

Разработка нановолокнистого материала косметологического назначения с добавлением гиалуроновой кислоты

И.И. ЧЕРНИКОВ, Д.Б. РЫКЛИН

(Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь)

В последние два десятилетия технология электроформования была признана эффективным и универсальным методом получения микро- и нановолокон. Структура, химическая и механическая стабильность, функциональность и другие свойства нановолокнистых материалов, покрытий и структур могут быть изменены в соответствии с конечным применением. Значительно уменьшенный диаметр волокна заметно увеличил удельную площадь поверхности, а характеристики, имитирующие наноплазмы внеклеточного матрикса, делают электроформованные нановолокна идеальными материалами для применения в биомедицине и косметологии [1]. Кроме того, различные лекарства и биологически активные таргет-компоненты могут быть легко инкапсулированы в нановолокна с помощью метода электроформования, который может придавать нановолокнам заранее заданное биологическое поведение [2].

Гиалуроновая кислота является естественным компонентом кожи человека. В клетке она поддерживает водный баланс, и в здоровой, молодой коже, как правило, не возникает проблем с её выработкой. С возрастом выработка гиалуроновой кислоты значительно снижается, а процесс деструкции – увеличивается, именно поэтому данный компонент часто применяют в косметологии. Так же стоит отметить, что гиалуроновая кислота имеет высокие увлажняющие свойства, формирует непрерывную увлажняющую пленку, которая обеспечивает длительное увлажнение. Раствор гиалуроновой кислоты хорошо распределяется по всей поверхности кожи, образуя легкую пленку, которая активно сорбирует влагу из воздуха. Так же гиалуроновая кислота способствует регенерации тканей без образования шрамов, делает кожу более мягкой и гладкой, обладает способностью стимулировать клеточную миграцию и пролиферацию, применяется в качестве увлажняющего, защитного и гелеобразующего косметического компонента [3].

Для проведения исследований были получены растворы из поливинилового спирта (ПВС) марки Arkofil, как с добавлением высокомолекулярной (молекулярная масса $12,0 \times 10^5$), так и с низкомолекулярной ($9,2 \times 10^5$) гиалуроновой кислотой.

Анализ свойств полученных растворов и стабильности протекания процесса электроформования показал, что растворы с содержанием более 2,5 % высокомолекулярного гиалуроновой кислоты характеризуются повышенной вязкостью, что не позволяет вырабатывать из них качественные нановолокнистые материалы. При этом уменьшение содержания в них данного таргет-компонента приводит к снижению эффективности их применения.

Таким образом для дальнейших исследований была выбрана низкомолекулярная гиалуроновая кислота. В результате исследований был разработан прядильный раствор следующего состава: дистиллированная вода – 88,04 %; поливиниловый спирт – 11,63 %; низкомолекулярная гиалуроновая кислота – 0,33 %.

Процесс электроформования осуществлялся при следующих параметрах работы установки Fluidnatek LE-50:

- расстояние от эмиттера до коллектора – 10 см;
- разница потенциалов – 35 кВ;
- расход прядильного раствора – 1,5 мл/ч;

– частота вращения коллектора – 200 мин⁻¹.

Материалы для медицины и косметологии должны отвечать строгим требованиям по составу, времени и характеру биodeградации, а они, в свою очередь, зависят от структуры нановолокнистого материала. Таким образом, важным вопросом является определение диаметров нановолокон и оценка закона распределения по диаметру, как для корректной статистической обработки экспериментальных данных, так и для анализа процесса электроформования. Для визуализации структуры наноматериала были получены изображения с использованием электронного сканирующего микроскопа LEO 1420 (Carl Zeiss, Германия), которые представлены на рис. 1.

