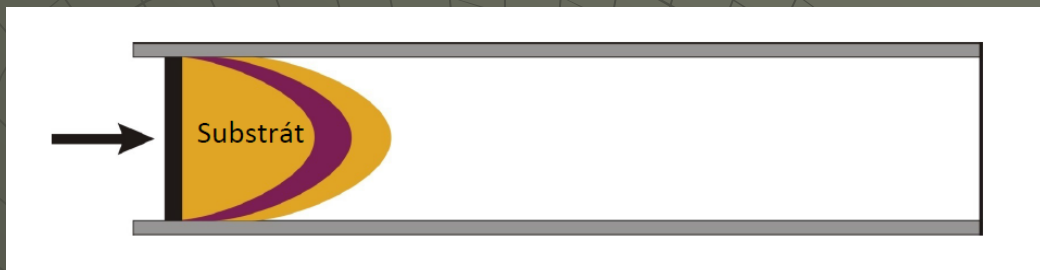
R. Řemínek, M. Zeisbergerová, M. Langmajerová, Z. Glatz, Electrophoresis, 34 (2013) 2705.

Míchání difuzí – CYP2C9 + diclofenac



$K_m = 2,66 \quad 0,18 \mu\text{M}; V_{max} = 7,91 \quad 0,22 \text{ nmol/min/nmol}; n = 1,59 \quad 0,16;$
 $IC_{50} = 0,94 \quad 0,04 \mu\text{M}; K_i = 0,39 \quad 0,07 \mu\text{M}$

Kombinace TDLFP s MS detekcí

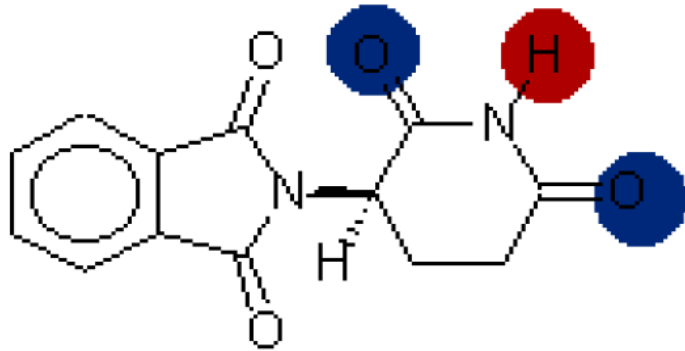


Langmajerová, et al. Electrophoresis, v tisku.

