

УДК 615.074:54+544.352

О КОЛЛИГАТИВНЫХ И ВЯЗКОСТНЫХ СВОЙСТВАХ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ЛЕЦИТИНА

Миняева О.А., Зацепина М.Н., Сидорченко А. С.

ГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный медицинский университет», Россия (454092, г. Челябинск, ул. Воровского, 64), e-mail: kanc@chelsma.ru

Изучены коллигативные и вязкостные свойства водных растворов лецитина соевого, как компонента лекарственных форм, выполняющего эмульгирующую и транспортную функции за счет формирования молекулярных и надмолекулярных кооперативных структур. Экспериментально показано, что концентрационные зависимости относительной вязкости водных растворов лецитина соевого ($C \leq 2\%$) описываются уравнением Эйнштейна с поправкой на величину и физический смысл коэффициентов, и относительная вязкость растворов практически не зависит от температуры в интервале от 8 до 30 °С. При содержании лецитина соевого в системе от 2,5 до 5% кривые концентрационных зависимостей вязкости удовлетворительно аппроксимируются полиномами второй степени, и фиксируется снижение вязкости растворов с ростом температуры. Осмотическое давление и эффективная осмотическая концентрация водных растворов лецитина соевого при содержании лецитина до 5% незначимо отличаются от нуля.

Ключевые слова: лецитин соевый, кинематическая, динамическая и относительная вязкость, уравнение Эйнштейна, ламеллярные структурные образования.

ABOUT THE COLLIGATIVE AND VISCOSITY PROPERTIES OF AQUEOUS SOLUTIONS OF LECITHIN

Minyaeva O.A., Zatsepina M.N., Sidorchenko A.S.

South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia (454092, Chelyabinsk, street Vorovskiy, 64), e-mail: kanc@chelsma.ru

The colligative and viscosity properties of aqueous solutions of soy lecithin as a component of medicinal forms is studied. Lecithin carries an emulsifying and transport function due to the formation molecular and supermolecular cooperative structures. It was shown experimentally that the concentration dependences of the relative viscosity of aqueous solutions of soy lecithin ($C \leq 2\%$) described by the Einsteins equation corrected for value of the physical meaning of the coefficients. The relative solution viscosity is practically independent of temperature in the range from 8°C to 30°C. When the content of soy lecithin from 2.5% to 5% concentration dependences of viscosity curves adequately approximated by a polynomial of the second degree. A decrease of viscosity solutions with increasing temperature is fixed. The osmotic pressure and the osmotic effective concentration of aqueous solutions of soy lecithin with a content of up to 5% of lecithin insignificantly different from zero.

Keywords: soy lecithin, kinematic, dynamic and relative viscosity, Einstein's equation, lamellar structure education.

Медицина и фармация используют в своем арсенале множество лекарственных препаратов, произведенных из биологических объектов. Это препараты крови и плазмы крови, препараты, содержащие определенный набор аминокислот, биологически активные добавки, включающие лецитин, витамины, ферменты, энзимы и т.д. Молекулы биологических жидкостей не только перемещаются на определенные расстояния, но и принимают необходимую пространственную ориентацию [7; 8; 10]. Структура биологических жидкостей характеризуется наличием дальнего порядка, т.е., помимо согласованного взаимного расположения и ориентации близко расположенных групп и сегментов молекул (ближний порядок), проявляется согласованное действие молекул

определенного функционального назначения. Это отражается на коллигативных и вязкостных свойствах систем, содержащих биологические жидкости.

Лецитины (холинфосфолипиды) в живом организме являются основополагающим веществом для формирования межклеточного пространства, нормального функционирования нервной системы и рабочей деятельности мозговых клеток, служат одним из основных материалов печени. Смесь лецитинов и кефалинов содержится во всех без исключения животных и растительных тканях и почти во всех жидкостях животного организма. Так, из лецитина состоит 50% печени, 1/3 мозговых изолирующих и защитных тканей, окружающих головной и спинной мозг. Лецитины обеспечивают избирательную проницаемость и транспортную функцию клеточных мембран (участвуют в транспорте питательных веществ, витаминов и лекарств к клеткам), являются мощным, естественным для живого организма антиоксидантом и предупреждают образование высокотоксичных свободных радикалов. Транспортная функция лецитинов основана на поверхностно-активных и эмульгирующих свойствах молекул. Функционирование биологических объектов определяется и зависит от молекулярных кооперативных структур [9]. Так, агрегация лецитинов в нормально функционирующем живом организме сопровождается формированием ламеллярных бислоев, внутри которых аккумулируются водорастворимые и жирорастворимые биологически активные вещества и вода (рис. 1).

