

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИК-СПЕКТРОМЕТРИИ  
ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МЕХАНИЗМОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
ПОЛИФЕНОЛОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ПОЛИМЕРНЫМИ  
МАТРИЦАМИ КОММЕРЧЕСКИХ  
ИОНООБМЕННЫХ МЕМБРАН**

Применение метода электродиализа (ЭД) для тартратной стабилизации виноматериалов активно развивается уже многие годы. Преимуществами метода видится его безреагентность, быстрота и легкость осуществления по сравнению с традиционными методами, такими как охлаждение вина, внесение различных компонентов, осаждающих винный камень или коагуляция [1, 2].

Следует заметить, что применение ЭД в пищевой промышленности приводит к достаточно быстрому и, зачастую, необратимому засорению (фаулингу) ионообменных мембран органическими компонентами перерабатываемых жидкостей. Результатом фаулинга является снижение привлекательности ЭД вследствие увеличения энергозатрат, в том числе, на процесс тартратной стабилизации. Поэтому борьбе с этим нежелательным явлением в настоящее время уделяется большое внимание [3].

Чтобы разработать методы противодействия фаулингу, необходимо понимать механизмы взаимодействия различных компонентов, находящихся в перерабатываемых растворах, с материалами, которые содержат мембраны.

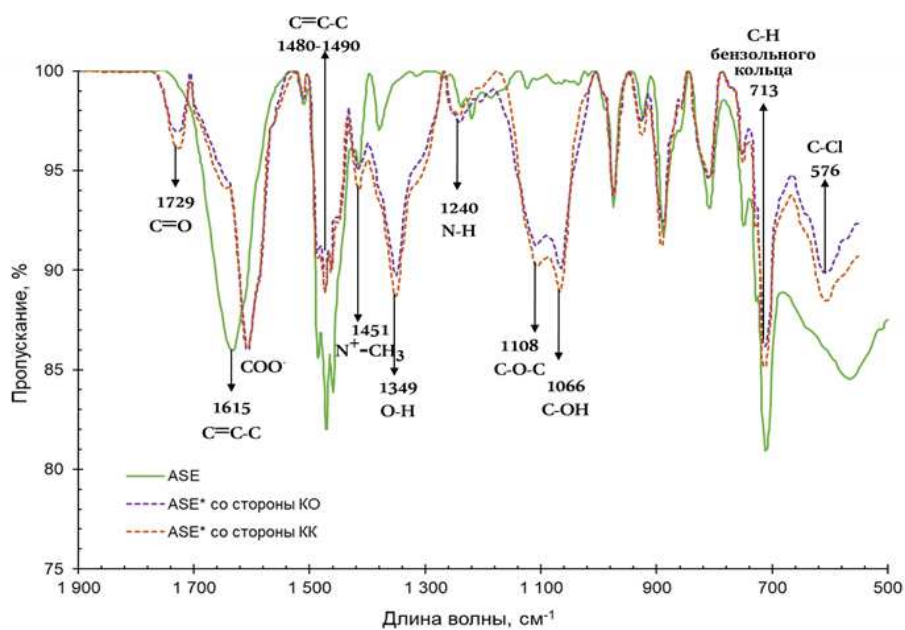
Целью работы являлась оценка с использованием НПВО ИК-спектроскопии внедрения в ионообменные мембраны различных компонентов вина, после проведения тартратной стабилизации методом электродиализа.

Мембранный пакет лабораторной ЭД ячейки содержал чередующиеся гомогенные анионо- и катионообменные мембраны. CSE и ASE, производства Astom, Japan. Это новые мембраны, которые пришли на смену широко применяемым мембранам CMX и AMX. Данные об их химической структуре пока не поступали в открытую печать. Кроме того, были исследованы мембраны CSEm и ASEm, на поверхность которых были послойно нанесены пленки алифатических полиэлектродитов, имеющих положительно (полиаллиламин гидрохлорид) и отрицательно (МФ-4СК) заряженные фиксированные груп-

пы. Ожидалось, что модифицирование снизит электростатические и  $\pi$ - $\pi$  (стэкинг) взаимодействия между поверхностями мембран и полифенолами, содержащимися в перерабатываемом винноматериале.

