

## VLIV PUFRU NA TVORBU MICEL VYBRANÝCH POVRCHOVĚ AKTIVNÍCH LÁTEK

HANA STRNADOVÁ a LIBOR KVÍTEK

*Katedra fyzikální chemie, Univerzita Palackého v Olomouci, Tř. Svobody 8, 771 47 Olomouc  
hana.strnadova@atlas.cz*

Došlo 26.11.07, přepracováno 27.1.08, přijato 22.2.08.

**Klíčová slova:** povrchově aktivní látky, kritická micelární koncentrace, pH, iontová síla

### Úvod

Povrchově aktivní látky (PAL) představují obecnou skupinu látek, které se adsorbují na fázovém rozhraní, a v důsledku této adsorpce dochází ke snížení jeho povrchové energie<sup>1,2</sup>. Organické molekuly difilního charakteru, jinak též tenzidy či surfaktanty, představují aplikačně nejvýznamnější skupinu PAL, zejména díky jejich schopnosti samovolně agregovat ve vodném roztoku do útvarů koloidní velikosti, zvaných micely. Ty vznikají od určité koncentrace PAL v roztoku, tzv. kritické micelární koncentrace (CMC). Rozpustnost mnoha organických PAL silně závisí na teplotě, pro dosažení CMC je tak nutné i dosažení dostatečně vysoké teploty, při níž rozpustnost dosahuje hodnoty CMC (Krafftova teplota). Nad touto teplotou rozpustnost PAL prudce stoupá díky tvorbě micel v roztoku<sup>2</sup>.

Tvorba micelárních agregátů ve vodném roztoku je samovolný proces, a proto Gibbsova energie micelizace musí být záporná. Protože tvorba micel představuje endotermní děj,  $\Delta H \sim 1\text{--}2 \text{ kJ mol}^{-1}$  molekul PAL<sup>3</sup>, musí být změna entropie při tomto ději kladná a dostatečně vysoká, aby v polárním rozpouštědle docházelo ke spontánní asociaci molekul PAL do micel. Entropie soustavy při tvorbě micel skutečně vzrůstá, protože dochází ke změně hydratačních vrstev okolo molekul PAL. Hydratační vrstva okolo micely zahrnuje menší počet molekul vody než okolo jednotlivých molekul PAL, a proto více samostatných molekul vody zůstává volně pohyblivých v roztoku, čímž se zvyšuje neuspořádanost soustavy, potažmo roste její entropie. V důsledku takového chování soustavy se projevuje tzv. „hydrofobní efekt“, který je považován za hlavní hnací sílu samovolného asociativního chování molekul PAL ve vodném prostředí<sup>3</sup>. V případě ionických PAL hrají při tvorbě micel důležitou roli i elektrostatické odpudivé interakce mezi náboji disociovaných polárních skupin molekul PAL asociovaných v micely, které působí naopak proti micelizaci. Zda v roztoku vzniknou micely tak závisí na převaze sil podporujících micelizaci (hydrofobní neboli entropický efekt) nebo působících proti micelizaci

(elektrostatická repulze)<sup>4</sup>. Hodnoty hlavních micelárních parametrů – velikosti, tvaru, struktury, náboje a agregačního čísla závisí jednak na teplotě a tlaku, jednak na chemické struktuře molekul PAL a také na celkovém složení roztoku, ve kterém micely vznikly (pH, iontová síla, typ protiiontu)<sup>5,6</sup>.

Jedinečné vlastnosti micelárních roztoků PAL jsou využívány prakticky ve všech odvětvích průmyslu včetně chemického výzkumu, ale i v našem každodenním životě (mytí a praní). Heterogenní systém, tvořený rozpouštědlem a micelami, resp. jejich nepolárním jádrem, umožňuje tzv. solubilizaci nepolárních látek ve vodném prostředí, ve kterém jsou jinak velmi špatně rozpustné<sup>7–9</sup>.

