

УДК 544.723

СВОЙСТВА МЫЛЬНОГО ПУЗЫРЯ И ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ЕГО ОБРАЗОВАНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Корж Е.Н., Поляничев Д.В., Иванчихина О.П., Яковишин Л.А., Пахомов В.И.

*Севастопольский национальный технический университет, Севастополь, Украина
E-mail: chemsevntu@rambler.ru*

Теоретически и экспериментально показана возможность использования закономерностей образования мыльного пузыря в качестве модели сложных клеточных мембран животных и растений. Исследовано влияние концентрации водных растворов моющего средства Test на формирование тонкой жидкой пленки мыльного пузыря. Измерено поверхностное натяжение, вычислены поверхностная активность и адсорбция на границе раствор-воздух растворов с разной концентрацией ПАВ.

Ключевые слова: поверхностное натяжение, адсорбция, молекулы ПАВ, трехслойная пленка, мыльный пузырь.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время разработаны и успешно применяются в медицине, сельском хозяйстве и научном эксперименте различные методы криоконсервации. Криобанки различных органов, клеток и тканей с появлением клонирования все шире распространяются по всему миру. Криобиотехнологии находят широкое применение при производстве лекарственных средств и пищевых продуктов [1]. Актуальность изучения процессов при криоконсервации и реконсервации обусловлена тем, что сохранение целостности живых клеток остается сложной задачей, несмотря на все достижения современной науки.

Использование низких температур обеспечивает остановку биохимических процессов в клетках, в том числе останавливается обмен веществ и энергией с внешней средой, благодаря этому живые объекты могут сохраняться достаточно долго [2]. Однако при охлаждении живые клетки могут погибнуть. Основными повреждающими факторами при замораживании являются образование внутриклеточного льда и обезвоживание клетки. Так, при кристаллизации внутриклеточной воды разрушаются мембранные структуры; при потере воды (до 80–90 %) необратимо разрушаются третичные и четвертичные структуры белков и белковых комплексов, происходят также и другие криповреждения клеток [3]. Процесс заморозки биологических мембран происходит так же, как замораживание мыльного пузыря [4].

Биомембраны выполняют многие важные функции в живой клетке [5]. Мембраны в клетках животных и растений содержат 40–50 % липидов и 50–60 %

белков. Фосфолипиды, важнейшие составные части биомембран, имеют гидрофобные «хвосты» (радикалы жирных кислот) и полярные гидрофильные группы – «головы». В работе [5] было показано, что липосомы (агрегаты сферической формы) часто используют в качестве модели сложных клеточных мембран. В липосоме полярные или заряженные функциональные группы липида контактируют с водой, в то время как алкильные части молекул образуют гидрофобный слой. В такой бислойной структуре присутствует внутренняя водная область.

Целью данной работы является изучение свойств жидкой пленки мыльного пузыря и установление возможности использования ее в качестве модели сложных клеточных мембран животных и растений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения исследований были приготовлены водные растворы моющего средства Test с массовой долей 1, 5, 10, 20, 30, 50 и 70 %. Для исследования влияния концентрации раствора на равновесные процессы в поверхностном слое раствор-воздух измеряли поверхностное натяжение по методу наибольшего давления газовых пузырьков, предложенному Ребиндером. Измерение проводили не менее трех раз и в расчет величины поверхностного натяжения брали среднее значение. Время образования пузырьков воздуха составляло 10–20 секунд [6].

По результатам вычисления строили изотерму поверхностного натяжения $\sigma = f(C)$, затем ее графически дифференцировали. Находили значения производной $d\sigma/dC$ для ряда точек на кривой; вычисляли адсорбцию вещества на границе раствор-воздух в области малых концентраций по формуле Гиббса [7]:

$$\Gamma = -\frac{C}{RT} \cdot \left(\frac{d\sigma}{dC} \right)_{C \rightarrow 0},$$

где Γ – адсорбция вещества; C – концентрация вещества; R – универсальная газовая постоянная; T – температура, К.