Через камеру обессоливания, КО, электродиализатора прокачивался винноматериал красного вина. Через тракты КК изначально прокачивался 0.02 М раствор КСl. Под действием заданного постоянного электрического тока ионы калия и анионы винной кислоты, избыток которых приводит к образованию винного камня [3], переносились через ионообменные мембраны в камеры концентрирования (КК).

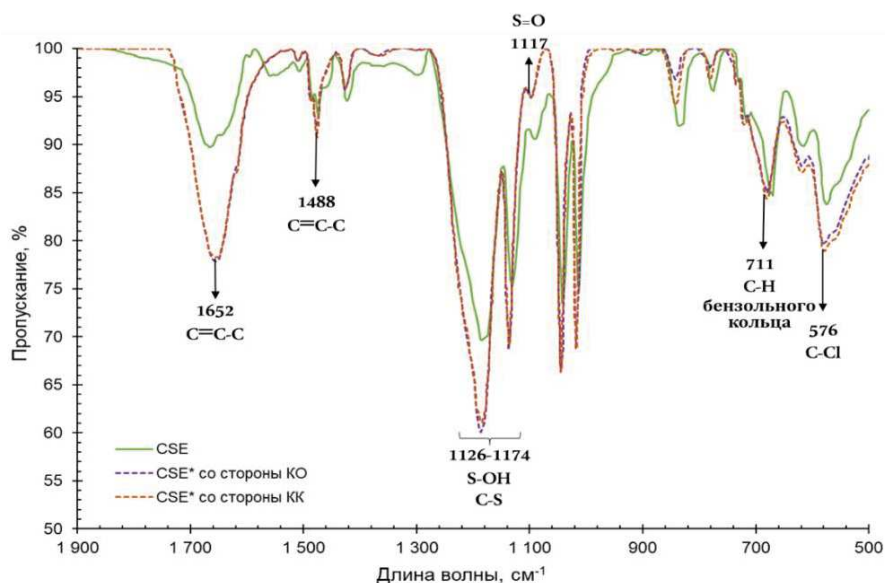
ИК-спектры исследованных мембран до и после ЭД представлены на рисунках 1-4. Мембраны после ЭД обозначены индексом \*.



**Рисунок 1 – ИК-спектры анионообменной мембраны до (ASE) и после (ASE\*) электродиализа**

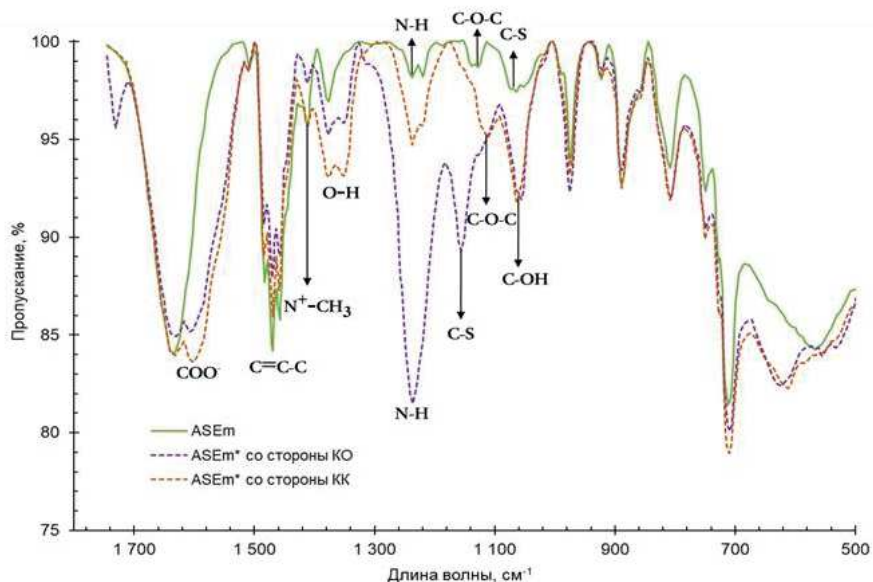
Установлено, что мембраны CSE, ASE имеют ароматическую ионообменную матрицу (рис. 1, 2) и содержат алифатический хлорсодержащий полимер, который может выполнять роль инертного наполнителя и/или армирующей ткани. Фиксированными группами анионообменной мембраны ASE в основном являются четвертичные амины (рис.1). Катионообменная мембрана CSE содержит фиксированные сульфогруппы (рис.2).

