

Функционал (29) с учетом (26) и (25) для отдельного конечного элемента на шаге нагружения принимает вид

$$\Pi_L \equiv \left\{ \Delta \varepsilon_y \right\}_{1 \times 48}^T \int_V [G]^T [D] [B] dV \left\{ w_y \right\}_{24 \times 1} + \left\{ w_y \right\}_{1 \times 24}^T [K_H] \left\{ w_y \right\}_{24 \times 1} - \frac{1}{2} \left\{ \Delta \varepsilon_y \right\}_{1 \times 48}^T \int_V [G]^T [D] [G] dV \left\{ \Delta \varepsilon_y \right\}_{48 \times 1} - \frac{1}{2} \left\{ w_y \right\}_{1 \times 24}^T \int_S [A]^T \left\{ \Delta p \right\}_{24 \times 3} dS - \left\{ w_y \right\}_{1 \times 24}^T \int_S [A]^T \left\{ p \right\}_{24 \times 3} dS + \left\{ w_y \right\}_{1 \times 24}^T \int_V [B]^T \left\{ \sigma \right\}_{24 \times 6} dV = 0, \quad (30)$$

где $[K_H]_{24 \times 24}$ – матрица от нелинейной части приращения деформаций.

Минимизируя функционал (30) по узловым неизвестным $\left\{ \Delta \varepsilon_y \right\}^T$ и $\left\{ w_y \right\}^T$, получим систему уравнений

$$\frac{\partial \Pi_L}{\partial \left\{ \Delta \varepsilon_y \right\}^T} = -[H] \left\{ \Delta \varepsilon_y \right\}_{48 \times 1} + [Q] \left\{ w_y \right\}_{24 \times 1} = 0; \quad \frac{\partial \Pi_L}{\partial \left\{ w_y \right\}^T} = [Q]^T \left\{ \Delta \varepsilon_y \right\}_{24 \times 48} + [K_H] \left\{ w_y \right\}_{24 \times 1} + \left\{ f \right\}_{24 \times 1} = 0, \quad (31)$$

$$\text{где} \quad [Q] = \int_V [G]^T [D] [B] dV; \quad [H] = \int_V [G]^T [D] [G] dV; \quad \left\{ f \right\}_{24 \times 1} = \int_S [A]^T \left\{ \Delta p \right\}_{24 \times 3} dS - \int_V [B]^T \left\{ \sigma \right\}_{24 \times 6} dV + \int_S [A]^T \left\{ p \right\}_{24 \times 3} dS.$$

Систему (31) можно представить в традиционной конечно-элементной форме

$$[k] \left\{ Z_y \right\}_{72 \times 1} = \left\{ F \right\}_{72 \times 1}, \quad (32)$$

где $[k]_{72 \times 72} = \begin{bmatrix} -[H] [Q] \\ [Q]^T [K_H] \end{bmatrix}_{\begin{matrix} 48 \times 48 & 48 \times 24 \\ 24 \times 48 & 24 \times 24 \end{matrix}}$ – матрица деформирования конечного элемента;

$\left\{ Z_y \right\}_{1 \times 72}^T = \left\{ \left\{ \Delta \varepsilon_y \right\}_{1 \times 48}^T \left\{ w_y \right\}_{1 \times 24}^T \right\}$ – вектор узловых неизвестных конечного элемента;

$\left\{ F \right\}_{1 \times 72}^T = \left\{ \left\{ 0 \right\}_{1 \times 48}^T \left\{ f \right\}_{1 \times 24}^T \right\}$ – вектор узловых усилий конечного элемента на шаге нагружения.

Для формирования матрицы деформирования всей конструкции используется традиционная процедура МКЭ [3].

Список литературы

1. Седов Л.И. Механика сплошной среды. – т.1. – М.: Наука, 1976. – 536 с.
2. Гуреева Н.А. Восьмиугольный объемный конечный элемент в смешанной формулировке на основе функционала Рейсснера // Изв. вузов: Машиностроение. – М.: МГТУ, 2007. – №5. – С. 23-28.
3. Постнов В.А., Хархурим И.Я. Метод конечных элементов в расчетах судовых конструкций. – Л.: Судостроение, 1974. – 344 с.

Фармацевтические науки

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ЭМУЛЬСИЙ ФОСФОЛИПИДАМИ

Пантюхин А.В., Пантюхина Е.В., Мухаметова К.Ф.

ГБОУ ВПО «Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского Минздрава России», Саратов, e-mail: pav74@yandex.ru

Обоснованы и оптимизированы физико-химические методы исследования свойств поверхностно активных веществ сложного состава. Изучены основные поверхностно-активные свойства фосфолипидов из растительных объектов с целью их использования в лекарственных формах в качестве поверхностно-активных веществ. Разработан способ расчета насыщения поверхностно активным веществом поверхность раздела фаз в эмульсиях и способ расчета оптимального количества эмульгатора для получения эмульсий с заданным размером частиц.