V posledním období se objevují nové oblasti využití micelárních soustav například jako nosiče léků<sup>10</sup> nebo jako prostředí pro syntézu nanostrukturálních látek<sup>11–13</sup>. Micelární soustavy, představující mikroheterogenní systém se schopností separovat částice s různým stupněm polarit, pronikly i do elektroanalytických metod a přinesly nové možnosti hlavně v oblasti separačních procesů využívaných v kapilární elektroforéze. Za přítomnosti micelárního systému tak lze analyzovat v elektrickém poli i látky bez elektrického náboje<sup>14–16</sup>.

Metoda micelární elektrokinetické kapilární chromatografie (MEKC), prvně zmíněná v roce 1984, je jedním z příkladů využití micelárních roztoků v kapilární elektroforéze. Tato metoda umožňuje separaci zejména elektricky nabitých analytů, které se dělí díky odlišné interakci s micelární pseudofází a díky rozdílným elektroforetickým pohyblivostem ve vodné fázi<sup>17</sup>. Separovat lze ovšem i elektroneutrální analyty díky existenci elektroosmotického toku v kapiláře<sup>14,18</sup>. Separace ve všech případech probíhá díky rozdílné distribuci analytů mezi pseudostacionární micelární fází a mobilní vodnou fází nosného elektrolytu<sup>17</sup>.

Přítomnost elektrolytů, zejména pufrů používaných právě v kapilární elektroforéze, zásadně ovlivňuje proces tvorby micel. Primárně dochází k poklesu hodnoty CMC a ovlivněn je rovněž rozměr micel<sup>19–22</sup>. Vliv elektrolytů je výrazný hlavně u ionických PAL, zanedbatelný naopak bývá u neionických PAL<sup>5,7,8,23</sup>. Se změnou základních micelárních parametrů samozřejmě dochází i ke změnám v separační účinnosti, takže znalost těchto procesů umožňuje cílenou modifikaci účinnosti celého analytického procesu. Pro studium tvorby a současně k charakterizaci micel je k dispozici řada metod (měření změn vodivosti, povrchového napětí, viskozity, rozptylu světla atd.)<sup>24</sup>, z nichž některé lze využít pouze pro studium roztoků ionických PAL (vodivostní měření). Proces tvorby micel a jejich charakterizace jsou doposud dobře prostudovány pro čistě vodné roztoky PAL<sup>25,26</sup> či jejich směsi<sup>27–29</sup>, avšak poměrně málo údajů je k dispozici o vlivu iontové síly roztoku či jeho pH na tvorbu micel<sup>21,30</sup>.

Cílem této práce proto bylo zjistit změny chování micel v roztocích běžně používaných v MEKC a vyhodnotit tak vliv složení roztoku (zejména iontové síly a pH) na hodnotu CMC běžných PAL, která je rozhodující z hlediska separační účinnosti této metody. Ke studiu byla využita vodivostní a tenziometrická měření, která se vhod-

Tabulka I  
Pufry použité pro experimenty

Název	pH	Iontová síla $I$ [mmol dm <sup>-3</sup> ]
Fosfátový pufr (0,05 mol dm <sup>-3</sup> H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )	2,5	36,2
Acetátový pufr (0,1 mol dm <sup>-3</sup> CH <sub>3</sub> COOH)	4,0	17,0
Borátový pufr (0,05 mol dm <sup>-3</sup> H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> )	9,5	34,0

ně doplňují při studiu micelizace v roztocích elektricky nabitých i elektroneutrálních PAL. Měření byla navíc rozšířena o experimenty z oblasti reologického chování těchto roztoků, neboť lze předpokládat nejen změnu viskozity, ale i viskoelastického chování roztoků PAL v kapiláře.

