

3. Rubanik, V. V. Thermokinetic EFM in nikelide titanium during reverse phase transformation / V. V. Rubanik, V. V. Rubanik Jr., O. A. Petrova-Burkina // Shape Memory & Superelastic Technology (SMST 2019), Konstanz, Germany, May 13–17, 2019. – Konstanz, 2019. – P. 86–87.

4. Rubanik, V. V. Thermokinetic EMF under direct phase transformation / V. V. Rubanik, A. V. Lesota, V. V. Rubanik Jr. // Materials Today Proceedings. Part B. – 2017. – Vol. 4, Iss. 3. – P. 4712–4716.

5. Устройство для измерения термоЭДС на участке протяженного изделия из сплава с памятью формы и способ определения неоднородных участков протяженного изделия из сплавов с памятью формы : пат. 19012 Респ. Беларусь: МПК G 01 N 25/16 / В. В. Рубаник, В. В. Рубаник мл., О. А. Петрова-Буркина. – Опубл.: 28.02.2015.

*Д. Л. РАДЮКЕВИЧ, Г. Б. МЕЛЬНИКОВА, Т. М. ЖДАНКО, С. А. ЧИЖИК*

### **МОРФОЛОГИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МИКРОЧАСТИЦ КУРКУМИНА, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ РАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ СУШКИ**

*Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова НАН Беларуси,*

*Минск, Беларусь*

*E-mail: Cheshiredr.email@gmail.com*

**Введение.** В настоящее время весьма актуально применение микродисперсных порошков и микрочастиц в качестве активных компонентов матриц-носителей, катализаторов, сорбентов, для производства ингаляционных и назальных форм лекарственных препаратов.

Одним из перспективных веществ в области фармакологии является куркумин, обладающий широким спектром полезных свойств. Малая биодоступность куркумина связана с его низкой растворимостью, что затрудняет его применение в качестве фармакологического препарата или биологически активной добавки. Повысить растворимость можно, изменяя структурные и размерные характеристики частиц. Однако получение частиц с размерами до 20 мкм в настоящее время представляется возможным либо с использованием технологии помола, либо путем диспергирования жидкости и последующей сушки образующихся капель [1].

Метод распылительной сушки является эффективным способом получения таких микрочастиц. Технология распылительной сушки позволяет получать микрочастицы заданного размера (от 0,1 до 100 мкм) и формы, что в свою очередь улучшает биодоступность и терапевтическую эффективность некоторых лекарств [2].

*Цель работы* – получение микрочастиц и композиционных микрочастиц куркумина методом распылительной сушки для увеличения растворимости активного вещества.

**Материалы и методы.** Микрочастицы получали из раствора ( $\omega = 0,1$  мас.%) коммерческого порошка куркумина (CHEM-IMPREG INT'L INC,  $M_w = 368,38$ ,

чистота 98,24 %) в этиловом спирте. Поскольку для куркумина характерна более высокая растворимость в ацетоне по сравнению с этиловым спиртом, были получены растворы куркумина с более высокой концентрацией активного вещества ( $\omega = 1,25$  и  $2,5$  мас.%) в растворе ацетона. Для повышения растворимости в воде получали композиционные микрочастицы куркумина с желатином из смеси растворов куркумина в этиловом спирте ( $\omega = 0,5$  мас.%) и водного раствора желатина ( $\omega = 2$  мас.%).

Процесс распылительной сушки проводили на установке LU-222 Advanced (Labultima, Индия). Для получения микрочастиц куркумина из растворов этилового спирта и ацетона использовали следующие параметры процесса: уровень вакуума – 1680 Па, температура осушающего воздуха  $T_1 = 90$  °С, давление распыления жидкости  $P_c = 4$  кг/см<sup>2</sup>. Условия получения композиционных микрочастиц куркумина с желатином: уровень вакуума – 2500 Па, температура осушающего воздуха 170 °С, давление распыления жидкости 4 кг/см<sup>2</sup> [3].

