

## РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за получаване на образователната и научна степен “доктор” в професионално направление 4.2 Химически науки (Теоретична Химия – Макрокинетика)

Автор: Фатмегюл Сезгин Мустан-Борисова,  
Катедра „Инженерна химия и фармацевтично инженерство”,  
Факултет по химия и фармация, Софийски университет „Св. Кл. Охридски”,  
Тема: “Взаимовръзка между вида на агрегатите, адсорбционните слоеве и  
стабилността на пени, получени от нейонни повърхностно-активни вещества”  
Рецензент: проф. дхн Елена Димитрова Милева, Институт по физикохимия, БАН

Нейонни повърхностно-активни вещества, като сорбитановите и захарните естери на мастните киселини и полиоксиетилен алкил естерите, могат да се използват като стабилизатори на пенни състави за приложения в хранителната, фармацевтичната и козметичната индустрии. Изучаването на връзката между специфичната структура на течната фаза и на адсорбционните слоеве по границите разтвор/въздух от една страна, и стабилността на получените пенни системи от друга страна, е важна изследователска задача във физикохимията на дисперсните системи. По този начин е възможно да се постигне значителен напредък в разбирането на причините за образуване, свойствата и стабилността на пените, както и на факторите, които влияят върху ефективността и технологичната оптимизация на индустриалните процеси, в които те участват.

В дисертационния труд на Фатмегюл Мустан-Борисова са изследвани специално подбрани 18 нейонни повърхностно-активни вещества (ПАВ): 12 естери на мастни киселини и 6 полиоксиетилен алкил етери. Този подбор е свързан възможностите да се изследва широк диапазон от стойности на хидрофилно-липофилния баланс и дава възможност да се изяснят два интересни и важни проблема: (1) каква е ролята на специфичните молекулни особености на ПАВ за възникване на обемни самоорганизиранни агрегати и за структурните особености в адсорбционните слоеве по границите разтвор/въздух; как тези фактори влияят върху образуването, реологията и стабилността на пенните системи; (2) каква е ролята на широко-

използваната в хранителните технологии добавена кристална захар (захароза) за модифициране и фино регулиране на свойствата на получените дисперсни системи.

Дисертационният труд се състои от пет глави. Глава 1 има обзореен характер. В нея е представен, по много ясен и стегнат начин, литературен преглед върху молекулната структура на нейонни ПАВ, които най-често се използват като стабилизатори на пени и емулсии в индустриалните приложения. Коментирани са известните данни за обемните и повърхностните свойства и структурните особености на водните разтвори на този тип ПАВ. Обяснени са основните явления и използваните методики за получаване и охарактеризиране на пени. Изведени са целите на дисертационния труд. Глава 2 е посветена на систематичното описание на използваните материали и методиките за експериментално изследване на специално подобрите 18 ПАВ, процедурите за получаване на водните разтвори и на пенните системи. Приносната част в изследванията на докторантката е изложена в глави 3, 4 и 5. След подробно представяне и анализиране на експерименталните резултати, всяка от тези глави завършва с обобщение на получените данни и основни изводи. В края на дисертацията са отделени най-важните приноси на дисертационния труд и е приложен списък на използваната литература. Представени са и подробни справки за научната активност на докторантката във връзка с проведените изследвания.

Фатмегюл Мустан познава много добре научната литература в областта. Цитирани са над 130 източника. Въведени са всички необходими понятия, направен е преглед на основните експериментални подходи и теоретични интерпретации, използвани в дисертацията; накратко, но ясно са очертани по-важните постижения до работите на докторантката.

Най-съществените нови моменти от изследванията в дисертационния труд според мен, са следните:

1. Проведени са систематично изследване и подробен анализ на връзката между химичния състав на изучаваните ПАВ и на типовете агрегати, които те образуват в обемните фази; изяснени са основните елементи на влиянието на добавена захар във водните състави. Установено е, че агрегатите, които възникват в разтворите, могат да се групират в четири основни типа: (а) сферичните или нишковидни мицели; (б) мултиламеларни везикули (МЛВ) в  $L_{\alpha}$  фаза; (в) МЛВ в  $L_{\beta}$  фаза; (г) дълги ламеларни нишки. Проследено е в детайли влиянието на тези специфичните особености на саморганизираните структури последователно върху

обемните свойства на течните състави, структурата и свойствата на адсорбционните слоеве по границата разтвор/въздух, както и върху размера на мехурчетата, обема на получената пяна и нейната стабилност при съхранение на стайна температура.

2. Намерени са основните взаимовръзки между структурата и свойствата на получените течни състави, на структурата и стабилността на съответните пенни системи. Установено е, че: (а) ПАВ, които образуват мицеларни разтвори, бързо се адсорбират на и десорбират от границата разтвор/въздух; получените обемни пени съдържат големи мехурчета, които са нестабилни и дисперсните системи се разрушават до 1 седмица. (б) ПАВ, които са с ниска разтворимост във вода, се отделят като капки в  $L_{\alpha}$  фаза; тези капки имат антипенителен ефект, пенообразуването е силно затруднено и получените пени са много нестабилни; (в) ПАВ, които образуват МЛВ в  $L_{\beta}$  фаза много бавно се адсорбират на и десорбират от повърхността на мехурчетата; възникват плътни адсорбционни слоеве, които забавят процеса на Оствалдово зреене и получените пени са стабилни за повече от 30 дни. (г) ПАВ, които образуват нишковидни мицели и нишковидни ламеларни фази образуват кондензирани адсорбционни слоеве върху повърхността на мехурчетата; получават се пени с много малки мехурчета, висок обемен вискозитет и системите остават стабилни за повече от 6 месеца.