## Experimentální část

V provedených experimentech byly použity následující chemikálie: dodecylsulfát sodný (p.a., Fluka; SDS), hexadecyltrimethylammonium bromid (p.a., Lachema; CTAB), Triton X-100 (< 3 % PEG, Sigma-Aldrich; TX100) a Genapol X-080 (p.a., Sigma-Aldrich; GX080). Pro přípravu pufrů pak H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (85 %, p.a., Lachema), H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (p.a., Lachema), CH<sub>3</sub>COOH (99 %, p.a., Lachema), 2-amino-2-hydroxymethyl-1,3-propanediol (p.a., Sigma-Aldrich; TRIS), NaOH (p.a., Lach-Ner). Tyto látky nebyly před použitím dále nijak upravovány ani čištěny. Pro přípravu roztoků byla použita demineralizovaná voda o vysoké čistotě (18 MΩ cm, Millipore, Bedford, USA). Všechna měření byla provedena za konstantní teploty 20 ± 0,2 °C s výjimkou měření s roztoky CTAB. Krafftova teplota CTAB je přibližně 25 °C, proto bylo nutné provést experimenty s touto látkou při vyšší teplotě (30 ± 0,2 °C). Výběr použitých pufrů se řídil postupy používanými při přípravě roztoků pro metodu MEKC (viz. tab. I).

### Měření elektrické vodivosti

Měření vodivosti ionických PAL je považováno za základní metodu pro studium micelizace. Specifická vodivost ( $\kappa$ ) studovaných roztoků byla měřena konduktometrem ORION 162 po kalibraci roztokem chloridu draselného o koncentraci 0,01 mol dm<sup>-3</sup>. Hodnota CMC byla získána po vynesení naměřených konduktivit do grafu proti koncentraci PAL jako průsečík lineárních úseků získané závislosti<sup>5</sup>.

### Měření povrchového napětí

Tenziometrická měření představují univerzální metodu měření CMC ionických i neionických PAL. Měření bylo provedeno za pomoci tenziometru LAUDA TD1, který využívá metodu odtrhávání Pt-Ir kroužku podle De Noüye. Roztoky byly před měřením vytemperovány na zvolenou teplotu. Pro každou koncentraci bylo měření

opakováno třikrát až čtyřikrát, maximální odchylka mezi jednotlivými měřeními byla 0,2 mN m<sup>-1</sup>. Pro vyhodnocení naměřených závislostí povrchového napětí na koncentraci PAL a zjištění hodnoty CMC byla koncentrace vynesena v logaritmické škále<sup>8</sup>.

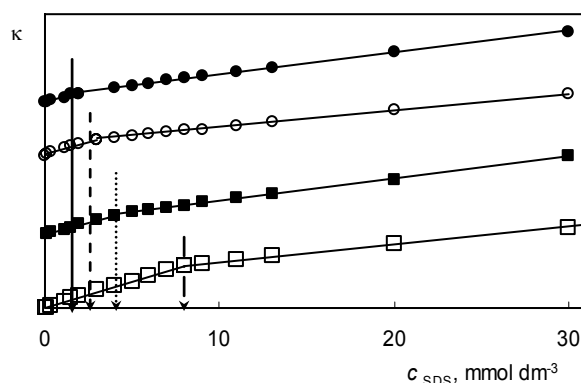
### Měření viskozity

Měření dynamické viskozity bylo provedeno pro posouzení vlivu elektrolytu a koncentrace PAL na změnu viskozity jednotlivých soustav. Viskozita roztoků PAL byla měřena pomocí Ubbelohdeho kapilárního viskozimetru Schott, typ 501-01/0a. Při měření byl viskozimetr temperován v ponorném termostatu Schott CT52. Hustoty nutné pro výpočet dynamické viskozity byly zjištěny pyknometricky. Rotační viskozimetr RotoVisco RV1 (ThermoHaake) v konfiguraci dvou sousedních titanových válců (geometrie „double gap“) byl použit pro studium viskoelastického chování roztoků, které nelze realizovat za použití kapilárních viskozimetrů.

