

**ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ ГЛУБОКИХ
ЭВТЕКТИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ (NADES) КАК АЛЬТЕРНАТИВА
ТРАДИЦИОННЫМ ОРГАНИЧЕСКИМ РАСТВОРИТЕЛЯМ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ
БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ПИЩЕВЫХ ОТХОДОВ**

Ларионов Д. К.¹, Олудипе Э. О.²

Научный руководитель – учитель химии и биологии Королькова Л. Г.

¹ГБОУ школа № 246

²Университет ИТМО

luda777shap@yandex.ru

Работа выполнена в рамках темы НИРМА №625119 «Устойчивая переработка отходов масличных культур в функциональные белковые и пищевые волокнистые добавки».

Введение

Проблема утилизации отходов промышленности, бытовых отходов в мире в настоящее время стоит очень остро. В своем исследовании хотелось бы остановиться на проблеме утилизации пищевых отходов. Данные статистики говорят о том, что одна только Европа каждый год выбрасывает около 90 миллионов тонн отходов овощей и фруктов. [1]. Опираясь на концепцию устойчивого развития, а именно представление о циркулярной экономике, необходимо на проблему отходов посмотреть как на ресурс получения ценных веществ, где отходы одного производства могут стать сырьем для другого [2]. В отходах содержатся высоко ценные вещества. Проблема заключается в их извлечении из отходов. Основные способы извлечения высокоценных веществ – это экстракция, где, в основном, используются растворители (метанол, ацетон), которые обладают довольно агрессивным биохимическим действием и в следовых количествах остаются в составе продукции [3]. Как один из вариантов решения данной проблемы – это использование “зеленых” растворителей (натуральных глубоких эвтектических растворителей (NADES)).

Основная часть

Особенностью NADES являются их уникальные свойства. Их получают термическим смешиванием двух или более компонентов с образованием эвтектической смеси, которая имеет температуру плавления ниже, чем температура плавления отдельных компонентов. NADES характеризуются низкой летучестью, высокой термической стабильностью, проводимостью, отсутствием токсичности, и большинство из них являются биоразлагаемыми. Кроме того, многие из них являются жидкими при комнатной температуре. Основными преимуществами NADES по сравнению с традиционными органическими растворителями являются простота получения и возможность варьирования физико-химических свойств в зависимости от природы компонентов, их концентрации и наличия воды. NADES — это смесь двух или более натуральных компонентов, включая сахара, сахарные спирты, полиспирты, аминокислоты, органические кислоты и органические основания, которые называются донорами водородных связей (HBD) и акцепторами водородных связей (HBA). Комбинации двух или более таких соединений в определённых молярных соотношениях с добавлением воды могут образовывать межмолекулярные водородные связи, которые приводят к делокализации заряда, в результате чего температура плавления смеси становится ниже, чем у отдельных компонентов.

Цель данного исследования – изучить возможность использования NADES как альтернативу традиционным органическим растворителям для извлечения биологически активных веществ из пищевых отходов масличных культур. Задачи работы:

1. Изучить способность образования водородных связей при разных комбинациях компонентов эвтектических растворителей.

2. Составить схемы образования водородных связей на основе двух и трех компонентных NADES.

При образовании эвтектических растворителей необходимо учитывать наличие доноров и акцепторов водородных связей. Наиболее часто применяемый акцептор протона в NADES – хлорид холина, являющийся доступным и малотоксичным веществом, способным полностью биodeградировать за 2 недели (в водной среде, содержащей микроорганизмы), а также применяемым в сельском хозяйстве в качестве провитамина B4 [3, 4]. Донорами протона может являться: мочеви́на, малоно́вая, щавелева́я, молочна́я кислоты, сорбит, ксилит, D-глюкоза и многие другие органические вещества. Наличие воды в смеси способно влиять на образование водородных связей, изменять вязкость растворителей, что может оказывать влияние на экстракционную способность NADES.

Выводы

Проведённое исследование позволит оценить возможности получения разных комбинаций смесей в NADES для экстракции БАВ из отходов. Эффективная экстракция физиологически активных веществ из природного сырья с целью получения продуктов, необходимых для фармацевтической, пищевой и косметической промышленности, является одним из важных направлений биотехнологии. DES/NADES являются прекрасными «зелеными» растворителями для экстракции целевых соединений из различных природных объектов.

Литература

1. Морозова О. В., Васильева И. С., Шумакович Г. П., Е. А. Зайцева, Ярополов А. И., Глубокие эвтектические растворители в биотехнологии// Успехи биологической химии. 2023. Т. 63, С. 301–348.
2. Сидорова Ю. С., Петров Н. А., Зорин С. Н., Мазо В. К. Инновационные методы экстракции биологически активных веществ из растительного сырья// Вопросы питания. 2023. №6 (550). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnye-metody-ekstraksii-biologicheskii-aktivnyh-veschestv-iz-rastitelnogo-syrya> (Дата обращения 07.02.2026).
3. Цветов Н. С., Коровкина А. В., Паукшта О. И. Экстракция флавоноидов из *koenigia weyrichii* с помощью глубокой эвтектической смеси хлорид холина + глицерин// Химия растительного сырья. 2021. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekstraksiya-flavonoidov-iz-koenigia-weyrichii-s-pomoschyu-glubokoy-evtekticheskoy-smesi-hlorid-holina-glitserin> (Дата обращения 07.02.2026).
4. Шишов А. Ю. Глубокие эвтектические растворители в химическом анализе. возможности и ограничения// Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки. 2022. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/glubokie-evtekticheskie-rastvoriteli-v-himicheskom-analize-vozmozhnosti-i-ogranicheniya> (Дата обращения 07.02.2026).

Ларионов Д.К. _____

Олудипе Э.О. _____

Королькова Л.Г. _____