

тельно превосходит покрытия системы Ni-P, а также покрытия типа “хром твердый”, что делает их перспективными для использования в судостроении, например, в парах трения или для комплексной защиты деталей машин от коррозии и износа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковенский И.М. Отжиг электроосаждённых металлов и сплавов. Тюмень: ТюмГНГУ, 1995. – 92 с.
2. Красиков А.В. Влияние концентрации гипофосфита натрия в пирофосфатном электролите на состав и свойства электроосажденных покрытий Ni-P // Вопр. материаловедения. – 2017. – №1(89). – С. 123–129.
3. Лякишев Н.П. [и др.] Диаграммы состояния двойных металлических систем: справочник: в 3 т.: Т. 3. Кн. 1 / под ред. Н.П. Лякишева. – М.: Машиностроение. – 2001. – 872 с.

УДК 620+665

Ш.Р. Алиева, Г.А. Кодирова,
С.Р. Усманова, З.К. Мухидинов
Институт химии им В.Н. Никитина НАНТ,
г. Душанбе, Республика Таджикистан

ЭМУЛЬСИОННЫЕ НАНО- И МИКРОКАПСУЛЫ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ ЛАКТОГЛОБУЛИНОМ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ И ЯБЛОЧНЫМ ПЕКТИНОМ

Растет интерес к использованию биоактивных компонентов, выделенных из растительных источников, в функциональных пищевых продуктах, и фармацевтических препаратах [1-3]. Утверждается, что многие из этих биоактивных фитохимических веществ способствуют улучшению здоровья и благополучию человека, повышая физическую и/или умственную работоспособность. Кроме того, они хорошо известны своим широким спектром полезных действий, включая антиоксидантное, противовоспалительное, антимикробное, противораковое, противовирусное и ранозаживляющее действия, что могут стать функциональными пищевыми добавками [1-4]. Некоторые другие биоактивные фитохимические вещества, например, проявляют многообещающую противораковую фармакологическую активность [1].

Однако многие БАВ нерастворимы в воде и очень чувствительны к стрессам окружающей среды во время обработки и хранения, таким как тепло, свет и кислород воздуха, что ограничивает их применение в

качестве нутриентов. Отмечается, что несколько факторов, таких как пищевая матрица, размер молекулы, факторы окружающей среды и связь с желудочно-кишечной средой, могут препятствовать биодоступности и абсорбции этих БАВ в системах клеток-хозяев и поврежденных участках организма [2].

Чтобы преодолеть эти проблемы, в настоящее время, появились новые системы инкапсуляции и доставки с использованием липидных оболочек, эмульсионные нано- и микрокапсулы на основе биополимеров и физические методы, например, распылительная сушилка, электропрядение (электроспиннинг) [3-5].

Системы доставки на основе эмульсии защищают биоактивные соединения от таких условий окружающей среды, как тепло, влажность, воздух и свет. Они также повышают стабильность продуктов при хранении, поддерживают эффективность и маскируют нежелательные запахи и горечь [1-4]. Наноэмульсия также обладает способностью доставлять биоактивные соединения в кожу и подходит для диффузии в дермальных слоях. Другие применения наноэмульсий пищевого качества включают антимикробную активность, которая используется при обеззараживании оборудования и упаковки пищевых продуктов, а также в продлении срока хранения пищевых продуктов [2]. Стабильность и свойства наноэмульсий можно контролировать, изменяя их состав, методы приготовления и условия приготовления в соответствии с требуемым составом, гранулометрическим составом, межфазными свойствами и различными концентрациями капель эмульсий [4].

В данной работе были получены эмульсионные микрокапсулы на примере эфирного масла (ЭМ) лаванды (*Angustifolia*), стабилизированные в системе лактоглобулина молочной сыворотки и яблочного пектина и дается оценка её стабильности.

ЭМ из растения *Angustifolia*, выращенной на экспериментальном участке, получали гидродистилляционным методом. 50 г высушенной лаванды при комнатной температуре в тени помещали в круглодонную колбу объемом 1 л и добавляли 500 мл воды. Оптимальными условиями для экстракции эфирного масла являлись $T=110^{\circ}\text{C}$ и $t=2$ часа.