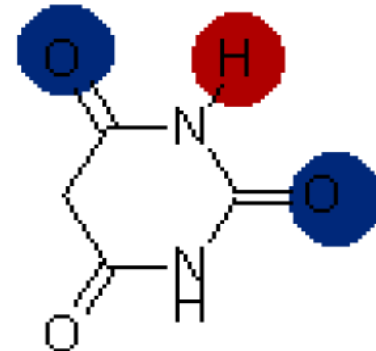


Chiralita – chirální separace ?
pomocí CE

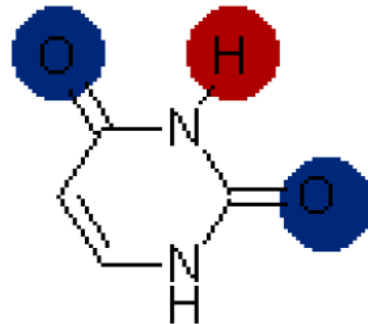
Thalidomid



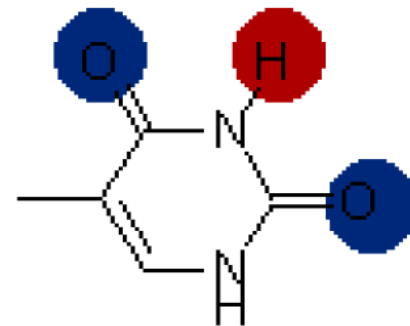
Thalidomid



Barbitursäure



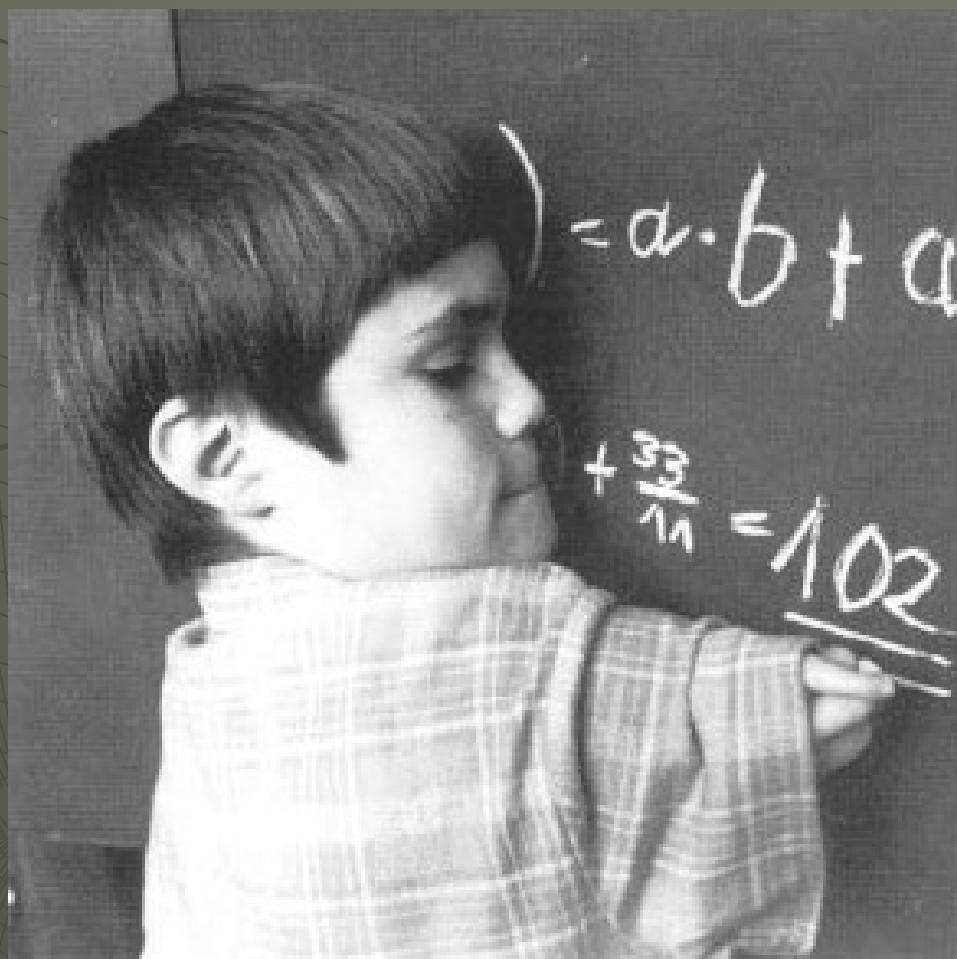
Uracil



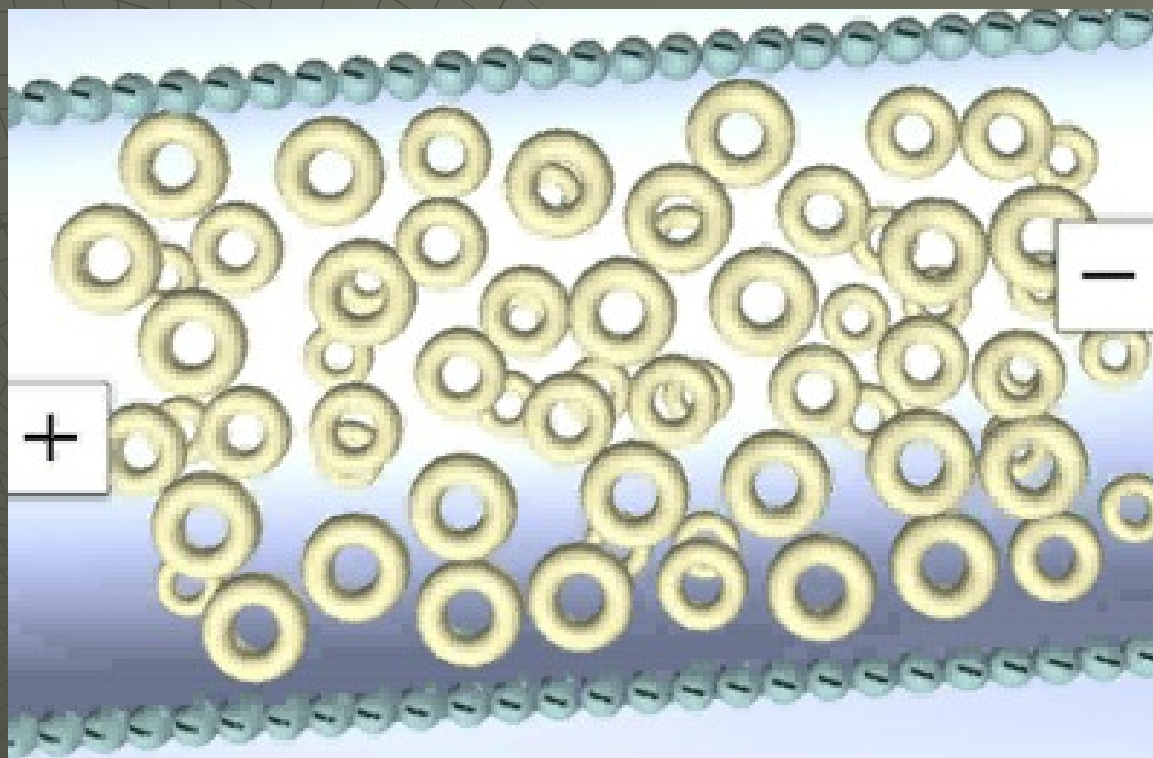
Thymin

Thalidomid

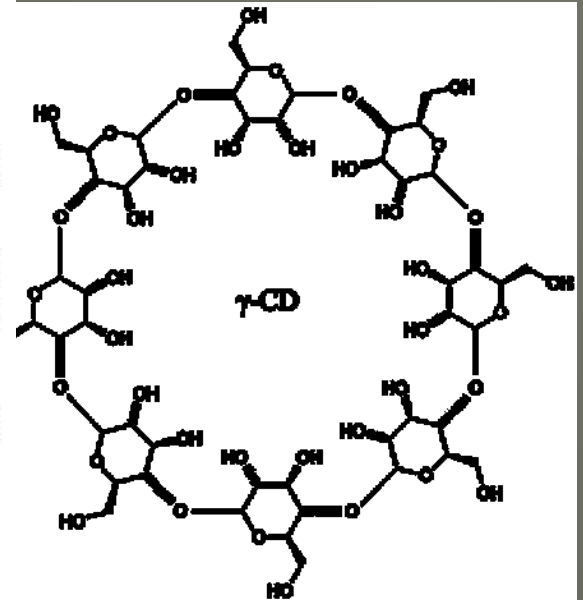
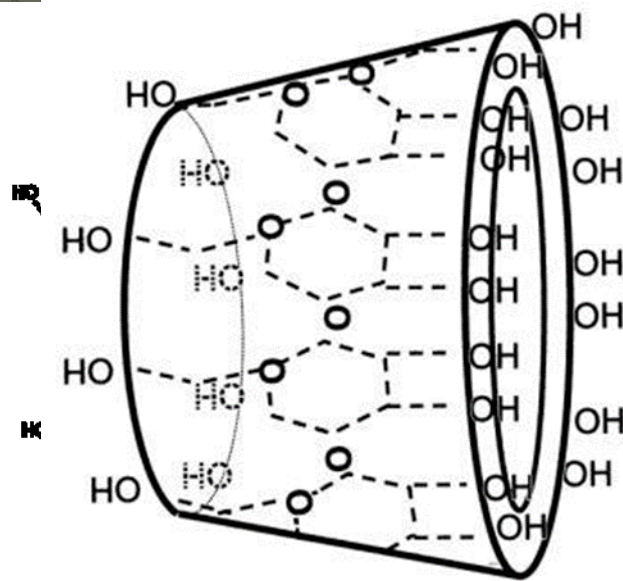
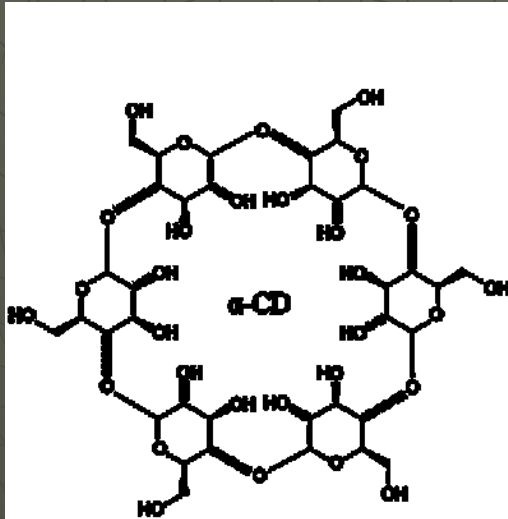




