

В.У. Озолс, студент, Л. П. Бондарева  
(ВГУИТ, г. Воронеж)

## **СОРБЦИОННОЕ ВЫДЕЛЕНИЕ МОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ ИЗ ФЕРМЕНТАЦИОННОЙ СРЕДЫ**

Молочная кислота используется в основном для получения биоразлагаемых упаковочных материалов, а также в медицинской практике благодаря высокой биосовместимости. В связи с этим возрастает и спрос на производство молочной кислоты путем ферментации молочной сыворотки с последующим выделением конечного продукта. Согласно литературным данным, существуют различные способы выделения молочной кислоты из ферментационных сред, основные из них мембранные, экстракционные и сорбционные.

Наиболее перспективным, позволяющим выделить достаточно чистую молочную кислоту, можно считать сорбционный метод. В работе [1] описаны способы выделения молочной кислоты из водных растворов на углеродных адсорбентах. Работы [2 – 4] посвящены выделению молочной кислоты на полифункциональных ионообменниках.

Целью настоящего исследования стало определение наиболее перспективного анионообменника и условий сорбции молочной кислоты из ферментационных водных сред.

В работе изучена сорбция молочной кислоты из водных растворов и ферментационных сред на различных промышленных анионообменниках в двух исходных рабочих формах. Сорбция в статических условиях изучалась на сильноосновных ионообменниках АВ-17 и Purolite A430, различающихся полной статической емкостью и динамическими характеристиками, а также на слабоосновном ионообменнике АН-511. Исходную форму анионообменников готовили динамическим способом по стандартной методике. Сорбцию проводили в течение 24 часов методом переменных концентраций при температуре 298 К на Cl<sup>-</sup> и OH<sup>-</sup> формах ионообменников. Концентрацию молочной кислоты в исходных и равновесных растворах определяли спектрофотометрическим методом, суммарную концентрацию кислот – методом кислотно-основного титрования. Изотермы сорбции получали из модельных водных растворов, содержащих только молочную кислоту и из ферментационные водных растворов, содержащих другие органические вещества, в том числе кислоты.

В работе показана возможность идентификации и определения концентрации молочной кислоты в водных растворах спектрофото-

метрическим методом. Установлено, что молочная кислота имеет характеристическую длину волны 227 нм, что позволяет идентифицировать присутствие данного соединения в сложных растворах. Зависимость оптической плотности раствора от концентрации молочной кислоты подчиняется закону Бугера-Ламберта-Бера, что позволило получить градуировочную функцию и определять концентрацию кислоты как в исходной ферментационной среде, так и в растворе после сорбции.

Изотермы сорбции индивидуальной молочной кислоты на анионообменниках в ОН-формах имеют вид близкий к S-образному, что может свидетельствовать об изменении природы сорбционных взаимодействий и наличии наряду с ионным обменом необменного поглощения органического соединения.

Изотермы сорбции на Cl-формах имеют вид близкий к Ленгмюровскому, что позволило описать полученные изотермы уравнением адсорбции Ленгмюра и рассчитать сорбционные емкости (СОЕ, моль/г) и коэффициенты равновесия ( $K$ ) (таблица).

Начальные линейные участки изотерм описаны уравнением Генри и рассчитаны коэффициенты распределения ( $K_d$ ) молочной кислоты между водными растворами и ионообменниками (см. табл. 1). Погрешность определения величин не превышала 4%.

Таблица 1. Равновесные характеристики сорбции молочной кислоты на анионообменниках при 298 К.

Ионообменная смола и исходная форма	СОЕ, моль/г	$K$	$K_d$
АВ-17 Cl-форма	0,1663	3760	546
АВ-17 ОН-форма	0,1308	1780	443
А430 Cl-форма	0,4403	1260	482
АН-511 Cl-форма	0,2552	220	417

Наибольшее значение сорбционной обменной емкости по молочной кислоте имеет Purolite А430. Необходимо отметить, что все изученные анионообменники имеют значения СОЕ, превышающие их полные обменные емкости. Данное явление можно объяснить механизмом сорбционных взаимодействий молочной кислоты с сорбентом, характерным для органических соединений. При низких степенях заполнения сорбция протекает на активных центрах, которыми в ионообменниках являются функциональные группы. По мере заполнения ионообменника молочной кислотой сорбция протекает за счет межмолекулярных взаимодействий между сорбатом и сорбентом и между

молекулами сорбата, что и приводит к значительному увеличению сорбционной емкости анионообменников.

Наиболее высокие коэффициенты распределения и сорбционного равновесия установлены для АВ-17 в СI-форме, что позволит увеличить процент извлечения и эффективность сорбции молочной кислоты.

Изучено сорбционное взаимодействие ферментационных водных растворов, содержащих примеси уксусной кислоты, с анионообменником АВ-17 в СI-форме в статических условиях. Получены изотермы сорбции молочной и уксусной кислот. Вид изотерм не изменился и остался близок к ленгмюровскому. Однако, сорбция молочной кислоты из сложного раствора не аддитивна сорбции из индивидуального раствора, что свидетельствует о мешающем влиянии уксусной кислоты. Установлено снижение как сорбционной емкости, так и обоих коэффициентов в присутствии уксусной кислоты.

Таким образом, в работе установлена возможность определения концентрации молочной кислоты спектрофотометрическим методом. Показано, что для извлечения молочной кислоты из водных сред можно использовать все изученные анионообменники. Наиболее перспективными можно считать сильноосновные ионообменники. Присутствие уксусной кислоты в исходном растворе снижает сорбционную емкость анионообменника по молочной кислоте.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Берсенёва, В. С. Сорбционные методы выделения продуктов биосинтеза. / В. С. Берсенёва В. С., В. А. Бакулев В. А. Изд-во Урал. ун-та, 2018. 80 с.

2. Zhou, Jun Purification of lactic acid from fermentation broth by spherical anion exchange polymer / Zhou, Jun; Bi, Wentao; Row, Kyung Ho // Journal of Applied Polymer Science. – 2011. – V. 120, № 5; – p. 2673.

3. Yuwono, Suripto Dwi; Purification of lactic acid from cassava bagasse fermentation using ion exchange / Yuwono, Suripto Dwi; Nugroho, Rianto Heru; Mulyono; Buhani; Suharso; Sukmana, Irza // Journal of Engineering and Applied Sciences – 2017. – V. 12, № 12. – p. 3853.

4. Селеменев, В. Ф. Сорбция пищевых кислот полифункциональным ионообменником / В. Ф. Селеменев, Е. В. Ланцузская, А. В. Крисиллов и др. // Вестник ВГУ: Химия. Биология. Фармация. – 2015. – № 3. – с. 31.