Микрокапсулы получали по методике, описанной в работе [5] с некоторыми изменениями. Полученная эмульсия была подвергнута действию ультразвука при частоте 20 МГц (EW-04714-53. Cole Parmer, США) и мощностью 130 Вт, в течение 10 минут, путем погружения ультразвукового пробника при различных амплитудах ультразвука (30% и 70%).

Для оценки влияния амплитуды ультразвука на стабильность нано- и микрокапсул, размера частиц и их распределения в объеме эмульсии, после охлаждения оценивали микроскопически на микроскопе OLYMPUS BX53 (OLYMPUS U-TR30-2, JAPAN (Япония).

Количество микрочастиц и их размеры были определены с помощью компьютерной программы OLYMPUS CellSens Standard. На основе этих данных были построены кривые распределения частиц микрокапсул. На рисунке представлены кривые распределения микрочастиц в эмульсионной системе лактоглобулина молочной сыворотки (β -lgC) и яблочного пектина (НМЯП), содержащие ЭМ под действием ультразвука различной амплитуды: 30% и 70%. Размеры полученных эмульсии находились в пределах от 345 нм до 7 мкм.

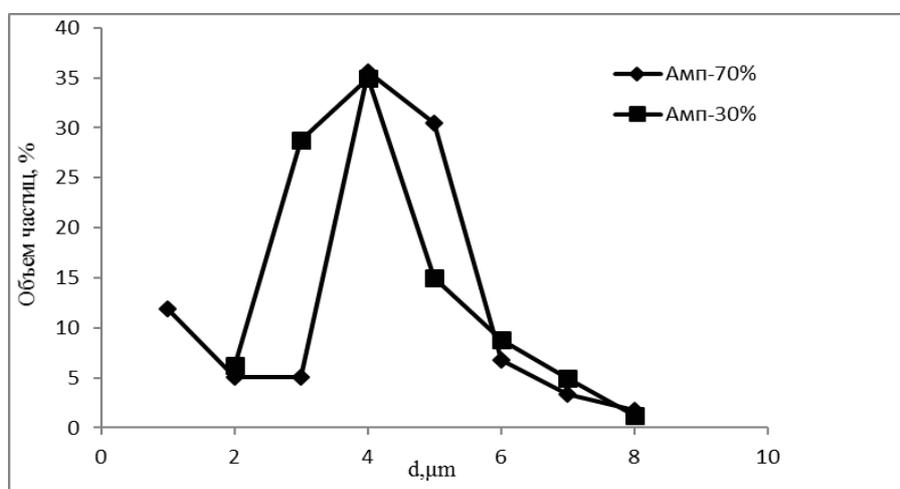


Рисунок - Кривые распределения микрочастиц в эмульсионной системе лактоглобулина молочной сыворотки и яблочного пектина, содержащие ЭМ под действием ультразвука различной амплитуды: 30% и 70%.

Из кривых распределения микрочастиц в эмульсионной системе лактоглобулина молочной сыворотки и яблочного пектина, содержащие ЭМ видно, что полученные эмульсии под действием силы ультразвука, с повышением амплитуды в начале проявляют бимодальное распределение частиц, плавно переходящие в мономодальные с возрастанием амплитуды ультразвука в 70%. Причем максимальный объем частиц с минимальным размером 2-5 мкм становится преобладающими (рисунок).

Бактерицидные свойства ЭМ (в чистом виде), и в форме нано- и микрокапсул (ЭМ- β -lgC/НМЯП) испытывали на пяти микробных представителях: *Staph. Epidermidis*; *Staph. Aureus*; *E.coli*; *Klebsiella*; дрожжевые грибы (таблица).

**Таблица - Изучение бактерицидных свойств масла лаванды
и эмульсии на её основе**

| Наименование препарата | Зона задержки роста микробов в мм. | | | | |
|---------------------------|------------------------------------|--------------------------|---------------|-------------------|----------------------------|
| | <i>Staph. Epidermidis</i> | <i>Staph. Aureus</i> | <i>E.coli</i> | <i>Klebsiella</i> | <i>Дрожжевые грибы</i> |
| ЭМ-Н ₂ О | 6 | 0 | 2 | 7 | 5 |
| ЭМ-β-IgC /НМЯП | 11 | 7 | 10 | 13 | 16 |

Как видно, из представленных данных таблицы, ЭМ в чистом виде слабо или вообще не оказывает бактерицидных свойств на изученных представителей микроорганизмов: *Klebsiella*, *Staph. Epidermidis* и штаммы дрожжевых грибов. Однако, капсулированное ЭМ в виде нано- и микроэмульсий оказалось чувствительным к всем видам изученных бактерий. Это исследование показало недостаток антимикробных компонентов ЭМ растений, так как эфирные масла в чистом виде плохо растворимы в водных фазах.