Эмульсии как лекарственная форма удобна в применении и сочетает в себе много достоинств, среди которых наиболее важные это возможность корректирования и высокая биологическая доступность. Главным недостатком эмульсий является кинетическая неустойчи-

вость и процессы деструкции в присутствие влаги. Одним из возможных вариантов повышения кинетической стабильность является повышение вязкости. Эмульсии с высокой вязкостью: линименты, мази, крема, эмульгели, суппозитории и т.п. выпускаются фармацевтической промышленностью и зарекомендовали себя как лекарственные средства с высокими потребительскими свойствами и биологической доступностью. Что касается эмульсий с низкой вязкостью, предназначенные для внутреннего, перорального и др. видов применения, то в данном случае можно отметить об ограниченном ассортименте, состоящим из нескольких наименований. Основная проблема создания таких лекарственных форм является отсутствие научно обоснованных подходов к разработке гетерогенных систем, в т.ч. эмульсий [3, 5].

На первом этапе разработке эмульсий необходимо сформировать цель исследований на основании технического задания и анализа материала. На этом основании делается вывод о виде лекарственной формы и требованиях к ним: эмульсия для наружного или внутреннего применения, парентерального питания, дозировки препарата. При этом учитывается дозировка лекарственных веществ, их физико-химические

свойства: является вещество несмешиваемой жидкостью или твердое веществ, растворимое в одной из гетерогенных фаз. В соответствии ГФ, если нет других указаний, эмульсии М/В готовят в концентрации 10%.

На следующем этапе проводится отбор ПАВ с учетом назначения эмульсии. Из отобранных ПАВ готовятся образцы эмульсий, каждый образец исследуется на кинетическую устойчивость, термостабильность, дисперсионный анализ фракционного состава. В дальнейшем наиболее стабильные образцы оптимизируют состав на основании реологических показателей и насыщенности поверхности раздела фаз. На основании полученных показателей оптимизируется концентрация и состав ПАВ, при необходимости реологические свойства корректируются добавлением ВМС.

На третьем этапе проводится доработка состава до нужных потребительских свойств: добавляются консерванты, стабилизаторы перекисного окисления, а также вкусо-ароматические добавки. Оптимизируется технологическая схема производства применительно к промышленным условиям с разработкой соответствующей нормативно-технической документации. Заключительным этапом является проведение фармакологических исследований разработанной лекарственной формы.

При разработке гетерогенных систем приходится сталкиваться с выбором поверхностно активных веществ (ПАВ). Однако большинство ПАВ обладает комплексом побочных неблагоприятных воздействий на организм человека. Одним из вариантов снижения токсичности ПАВ в лекарственных формах и биологически активных добавках для перорального применения использование веществ природного происхождения. К ним можно отнести наиболее известные и достаточно часто используемые ПАВ природного происхождения такие как: фосфолипиды, сапонины, полипептиды и аминокислоты, полисахариды. Для большинства этих веществ характерно отсутствие побочного действия на организм человека, некоторые поверхностно активные вещества обладают собственной терапевтической активностью, кроме того большинство таких ПАВ легко утилизируются в организме. Основной проблемой в использовании ПАВ природного происхождения является их сложный многокомпонентный и непостоянный химический состав, из-за которого достаточно сложно определить многие физико-химические показатели необходимые для создания и производства лекарственных форм.

Цель исследования. Выделение отдельных компонентов из природного комплекса отдельных компонентов ПАВ значительно повышает стоимость лекарственных форм. В тоже время использование природного комплекса ПАВ, например комплекс фосфолипидов, затруднитель-

но из-за сложного состава и отсутствия методов по оценке поверхностно активных свойств. Отсутствуют также способы определения насыщенности раздела фаз в эмульсиях эмульгатором и расчета оптимального количества ПАВ для получения эмульсий с заданными характеристиками. Поэтому основной целью настоящего исследования является разработка и адаптация методов физико-химических исследований для выяснения свойств ПАВ представляющих собой сложные природные комплексы веществ.