## Výsledky a diskuse

### Stanovení CMC z vodivostních měření

Nejpoužívanější metodu stanovení CMC ionických PAL představuje měření elektrické vodivosti roztoku,



Obr. 1. Závislost specifické vodivosti vodného roztoku SDS na jeho koncentraci v prostředí vybraných pufrů; ● fosfátový pufr, ○ borátový pufr, ■ acetátový pufr, □ voda. Šipkami jsou vyznačena místa odečtu CMC pro jednotlivé roztoky

Tabulka II

Hodnoty CMC [mmol dm<sup>-3</sup>] ionických PAL získané vyhodnocením průsečíku závislosti konduktivity studovaných roztoků na koncentraci PAL a micelární parametry vypočtené na základě vztahů (1) a (2)

	SDS					CTAB				
	<i>I</i>	CMC	$\beta$	<i>n</i>	$\Delta G_{mic}$	CMC	$\beta$	<i>n</i>	$\Delta G_{mic}$	
Voda	0	7,8	0,663	58	-15,8	1,0	0,231	92	-30,8	
pH 2,5	36,2	2,4	0,535	92	-21,5	0,8	0,345	98	-29,7	
pH 4,0	17,0	4,4	0,564	73	-19,0	0,9	0,330	95	-29,5	
pH 9,5	34,0	3,0	0,673	84	-18,8	0,6	0,161	105	-34,4	

v níž se při zvyšování koncentrace PAL v roztoku odráží rozdíl v pohyblivosti monomerů a vznikajících micel PAL. Typický tvar grafické závislosti konduktivity  $\kappa$  na koncentraci PAL představuje dva přímkové úseky s rozdílnými směrnici, jejichž průsečík odpovídá hodnotě CMC (obr. 1). Experimentálně získané hodnoty CMC z konduktometrických měření jsou uvedeny v tab. II společně s dalšími micelárními charakteristikami vypočtenými ze zjištěných hodnot CMC a směrnice lineárních částí závislosti  $\kappa$  na koncentraci PAL ( $S_1$  představuje směrnici v oblasti existence monomerů PAL a  $S_2$  v micelární oblasti) – stupeň vázání protiiontu na micelu  $\beta = 1 - (S_2/S_1)$  a Gibbsova energie micelizace vypočtená podle vztahu (1) (cit.<sup>19,31</sup>):

$$\Delta G_{mic} = (1 + \beta) RT \ln CMC \quad (1)$$

V případě SDS i CTAB je možné z velikostních parametrů monomeru PAL vypočítat i teoretické agregační číslo  $n$ , které vyjadřuje průměrný počet monomerů PAL obsažených v micel. Tu lze v koncentrační oblasti těsně nad hodnotou CMC aproximovat koulí o poloměru, odpovídajícímu délce rozvinuté molekuly PAL. Do Huismanovy rovnice (2) (cit.<sup>32</sup>):

$$\log n = a - b \log CMC - \log M_w \quad (2)$$

byly dosazeny hodnoty  $a$  a  $b$  pro SDS i CTAB získané z literatury<sup>32</sup> a na základě naměřených hodnot CMC byla vypočtena agregační čísla pro tyto PAL. V rovnici (2) veličina  $M_w$  zastupuje molekulovou hmotnost PAL.

Získané výsledky ukazují, že zvýšení iontové síly ( $I$ ) roztoku vede ke snížení CMC, což lze zdůvodnit stínícím účinkem elektrostatické repulze mezi hydrofilními částmi molekul PAL vyvolaným protiionty. Jejich koncentrace v roztoku je dána jak disociací molekul PAL, tak i přidáním elektrolytu do roztoku. S rostoucí iontovou silou se současně zvyšuje agregační číslo  $n$  micel opět jako důsledek snížené elektrostatické repulze. Zde zjištěné hodnoty  $n$  spadají do oblastí hodnot v literatuře uváděných pro čisté vodné roztoky PAL: u SDS<sup>21,33–36</sup>  $n = 49–65$  a u CTAB<sup>37</sup>  $n = 145$  (pro koncentraci 50 mmol dm<sup>-3</sup>), přičemž je zde vidět výrazný vliv pH a iontové síly. U SDS se více než vliv pH projevuje vliv iontové síly – s jejím růstem roste i agregační číslo přesně podle teoretických předpokladů. U CTAB je vliv hodnoty pH a iontové síly na agregační číslo méně výrazný, což souvisí s jeho nižší disociací