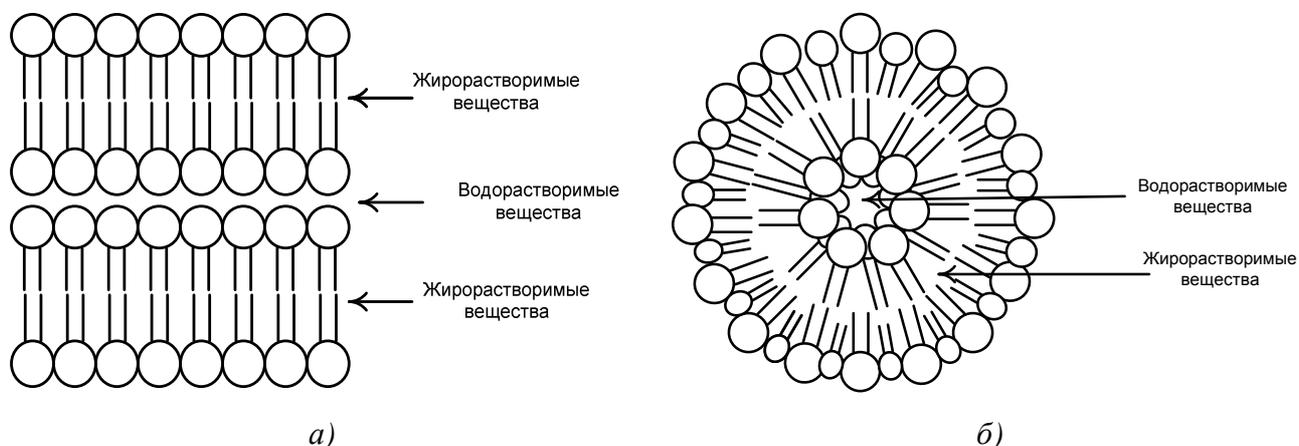


Рис. 1. Виды бислоев, сформированных дифильными молекулами лецитина, и включение в них различных биологически активных веществ: а) плоскостная структура бислоя в соответствии с геометрической моделью мицелл; б) сферическая структура бислоя

Возможно образование не только плоскостных бислоев, но и сферических структур в формате бислоя (рис. 1), в которых водорастворимые биологически активные вещества и вода включаются во внутренний объем сферы, а жирорастворимые биологически активные вещества – в пространство внутри слоя. Именно в такие структуры-каркасы возможно

включение различных фармакологически активных веществ и получение современных липосомальных лекарственных форм и ультраэмульсий [2].

Формирование периодических структур, называемых автоволновыми, выявлено для объектов живой и неживой природы. Автоволновые структуры в неживой природе характерны для осадков оксигидратов переходных металлов [5], в живой природе автоволновые образования наблюдаются при дегидратации сыворотки крови или растворов белков [9]. Причем структурная самоорганизация биологических жидкостей имеет свои особенности для нормы и патологических состояний. Лецитин является биологическим объектом, и, как было сказано ранее, в водных растворах могут формироваться коллоидные структуры ламеллярного или сферического строения. Изменение концентрации лецитина или изменение любого другого параметра окружающей среды может привести к периодическому изменению структурных и вязкостных характеристик объекта, содержащего лецитин. Образование ламелей лецитинов в растворе должно определенным образом отражаться на вязкости биологической системы. Если лецитин является компонентом жидкой лекарственной формы, то вязкость данной лекарственной формы при хранении и при попадании в организм человека будет изменяться под воздействием различных температур. При этом возможна перестройка ламеллярных образований. В связи с этим **целью данного исследования** являлось изучение коллигативных и вязкостных свойств водных растворов лецитина соевого, выявление возможных периодических изменений указанных характеристик и определение границ применимости уравнения Эйнштейна для описания функций вязкости.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования использовали водные растворы лецитина соевого (комплекс фосфолипидный гранулированный (лецитин соевый), изготовитель – ООО «Балтик Гранд Сервис», г. Санкт-Петербург). Вязкость растворов определяли при помощи капиллярного вискозиметра серии ВПЖ-2 (диаметр капилляра 0,73 мм, константа капилляра 0,02863 мм²/с²). Термостатирование при различных температурах осуществляли при помощи термостата ТС-1/80 СПУ и холодильной камеры. Определение температуры замерзания проводили на автоматическом криоскопическом осмометре ОМТ-5-02. Предварительно прибор калибровали с помощью серии растворов рабочих стандартных образцов натрия хлорида. Испытуемые растворы лецитина соевого различной концентрации помещали в кювету прибора, погружали в термостат с контролируемой температурой и замораживали. Осмолярность раствора автоматически определяется по фиксированной температуре замерзания.

