

## РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за присъждане на образователната и научна степен „Доктор” по професионално направление 4.2. Химически науки (Физикохимия – Макрокинетика)

Автор на дисертационния труд: Дилек Фахретин Газолу-Русанова, редовен докторант (отчислен, с право на защита), към катедра Инженерна химия и фармацевтично инженерство, ФХФ, СУ „Св. Климент Охридски”

Тема на дисертационния труд: **“Получаване и стабилизиране на емулсии с модифицирани природни емулгатори”**

**Научни ръководители:** проф. д-р Славка Чолакова, проф. дхн Николай Денков

**Рецензент:** доцент д-р Христо Иванов Христов, член на научното жури.

Дисертационният труд за присъждане на образователната и научна степен „доктор“ на докторант Дилек Фахретин Газолу-Русанова е на тема “Получаване и стабилизиране на емулсии с модифицирани природни емулгатори”. Различните видове емулсии имат широко приложение в редица области на промишлеността и практиката. За получаването им се използват значителни количества повърхностно активни вещества (ПАВ), предимно синтетични, които замърсяват околната среда. По тази причина замяната на тези ПАВ с природни и/или биоразградими ПАВ, е от изключителна важност. Основните изследванията в настоящият дисертационен труд проведени с три природни продукта, немодифициран и модифициран яйчен жълтък, модифицирано нишесте и Арабска гума. Следователно, представения за рецензия дисертационен труд е в актуална научна област със важно значение за практиката.

Дисертационният труд е в обем от 120 страници, 5 глави, 56 фигури и илюстрации, 28 уравнения и 11 таблици. Цитирани са 137 литературни източника. Дисертацията се основава на 2 статии, публикувани в **Food Hydrocolloids**, през 2020 година с импакт фактор (ИФ=7.053), Q1. Докторант Русанова е първи автор и в двете статии. По тях са забелязани 3 цитата до момента. Представила е резултати от изследванията си на шест национални, два международни и два с международно участие научни форума с пет доклада и пет постера.

### **Кратък анализ на отделните глави на дисертацията**

Дисертационният труд съдържа пет глави: Увод и цели на изследването, Материали и методи, Сравнение на адсорбционните свойства и емулгиращите способности на модифициран и немодифициран яйчен жълтък, Получаване на емулсии, стабилизирани с модифициран яйчен жълтък при ниска обемна част на маслото, Получаване на наноемулсии с биополимери чрез ротор-статор хомогенизатор. В уводната глава с обем от 10 страници са разгледани резултатите получени от други автори по темата на дисертацията. Въведени са основните понятия относно видовете емулсии, начините за получаването им, процесите протичащи при емулгирането, дадени са характеристиките на използваните природни емулгатори, въведени са основни реологични параметри и др. В края на главата са дефинирани целите на изследванията дисертацията, а именно: сравнение на стабилизиращите свойства на немодифицирания и модифициран яйчен жълтък и установяване причините за разликите между свойствата им. Определяне на влиянието на различните фактори като вискозитет, междуфазовото напрежение и хидродинамичните условия върху размера на капките в получените емулсии. Намиране на условия за получаване на стабилни наноемулсии от модифицирано нишесте и арабска

гума. Обзорът е относително кратък, но причината е, че към всяка глава също има литературен обзор касаещ изследванията описани в нея.

Прочитът на увода дава ясна представа, че докторант Газолу-Русанова е направила сериозен литературен обзор на съответната специфичната научна област и е отлично запозната със съвременното състояние на научните проблеми свързани с дисертационния ѝ труд.

Във втора глава озаглавена “Материали и методи” детайлно са описани използваните за целите на дисертацията природни емулгатори, видовете масла и помощни вещества, необходими за приготвянето на емулсиите, регулатор на вискозитета и др. Дадени са и характеристиките на веществата използвани за химичните анализи и за газовата хроматография. Подробно са разгледани процедурите и апаратите за получаване на емулсиите и за определяне размера на емулсионните капки. Определени са реологичните характеристики на разтворите, маслените фази и получените емулсии с три различни метода: капилярен вискозиметър за ниско вискозните проби (по-малък от 2 mPa.s), вискозиметър Brookfield за проби от 2 до 5 mPa.s и ротационен вискозиметър за проби с вискозитет по-голям от 5 mPa.s. Измерени са и междуфазното напрежение и повърхностните модули. Изследвани са и тънките течни (емулсионни) филми от различните разтвори.

От прочита на тази глава става ясно, че овладяването на разнообразни експериментални методи, обработката, анализа и интерпретацията на получените данни не е лека задача, с която докторант Газолу-Русанова се е справила много добре. Видно е, че теоретичната ѝ компетентност и експерименталните ѝ умения са на високо ниво, което ѝ е

помогнало да се справи с предизвикателствата в разнообразните изследвания по темата на дисертацията.

