

## СОЛЮБИЛИЗАЦИЯ ЖИРОРАСТВОРИМОГО КРАСИТЕЛЯ СУДАН IV ВОДНЫМИ МИЦЕЛЛЯРНЫМИ РАСТВОРАМИ НЕИОНОГЕННОГО ПАВ TWEEN-80

Важнейшим из свойств коллоидных поверхностно-активных веществ (ПАВ) является способность их мицеллярных растворов к солюбилизации – растворению в мицеллах коллоидных растворов ПАВ веществ, которые нерастворимы в данном растворителе [1]. Солюбилизация имеет место только при концентрациях, превышающих критическую концентрацию мицеллообразования (ККМ). Вещество, солюбилизированное раствором ПАВ, называют солюбилизатом, а сам ПАВ – солюбилизатором [1].

В связи с широкой применимостью неионогенного коллоидного ПАВ TWEEN-80 в пищевой (пищевая добавка E433), косметической [2] и фармацевтической [3,4] промышленности, актуальным и востребованным представляется исследование солюбилизующей способности его мицеллярных растворов.

Цель настоящей работы – изучить процесс солюбилизации жирорастворимого красителя судан IV водными мицеллярными растворами TWEEN-80.

Ранее нами было изучено мицеллообразование в водных растворах TWEEN-80 и определена его ККМ [5], составившая  $(0,69-8,2) \cdot 10^{-4}$  моль/л (0,1–1,1 г/л). Поэтому для изучения солюбилизующей способности были приготовлены водные растворы ПАВ с концентрациями 2–100 г/л, к ним добавлено по 10 мг красителя судан IV и колориметрическим методом изучены зависимости содержания красителя от времени контакта, содержания TWEEN-80 и электролита.

Для определения концентрации красителя в исследуемых системах предварительно были построены гадуировочные графики по оптическим плотностям растворов судана IV в гексане. Оптическую плотность растворов определяли на фотометре КФК-3-01 «ЗОМЗ» при помощи кювет с толщиной поглощающего слоя 5,080 и 20,065 мм. Длина волны используемого света была определена по максимуму поглощения раствора красителя с концентрацией  $5 \cdot 10^{-3}$  г/л в гексане и составила 520 нм. Количественно солюбилизацию

(соллюбилизирующую способность) характеризовали как концентрацию красителя в системе, а также при помощи молярной соллюбилизации ( $S_M$ ), представляющей собой отношение количества молей соллюбилизата ( $n_1$ ) к количеству молей соллюбилизатора ( $n_2$ ), в котором он (соллюбилизат) растворился [1].

Из градуировочных графиков следовало, что кювету с толщиной поглощающего слоя 20,065 мм можно использовать до концентраций красителя 0,006 г/л (при малых концентрациях ПАВ), а с  $l = 5,080$  мм – вплоть до концентраций 0,025 г/л. Коэффициент поглощения в законе Бугера–Ламберта–Бера составил  $\approx 140$  л/(г·см), что соответствует молярному коэффициенту поглощения в 53 200 л/(моль·см) (молярная масса судана IV  $C_{24}H_{20}N_4O$  – 380 г/моль).

Согласно результатам изучения кинетики соллюбилизации жирорастворимого красителя судан IV растворами TWEEN-80 с концентрациями 40, 60, 100 г/л, равновесие в системах устанавливается в течение 30–32 часов. При этом через 24 часа кинетические кривые молярной соллюбилизации для растворов ПАВ различных концентраций начинают совпадать, достигая значения  $S_M = 5,6$  моль судана/моль TWEEN через 30 ч после приведения в контакт 10 мг красителя и 50 мл мицеллярного раствора.