Результаты и их обсуждение

На рис. 2 представлены графические зависимости динамической вязкости водных растворов лецитина соевого от концентрации при различных температурах. Форма кривых кинематической и относительной вязкости аналогична и на начальных участках (при концентрации лецитина до 2% включительно) может быть аппроксимирована прямой. Уравнение для аппроксимации изменения относительной вязкости растворов от концентрации лецитина соевого $\eta_{отн} = K + \alpha \cdot C$ аналогично уравнению Эйнштейна для описания относительной вязкости растворов высокомолекулярных веществ, не взаимодействующих с молекулами растворителя (табл. 1).

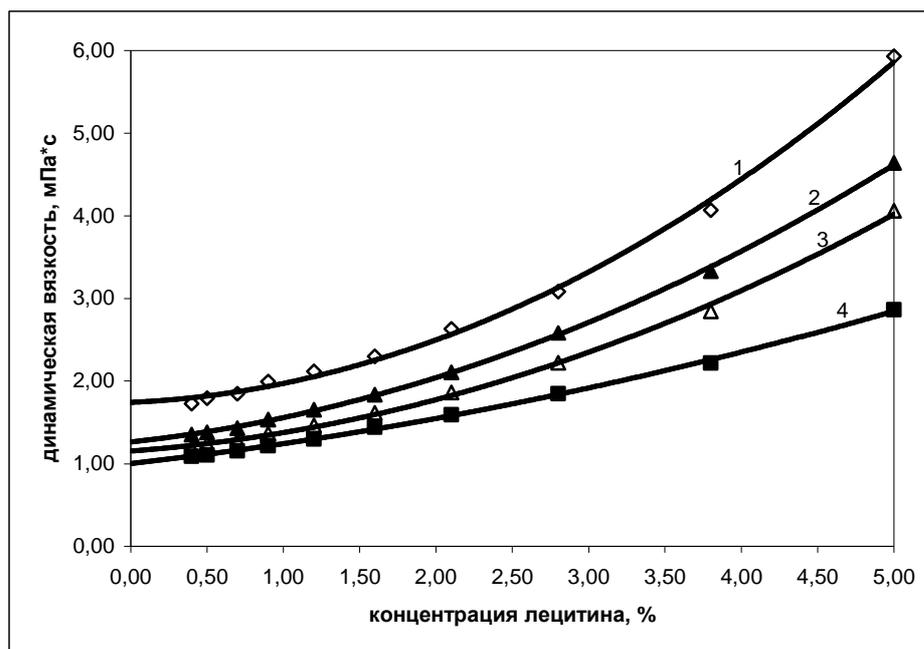


Рис. 2. Зависимость динамической вязкости водных растворов лецитина соевого от концентрации при различных температурах (1–8 °C; 2–16 °C; 3–25 °C; 4–30 °C)

Близость коэффициента K к единице свидетельствует о применимости классического уравнения Эйнштейна к описанию вязкости водных растворов лецитина в данном интервале концентраций. Указанные прямолинейные участки кривых относительной вязкости лецитина при различных температурах практически совпадают. Графическое изображение концентрационных срезов кинематической вязкости водных растворов лецитина (рис. 3) подтверждает вывод о том, что относительная вязкость водных растворов лецитина практически не зависит от температуры в интервале от 8 до 30 °C при концентрации лецитина соевого не выше 2%. Угловые коэффициенты аппроксимирующих линейных зависимостей 1, 2 и 3 (рис. 3) составляют величину порядка $-0,03 - -0,04$ с ошибкой определения, сопоставимой со значениями данных коэффициентов. Это означает, что угловые коэффициенты указанных зависимостей незначимо отличаются от нуля.