Chirální separace

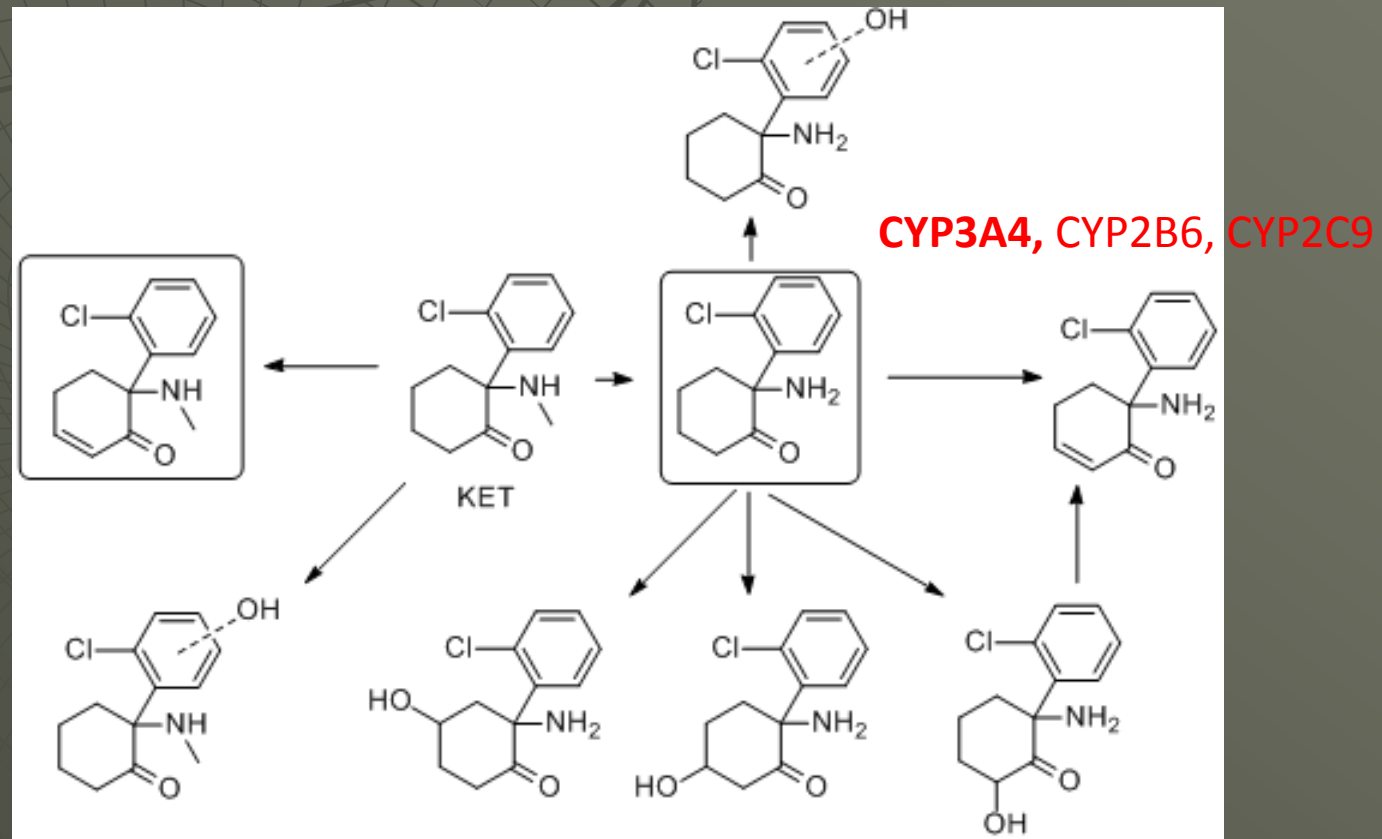


Cyklodextriny

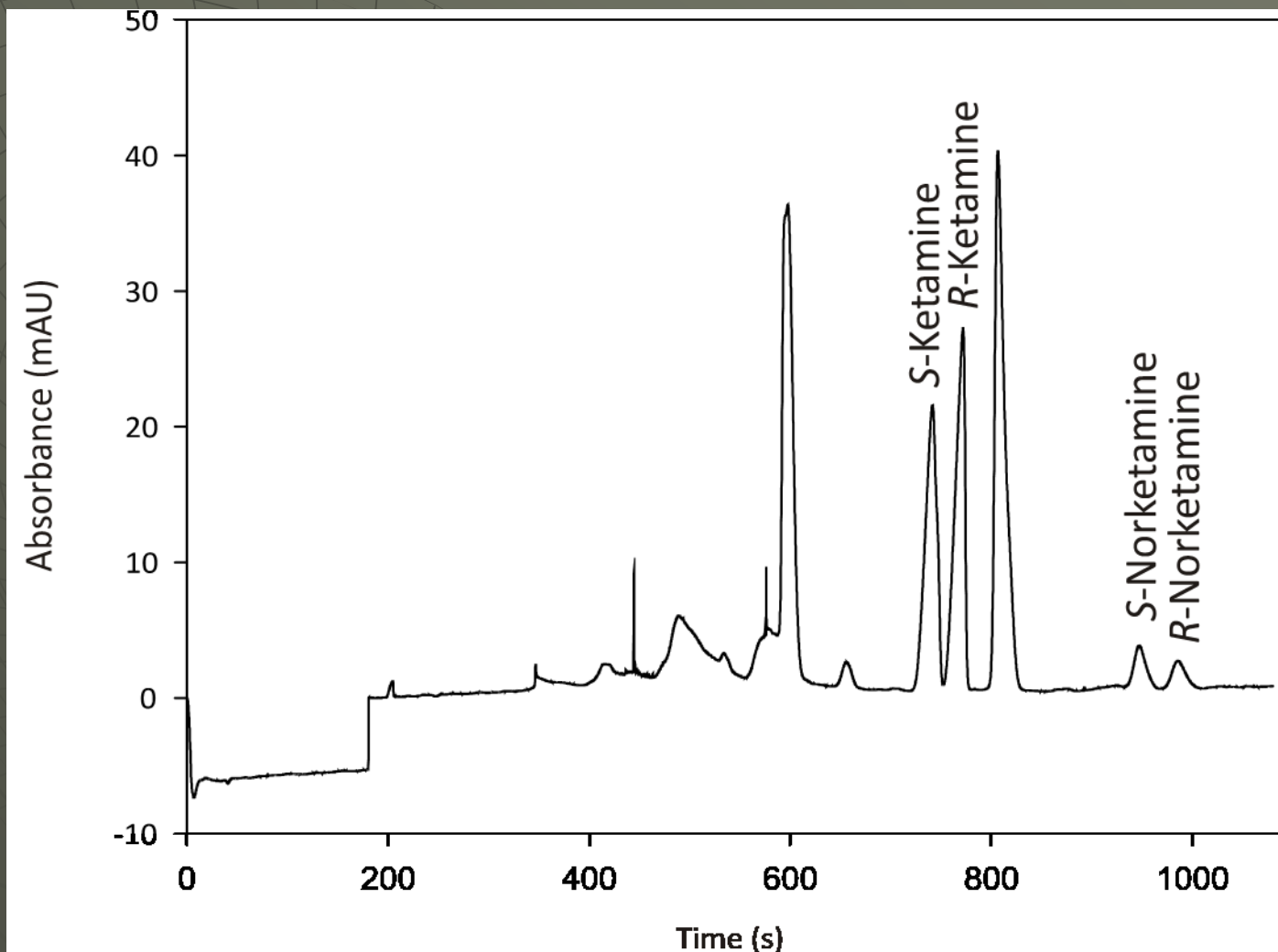


Ketamin

anestetikum a analgetikum v humánní a veterinární medicíně