По рассчитанным данным строили изотерму адсорбции поверхностно-активного вещества на границе раствор-воздух $\Gamma = f(C)$.

Поверхностную активность вещества в растворе определяли графически как наклон касательной, проведенной к кривой $\sigma = f(C)$ в точке пересечения ее с осью координат.

Пенообразующая способность растворов оценивали путём измерения объёма пены, которая образуется после встряхивания раствора в течении 10 мин. Время жизни мыльного пузыря измеряли в секундах. Исследования проводили при температуре 24 °С.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Поверхностно-активные вещества, присутствующие в водных растворах моющего средства Test, при малых концентрациях уменьшают поверхностное натяжение на границе раствор–воздух. Так, при концентрации раствора до 25 % поверхностное натяжение уменьшается от $77,12 \cdot 10^{-3}$ до $30,17 \cdot 10^{-3}$ Н/м. При дальнейшем увеличении концентрации раствора поверхностное натяжение растворов возрастает, достигая значения $186,9 \cdot 10^{-3}$ Н/м. Результаты представлены на Рис. 1.

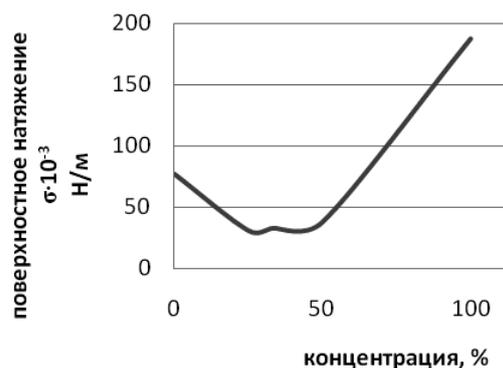


Рис. 1. Изотерма поверхностного натяжения.

Как показали исследования, при снижении поверхностного натяжения в 2,56 раза пенообразующая способность растворов при этом возрастает в 22 раза, а при концентрациях более 25 % пенообразующая способность уменьшается. Полученные данные представлены на Рис. 2.



Рис. 2. Влияние концентрации раствора на пенообразование.

Увеличение пенообразующей способности растворов моющего средства Test хорошо согласуются с результатами определения устойчивости пузыря на воздухе. Так, время жизни пузыря возрастает при увеличении концентрации раствора до 25 %, а при дальнейшем увеличении концентрации – уменьшается, что показано на Рис. 3.

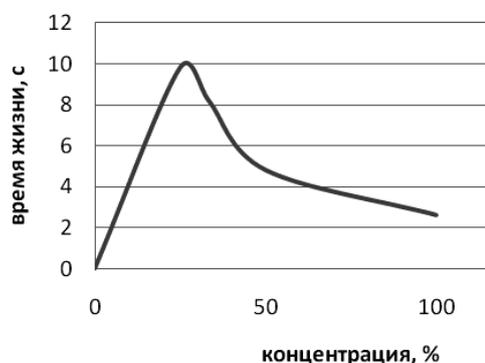


Рис. 3. Влияние концентрации раствора на время жизни пузыря.

Из полученных результатов следует, что в растворах моющего средства Test при концентрациях до 25 % поверхностное натяжение уменьшается (в 2,56 раза), следовательно, происходит самопроизвольное концентрирование вещества в поверхностном слое – адсорбция его на границе раствор–воздух. При этом поверхностная активность, которая является важнейшей адсорбционной характеристикой вещества, с ростом концентрации уменьшается от 0,93 до 0,21. Результаты расчетов адсорбции по формуле Гиббса показывают, что по мере увеличения концентрации до 25 % адсорбция увеличивается и достигает значения $3,07 \cdot 10^{-3}$ моль/м².