v alkalické oblasti. Hodnoty CMC v obou případech klesají s rostoucí iontovou silou, významně zejména u SDS, kde lze předpokládat silnější elektrostatickou repulzi mezi skupinami  $-\text{SO}_3^-$  a tedy i výraznější vliv stínícího efektu protiiontů.

Získané výsledky ukazují na výrazný pokles CMC s rostoucí iontovou silou roztoku PAL a to obzvláště u nejčastěji používané PAL v praxi – SDS. Rovněž velikost micel, resp. jejich agregační číslo je významně ovlivněno iontovou silou, což také ukazuje na závažné změny fázového uspořádání micelárního roztoku PAL v přítomnosti elektrolytů. Změna ve fázovém uspořádání může v oblasti využití těchto systémů v separačních procesech přinášet nezanedbatelné vlivy na separační účinnost takových heterogenních soustav a ovlivnit i celkový výsledek analýzy. Jako významný parametr při vývoji metod MEKC je tedy nutno zařadit mimo jiné i iontovou sílu a pH roztoku elektrolytu, zejména s ohledem na změnu micelárního uspořádání používaného roztoku PAL.

#### Stanovení CMC z tenziometrických měření

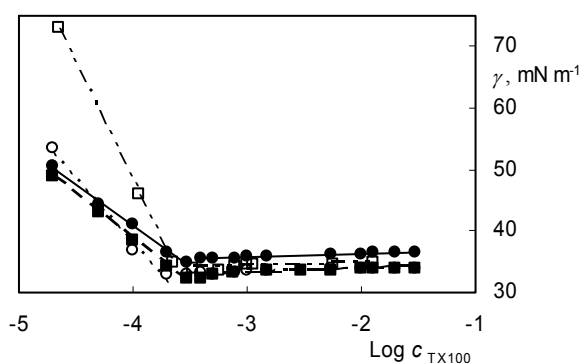
Měření povrchového napětí ( $\gamma$ ) roztoku PAL je vhodné pro studium micelizace u roztoků ionických i neionických PAL. Hodnotu CMC lze v tomto případě získat jako minimum závislosti  $\gamma$  na dekadickém logaritmu koncentrace PAL (obr. 2, cit.<sup>8</sup>).

Hodnoty CMC získané z tenziometrických měření uvedené v tab. III potvrzují u ionických PAL výsledky získané konduktometricky, tedy významnou závislost CMC na iontové síle roztoku. Hodnota CMC i v tomto případě klesá s rostoucí iontovou silou, zatímco u neionických PAL je CMC na iontové síle prakticky nezávislá. Lze rovněž konstatovat, že data získaná měřením povrchového napětí roztoků SDS a CTAB (hodnoty CMC) jsou srovnatelná s hodnotami získanými z vodivostních měření, ačkoliv každá z těchto metod zachycuje kritickou micelární koncentraci na základě jiných fyzikálně chemických procesů probíhajících v oblasti počátku agregace molekul PAL. Získané hodnoty CMC vodných roztoků studovaných PAL jsou v dobré shodě s literárními údaji, výjimku tvoří pouze vodný roztok GX080, pro který jsou v literatuře uváděny hodnoty CMC 0,05 mmol dm<sup>-3</sup> (bez uvedení teploty měření)<sup>38</sup>,

