

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ РАСТВОРОВ МИКРО- И НАНОЧАСТИЦ КУРКУМИНА МЕТОДОМ КАПИЛЛЯРНОЙ ВИСКОЗИМЕТРИИ

А.А. Буиклы<sup>1</sup>, Г. Б. Мельникова<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка, Минск

<sup>2</sup>Институт тепло-и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси, Минск

Методом капиллярной вискозиметрии определены значения характеристической вязкости для растворов микрочастиц куркумина в ацетоне и наночастиц в воде. Установлено значительное увеличение данного параметра для водных растворов по сравнению с исходным растворителем.

**Ключевые слова:** куркумин, микрочастицы, наночастицы, распылительная сушка, относительная вязкость.

Куркумин обладает широким спектром фармакологических полезных свойств, таких как, антиоксидантные, противоопухолевые, антибиотические, противовирусные, противовоспалительные. Малая биодоступность куркумина связана с его низкой растворимостью в воде, что затрудняет его применение как фармакологический препарат или биологически активную добавку. Для улучшения растворимости в состав куркумина вводят компоненты, растворимые в воде, или уменьшают размер частиц до микро- и наноразмеров. Для получения твердых микрочастиц из растворов за счет распыления раствора или дисперсии в горячую сухую среду активно используют метод распылительной сушки. По сравнению с другими методами, распылительная сушка – сравнительно простой, эффективный, одностадийный, благодаря чему достигается улучшенная стабильность веществ, недорогой и производительный метод получения микрочастиц с включенными лекарственными веществами. Метод распылительной сушки позволяет получать твердые частицы с заданным размером, морфологией и улучшенной растворимостью.

Для характеристики свойств, растворимости полученных частиц, их растворов и суспензий используют различные методы физико-химического анализа, такие как спектрофотометрия, высокоэффективная жидкостная хроматография, вискозиметрия и другие.

Цель работы – определить вязкость растворов микро- и наночастиц куркумина в ацетоне и воде, соответственно.

Для исследования использовали наночастицы куркумина диаметром 150 нм и 250–350 нм, микрочастицы куркумина (1–5 мкм), полученные в Институте прикладной физики и научного инструмента Вьетнамской академии наук и технологий. Микрочастицы формировали методом распылительной сушки на установке Labultima LU-222 Advanced (LU-222 Advanced, Labultima, Индия из суспензии ацетона). Параметры процесса распылительной сушки: уровень вакуума – 1350 Па, температура осушающего воздуха 80 °С, давление распыления жидкости 4 кг/см<sup>2</sup>.

Относительную вязкость определяли для растворов микрочастиц в ацетоне и наночастиц в воде. Для проведения исследований использовали капиллярный вискозиметр Оствальда. Измерения проводили при температуре 21 ± 1 °С. Замеряли время истечения жидкости через капилляр вискозиметра не менее трех раз. Разброс получаемых значений составил не более 0,1 %.

Относительную вязкость растворов куркумина рассчитывали по формуле:

$$\eta_{\text{отн}} = \eta_0 \cdot \frac{\tau}{\tau_0}$$

где  $\eta$  и  $\eta_0$ ,  $\tau$  и  $\tau_0$ ,  $\rho$  и  $\rho_0$  – соответственно вязкости, время истечения, и плотности растворителя и исследуемого раствора. Для расчетов использовали значения плотности и вязкости ацетона 0,788 г/см<sup>3</sup> и 0,325·10<sup>3</sup> Па·с; воды – 1,0 г/см<sup>3</sup> и 10<sup>3</sup> Па·с, соответственно.

Плотности растворов определяли ареометром при той же температуре, что и вязкость.

На основании полученных зависимостей вязкости от концентрации частиц куркумина в растворе с использованием линейной экстраполяции определяли характеристическую вязкость.

Получено, что микрочастицы куркумина хорошо растворимы в ацетоне, в случае наночастиц благодаря введению водорастворимого компонента, хорошо растворимы в воде, но не растворимы в ацетоне. Плотность растворов микро- и наночастиц не зависит от концентрации полифенола и равна плотности используемого растворителя.

Установлено, что значения характеристической вязкости составляют  $0,333 \cdot 10^3$  и  $0,338 \cdot 10^3$  Па · с для растворов микрочастиц от 1 до 3 и от 3 до 5 мкм, соответственно, в ацетоне. Для водных растворов наночастиц куркумина значения характеристической вязкости значительно возрастают по сравнению с вязкостью растворителя –  $1,366 \cdot 10^3$  Па · с для наночастиц диаметром 150 нм, и  $1,332 \cdot 10^3$  Па · с для наночастиц диаметров от 250 до 350 нм. Следует отметить, что чем меньше размер исследуемых частиц, тем в более высокой степени изменяется вязкость растворов, что может быть связано с увеличением поверхностной энергии частиц и, как следствие, сил взаимодействия между частицами.

Проведенные исследования актуальны в области биотехнологий и фармацевтической химии.