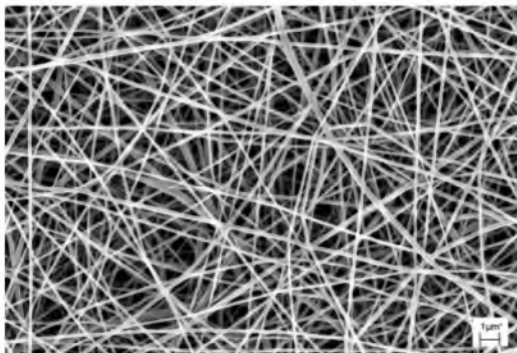


Рис. 1. Изображение структуры нановолокнистого материала с содержанием низкомолекулярной гиалуроновой кислоты при увеличении в 15000 раз

Ранее было установлено, что в случае стационарного процесса расщепления струи при условии постоянства скорости расщепления струй на всем пути от эмиттера до коллектора, в качестве одного из критериев стабильности процесса электроформования может использоваться соответствие распределения нановолокон по диаметру логнормальному закону [4].

Гипотеза о том, что распределение диаметров волокон значений в образце подчиняется конкретному закону, принимается при условии, что расчетное значение критерия χ^2 меньше критического значения, определяемого с учетом доверительной вероятности и числа степеней свободы. Обработка результатов измерений осуществлялась с использованием программы Statistica for Windows. В таблице 1 представлена характеристика получаемых нановолокон с гиалуроновой кислотой.

Таблица 1

Характеристика получаемых нановолокон

Наименование показателя	Значение показателя	
Средний диаметр волокон, нм	157,25	
Коэффициент вариации по диаметру волокон, %	21,3	
Доверительная вероятность	0,99	
Оценка соответствия распределения логнормальному закону	χ^2	0,72
	$\chi^2_{кр}$	11,3

На рис. 2 представлена гистограмма распределения нановолокон по диаметру в материале с гиалуриновой кислотой.

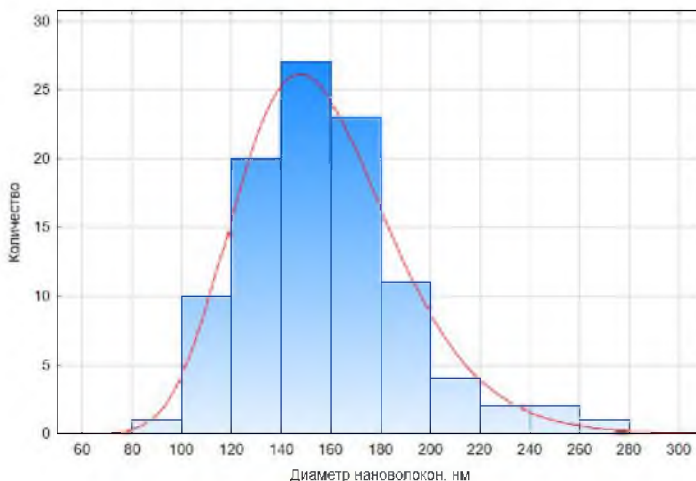


Рис. 2. Гистограмма распределения нановолокон по диаметру

Анализируя изображения структуры материала, можно отметить равномерность структуры материала и отсутствие видимых дефектов. Так же, установлено, что распределение волокон по диаметру соответствует логнормальному. Это, в свою очередь, может свидетельствовать о том, что процесс электроформования протекает стабильно. Таким образом, можно сделать вывод, что введение в состав прядильного раствора низкомолекулярной гиалуриновой кислоты в указанном количестве не оказало негативного влияния на процесс электроформования. С учетом полного испарения воды в процессе электроформования содержание гиалуриновой кислоты в получаемом нановолокнистом материале составило 2,76 %, что допустимо для использования в качестве косметологического средства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Schiffman, J.D., Schauer, C.L. A review: Electrospinning of biopolymer nanofibers and their applications // *Polym. Rev.* – 2008. – V. 48 (2). – P. 317 – 352.
2. Luraghi, A., Peri, F., Moroni, L. Electrospinning for drug delivery applications: A review // *J. Control. Release.* – 2021. – V. 334. – P. 463 – 484.
3. Забненкова О. В., Пирогова А. С. // Экспериментальная и клиническая дерматокосметология. 2008. №3. С. 34–37.
4. Рыклин Д.Б. Обоснование закона распределения нановолокон по диаметру в материалах, полученных методом электроформования / Д.Б. Рыклин, М.А. Демидова, В.М. Азарченко, К.В. Скроцкая // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.* – 2021, № 4. С. 121 – 128.