

УДК 54.05+53.043+615.07

Получение оксидных наночастиц железа, стабилизированных поливинилпирролидоном, как перспективных объектов для фармацевтической промышленности

Марченкова Лианна Александровна^(*)

1132233178@pfur.ru

Успенская Елена Валерьевна

uspenskaya_ev@pfur.ru

SPIN-код: 6729-8280

Российский университет дружбы народов им. П. Лумумбы, Москва, Россия

Аннотация. В работе представлены результаты применения оптимизированной для лабораторных условий методики получения и стабилизации поливинилпирролидоном (ПВП) оксидных наночастиц железа (II, III). Методика включала в себя, в том числе, время отбора проб с изучением динамических свойств оксидных наночастиц методами лазерного рассеяния с целью исследования механизма их образования. Показано, что размер частиц в образующихся нанодисперсиях находится в пределе 150 нм, что соответствует объектам нанотехнологий по определению National Nanotechnology Initiative (NNI). Измеренное значение дзета-потенциала, как критерия электрокинетической устойчивости нанодисперсии, соответствует $\zeta = -36.1$ мВ ($n = 3$). Полученные результаты расширяют возможности современных фармацевтических нанотехнологий для использования нанодисперсий оксида железа (II, III), стабилизированных ПВП, как таргетных средств доставки инкапсулированных лекарственных веществ.

Ключевые слова: наночастицы Fe_3O_4 , стабилизация наночастиц, динамическое светорассеяние, динамическое рассеяние лазера

Production of iron oxide nanoparticles stabilized with polyvinylpyrrolidone as promising objects for the pharmaceutical industry

Marchenkova Lianna Alexandrovna^(*)

1132233178@pfur.ru

Uspenskaya Elena Valerievna

uspenskaya_ev@pfur.ru

SPIN-code: 6729-8280

RUDN University, Moscow, Russia

Abstract. The paper presents the results of applying a technique optimized for laboratory conditions for the production and stabilization of iron oxide nanoparticles (II, III) with polyvinylpyrrolidone (PVP). The technique included, among other things, sampling time with the study of the dynamic properties of oxide nanoparticles by laser scattering methods in order to study the mechanism of their formation. It is shown that the particle size in the resulting nanodispersions is in the range of 150 nm, which corresponds to nanotechnology objects as defined by the National Nanotechnology Initiative (NNI). The measured value of the zeta potential, as a criterion for the electrokinetic stability of nanodispersion, corresponds to $\zeta = -36.1$ mV ($n=3$). The results obtained expand the possibilities of modern pharmaceutical nanotechnology for the use of iron (II, III) oxide nanodispersions stabilized by PVP as targeted delivery vehicles for encapsulated drugs.

Keywords: Fe_3O_4 nanoparticles, nanoparticle stabilization, dynamic light scattering, dynamic laser scattering

Введение. Современная наука активно исследует наночастицы (1–100 нм) из-за их уникальных физико-химических свойств, отличающихся от макроскопических материалов [1]. В фармации нанообъекты рассматриваются, как перспективные носители лекарственных веществ для профилактики, лечения и диагностики заболеваний с улучшенной фармакокинетикой и фармакодинамикой. Данный аспект приобретает особую важность в онкологической практике, где снижение нежелательных побочных эффектов улучшает терапевтический профиль и качество жизни пациента [2].

Целью исследования стала разработка оптимизированной для лабораторных условий методики получения и ПВП стабилизации оксидных наночастиц железа (II, III), как доступных и перспективных наноматериалов для фармацевтического применения.

Методы и материалы. Ферромагнитные наночастицы синтезировали в инертной атмосфере аргона в круглодонной двугорлой колбе при постоянном перемешивании. Реактивы: соль Мора $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, нонагидрат хлорида железа $(\text{FeCl}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O})$, HCl 37 %, водный раствор аммиака $(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$, 0,1 % раствор ПВП. Дисперсные и электрокинетические свойства наночастиц изучали методом DLS (ZetaSizer (Malvern Instruments, UK)).

Результаты. Коллоидные свойства нанодисперсных систем Fe_3O_4 в процессе их выделения из реакционной смеси изучались методом DLS на примере изменения гидродинамического радиуса (d , нм), электрофоретической подвижности (ξ , мВ) и индекса PDI (см. рисунок, таблицу).

