

СТАНОВИЩЕ

Относно: обсъждане на дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен (ОНС) „доктор“

Автор на дисертационния труд: ас. маг. инж. Апостол Георгиев Апостолов

Тема на дисертационния труд: „Иновативни методи за разделяне и пречистване на биоактивни вещества“

Професионално направление: 4.2. Химически науки

Научна специалност: „Процеси и апарати в химичната и биохимичната технология“

Научна организация: Институт по инженерна химия при Българската академия на науките (ИИХ – БАН), лаборатория „Биохимично инженерство“

Научен ръководител: проф. д-р Драгомир Симеонов Янков

Изготвил становището: доц. инж. Йордан Николаев Георгиев, дх, катедра „Химия, биохимия, биология и микробиология“ при Медицински факултет на Бургаски държавен университет „Проф. д-р Асен Златаров“, ел. адрес: yordan.georgiev@uniburgas.bg

Със Заповед №09-69/21.11.2025 г. на Директора на ИИХ–БАН бях избран за член на научното жури и определен за изготвяне на становище по настоящата процедура, и в качеството си на такъв представям становище.

1. Кратки биографични данни на дисертанта

Ас. инж. Апостол Апостолов е роден на 07.04.1995 г. В периода 2014-2020 г. той се обучава в Руски химико-технологичен университет „Д.И. Менделеев“, Факултет по цифрови технологии и химическо инженерство, в гр. Москва (Руска федерация), където защитава последователно бакалавърска и магистърска степени. От февруари 2019 до юли 2020 г. кандидатът е бил стажант в Институт по обща и неорганична химия при Руската академия на науките. Инж. Апостолов е назначен на академична длъжност „асистент“ в ИИХ-БАН през 2020 г., а в периода 2021-2024 г. е бил редовен докторант в същия институт.

От представената справка за образователните курсове на кандидата по време на обучението в университета и в БАН, и от участието му в научни проекти, се вижда ясно неговата целенасочена подготовка като млад специалист в областта на индустриалните химико-биологични процеси или хранителни биотехнологии.

2. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем

Дисертационният труд на ас. Апостолов е посветен на разработването на съвременни екстракционни подходи за извличането на ценни метаболити (органични киселини) от моделни системи към сложни ферментационни течности и тяхното разделяне и пречистване чрез ефективни мембранни технологии, както и приложението на комбинирани мембранни техники за контролиране на алкохолното съдържание на български вина. Получените от дисертанта екстрагенти са дълбоко евтектични разтворители (ДЕР), които са биоразградими, рециклируеми, достъпни, лесни за

приготвяне, нелетливи и способни да разделят рацемични смеси. Индустриалното приложение на подобни екстрагенти ще доведе до намаляване на употребата на класическите органични разтворители при провеждането на течено-течна екстракция в биотехнологичните производства. Въпреки че ДЕР не са вписани в Плана за действие на ЕС за кръгова икономика (2020-2050 г.), те ще спомогнат за разработването на екологосъобразна биоикономика. По-важно е да се отбележи, че изпитването, мащабирането и внедряването в производството на разделянето на рацемични смеси на разработения в института уред чрез пертракция с течна мембрана ще помогне за повишаване на конкурентоспособността на българската икономика.

3. Преглед на дисертационния труд и анализ на резултатите

Прави много добро впечатление подробното разглеждане в литературния обзор на голям брой известни на науката екстракционни методи за извличане на биологично активни съединения от природни източници и онагледяването на техниките с някои начертани от инж. Апостолов технологични схеми за обяснение на принципа на дадения екстракционен подход, както и таблиците за обобщение на предимствата и недостатъците на методите в индустриални условия. Може би съвременните хроматографски техники (вкл. йонообменна и афинитетна хроматографии) трябваше да бъдат също представени в по-голяма пълнота, защото са важни за пречистването на екстрахираните биомолекули и окачествяването на крайните биопродукти. Приложението на органичните киселини, които са основен обект в дисертацията, в храненето, козметиката и фармацията също беше добре да бъде засегнато.

Литературният обзор е логически свързан с експерименталната проблематика на дисертационния труд и последващите цел и задачи. Целта на изследването е актуална и обоснована в научен и приложен аспекти, а задачите са изпълними за сроковете на една редовна докторантура в България.

Секцията „Материали и методи“ е подготвена старателно от аналитична гледна точка за възпроизвеждане на приложените методи. Липсва обяснение на част от величините в някои от представените математически уравнения (напр., стр. 49 и 51), както и източника на използваното за изследванията червено вино в дисертацията и автореферата, но в публикациите този пропуск е поправен. Не откривам изходните концентрации на фумаровата и малеиновата киселини в индивидуалните и смесените водни разтвори за провеждане на течено-течна екстракция с разработените ДЕР, но при провеждане на пертракцията е налична подобна информация.