Результаты аналитической аппроксимации значений относительной вязкости водных растворов лецитина ($C \leq 2,0\%$) при различных температурах по уравнению $\eta_{отн} = \kappa + \alpha \cdot C$

Температура, °C	Коэффициент κ	Коэффициент α	Коэффициент корреляции
30	1,078	33,346	$R = 0,998$
25	1,033	38,327	$R = 0,997$
16	0,998	40,066	$R = 0,994$
8	1,069	35,391	$R = 0,997$

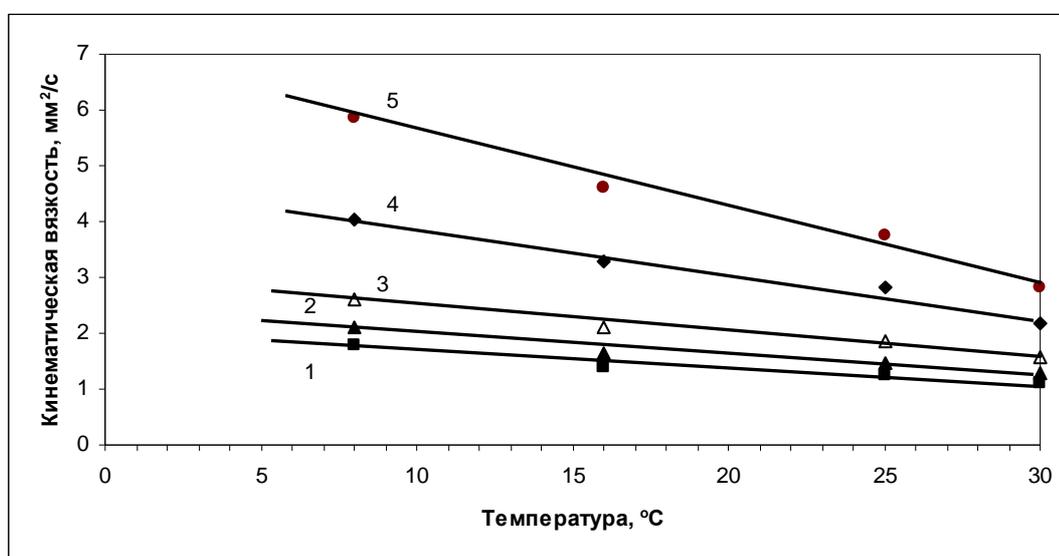


Рис. 3. Концентрационные срезы изменения кинематической вязкости водных растворов лецитина соевого от температуры (1 – 0,5%-ный раствор ($R=-0,97$); 2 – 1,2%-ный раствор ($R=-0,98$); 3 – 2%-ный раствор; 4 – 3,8%-ный раствор ($R=-0,99$); 5 – 5%-ный раствор($R=-0,99$))

При концентрациях лецитина выше 2,5% отклонения концентрационных зависимостей относительной вязкости от линейного закона становятся существенными, и экспериментальные данные при различных температурах удовлетворительно аппроксимируются полиномами второй степени (табл. 2). Линия концентрационного среза 5 для концентрации лецитина 5% имеет угловой коэффициент, значительно отличающийся от нуля ($-0,13 \pm 0,04$).

Таблица 2

Значения полиномиальных коэффициентов для зависимостей относительной вязкости водных растворов лецитина ($C \geq 2,5\%$) при различных температурах

Температура, °С	Коэффициенты полинома второй степени $\eta_{отн} = a + b \cdot C + c \cdot C^2$		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
30	1,129	23,305	362,827
25	1,158	13,864	875,665
16	1,099	19,204	794,961
8	1,222	6,025	1042

Ламеллярные структурные образования, характерные для агрегированного лецитина, имеют выраженную анизодиаметричность, что находит отражение в экспериментально найденных значениях коэффициента α - они на порядок превышают значения, найденные для белков со сферической глобулярной конформацией молекул [1; 3; 4; 6]. Если для водных растворов альбумина и интерферона лейкоцитарного человеческого $\alpha \approx 4$, то для водных растворов лецитина соевого α находится в интервале от 30 до 40. Причем величина коэффициента α претерпевает некоторые изменения в изученном интервале температур 8–30 °С: найденные значения α образуют полупериод периодической кривой (рис. 4). Поскольку изучен небольшой интервал температур, данный вопрос по периодическому изменению свойств требует дальнейших исследований.