Молекулы ПАВ растворов моющего средства Test имеют гидрофобную углеводородную часть и полярные гидрофильные функциональные группы. В тонкой плёнке мыльного пузырька ($R_{\text{пузыря}} = 10^{-4}$ м, $h \approx 3 \cdot 10^{-7}$ м) адсорбция вещества происходит с двух сторон. Гидрофильная часть молекулы располагается внутри пленки, а гидрофобная часть обращена в сторону воздушной среды. Образуется замкнутая сферическая трехслойная структура: между двумя слоями ПАВ находится тонкая пленка раствора мыльного пузыря. В результате адсорбции ПАВ увеличивается пенообразующая способность растворов, но при увеличении концентрации свыше 25 % поверхностное натяжение возрастает, адсорбция уменьшается, пенообразующая способность снижается. Жидкая пленка пузыря становится менее прочной, устойчивость мыльного пузыря на воздухе уменьшается, что было подтверждено экспериментальным значительным снижением его времени жизни.

ВЫВОДЫ

Таким образом, в качестве модели сложных клеточных мембран можно использовать мыльный пузырь. Эластичная жидкая оболочка его имеет упорядоченную трёхслойную структуру и аналогична по строению биомембранам, выполняющим многие важные функции в живой клетке. Адсорбция молекул растворённого вещества объясняет возможность увеличения размеров мыльного пузырька, обеспечивает стабильность структуры жидкой плёнки и устойчивость газового пузырька в воздухе. В дальнейшем будет изучено влияние температуры на устойчивость тонкой пленки мыльного пузырька.

Список литературы

1. Muldrew K. Cryobiology. A short course / K. Muldrew. – Alberta: University of Calgary, 1999. – 125 p.
2. Белоус А.М. Криобиология / А.М. Белоус, В.И. Грищенко. – К.: Наукова думка, 1994. – 432 с.
3. Wolfw J. Cryobiology and anhydrobiology of cells / J. Wolfw, G. Bryant. – Sydney: University of New South Wales, 2004. – 240 p.
4. Завальский Л. Долгая жизнь мыльного пузыря / Л. Завальский. – Известия науки – <http://www.inauka.ru/blogs/article49071/print.html>.
5. Геннис Р. Биомембраны: Молекулярная структура и функции / Р. Геннис. – М.: Мир, 1997. – 624 с.
6. Материалы VI Междунар. научно-технич. конф. «Актуальные вопросы теоретической и прикладной биофизики, физики и химии. БФФХ–2010», 26–30 апр. 2010 г., Севастополь. – Севастополь: Изд-во СевНТУ. – 2010. – Т. 1. – С. 357–359.
7. Коган В.Е. Физическая химия: в 2 ч. / Коган В.Е., Зенин Г.С., Пенкина Н.В. – СПб: Изд-во РИО СЗТУ, 2005. – Ч. 2. – 2005. – 227 с.

Корж О.М. Властивості мильної бульбашки і можливість використання закономірностей її утворення при вивченні біологічних об'єктів / О.М. Корж, Д.В. Поляничев, О.П. Іванчихіна, Л.О. Яковшин, В.І. Пахомов // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 1. – С. 202-206.

Теоретично та експериментально показано можливість використання закономірностей утворення мильної бульбашки в якості моделі складних клітинних мембран тварин і рослин. Досліджено вплив концентрації водних розчинів мийного засобу Test на формування тонкої рідкої плівки мильної бульбашки. Виміряно поверхневий натяг, обчислено поверхнева активність і адсорбція на межі розчин-повітря розчинів з різною концентрацією ПАР.

Ключові слова: поверхневий натяг, адсорбція, молекули ПАР, тришарова плівка, мильна бульбашка.

Korzh E.N. Properties of soap bubbles and laws of the use of its formation in the study of biological objects / E.N. Korzh, D.V. Polyanchichev, O.P. Ivanchihina, L.A. Yakovishin, V.I. Pakhomov // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No. 1. – P. 202-206.

Theoretically and experimentally demonstrated the possibility of using patterns of soap bubble formation as a model complex cell membranes of animals and plants. The effect of concentration of aqueous solutions of detergent Test on the formation of a thin liquid tape of soap bubble. It was measured surface tension, calculated surface activity and adsorption at the solution-air solutions with different concentrations of surfactants.

Keywords: surface tension, adsorption, surfactant molecules, three-layer tape, soap bubble.

Поступила в редакцію 15.03.2011 г.