3. Получените експериментални данни дават възможност за добре обосновани изводи, които са от съществено значение за финото регулиране на пенни системи, стабилизиращи с подобрени течни състави от изследваните ПАВ, напр. за разработка и оптимизиране на процедури с потенциал за индустриални приложения. Особен интерес в тази насока представляват следните резултати в дисертационния труд: (а) установено е, че естерите на мастните киселини, които съдържат диестери и триестери са много по-ефективни за стабилизация на пените от алкил етерите, които съдържат молекули само с една опашка; вероятната причина е възможността за по-доброто опаковане на диестерите и триестерите в адсорбционните слоеве. (б) добавянето на захар към разтворите увеличава значително вискозитета на непрекъснатата среда и вероятно води до по-добро пакетиране на хидрофобните молекули в адсорбционните слоеве; пените при използването на един и същи ПАВ съдържат по-малки по размер мехурчета и са по-стабилни при престой.

Богатият набор от експериментални данни и намерените взаимовръзки между тях са получени като са използвани в максимална степен възможностите на комбиниран

инструментален протокол. Той включва систематично изследване на обемните свойства (газова хроматография, оптична микроскопия в поляризирана светлина, диференциална сканираща калометрия, вискозиметрични измервания), охарактеризиране на адсорбционните слоеве по границата разтвор/въздух (Лангмюирова вана, тензиометрични изследвания по метода на висящата капка, повърностна реология на адсорбционните слоеве по метода на осцилиращата капка) и охарактеризиране на пенните системи (оптична микроскопия в преминала светлина, изследване на пенните филми в обема на пяната, ротационен реометър).

Научните и научно-приложните приноси на дисертационния труд са със значителна степен на новост и представляват подробно и систематично проведено комплексно експериментално изследване на важни проблеми на структурата и свойствата на пенни системи, стабилизирани със серия от добре подбрани нейонни ПАВ. Приносите са формулирани ясно и отразяват правилно основните постижения на докторантката. Приемам тези приноси и считам, че те могат да се определят като доказване с нови средства на съществени нови страни в съществуващи научно-приложни проблеми и явления.

Текстът на дисертацията е много добре организиран, със стегнато описание на научните проблеми и научно-приложните аспекти на използваните вещества и на използваните експериментални методики. Нямам никакви възражения по същество. Ще отбележа само някои дребни езикови неточности, като напр. „ръчно интегриране” (стр. 13), „ръчно измерване” (стр. 17).

Бих предложила докторантката да разясни по-подробно следните интересни резултати и предлагани интерпретации:

1. Каква е причината за следното наблюдение: „...вискозитетът на разтворите на ПАВ със захар са около 2 пъти по-високи от вискозитета на чистия захарен разтвор“? Какъв е механизмът за предполагаемото „...по-силно взаимодействие между мицелите в присъствие на захар...“ (стр. 37).
2. Защо двойната връзка в хидрофобната опашка на ПАВ придава по-голяма подвижност на молекулите (стр. 39)?
3. Какъв е предполагаемият механизъм на подпомагане на по-плътното подреждане на адсорбционните слоеве при добавяне на захар (стр.57)?

Авторефератът е направен съгласно изискванията и отразява правилно основните положения и научните приноси на дисертацията.

Дисертационният труд се основава на две научни статии, които са публикувани през 2022 г. в специализирани международни издания с импакт фактор (*Advances in Colloid and Interface Science* (IF=12.984, Q1), *Colloids and Surfaces A* (IF=4.539, Q2)). И в двете статии Фатмегюл Мустан е първи автор и това ми дава основание да смятам, че приносите в дисертационния труд са в значителна степен нейно лично дело. Резултатите са представяни на 10 международни и български научни форуми: 4 доклада (представени лично от дисертантката) и 6 постера.

Вън от дисертацията докторантката е съавтор и на още четири статии в специализирани международни издания с импакт фактор (*Food Hydrocolloids*, *J. Phys. Chem. B* (2), *Colloids and Surfaces A*), в две от които е първи автор. По тези статии са забелязани над 50 цитирания. Впечатляващо е участието ѝ в шест научни мрежи и проекти, както и в осем договора с индустриални партньори (Unilever (7), Janssen (1)). Наукометричните и биографичните данни, както и активната педагогическа дейност, безспорно представят Фатмегюл Мустан като много успешен и перспективен млад изследовател.

Въз основа на всичко гореизложено считам, че предложеният дисертационен труд напълно удовлетворява всички изискванията на ЗРАСРБ и на Препоръчителните критерии при придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в СУ за професионално направление 4.2. „Химически науки”. Убедено и с удоволствие, препоръчвам на Почитаемото Научното жури да присъди на докторант Фатмегюл Сезгин Мустан-Борисова образователната и научна степен “доктор” в професионално направление 4.2 Химически науки (Теоретична Химия – Макрокинетика).

Рецензент:

31 май, 2022 г., София

(проф. дхн Елена Милева)