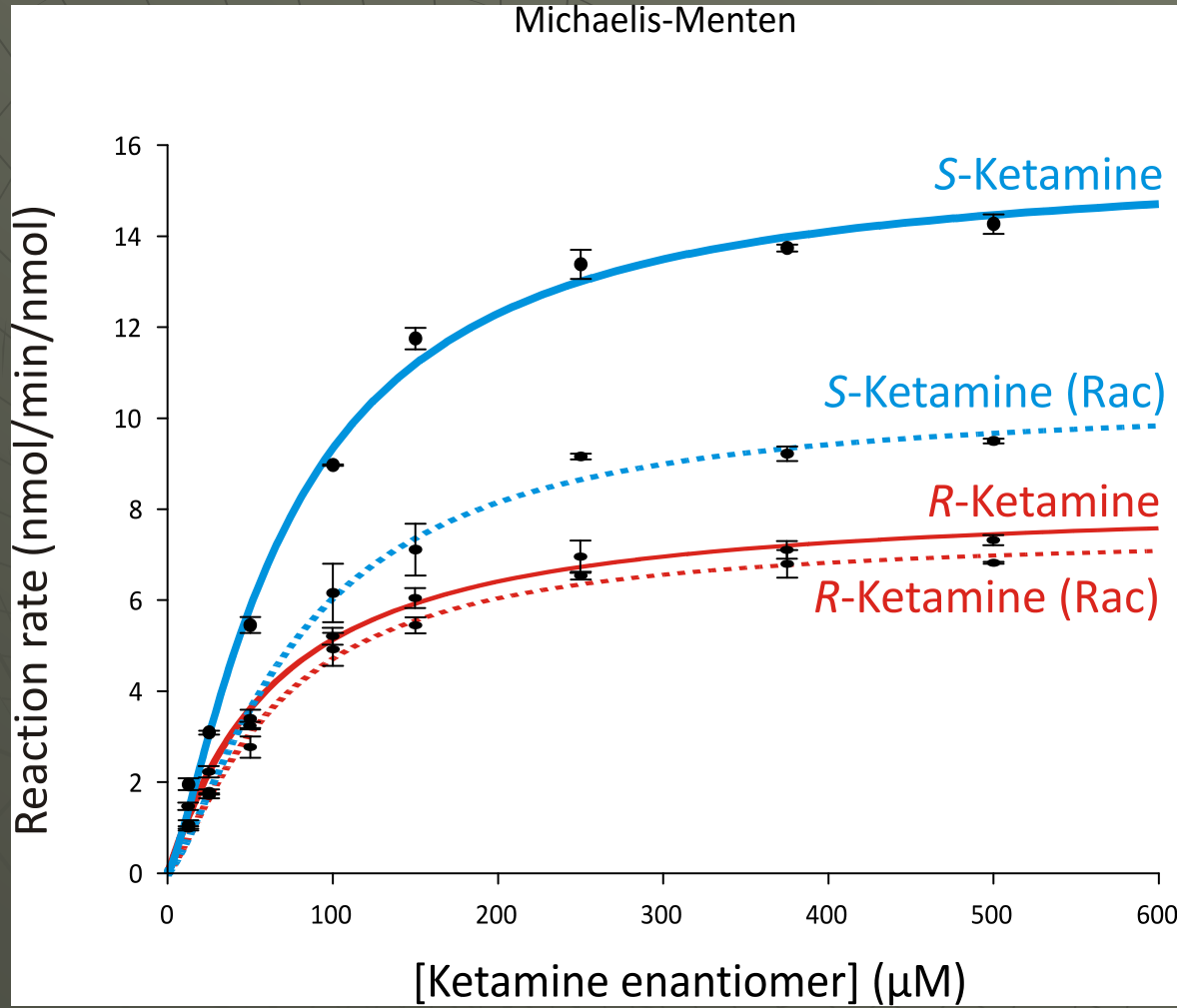


TDLFP ketaminu



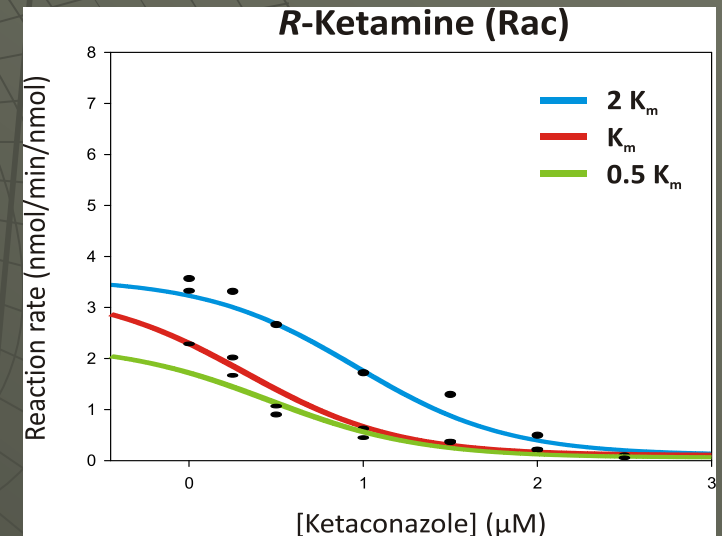
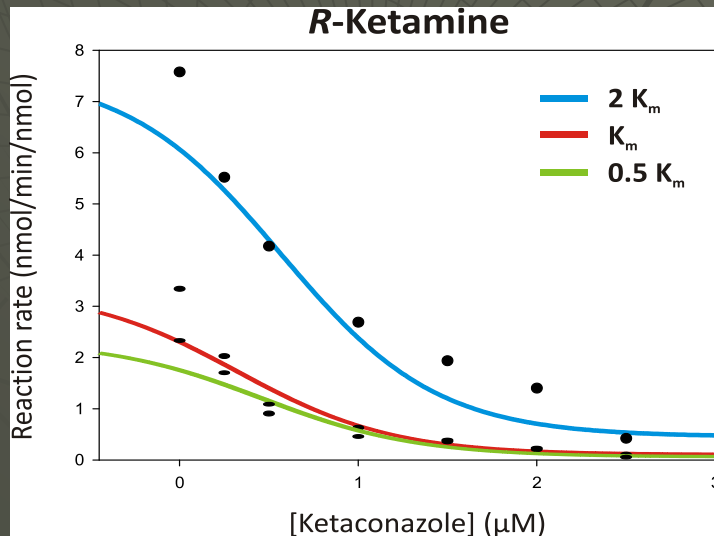