Основният текст на дисертационния труд в секция „Резултати и обсъждане“ е структуриран логически, задълбочено и съдържа адекватна дискусия на резултатите с други изследвания от достъпната световна литература. В първата част на секцията са представени резултати от разработването и физикохимичната характеристика (плътност, вискозитет, термична стабилност) на ДЕР на основата на ментол и амини. Доказано е химическото взаимодействие между компонентите в отделните разтворители чрез ИЧ спектроскопия. Тук се роди и първият ми въпрос към

докторанта: **Каква е стабилността на получените разтворители във времето при тяхното съхранение?**

Екстракционната ефективност на извличане на L-млечната киселина от моделния 1% (w/v) воден разтвор в системата ментол–диоктил амин (2:1) е изчислена на 82-86%, а ефективността на двустъпалната реекстракция с 0,4 М NaOH води до възстановяване на 97% от киселината, като екстрагентът запазва стабилност и при по-голям брой цикли на екстракция и регенериране. Ефективността на екстракцията на геометричните изомери на бутендиовата киселина (малеинова – *цис*-бутандиова и фумарова – *транс*-бутандиова киселини) от тяхна моделна смес с ДЕР ментол-салицилова киселина (6:1) е най-висока за фумаровата киселина (35%), поради повишената хидрофобност на системата и стабилизирането на *транс*-изомера. Отново и реекстракцията от ДЕР е с висока ефективност (87,5%). Оттук произтича и вторият ми въпрос: **Възможно ли е приложението на двата вида ДЕР за извличане на L-млечна киселина и фумарова киселина от ферментационни културални течности на млечнокисели бактерии и плесени, съответно?**

Важно е да се отбележи, че при пертракция с мембранна течност от 1-деканол и pH=1,8 се постига над 85% извличане на фумаровата киселина и около 38% от малеиновата киселина за 345 мин. **Каква е перспективата на приложение в индустриални условия на този лабораторен метод?**

При комбинирането на диананофилтрация и обратна осмоза, с промишлени мембрани, се постига най-ефективно задържане на изследваните чрез HPLC-RID монозахариди (глюкоза, фруктоза) и органични киселини (лимонена, винена, ябълчна, янтарна, оцетна), и намаляване на етанола и оцетната киселина в червено вино, произведено от сорт червено грозде „Мавруд“. Оттук произлизат четвъртият и петият ми въпроси: **Каква ефективност на задържане на ресвератрол и други ценни фенолни съединения се очаква при прилагане на предлагания комбиниран филтрационен метод за деалкохолизация на изследваното вино? На какъв принцип са избрани мембраните за деалкохолизация на виното?**

Всички открити технически пропуски в дисертационния труд са представени на ас. Апостолов с образователна цел за усъвършенстване и те са с несъществено значение за научната стойност на неговата работа.

4. Основни научни и научно-приложни приноси

В дисертационния труд са формулирани 18 приноса, които не са разделени на чисто научни и научно-приложни такива. Въпреки че някои от приносите могат да бъдат обединени, по същество те отразяват правилно действителните резултати от експерименталната работа на докторанта. Според мен най-ценните приноси на дисертационния труд, в чисто научен аспект, са разработването, физикохимичното охарактеризиране и тестването в моделни системи на нови „зелени“ и рециклируеми ДЕР на основата на ментол с органични амини и със салицилова киселина за разделяне на биогенни органични киселини. В научно-приложен аспект, в

дисертационния труд са разработени лабораторен пертракционен процес за разделяне на геометрични изомери и двустъпална мембранна технология с търговски индустриални мембрани за деалкохолизация на червени вина.

В принос 15 вероятно монозахаридите и органичните киселини се разглеждат като високомолекулни съединения във виното, но въпреки че те са с по-висока молекулна маса от изследваните етанол и оцетна киселина, от химическа гледна точка високомолекулните съединения във виното са полифеноли, полизахариди, гликопротеини (манопротеини, арабиногалактани), белтъци и др.

5. Описание и оценка на представените материали

Ас. Апостолов е представил комплект от документи по процедурата на електронен носител, който съдържа: молба за допускане до процедура по защита, протоколи за положени изпити, кратка професионална биография, копие на диплома за образователно-квалификационна степен „магистър“, дисертационен труд, автореферат на английски език, списък с научни публикации по дисертацията, копия на научните трудове и списък със забелязани цитирания по дисертацията, списък с участия в научни проекти, списък с участия на научни форуми, справка за изпълнение на допълнителните критерии на ИИХ-БАН за присъждане на ОНС „доктор“, грамоти и награди, както и извлечение от доклад за сходство от StrikePlagiarism.com. Документите по процедурата са грижливо приготвени и са в съответствие с изискванията на Закона за развитието на академичния състав в Р. България (ЗРАСРБ), Правилника за прилагане на ЗРАСРБ, Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и за заемане на академични длъжности в БАН за прилагане на ЗРАСРБ, Правилника за дейността на Центъра за обучение и Академичния съвет при БАН, както и на Методиката за изстраване на учените в ИИХ-БАН от 05.11.2024 г.