После ЭД винноматериалов приповерхностные слои ASE\* обогащаются карбонильными, карбоксильными группами слабоосновными аминами и группами C-O-C, наличие которых свидетельствует о фаулинге мембраны органическими кислотами, аминокислотами, циклическими формами сахаров и др. CSE\* после ЭД обогащается ароматическими компонентами, частично экранирующими фиксированные сульфогруппы.

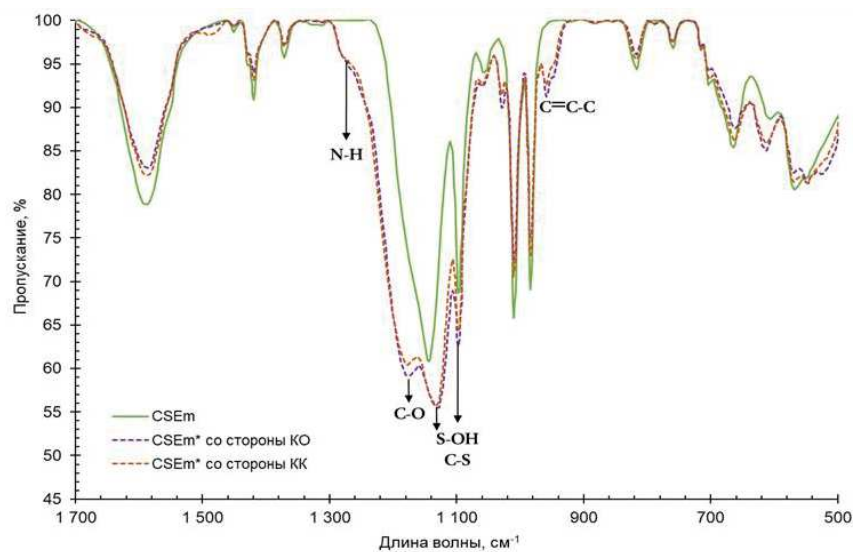


**Рисунок 2 – ИК-спектры анионообменной мембраны до (CSE) и после (CSE\*) электродиализа**

Модифицирование мембраны ASE приводит к появлению пиков (рис. 3), соответствующих группам, содержащимся в модификаторах (C-S, C-O, N-H). Можно отметить, что после модификации преобладающими компонентами, проникающими в мембрану, стали компоненты, обладающие сродством к модификатору, т.е., содержащие группы C-F, N-H, C-S. В то же время удалось снизить проникновение крупных окрашенных полифенолов, которые вносили сильный вклад в снижение селективности мембран.



**Рисунок 3 – ИК-спектры модифицированной анионообменной мембраны до (ASEm) и после (ASEm\*) электродиализа**



**Рисунок 4 – ИК-спектры модифицированной анионообменной мембраны до (CSEm) и после (CSEm\*) электродиализа**

Таким образом, данные ИК-спектрофотометрии качественно подтверждают перспективность противодействия фаулингу коммерческих ионообменных мембран полифенолами путем послойного модифицирования их поверхностей алифатическими полиэлектролитами с чередующимися положительно и отрицательно заряженными фиксированными группами.

Работа выполнена на средства Кубанского научного фонда в рамках проекта № МФИ-20.1/78.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Wollan, D. Membrane and other techniques for the management of wine composition // *Managing Wine Quality*. Woodhead Publishing. – 2022. – С. 183-212.
2. Ortega-Heras, M. Mannoproteins and enology: Tartrate and protein stabilization / M. Ortega-Heras, M. L. González-SanJosé // *Recent Advances in Wine Stabilization and Conservation Technologies*; Nova Science Publishers: Hauppauge, NY, USA. – 2016. – С. 95-109.
3. Pismenskaya, N. A review on ion-exchange membranes fouling during electro dialysis process in food industry, part 2: Influence on transport properties and electrochemical characteristics, cleaning and its consequences / N. Pismenskaya, M. Bdiri, V. Sarapulova, A. Kozmai et al. // *Membranes*. – 2021. – Т.11, №11. – С. 811.