С ростом концентрации мицеллярных растворов TWEEN-80 абсолютное количество судана, соллюбилизированного 50 мл раствора ПАВ за 24 ч, закономерно увеличивалось. При этом молярная соллюбилизация с ростом концентрации раствора ПАВ, в целом, снижалась. Наибольшее значение молярной соллюбилизации наблюдалось для раствора TWEEN-80 с концентрацией 4 г/л (3,19 моль судана/моль TWEEN), а наименьшее – для концентрации ПАВ 100 г/л (1,55 моль судана/моль TWEEN). Мицеллярные растворы, насыщенные соллюбилизатором, имели яркую насыщенную окраску, что указывало на перспективность их использования для окрашивания косметической продукции [2]. Зависимость концентрации красителя от концентрации TWEEN-80 была близка к линейной, что свидетельствовало о неизменности формы мицелл в данном интервале концентраций ПАВ.

Для изучения влияния электролитов на процесс соллюбилизации в качестве модельного электролита был выбран хлорид калия KCl, насыщенный раствор которого по 0,2 мл добавляли к системе раствор TWEEN-80 – судан IV и через сутки оценивали содержание красителя. Поскольку объем добавляемого раствора KCl (0,2–1,4 мл) был невелик по сравнению с объемом изучаемой системы (50 мл), то разбавлением системы можно было пренебречь. Исходя из растворимости KCl в воде

при комнатной температуре (34 г/100 мл), рассчитывали молярную концентрацию хлорида калия в системе. Добавление электролита приводило к росту количества солюбилизированного красителя, наиболее заметному для систем, содержащих небольшое количество ПАВ (для раствора TWEEN-80 с концентрацией 2 г/л добавление 1,4 мл насыщенного раствора KCl к 50 мл привело к увеличению  $S_M$  от 2,35 до 9,28 моль судана/моль TWEEN, добавление такого же количества хлорида калия в систему, содержащую раствор ПАВ с концентрацией 100 г/л, вызывало рост молярной солюбилизации от 1,55 до 1,68 моль судана/моль TWEEN). При содержании ПАВ в системе в количествах 4–20 г/л рост солюбилизующей способности ПАВ при увеличении содержания электролита свыше 0,035 моль/л был незначительным или даже имел тенденцию к уменьшению. Таким образом, можно считать, что добавление электролита KCl в количестве 0,035 моль/л (что соответствует введению 0,4 мл насыщенного раствора KCl в 50 мл системы TWEEN-80 – судан IV) при среднем содержании ПАВ (4–20 г/л) заметно улучшает солюбилизацию жирорастворимого красителя и является оптимальным.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Клындюк, А.И. Поверхностные явления и дисперсные системы: учеб. пособие для студентов химико-технологических специальностей / А.И. Клындюк – Мн: БГТУ, 2011. 317 с.
2. Эмелло, Г.Г. Коллоидно-химические свойства технических препаратов ПАВ, используемых в косметической промышленности / Г.Г. Эмелло, Ж.В. Бондаренко, Е.В. Грукалова // Труды БГТУ. – 2012.– №4. Химия, технология органических веществ и биотехнология.– С. 20–24.
3. Permeabilisation and solubilisation of soybean phosphatidylcholine bilayer vesicles, as membrane models, by polysorbate, Tween 80 / S.I. Simoes [et al.] // European Journal of Pharmaceutical Sciences.– 2005.– Vol. 26, Iss. 3–4. – P. 307–317.
4. Prieto, C. Performance of Biocompatible Surfactant Tween 80, for the Formation of Microemulsions Suitable for New Pharmaceutical Processing / C. Prieto, L. Calvo // Journal of Applied Chemistry.– 2013.– P. 930356.
5. Клындюк, Е.А. Мицеллообразование неионогенного ПАВ TWEEN–80 в водных растворах / Е.А. Клындюк, Н.С. Сахарчук, Е.А. Чижова // Мат. докл. IV Межд. науч.-техн. конф. молодых ученых «Инновационные материалы и технологии– 2021», г. Минск, 19–21 января 2021 г. – Минск: БГТУ, 2021.– С. 427–430.