Авторефератът към дисертацията е подготвен на английски език, което отговаря на съвременните високи научни стандарти в БАН, като се открива, обаче, текст и на български език в него.

В резултат на разработването на дисертационния труд са публикувани 2 експериментални научни публикации в списания Applied Sciences (20 т. – Q2, Engineering, Multidisciplinary, IF=2.5, WoS, 2024) и Chemistry (20 т. - IF=2.4, WoS, Q2, Chemistry (miscellaneous), Scopus, 2024) на международно издателство MDPI и една обзорна статия в Theoretical Foundations of Chemical Engineering (12 т. - IF=0.6, WoS, Q4, Chemical Engineering, WoS, 2024) на издателство Springer Nature. Ас. Апостолов е първи и втори съавтор в две от трите публикации, което потвърждава неговият основен принос в изработването на експерименталните резултати и подготвянето на научните публикации. Кандидатът е натрупал общо 52 т, което надвишава минималните изисквания в Допълнителните критерии на ИИХ-БАН за придобиване на ОНС „доктор“. Той е представил резултатите от дисертацията си на редица научни форуми в страната и чужбина (Руска федерация и Чешка република). Кандидатът е участник в работните колективи на 5 проекта (вкл. и международен проект по двустранно сътрудничество България-Русия), финансирани от „Фонд научни изследвания“ при МОН и Център за компетентност ХИТМОБИЛ, финансиран по Плана за възстановяване и устойчивост на РБ и по „Следващо поколение ЕС“ (2021-2024 г.). Важно е да се отбележи, че ас. Апостолов е носител и на награда за най-млади учени до 30 г. на БАН „Иван Евстратиев Гешов“ за постижения в научно направление

„Енергийни ресурси и енергийна ефективност“.

6. Отражение на научните публикации на кандидата в българската и чуждестранната литература

По една от научните публикации на кандидата (Ivanova, D., Apostolov, A., Tuleshkov, P., Novakov, C., Yankov, D. New Menthol-Based Hydrophobic Deep Eutectic Solvents as a Tool for Lactic Acid Extraction. Appl. Sci., 15(7), 2025, 3564, <https://doi.org/10.3390/app15073564>) се откриват 2 цитирания в чуждестранната достъпна научна литература в следните списания с импакт фактор: Bioresource Technology (<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2025.133706>, 2026) и Journal of Environmental Chemical Engineering (<https://doi.org/10.1016/j.jece.2025.120147>, 2025). Цитирането в същата година на публикуване на научния труд свидетелства за актуалността на тематиката и значимостта на получените резултати по дисертацията.

7. Критични бележки и препоръки към научните трудове на кандидата

Нямам критични бележки към публикуваните научни трудове на кандидата. Препоръчвам публикуването и на останалите резултати от дисертацията върху разделянето на геометричните изомери на бутендиовата киселина с ДЕР ментол-салицилова киселина и и пертракционния процес. Необходимо е да се оцени ефективността на ДЕР и пертракционната система с реални ферментационни течности за получаване на биопродукти и изследване на ефективността на задържане на двукомпонентната мембранна система на основни фенолни съединения в изследваното червено вино.

8. Лични впечатления за кандидата

Не познавам лично кандидата и го оценявам само по представената научна документация.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представеният дисертационен труд е посветен на актуална научна проблематика в областта на процесите и апаратите в химическата и биотехнологичната промишлености. Приносите по получаването, охарактеризирането и приложението на ДЕР, използването на пертракционния лабораторен апарат за разделяне на оптически активни биомолекули и двукомпонентната мембранна система за деалкохолизация на вина, имат ясен фундаментален и приложен характер с реално приложение в българската индустрия.

Поради всичко гореизложено убедително **давам положителна оценка на дисертационния труд и предлагам на почитаемото жури да гласува присъждането на образователната и научната степен „доктор“ на ас. маг. инж. Апостол Георгиев Апостолов**, в област на висше образование 4. Природни науки, математика и информатика, по професионално направление: 4.2. Химически науки и научна специалност: „Процеси и апарати в химичната и биохимичната технология“.

22.12.2025 г.
гр. Бургас

Член на научното жури:.....
/доц. д-р Йордан Георгиев/