Материалы и методы исследования. Одним из таких широко используемых ПАВ природного происхождения в пищевой промышленности является фосфолипиды. В связи, с чем целью и задачей настоящего исследования является изучение поверхностно-активных свойств фосфолипидов с целью использования в качестве эмульгатора в технологии лекарственных форм, БАД к пище и косметических средств. В качестве объектов исследования нами использовался концентрат фосфолипидов сои в соевом масле. Данный концентрат вырабатывается из сои и представляет концентрированный раствор комплекса фосфолипидов, который широко используется в пищевой и косметической промышленности как эмульгатор, для получения липосом, очищенные фосфолипиды как БАД к пище для лечения и профилактики заболеваний печени. В организме фосфолипиды служат в качестве строительного материала для построения клеточных мембран и легко утилизируются. На этих свойствах основано его применение в терапии и профилактике заболеваний печени [4]. Получают фосфолипиды из различных видов растительного и животного сырья: из семян или ростков сои или кукурузы, мозгов животных, яичных желтков и др. По внешнему виду это маслянистые жидкости различной консистенции вплоть до густой мазеобразной массы от светло желтого до темно коричневого цвета. По химической структуре фосфолипиды напминают жиры, в отличие от которых один остаток глицерина замещен остатком фосфорной кислоты этерифицированной аминоспиртом: холином, серином, инозитолом и др. Изомерия обусловлена изменяемым составом жирных кислот и положением остатка жирной кислоты у различных спиртовых радикалов глицерина. Фосфолипидам всегда сопутствует фосфатид – кефалин у него – первичный аминоспирт коламин. Фосфолипиды вызывает значительное понижение поверхностного натяжения и образует стойкие эмульсии типа М/В. Для эксперимента использовался очищенный комплекс фосфолипидов сои из концентрата. Очистка осуществлялась многократным, последовательным осаждением фосфолипидов из хлороформного раствора ацетоном. В результате установлено содержание очищенных фосфолипидов в соевом концентрате, который составил 74% [5, 6]. В проведенном

исследовании изучался механизм образования эмульсии из семян тыквы и влияние фосфолипидов на процесс образования эмульсии. Семена Тыквы (*Semina Cucurbitae*) – зрелые, очищенные от остатков околоплодника и высушенные без подогрева. Действие масла из семян тыквы обусловлено входящими в их состав биологически активными веществами: каротиноиды, токоферолы (альфа-, бета-, гамма-, сигма- изомеры), фосфолипиды, стерины, фосфатиды, флавоноиды, витамин А, витамин Е, витамин F, витамин группы В, витамин С, витамин РР, насыщенные, ненасыщенные и полиненасыщенные жирные кислоты (пальмитиновая, стеариновая, олеиновая, линолевая, линоленовая, арахидоновая), минеральные соединения, микроэлементы. Высокое содержание токоферолов и каротиноидов оказывает выраженное антиоксидантное действие, угнетающее процессы перекисного окисления липидов в биологических мембранах.

Образцы эмульсии диспергированием в лабораторном блендере (USA) со стаканом SAS-30. Размер частиц определяли согласно ГФ XI изд., доработанный нами применительно к эмульсии: 1 каплю помещали с помощью пипетки на часовое стекло, разводили 1,5–2,0 мл 2% раствора желатина и тщательно перемешивали. Для анализа одной серии проводили не менее 5 определений средней пробы, под микроскопом просматривали не менее 500 частиц основной и сопутствующей фракции. Поверхностное натяжение определяли по методу капиллярного поднятия. Фракционный состав эмульсий, размер частиц и поверхностное натяжение определяли с помощью графического редактора, анализируя соответствующие цифровые фотографии образцов эмульсии сравнительно с эталоном и разработанной расчетной таблицей выполненной в МО Excel. Фотографии получали цифровой фотокамерой Olimpus 12 Мп в режиме «supermacro» и микроскопа Биолам С11. Определение содержания масла в семенах тыквы в соответствии с рекомендациями [4, 5, 6], адаптированными для настоящего исследования: навеска семян тыквы 30,0 г экстрагировали на аппарате Сокслета 80 мл хлороформа по 2 часа с интервалом в 20 часов. Затем полученное хлороформное извлечение из аппарата Сокслета, ополаскивали дважды хлороформом по 5-8 мл и переносили в мерную колбу на 100 мл, доводили до метки. Содержание масла определяли высушиванием 50 мл хлороформного извлечения в сушильном шкафу при температуре 100-105 °С до постоянной массы. Содержание фосфолипидного комплекса определяли методом осаждения из оставшихся 50 мл хлороформного извлечения семян тыквы 5 кратным объемом ацетона. Осадок фосфолипидов отделяли, высушивали при температуре 60-65 °С до постоянной массы [7, 2].

Содержание экстрактивных веществ в процентах (X) в пересчете на абсолютно сухое сырье вычисляли по формуле:

$$X = (m \cdot 50 \cdot 100 \cdot 100) / (m_1 \cdot 100 \cdot (100 - W)),$$

где m – масса сухого остатка в граммах; m_1 – масса сырья в граммах; W – потеря в массе при высушивании сырья в процентах.