Полученные микрочастицы и композиционные микрочастицы исследовали на оптическом микроскопе Micro-200 (ГНПО «Планар», Республика Беларусь) и сканирующем электронном микроскопе JEOLJCM-6000 (JEOL, Япония).

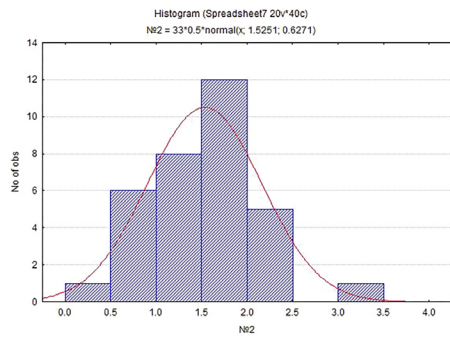
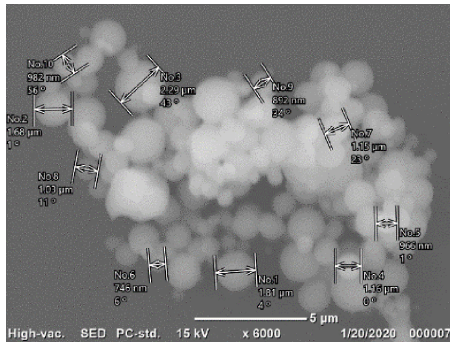
**Результаты и их обсуждение.** Установлено, что микрочастицы куркумина, полученные из раствора этилового спирта, имеют сферическую форму со средним диаметром  $1,52 \pm 0,63$  мкм, их выход составляет менее 0,1 %. Применение в качестве растворителя ацетона (1,25 мас.%) позволило повысить выход продукта до 3,1 %, а использование насыщенного раствора (2,5 мас.%) – до 11,9 %. Полученные микрочастицы имеют сферическую форму с диаметром  $1,38 \pm 0,51$  мкм и  $2,18 \pm 0,56$  мкм соответственно, при этом наблюдается разрушение оболочки частицы, что указывает на высокую температуру сушки и на полное удаление растворителя из частицы.

При добавлении гидрофильной составляющей (желатина к спиртовому раствору) полученные микрочастицы образовывали неправильную сферическую форму диаметром  $2,65 \pm 0,89$  мкм, что в свою очередь увеличило площадь поверхности частицы. Выход продукта в процессе распыления составил 2,9 %. На рисунке представлены СЭМ-изображения полученных микрочастиц и их распределение по размерам.

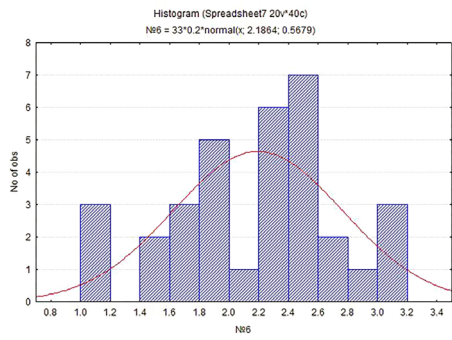
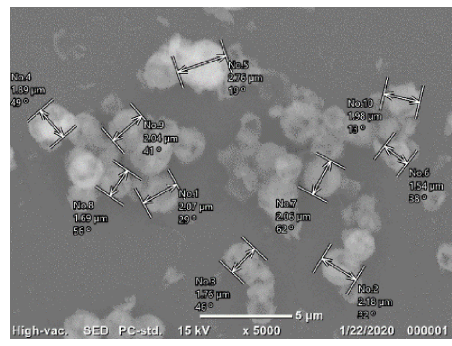
Анализ растворимости микрочастиц в растворах показал, что уменьшение диаметра частиц позволило увеличить их растворимость в 1,5 раза в спирте и ацетоне. А введение желатина незначительно повышает растворимость куркумина в воде, образуя стабильную суспензию.