В трета глава са представени резултатите от изследванията на адсорбционните свойства и емулгиращите способности на модифициран и немодифициран яйчен жълтък. В увода към тази глава са разгледани изследванията на междуфазното напрежение, адсорбцията, разтворимостта, състава на адсорбционните слоеве и др., на яйчния жълтък проведени от други автори. Отбелязано е, че повечето от тези изследвания са извършени с опростени системи, което не позволява директната корелация на тези резултати с реалните емулсии, които са значително по-сложни. Целта на изследванията в тази глава е да се проведе систематично изследване на адсорбционните слоеве получени от немодифициран и модифициран яйчен жълтък на границата масло/вода и да се сравнят свойствата им при условия близки до тези в хранителните емулсии. Получените резултати ясно показват, че свойствата на модифицираният яйчен жълтък (MEY) се различават от тези на немодифицираният (EY). Например, вискозитета на MEY е значително по-нисък от този на EY (фиг 3.4), разлики се наблюдават и при междуфазното напрежение (Фиг 3.5), и повърхностните модули. Свойствата на тънките филми образувани се между капките в емулсията или мехурчетата в пяната от съществено значение за това дали една дисперсна система ще е стабилна с времето. По тази причина са изследвани и свойствата на емулсионните (масло/вода/масло) и пенните филми стабилизирани с двата вида яйчен жълтък. Наблюденията са показали, че и свойствата на филмите също се различават при двата вида яйчен жълтък, като поведението на тези стабилизирани MEY е подобно на филми от разтвор на нискомолекулни ПАВ, докато поведението на тези от EY е подобна на филми стабилизирани с протеини или други биополимери. Важен извод от

проведените изследвания в трета глава е, че причината за наблюдаваните различия се дължи на присъствието в разтворите на лизофосфолипиди и олеинова киселина, които се получават в резултат на ензимната модификация. Този резултат е от съществено значение и за практическото използване на яйчният жълтък.

В четвърта глава озаглавена “Получаване на емулсии, стабилизирани с модифициран яйчен жълтък при ниска обемна част на маслото” са представени резултати от изследване влиянието на факторите влияещи върху размера на капките в емулсии получени с ротор-статор хомогенизатор, стабилизирани модифициран яйчен жълтък. Проведени са системни експерименти за изследване влиянието на вискозитета на непрекъснатата среда, вискозитета на маслената фаза, междуфазовото напрежение и скоростта на въртене на ротора върху размера на капките. За промяна на вискозитета на маслената фаза са използвани четири различни масла, имащи вискозитет 3 mPa.s (хексадекан), 25 mPa.s (Light минерално масло), 50 mPa.s (SFO) и 130 mPa.s (Heavy минерално масло), а на водната фаза вискозитета е променян с прибавяне на глицерол. Влиянието на междуфазното напрежение е изследвано с емулсии приготвени от разтвори на поливинилхлорид, цетилтриметиламониев хлорид, слънчогледово масло и хексадекан. Най-високи са междуфазовите напрежения на границата масло-разтвори (Фиг. 4.7) на PVA (~ 16 mN/m, най-ниско е на граница масло-разтвори на СТАВ (~4 mN/m), а разтворите на MEY имат междинно напрежение (~11mN/m). Резултатите са показали, че ефектът от междуфазовото напрежение върху размера на капките е относително слаб. При значителни разлики в напрежението, промяната в размера на капките е сравнително малка. Влиянието на скоростта на ротора върху размера на капките е проверен при три скорости на въртене 5 000, 10 000 и 15 000 оборота. Намерено е, увеличение на скоростта води до значително

намаляване на размера на капките в получените емулсии за всички изследвани емулгатори и масла. Направеното сравнение на получените експериментални резултати със съществуващите теоретични изрази е показало добро съвпадение на максималния размер на капките получени в инерчен режим на емулгиране между експерименталните данни и теоретичните предвиждания. При емулгиране в турбулентен вискозен режим, при вискозитет на водната фаза по-голям от 5 mPa.s получените експериментални данни се различават от теоретичните представи. По тази причина е изведено емпирично уравнение което описва много добре размерите на капките на всички емулсии, получени при високи вискозитети на непрекъснатата фаза.

В пета глава е изследвано получаването на наноемулсии чрез ротор-статор хомогенизатор. Литературният обзор даден в началото на главата показва, че за получаването на наноемулсии обикновено се използват енергоемки хомогенизатори под високо налягане, докато получаването им с ротор-статор емулгатор е доста трудно и почти във всички успешни случаи емулсиите са стабилизиращи с нискомолекулни ПАВ. Целта на изследванията е била да се намерят условия за получаване на стабилни наноемулсии от природни емулгатори чрез ротор-статор хомогенизатор. Като емулгатори са използвани Арабска гума и модифицирано нишесте, а като маслена фаза два вида триглицеридни вещества. Като резултат от многобройни изследвания на различни фактори, са намерени условия при които е възможно получаването на наноемулсии с характеристики близки до тези получени с хомогенизатор при високо налягане. Наноемулсии могат да се получат сравнително бързо с ротор-статор хомогенизатор когато се използва модифицирано нишесте (MS) като емулгатор заради способността му да увеличава вискозитета на непрекъснатата фаза и по

този начин да улеснява разкъсването на капките по време на емулгиране дори при висока обемна част на маслото

Достоверността на получените експериментални данни не буди никакво съмнение. Във всички случаи е направен подробен анализ на получените експериментални резултати, сравнени са със съответните теоретични зависимости (където е било възможно), оценени са грешките, коментирани са и резултати, получени от други автори.

Основните научни приноси (четири на брой) са дефинирани много добре и отразяват точно научните и научно приложните резултати получени в рамката на поставените цели в дисертацията.

Авторефератът на дисертацията е изготвен съгласно изискванията, като вярно отразява получените в дисертационния труд резултати и приноси. Нямам забележки по дисертационния труд.

## **Заклучение**

В заключение, искам да отбележа, че съм впечатлен от дисертационния труд на докторант Дилек Фахретин Газолу-Русанова. Считаю, че надхвърля изискванията за присъждане на образователната и научна степен “Доктор”, както по качество, така и по значимост на получените научни резултати. С удоволствие ще гласувам за присъждане на образователната и научна степен „Доктор” на Дилек Фахретин Газолу-Русанова по професионално направление 4.2. Химически науки (Физикохимия – Макрокинетика).

18.06.2021 г.

Рецензент:

/доцент д-р Христо Иванов Христов/