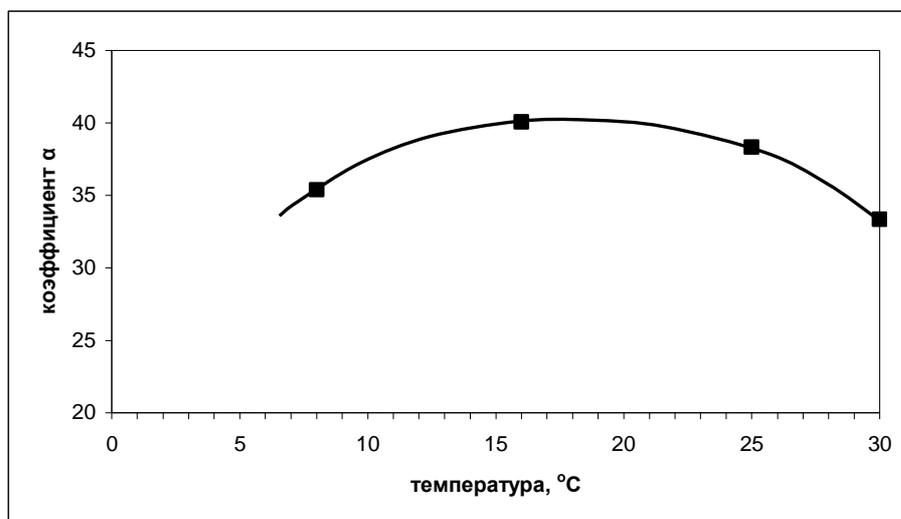


Рис. 4. Влияние температуры на коэффициент α , входящий в уравнение Эйнштейна

Выводы

1. Определены границы применимости уравнения Эйнштейна для описания концентрационных и температурных зависимостей вязкости растворов лецитина соевого. Статистически установлена линейная зависимость между относительной вязкостью раствора и массовой долей лецитина соевого при концентрации менее 2,5%.

2. Полиномиальная зависимость относительной вязкости от концентрации найдена для диапазона концентраций лецитина соевого 2,5–5%.

3. Подтвержден вывод о том, что в биологических системах, включающих молекулы белков и лецитина, значения коэффициентов в уравнении Эйнштейна заложена не только форма частиц вещества в растворе, но и способность молекул к агрегации, ассоциации и сольватации.

Список литературы

1. Евсельева Е.А., Симонян Е.В., Миняева О.А. Определение молекулярных параметров и коллигативных свойств водных растворов альбумина // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – С. 1023.
2. Медведев С.А., Нарышкина С.Л. Эффективность применения лецитиновой ультраэмульсии противотуберкулезных препаратов в лечении впервые выявленных больных туберкулезом легких // Сибирское медицинское обозрение. – 2009. – № 6. – С. 41-45.
3. Миняева О.А., Ботова Д.И., Нелюбина Е.С. Концентрационные зависимости вязкости белковых систем и рефрактометрический анализ растворов белков // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 1797.
4. Миняева О.А., Ботова Д.И., Нелюбина Е.С. Коллигативные свойства растворов интерферона альфа лейкоцитарного человеческого // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. – С. 800.
5. Миняева О.А. Изучение процессов формообразования и эволюции в гелях оксигидратов иттрия и гадолия : дис. ... канд. хим. наук. – Челябинск, 1998.
6. Миняева О.А., Симонян Е.В., Евсельева Е.А., Позднякова Е.С., Музафарова А.Р., Саедгалина О.Т. Совершенствование способов контроля качества белка в препаратах иммуноглобулина // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 1. – С. 364.
7. Поляк Р., Катун Р. Иммуноглобулины / под ред. Г. Литмена, Р. Гуда. – М. : Мир, 2001. – 495 с.
8. Физическая и коллоидная химия : учеб. для фармац. вузов и факультетов / под ред. проф. Беяева А.П. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 700 с.
9. Шатохина С.Д., Шабалин В.Н. Аутоволновые процессы в сыворотке крови // Альманах клинической медицины. – 1999. – № 2. – С. 354-363.
10. Шульц Г., Ширмер Р. Принципы структурной организации белков / под ред. Е.М. Попова. – М. : Мир, 1999. – 355 с.

Рецензенты:

Смолко В.А., д.т.н., профессор, ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет), г. Челябинск;

Колесников О.Л., д.м.н., профессор, ГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный медицинский университет», г. Челябинск.