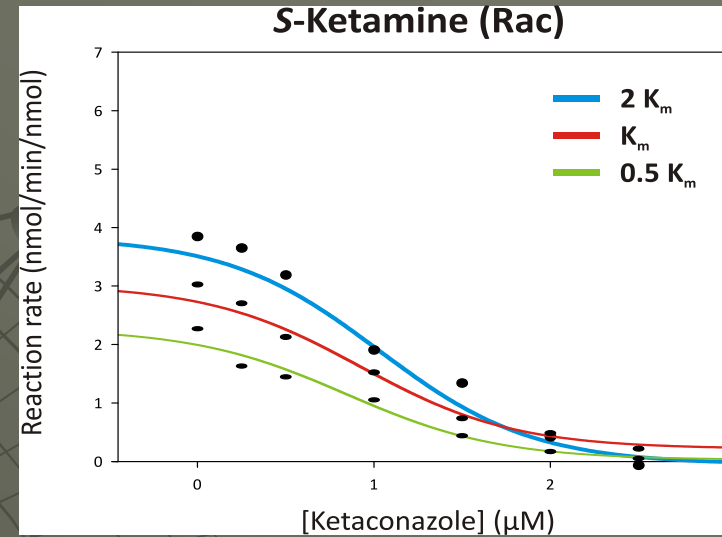
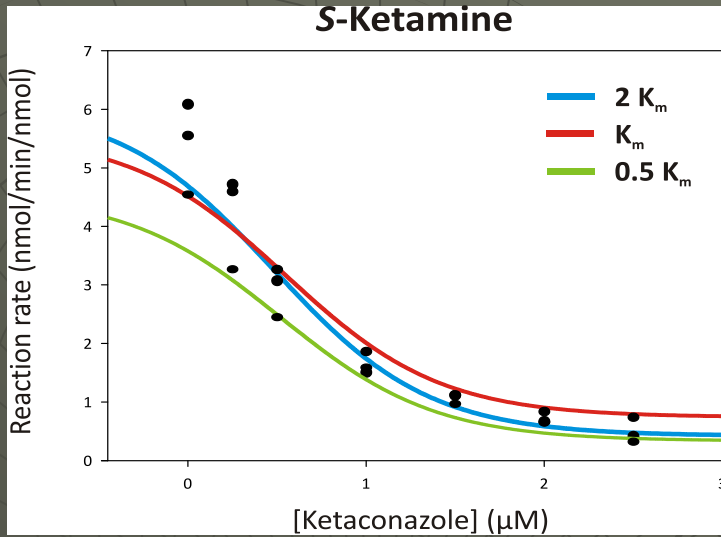
50 mM TRIS-fosfátový pufr (pH 2.5) obsahující
3 % (w/v) vysoce sulfatovaný γ -cyclodextrin

