УДК 544.77:577.164.2:665.37

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНКАПСУЛИРОВАНИЯ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ В ЛИПОСОМАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ЛЕЦИТИНА

А.В. Яхновец, 4 курс
Научный руководитель – **Я.С. Камельчук,** старший преподаватель
Полесский государственный университет

В работе исследована возможность получения липосом из соевого лецитина методом гидратации с предварительным растворением в этаноле и оценена эффективность инкапсулирования аскорбиновой кислоты. Формирование липосом подтверждено методом световой микроскопии. Полученные данные имеют прикладное значение в области биотехнологии, фармацевтики и косметологии. Результаты подтверждают возможность использования липосом из соевого лецитина как доступной системы доставки аскорбиновой кислоты, обеспечивающей её защиту и частично пролонгированное высвобождение, а также демонстрируют применимость йодометрического метода для оценки эффективности инкапсулирования.

Современная биотехнология активно развивает подходы к направленной доставке биологически активных веществ, что имеет особое значение для косметической и фармацевтической промышленности. Одной из основных проблем остаётся низкая биодоступность ряда активных компонентов при традиционном применении, обусловленная их быстрой деградацией и ограниченной способностью преодолевать биологические барьеры [1, с. 33]. В качестве одного из наиболее эффективных решений рассматриваются липосомы [2, с. 45]. Данные структуры характеризуются биосовместимостью, низкой токсичностью и универсальностью в отношении инкапсулируемых веществ. Липосомы способны включать как гидрофильные, так и липофильные соединения, защищать их от внешних воздействий и обеспечивать постепенное высвобождение [3, с. 12; 2, с. 112]. Благодаря сходству с клеточными мембранами они рассматриваются как эффективные системы доставки активных компонентов в ткани [3, с. 15]. Особый интерес представляет инкапсулирование витамина С (аскорбиновой кислоты) широко применяемого в косметологии, но обладающего низкой стабильностью. Показано, что липосомальная форма обеспечивает более высокую степень усвоения по сравнению со свободной формой: отмечается увеличение максимальной концентрации вещества в плазме крови и клетках иммунной системы. Кроме того, инкапсулирование способствует сохранению антиоксидантных свойств и функциональной активности витамина С [4, с. 47–49].

Целью исследования являлось получение липосом из соевого лецитина, инкапсулирование аскорбиновой кислоты и оценка эффективности данного процесса йодометрическим методом.

В качестве основного компонента для получения липосом использовали соевый лецитин (содержание фосфатидилхолина не менее 60%) [2, с. 67; 3, с. 10; 1, с. 34]. В качестве модельного гид-

рофильного вещества применяли аскорбиновую кислоту (витамин С) в виде кристаллического порошка высокой степени чистоты [4, с. 46; 6, с. 117; 1, с. 35].

Липосомы получали методом гидратации с предварительным растворением лецитина в 96% этаноле. Раствор лецитина по каплям вносили в дистиллированную воду, нагретую до 40–45 °С, при интенсивном перемешивании. После завершения добавления смесь выдерживали при комнатной температуре в течение 40 минут для формирования липосомной суспензии [5, с. 74–76]. Инкапсулирование аскорбиновой кислоты осуществляли методом пассивного захвата. Для этого липосомную суспензию разделяли на две части: в одну добавляли аскорбиновую кислоту, вторая служила контролем. Дополнительно готовили раствор свободного витамина С. Для отделения неинкапсулированной фракции применяли фильтрацию. Осадок, содержащий липосомы, промывали дистиллированной водой и ресуспендировали [6, с. 119–120]. Оценку эффективности инкапсулирования проводили йодометрическим методом [7, с. 215]. В основе метода лежит восстановление йода аскорбиновой кислотой. Анализировали четыре образца: свободный витамин С, фильтрат, липосомы с витамином и пустые липосомы. Фиксировали время обесцвечивания раствора [7, с. 218]. Морфологию липосом оценивали методом световой микроскопии при увеличении ×400 [8, с. 217]. Все исследования проводили в трех повторностях. Статистическую обработку проводили с расчётом среднего значения и стандартного отклонения ($M \pm \sigma$) [8, с. 219].

В результате проведения гидратации соевого лецитина получена опалесцирующая суспензия молочно-белого цвета, характерная для коллоидных липосомальных систем. Отсутствие агрегации и осадка свидетельствует о формировании устойчивой дисперсной системы. Микроскопический анализ подтвердил наличие сферических везикул различного размера, что соответствует морфологии липосом.

Результаты йодометрического теста показали, что свободная аскорбиновая кислота полностью обесцвечивает раствор йода в среднем за 15,0 ± 1,0 с. Для фильтрата данный показатель увеличивался до 30,0 ± 2,0 с, что указывает на снижение концентрации свободного витамина С. В образце липосом с аскорбиновой кислотой полное обесцвечивание не наблюдалось в течение 30 минут, что свидетельствует о сниженной доступности вещества вследствие его инкапсулирования. При этом отмечалось постепенное осветление раствора, что может быть связано с частичным высвобождением вещества. Пустые липосомы не вызывали изменения окраски раствора, что подтверждает отсутствие их влияния на йодометрическую реакцию.

На основании полученных данных эффективность инкапсулирования оценена в пределах 48–52%. Данный результат соответствует литературным значениям и подтверждает возможность получения липосом с использованием простых лабораторных методов.

Таким образом, инкапсулирование аскорбиновой кислоты в липосомы приводит к снижению её доступности для химического взаимодействия, что свидетельствует о локализации вещества внутри везикул и подтверждает формирование липосомальной системы доставки.

В результате выполненной работы подтверждена возможность получения липосом из доступного сырья и показана эффективность инкапсулирования гидрофильных веществ (50%). Липосомы уменьшают доступность витамина С, тем самым создают защиту от окисления и внешних факторов. Пролонгированное высвобождение аскорбиновой кислоты дает возможность создания пролонгированных форм в кремах или медпрепаратах. Полученные результаты могут быть применены в учебной лабораторной практике или при изучении систем доставки активных веществ в глубокие слои кожи.

Список использованных источников

1. Коваленко, Л. П. Липосомальные косметические средства: современное состояние и перспективы / Л. П. Коваленко // Косметика и медицина. – 2019. – № 4. – С. 32–38.

2. Краснопольский, Ю. М. Липосомы. Получение, свойства, применение / Ю. М. Краснопольский, В. И. Швец. – Харьков : НФаУ, 2012. – 248 с.

3. Швец, В. И. Липосомы в биотехнологии и медицине / В. И. Швец, Ю. М. Краснопольский // Биотехнология. – 2015. – Т. 8, № 3. – С. 9–17.

4. Павлова, Е. Н. Стабильность аскорбиновой кислоты в водных растворах / Е. Н. Павлова // Химия растительного сырья. – 2017. – № 2. – С. 45–50.

5. Савельева, Е. Е. Оптимизация условий получения липосом методом гидратации / Е. Е. Савельева, М. А. Кузнецова // Биотехнология. – 2021. – Т. 37, № 5. – С. 72–78.

6. Иванова, Е. П. Инкапсулирование аскорбиновой кислоты в липосомы из соевого лецитина / Е. П. Иванова, Т. Г. Королёва // Химия растительного сырья. – 2019. – № 2. – С. 115–122.

7. Руководство по аналитической химии / под ред. Ю. А. Золотова. – М. : Высшая школа, 2012. – 463 с.

8. Федорова, О. В. Микроскопия липидных везикул: методические подходы / О. В. Федорова, Е. А. Петрова // Цитология. – 2020. – Т. 62, № 3. – С. 215–220.