Tabulka III

Hodnoty CMC [ $\text{mmol dm}^{-3}$ ] pro ionické a neionické PAL získané ze závislosti povrchového napětí na logaritmu koncentrace PAL

	SDS	CTAB	TX100	GX080
Voda	8,0	1,0	0,3	0,2
pH 2,5	1,1	0,3	0,3	0,2
pH 4,0	4,0	0,9	0,3	0,2
pH 9,5	3,0	0,5	0,2	0,2



Obr. 2. Závislost povrchového napětí na koncentraci neionické PAL TX100 v roztoku; ● fosfatový pufr, ○ borátový pufr, ■ acetátový pufr, □ voda

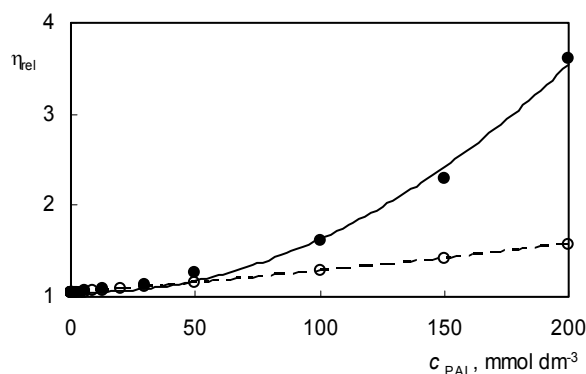
resp. 0,06–0,15  $\text{mmol dm}^{-3}$  pro 20–25 °C (cit.<sup>34</sup>).

#### Reologické studium roztoků PAL

Reologické studium roztoků vybraných PAL bylo zaměřeno zejména na měření jejich viskozity s ohledem na vliv koncentrace PAL v oblasti tvorby micel a rovněž na vliv pH a iontové síly na tuto hodnotu. Dynamická viskozita všech měřených roztoků se pohybovala kolem hodnoty 1 mPa s (viskozita vody). Změny dynamické viskozity roztoků v závislosti na koncentraci PAL se pohybují v řádu  $10^{-5}$ . Rozdíly viskozit roztoků micelární disperze a rozpouštědla ovšem lépe vystihuje relativní viskozita, vyjádřená jako podíl dynamické viskozity roztoku a rozpouštědla  $\eta_{\text{rel}} = \eta/\eta_0$  (cit.<sup>4</sup>).

Změny relativní viskozity jsou ve zkoumané oblasti nízkých koncentrací PAL (do 30  $\text{mmol dm}^{-3}$ ) zanedbatelné v prostředí čisté vody i za přítomnosti pufrů.

Lze tedy konstatovat, že ani iontová síla ani pH, měnící se díky přidáním elektrolytům, nezpůsobují významnou změnu průběhu závislosti viskozity na koncentraci PAL. V oblasti koncentrací PAL v těsné blízkosti CMC bylo provedeno detailnější studium jejich možného viskoelastického chování za pomoci rotačního viskozimetru



Obr. 3. Průběh závislosti relativní viskozity na koncentraci PAL (● TX100, ○ SDS) v oblasti vyšších koncentrací PAL

v geometrii „double gap“, zabezpečující maximální citlivost měření při tak nízkých hodnotách dynamické viskozity. Ovšem ani v takovém uspořádání nebyla zaznamenána žádná zásadní změna viskozity s rostoucím smykovým napětím (daným rychlostí otáčení rotoru viskozimetru), a tak lze vyloučit vznik složitějších agregátních útvarů, které se projevují právě přechodem roztoků PAL z čisté viskózního chování do oblasti viskoelastické.

Ve vyšší koncentrační oblasti neionické PAL TX100 byl zřetelný nárůst změny viskozity proti čistému rozpouštědlu ve srovnání s ionickými PAL (viz obr. 3). Nebyla pozorována závislost reologického chování roztoků PAL na pH či iontové síle, což je důležité opět z hlediska aplikace v kapilární elektroforéze, kde by tyto komplikace mohly způsobit nelineární změny v pohybu kapalin v kapiláře, ovlivňující nedefinovaně separační účinnost celého analytického postupu.