**Предельная растворимость микрочастиц куркумина, мг/мл**

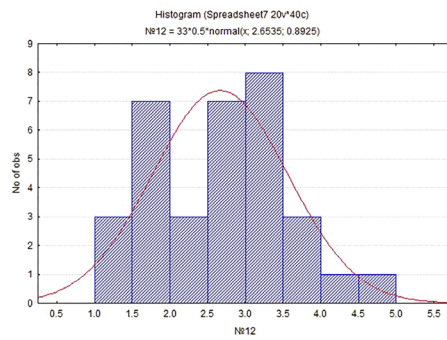
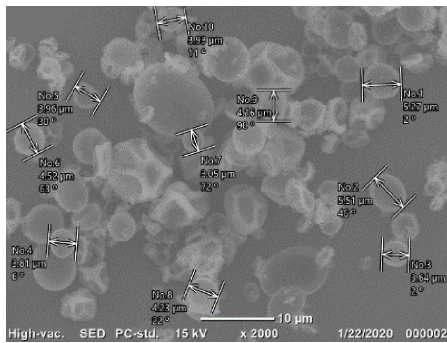
Вещество/растворитель	Куркумин исходный	Микрочастицы куркумина	Микрочастицы куркумина и желатина
Вода	–	–	2
Этиловый спирт	6	8	2
Ацетон	60	91	4



*a*



*b*



*c*

СЭМ-изображения и распределение по размерам микрочастиц куркумина:  
*a* – из спиртового раствора,  
*b* – из раствора ацетона,  
*c* – композиционных микрочастиц куркумина и желатина

**Выводы.** Были получены сферические микрочастицы куркумина, а также композиционные микрочастицы куркумина диаметром 1–5 мкм, для которых характерна более высокая растворимость по сравнению с исходным порошком куркумина. Полученные микрочастицы могут быть использованы в пищевой и фармацевтической промышленности при разработке препаратов на основе куркумина с улучшенной биодоступностью.

Работа выполнена в рамках ГПНИ «Энергетические системы, процессы и технологии», задание «Энергетические системы, процессы и технологии 2.82».

### Литература

1. Benerjee, A. Antimicrobial efficacy of the essential oil of *Curcuma longa* / A. Benerjee, S. S. Nigam // *Indian J. Med. Res.* – 1978. – Vol. 68, № 5. – P. 864–866.
2. Anandharamakrishna, C. *Spray Drying Techniques for Food Ingredient Encapsulation* / C. Anandharamakrishna, S. P. Ishwarya. – Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Ltd., 2015. – 285 p.
3. Акулова, В. М. Изучение степени высвобождения куркумина из желатиновых матриц / В. М. Акулова [и др.] // *Полимер. материалы и технологии.* – 2020. – Т. 6, № 1. – С. 33–45.

*М. Ю. СЕМАШКО, А. И. ЧУХОЛЬСКИЙ*

### ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УПАКОВКИ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

*Институт жилищно-коммунального хозяйства НАН Беларуси, Минск, Беларусь  
E-mail: institut-gkh@tut.by*

**Введение.** Для малых, средних и крупных городов Беларуси переработка твердых коммунальных отходов (далее – ТКО) является на сегодняшний день нерешенной. Лишь незначительная часть отходов перерабатывается, большая же часть подлежит захоронению. По мере накопления непереработанных отходов, объемы которых все время увеличиваются в связи с ростом потребления населения, нагрузка на окружающую среду также возрастает. Поэтому изучение аспектов обращения с ТКО в Республике Беларусь представляется особенно актуальным.

*Цель статьи* – исследование особенности использования упаковки из полимерных материалов в Республике Беларусь.

**Материалы и методы.** В данном исследовании проведен анализ и обобщение специальной литературы, публикаций в периодических изданиях. Данные публикации посвящены экологическим проблемам, которые возникают в связи с ростом объемов отходов упаковки из полимерных материалов