С использованием компьютерной программы OLYMPUS CellSens Standard и программы MS Excel было вычислено значение $d[4,3]$ – средневзвешенный на объем – средний диаметр полученных эмульсионных частиц. Минимальное значение $d_{4,3}$ можно достичь при 70% амплитуды ультразвукового воздействия на эмульсионные микрочастицы. Данный параметр более адекватно характеризует массу системы и представляет непосредственный интерес, например, для технологов химического производства и фармацевтов. По полученным размерам частиц можно сказать, что в данных условиях эксперимента получают эмульсионные смеси как нано- так и микрокапсулы, содержащие биологический активный ингредиент.

ЛИТЕРАТУРА

1. Banwo, K. Functional importance of bioactive compounds of foods with Potential Health Benefits: A review on recent trends. / Banwo K., Olojede A.O., Adesulu-Dahunsi A.T., Verma D.K., Thakur M., Tripathy S., Singh S. et al. // Food Bioscience. - 2021. – V.43.- P. 101320. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101320>
2. McClements, D.J. Advances in nanoparticle and microparticle delivery systems for increasing the dispersibility, stability, and bioactivity of phytochemicals. / McClements D.J. // Biotechnology Advances. -2020. – V.38. – P.107287. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2018.08.004>
3. Lagoa, R. Advances in phytochemical delivery systems for improved anticancer activity. / Lagoa R., Silva J., Rodrigues J.R., Bishayee A.

// *Biotechnology Advances*. – 2020. – V.38. – P.107382.
<https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2019.04.004>.

4. Мухидинов, З.К., Пектин-основа для создания функциональной пищи. / Мухидинов З.К., Бобокалонов Д.Т., Усманова С.Р. // Душанбе. 2019.

5. Shamsara, O. Development of double layered emulsion droplets with pectin/ β -lactoglobulin complex for bioactive delivery purposes. / Shamsara O., Jafari S.M., Muhidionv Z.K. // *Journal of Molecular Liquid*. – 2017. – V.243. – P.144-150.

УДК 577.1:543.422.27

А.А. Баранник, С.Д. Хижняк, А.И. Иванова, П.М. Пахомов
Тверской Государственный Университет, Тверь, Россия

ГЕЛЕОБРАЗОВАНИЕ В НИЗКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ВОДНЫХ РАСТВОРАХ L-ЦИСТЕИНА - НИТРАТА СЕРЕБРА – ИОДИДА КАЛИЯ

Супрамолекулярные гидрогели на основе низкомолекулярных соединений (аминокислот и их производных), образующиеся за счет различного рода межмолекулярных взаимодействий нековалентного характера, продолжают оставаться в фокусе внимания исследователей благодаря потенциальному применению в биомедицине, фармакологии и т.д. Гелеобразование в таких системах может быть инициировано различными факторами, например, добавкой электролита, изменением рН и др. Целью данной работы является изучение механизма гелеобразования в низкоконцентрированных водных растворах аминокислоты L-цистеин (L-Cys), нитрата серебра и иодида калия. Авторам удалось получить прозрачные, устойчивые во времени гидрогели (рис. 1) по так называемому одностадийному методу – путем смешения в определенной последовательности растворов исходных компонентов [1, 2]. Учитывая высокое сродство ионов серебра к иодид-ионам, сам факт получения устойчивых во времени гидрогелей, содержащих L-Cys, AgNO_3 и KI , представляется явлением неординарным. В об-



**Рисунок 1 - Фотографии
L-Cys- AgNO_3 - KI образцов с различным
молярным соотношением
 $\text{Ag}^+/\text{L-Cys}$: 2,0; 1,67; 1,33
(слева направо), $C_{\text{KI}} = 0,75$ мМ,
 $C_{\text{Cys}} = 3,0$ мМ**

явлении неординарным. В об-