Provedená studie vlivu pufrů běžně používaných v micelární kapilární elektroforéze (MEKC) na micelární parametry nejčastěji používaných PAL ukázala závažné změny v procesu micelizace těchto PAL. Hodnota pH a zejména hodnota iontové síly použitého pufru mají vliv na tvorbu micel PAL v těchto systémech a mohou tedy významně ovlivnit i separační účinnost kapilární elektroforézy zejména v případě využití ionických PAL. Zde se může hodnota pH resp. hodnota iontové síly stát další proměnnou využitelnou pro vyladění optimální separační účinnosti a tedy i efektivnosti vlastního analytického stanovení. Stejně tak může v případě nekontrolované změny těchto parametrů dojít k výraznému zhoršení separační účinnosti metody a tedy zhoršení její analytické využitelnosti v praxi. Z tohoto pohledu je tak důležité realizovat další studium vlivu pH a iontové síly používaných roztoků PAL přímo v praktických aplikacích MEKC pro kvantitativní posouzení reálného vlivu zde zjištěných změn CMC a agregačních čísel micel na výsledek analytického procesu.

Autoři děkují za finanční podporu projektu MŠMT ČR MSM6198959218.

## LITERATURA

1. a) Vojuckij S. S.: *Kurs koloidní chemie*, str. 316. SNTL, Praha 1984; b) Hiemenz P. C., Rajagopalan R.: *Principles of Colloid and Surface Chemistry*, str. 301, 3. vyd. Marcel Dekker, New York 1997.
2. a) Evans D. F., Wennerström H.: *The Colloidal Domain: Where Physics, Chemistry, Biology, and Technology Meet*, str. 7, 8. Wiley-VCH, New York 1994; b) Morrison I. D., Ross S.: *Colloidal Dispersions*, str. 230, 264. J. Wiley and Sons, New York 2002; c) Pashley R. M., Karaman M. E.: *Applied Colloid and Surface Chemistry*, str. 61, 68. J. Wiley and Sons, Chichester 2004.
3. Atkins P., Paula J.: *Elements of Physical Chemistry*, str. 471, kapitola 17.7., 4. vyd. Oxford University Press, New York 2005.
4. Bartovská L., Šišková M.: *Fyzikální chemie povrchů a koloidních soustav*, str. 137, 189. 5. vyd. VŠCHT, Praha 2005.
5. Pramauro E., Pelizzetti E. (ed.): *Surfactants in Analytical Chemistry-Applications of Organized Amphiphilic Media*. Elsevier, Amsterdam 1996.
6. Maibaum L., Dinner A. R., Chandler D.: *J. Phys. Chem.*, B 108, 6778 (2004).
7. Blažej A. a kol.: *Tenzidy*. Alfa, Bratislava 1977.
8. Patist A., v knize: *Handbook of Applied Surface and Colloid Chemistry* (Holmberg K., ed.), sv. II, kap. 13. J. Wiley, London 2002.
9. Patist A., Oh S. G., Leung R., Shah D. O.: *Colloid Surfaces*, A 176, 3 (2001).
10. Drummond C. J., Fong C.: *Curr. Opin. Colloid Interface Sci.* 4, 449 (2000).
11. Abbott N. L., MacKay R. A.: *Curr. Opin. Colloid Interface Sci.* 4, 323 (1999).
12. Bognolo G.: *Adv. Colloid Interface Sci.* 106, 169 (2003).
13. John V. T., Simmons B., McPherson G., Bose A.: *Curr. Opin. Colloid Interface Sci.* 7, 288 (2002).
14. Fischer J., Jandera P.: *Využití tenzidů v separačních metodách*, str. 11., *Sborník přednášek z XXXV. semináře o tenzidech a detergentech, Lázně Bohdaneč 2001*.