Kinetická studie



K_M (μM)	V_{max} (nmol/min/nmol)
74.22	15.66
5.75	0.52
79.54	10.13
8.49	0.48
62.91	8.18
8.02	0.40
66.45	7.47
6.62	0.31

Inhibiční studie

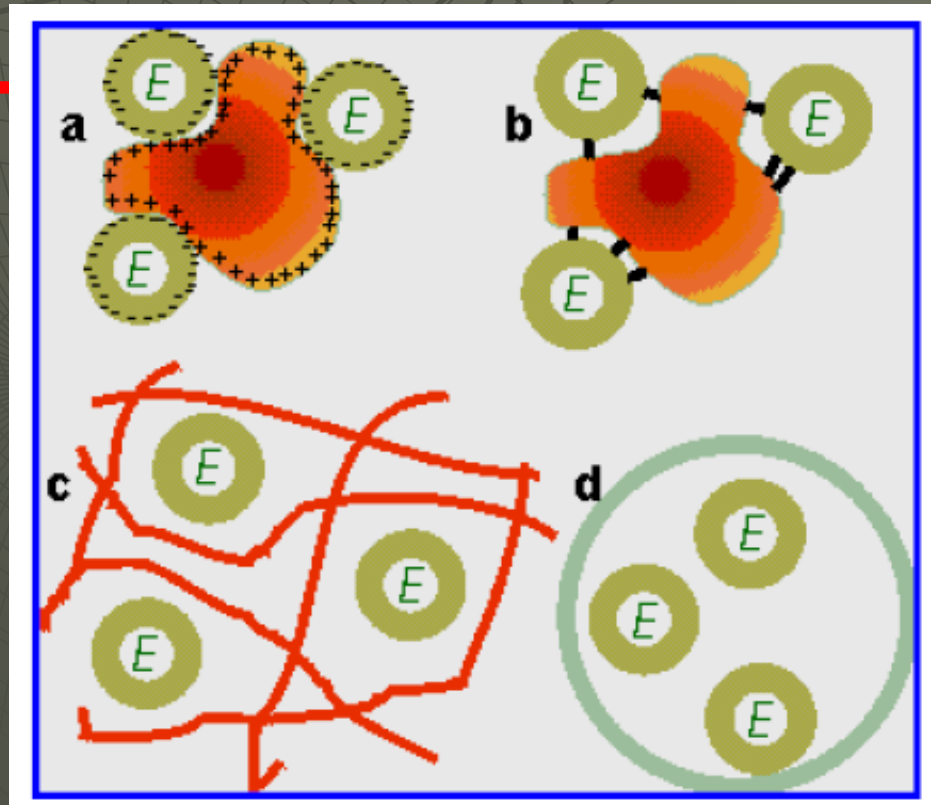


EMMA versus TDLFP

- ◆ EMMA + homogenní reakční směs
- nutné optimalizovat
- ◆ TDLFP + universálnost
- homogenita ???