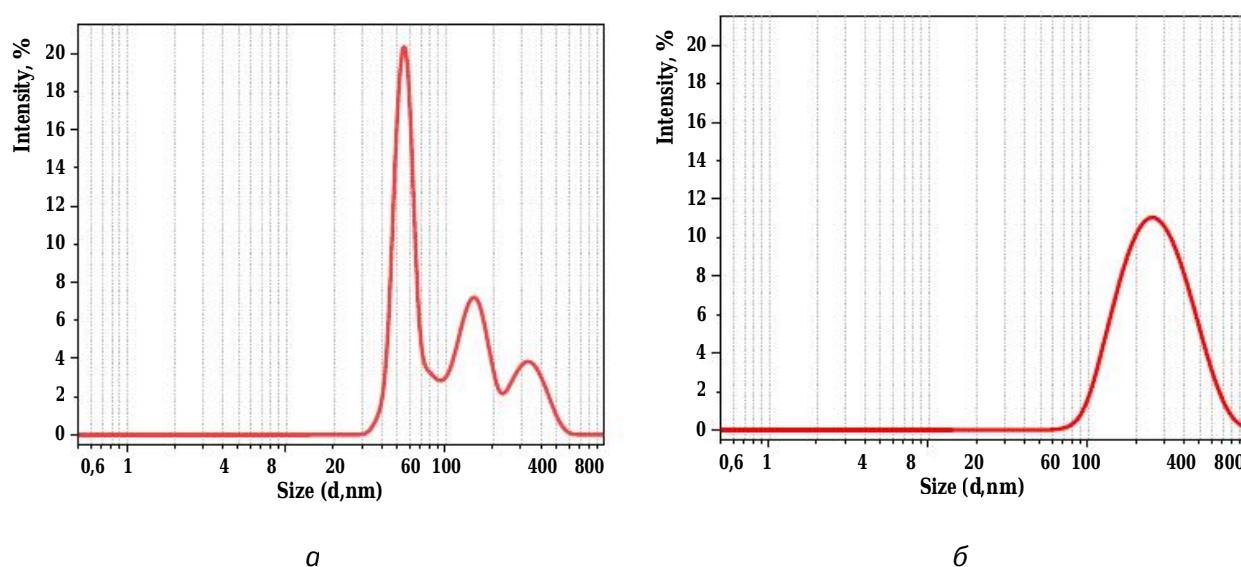


Рисунок (начало). Распределение частиц (I , % — d , нм) в оксидной Fe_3O_4 нанодисперсии в процессе синтеза при разном времени отбора проб:

$a - t = 5$ мин; $б - t = 10$ мин;

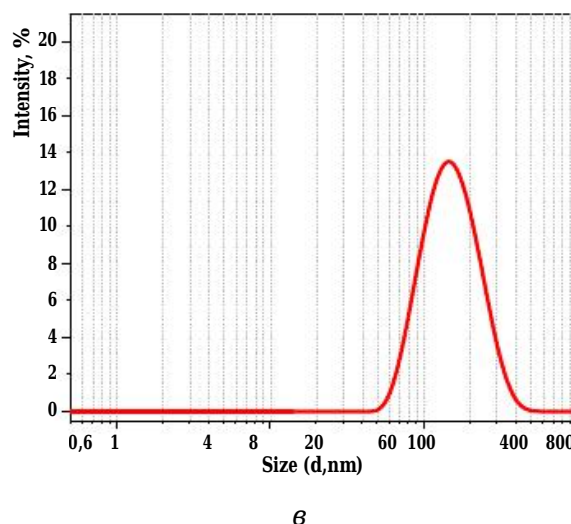


Рисунок (окончание). Распределение частиц ($I, \% — d, \text{nm}$) в оксидной Fe_3O_4 нанодисперсии в процессе синтеза при разном времени отбора проб:
в — $t = 15$ мин ($n = 3, \bar{I} \pm SD$)

Обсуждение. Процесс выделения наночастиц Fe_3O_4 сопровождается колебаниями неоднородности показателя преломления в дисперсной системе (ДС) и флуктуациям интенсивности рассеянного света, что приводит к монодисперсности и стабильности.

Динамические свойства нанодисперсной системы Fe_3O_4

Врем отбора проб t (мин)	$d, \text{max (nm)}$	PDI	$\xi \pm SD, \text{mV}$
5	$d_1 = 20,5; d_2 = 152,1; d_3 = 326,2$	1,000	–
10	$d_1 = 250$	0,251	–
15	$d_1 = 150$	0,110	$-36,1 \pm 4,4$

Закключение. Предложена оптимизированная методика получения оксидных наночастиц железа (II, III), перспективных для задач фармации в качестве средств доставки лекарственных веществ, отличающаяся эффективностью и экспрессностью, о чем свидетельствуют время синтеза (15 минут) и показатели стабильности конечного продукта по данным метода DLS.

*Работа выполнена в рамках проекта № 033322–2–000.
Системы грантовой поддержки научных проектов РУДН.*

Список источников

- [1] Ibrahim K., Khalid S., Idrees K. Nanoparticles: Properties, applications and toxicities, Arabian Journal of Chemistry, 2019, vol. 12, pp. 908–931. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2017.05.011>
- [2] Khalkhali M., Sadighian S., Rostamizadeh K., Khoeini F., Naghibi M., Bayat N., Habibizadeh M., Hamidi M. Synthesis and characterization of dextran coated magnetite nanoparticles for diagnostics and therapy. Bioimpacts, 2015, vol. 5, pp. 141–50. <https://doi.org/10.15171/bi.2015.19>