15. Khaledi M. G.: *Trends Anal. Chem.* 7, 293 (1988).
16. Borgerding M. F., Willams R. L., Hinze W. L., Quina F. H.: *J. Liq. Chromatogr.* 12, 1367 (1989).
17. Terabe S.: *Anal. Chem.* 56, 111 (1984).
18. Kašička V.: *Chem. Listy* 91, 320 (1997).
19. Vojteková M., Kopecký F., Greksáková O., Oremusová J.: *Collect. Czech. Chem. Commun.* 59, 99 (1994).
20. Klevens H. B.: *J. Phys. Chem.* 52, 130 (1948).
21. Dutkiewicz E., Jakubowska A.: *Colloid. Polym. Sci.* 280, 1009 (2002).
22. Esposito C., Colicchio P., Facchiano A., Ragone R.: *J. Colloid Interface Sci.* 200, 310 (1998).
23. Mukerjee P., Mysels K. J., Kapauan P.: *J. Phys. Chem.* 71, 4166 (1967).
24. Strnadová H., Kvítek L.: *Acta UPOL – Chemica* 44, 7 (2004).
25. Mukerjee P., Mysels K.: *Critical Micelle Concentrations of Aqueous Surfactant Systems*, National Standards Reference Data Series, Vol. 36, National Bureau of Standards, Washington DC 1971.
26. Van Os N. M.; Haak J. R. & Rupert L. M. (ed.): *Physico-Chemical Properties of Selected Anionic, Cationic and Nonionic Surfactants*. Elsevier, Amsterdam 1993.
27. Moulik S. P., Haque M. E., Jana P. J., Das A. R.: *J. Phys. Chem.* 100, 701 (1996).
28. Sharma K. S., Rodgers Ch., Palepu R. M., Rakshit A. K.: *J. Colloid Interface Sci.* 268, 482 (2003).
29. Muñoz M., Rodríguez A., Del Mar Graciani M., Moya M. L.: *Langmuir* 20, 10858 (2004).
30. Zhang W., Li G., Mu J., Shen Q., Zheng L., Liang H., Wu Ch.: *Chinese Sci Bull.* 45, 1854 (2000).
31. Stodghill S. P., Smith A. E., O'Haver J. H.: *Langmuir* 20, 11387 (2004).
32. Rafati A. A., Gharibi H., Iloukhani H., Safdari L.: *Phys. Chem. Liq.* 41, 227 (2003).
33. Tanford Ch.: *J. Phys. Chem.* 76, 3020 (1972).
34. Bhairi S. M.: *Detergents*. Calbiochem-Novabiochem Corp., 36 (2001).
35. Moroi Y.: *J. Colloid Interface Sci.* 122, 308 (1988).
36. Bockstahl F., Duplâtre G.: *Phys. Chem. Chem. Phys.* 2, 2401 (2000).
37. Aswal V. K., Goyal P. S.: *Chem. Phys. Lett.* 368, 59 (2003).
38. Sirimanne S. R., Patterson Jr. D. G., Ma L.: *J. Chromatogr.*, B 716, 129 (1998).

**H. Strnadová and L. Kvítek** (*Department of Physical Chemistry, Palacký University, Olomouc*): **The Influence of Buffer on Self-Assembling Properties of Micelles**

The values of CMC (critical micellar concentration) for buffered surfactant solutions used in separation methods in analytical chemistry, especially in micellar electrokinetic capillary chromatography, were studied by conductivity, surface tension and viscosity measurements. The study involved solutions of representative anionic (SDS), cationic (CTAB), and non-ionic (TX100, GX080) surfactants. The data measured for aqueous solutions were in good agreement with the published data. The data for buffer solutions confirmed theoretical presumptions – the CMC values decreased with increasing ionic strength of the solutions. In contrast, viscoelastic properties of the solutions of surfactants were not significantly influenced by the ionic strength or pH of the solutions.