Studium enzymových reakcí pomocí CE

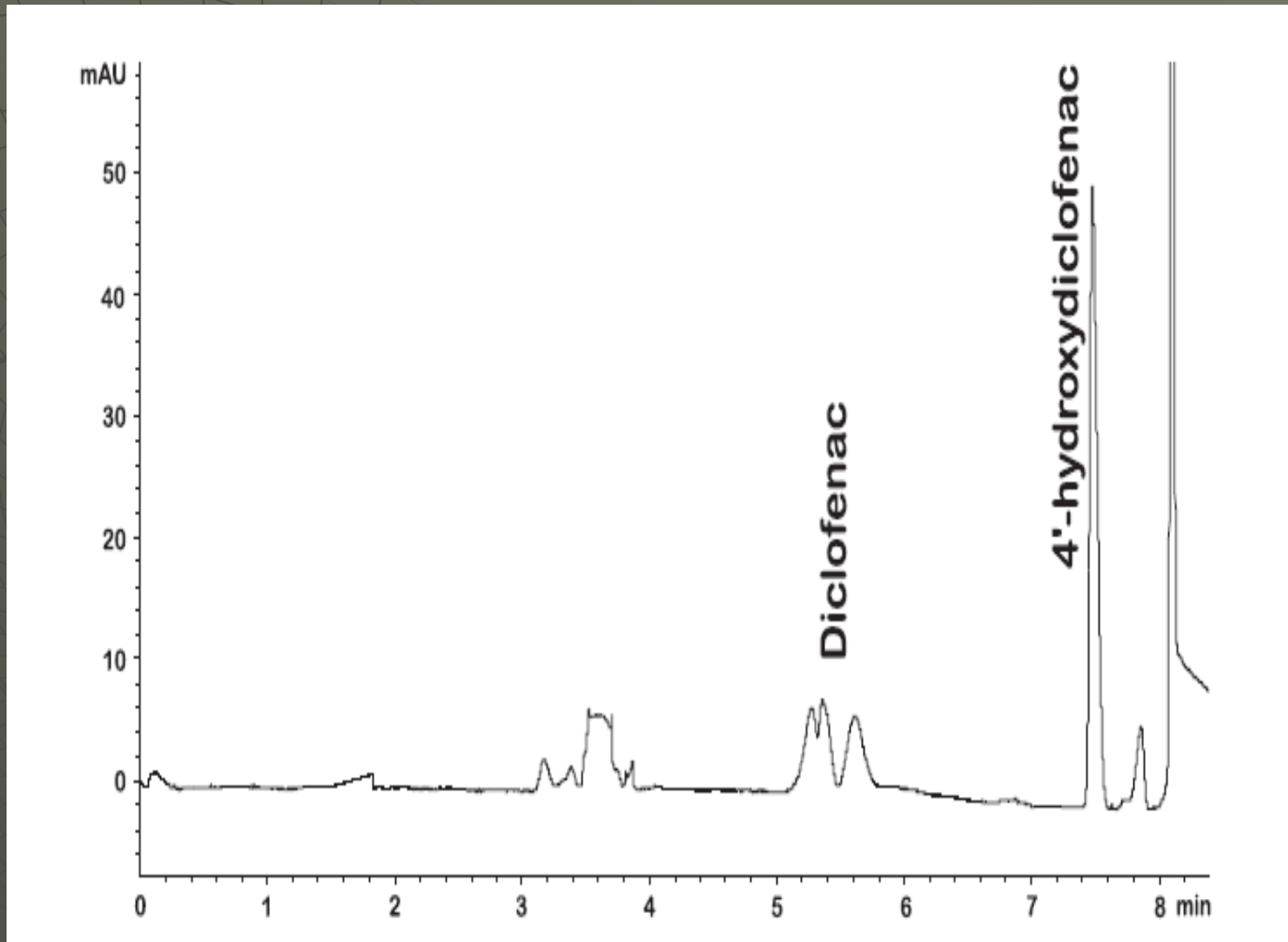
Enzymový reaktor IMER



IMER

- ◆ Vyšší stabilita enzymu
- ◆ Možnost kombinace se separačními metodami – HPLC, CE
- ◆ Výhodnější poměr substrát/enzym → vyšší citlivost, selektivita, reprodukovatelnost atd.
- ◆ Možnost opakovaného použití

CYP 2CD IMER



Schejbal, J. et al. *Electrophoresis*, v tisku.

Studium enzymových reakcí pomocí CE



ELSEVIER

Available online at www.sciencedirect.com



Journal of Chromatography B, 841 (2006) 23–37

JOURNAL OF
CHROMATOGRAPHY B

www.elsevier.com/locate/chromb

Review

Determination of enzymatic activity by capillary electrophoresis[☆]

Zdeněk Glatz^{*}

Department of Biochemistry, Faculty of Science, Masaryk University, Kamenice 5, 625 00 Brno, Czech Republic

Received 10 January 2006; accepted 21 February 2006

Available online 30 March 2006

Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis 53 (2010) 1076–1090

Contents lists available at ScienceDirect



ELSEVIER

Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jpba



Review

Advances in-capillary electrophoretic enzyme assays

Yi Fan, Gerhard K.E. Scriba^{*}

Department of Pharmaceutical Chemistry, School of Pharmacy, University of Jena, Philosophenweg 14, D-07743 Jena, Germany

STUDIUM ENZYMOVÝCH REAKCÍ KAPILÁRNÍ ELEKTROFORÉZOU V ON-LINE USPOŘÁDÁNÍ

**ROMAN ŘEMÍNEK, MARTA ZEISBERGEROVÁ
a ZDENĚK GLATZ**

*Ústav biochemie, Přírodovědecká fakulta a Středoevropský technologický institut, Masarykova univerzita, Kotlářská 2, 611 37 Brno
romik@mail.muni.cz*

Došlo 19.3.13, přijato 29.5.13.

EMMA



ELSEVIER

Available online at www.sciencedirect.com

SCIENCE @ DIRECT®

Journal of Chromatography A, 1032 (2004) 173–184

JOURNAL OF
CHROMATOGRAPHY A

www.elsevier.com/locate/chroma

Review

Electrophoretically mediated microanalysis

Soňa Nováková^{a,b}, Sigrid Van Dyck^a, Ann Van Schepdael^a,
Jos Hoogmartens^a, Zdeněk Glatz^{b,*}

^a *Laboratory for Pharmaceutical Chemistry and Drug Analysis, Faculty of Pharmaceutical Sciences,
K.U. Leuven, Van Evenstraat 4, B-3000 Leuven, Belgium*

^b *Department of Biochemistry, Faculty of Science, Masaryk University Brno, Kotlářská 2, 611 37 Brno, Czech Republic*

Record 1 of 4

Title: Advances in capillary electrophoretically mediated microanalysis

Author(s): Van Dyck, S (Van Dyck, S); Kaale, E (Kaale, E); Novakova, S (Novakova, S); Glatz, Z (Glatz, Z); Hoogmartens, J (Hoogmartens, J); Van Schepdael, A (Van Schepdael, A)

Source: ELECTROPHORESIS **Volume:** 24 **Issue:** 22-23 **Pages:** 3868-3878 **DOI:** 10.1002/elps.200305636 **Published:** DEC 2003

Record 2 of 4

Title: Advances in capillary electrophoretically mediated microanalysis: An update

Author(s): Zhang, J (Zhang, J); Hoogmartens, J (Hoogmartens, J); Van Schepdael, A (Van Schepdael, A)

Source: ELECTROPHORESIS **Volume:** 27 **Issue:** 1 **Pages:** 35-43 **DOI:** 10.1002/elps.200500492 **Published:** JAN 2006

Record 3 of 4

Title: Advances in CE-mediated microanalysis: An update

Author(s): Zhang, J (Zhang, Jie); Hoogmartens, J (Hoogmartens, Jos); Van Schepdael, A (Van Schepdael, Ann)

Source: ELECTROPHORESIS **Volume:** 29 **Issue:** 1 **Pages:** 56-65 **DOI:** 10.1002/elps.200700475 **Published:** JAN 2008

Record 4 of 4

Title: Recent developments and applications of EMMA in enzymatic and derivatization reactions

Author(s): Zhang, J (Zhang, Jie); Hoogmartens, J (Hoogmartens, Jos); Van Schepdael, A (Van Schepdael, Ann)

Source: ELECTROPHORESIS **Volume:** 31 **Issue:** 1 **Special Issue:** SI **Pages:** 65-73 **DOI:** 10.1002/elps.200900373 **Published:** JAN 2010

TDLFP

742

J. Sep. Sci. 2009, 32, 742–756

Svetlana M. Krylova
Victor Okhonin
Sergey N. Krylov

Department of Chemistry, York
University, Toronto, Ontario,
Canada

Review

**Transverse diffusion of laminar flow profiles –
a generic method for mixing reactants in capillary
microreactor**

IMER

706

J. Sep. Sci. 2009, 32, 706–718

Jana Krenkova
Frantisek Svec

The Molecular Foundry, E. O.
Lawrence Berkeley National
Laboratory, Berkeley, CA, USA

Review

Less common applications of monoliths: IV. Recent developments in immobilized enzyme reactors for proteomics and biotechnology

3550

Electrophoresis 2004, 25, 3550–3563

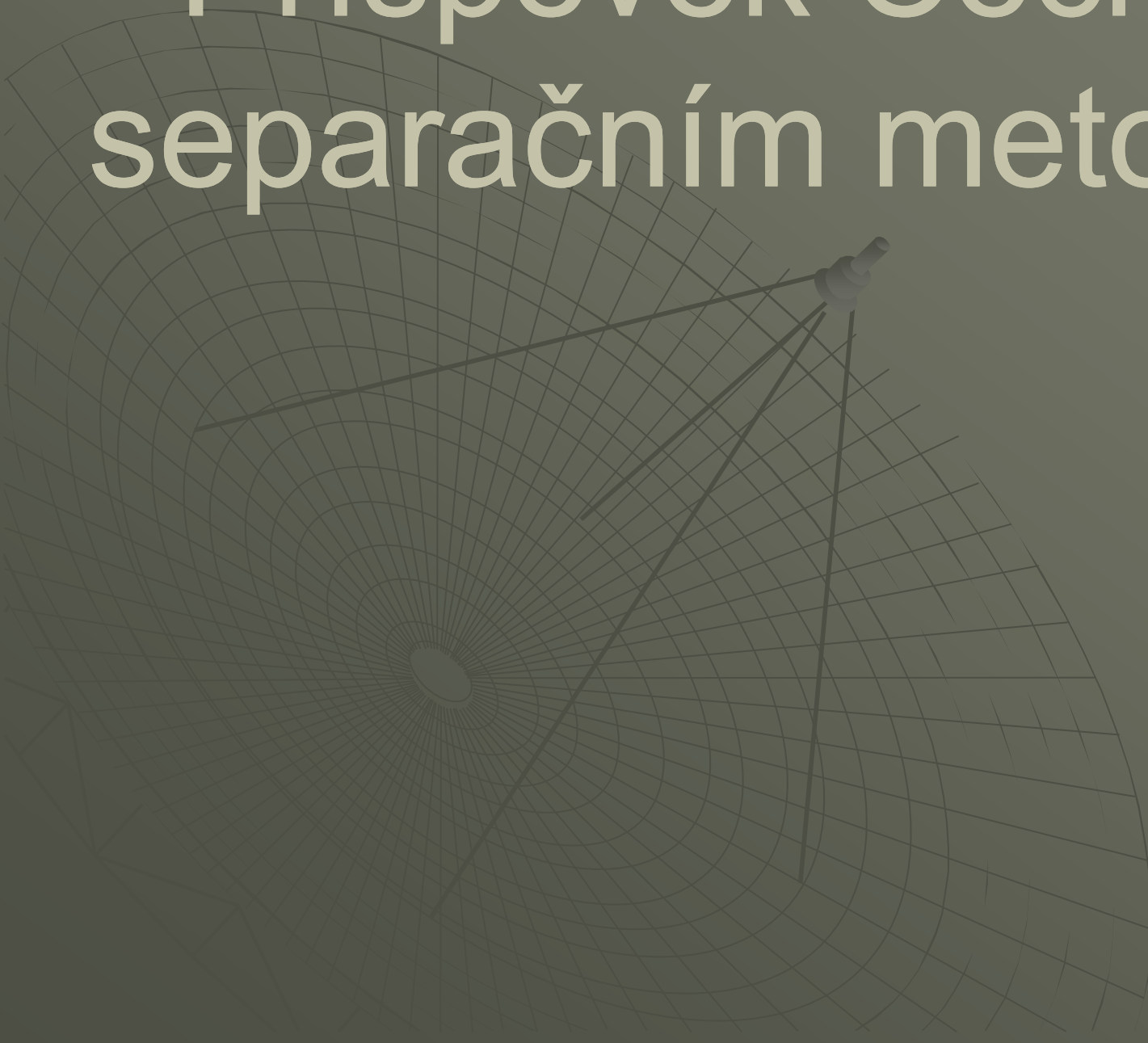
Review

Jana Krenková*
František Foret

Institute of Analytical Chemistry,
Brno, Czech Republic

Immobilized microfluidic enzymatic reactors

Příspěvek Čechů k separačním metodám



Příspěvek Čechů k separačním metodám





Vám děkuji za pozornost!