Результаты исследования и их обсуждение. Одной из основных характеристик эмульгатора как ПАВ является гидрофильно-липофильный баланс (ГЛБ). Существует ряд методов определения ГЛБ эмульгатора, среди которых можно выделить методы связанные с теоретическим расчетом геометрии молекулы эмульгатора и экспериментальные, основанные на исследовании поверхностно активных свойств веществ [1, 2, 7]. В связи с тем, что объектом исследования служит не индивидуальное вещество, а комплекс веществ, с этой целью использовали метод титрования эмульгатора в системе диоксан:бензол [4, 8].

Метод исследования заключается в следующем: в стаканчике для титрования готовят модельные смеси по 0,5 г, состоящих из двух эмульгаторов с известным значением ГЛБ. В качестве эталона использовали олеиновую кислоту с ГЛБ = 1,0 и Na – лаурил сульфат с ГЛБ = 40. ГЛБ полученных смесей рассчитывали по формуле:

$$\text{ГЛБ}_{\text{смеси}} = \frac{K_1 \cdot \text{ГЛБ}_1 + K_2 \cdot \text{ГЛБ}_2}{K_1 + K_2}, \quad (1)$$

где ГЛБ_1 и ГЛБ_2 известные значения ГЛБ; K_1 и K_2 – количество эмульгаторов взятых для приготовления смесей.

Затем к модельной смеси эмульгаторов добавляют по 50,0 мл системы для титрования, состоящей из диоксана и бензола в соотношении 96:4. Полученный раствор эмульгаторов в бензоле титруют водой до появления устойчивого помутнения. Количество воды, пошедшей на титрование, называется «водное число» табл. 1.

Таблица 1
Результаты определения водного числа модельных смесей эмульгаторов

Номер смеси	Состав смеси в %		ГЛБ модельной смеси	Водное число
	Кислота олеиновая	Na – лаурил сульфат		
1	100	0	1,0	10
2	90	10	4,9	14,1
3	70	30	12,7	22,2
4	60	40	16,6	25,8
5	40	60	24,4	34,4
6	30	70	28,3	38,6
7	10	90	36,1	46,1
8	0	100	40,0	50,8

По полученным данным строят калибровочный график зависимости «водного числа» от ГЛБ модельных смесей эмульгаторов. Затем титруют по выше описанной методике 0,5 г исследуемого вещества и по определенному водному числу из калибровочного графика находят значение ГЛБ. После чего по найденному значению ГЛБ и классификации по Гриффину, приведенной в табл. 2, относят вещество к той или иной группе поверхностно – активных веществ. Результаты определения ГЛБ комплекса фосфолипидов сои и эмульгирующей композиции приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты исследования ГЛБ фосфолипидов

Объект	Мл пошедшее на титрование объектов	ГЛБ
Фосфолипиды	18,3	9,5
Эмульгирующая композиция лецитин:глицирам 8:0,5	21,9	12

Из полученных экспериментальных данных следует, что по классификации Гриффина комплекс фосфолипидов сои относится к эмульгаторам стабилизирующим эмульсии прямого типа. Для создания устойчивых эмульсий исследовалась композиция состоящая из фосфолипидов и глицирама, которая также соответствует необходимому уровню гидрофильно-липофильного баланса для эмульсий типа М/В.

Следующим параметром, характеризующим ПАВ, является показатели мицеллообразования. Причиной мицеллообразования является наличие в молекуле сильно полярной группы и гидрофобного радикала. Одна из групп обуславливает тенденцию к растворимости, другая – препятствует ей. При образовании конгломератов возникает энергетически наиболее выгодное состояние системы: гидрофильные группы окружены гидрофильными, а гидрофобные – гидрофобными, аналогично тому, как при адсорбции в системе жидкость – газ или жидкость – жидкость.

Предел истинной растворимости или концентрация, при которой появляются мицеллы, называется критической концентрацией мицеллообразования (ККМ) [1]. Различают два вида ККМ – это ККМ₁, когда образуются мицеллы сферической формы и ККМ₂ характеризующее образование мультимембранных слоев из мицелл. Метод заключается в измерении поверхностного натяжения растворов ПАВ с различной концентрацией, по полученным данным строится график отражающий зависимость поверхностного натяжения от концентрации, которое составило 0,6% фосфолипидов,

ККМ₂ – 2,0%, ККМ₃ – 5%, т.е. можно предположить, что в концентрации фосфолипидов от 0,6 до 2% происходит образованием мицелл, от 2 до 6% гексагональных структур и при концентрации выше 6% фосфолипиды образуют ламилярные структуры, придающие гетерогенным системам высокую стабильность.

Кроме определения некоторых физико-химических свойств, как показывает практика стабилизации гетерогенных систем необходим расчет количества ПАВ, который часто проводится экспериментально без обоснования с точки зрения коллоидной системы. Представленные расчеты основаны на том, что процесс эмульгирования обратим: так, при эмульгировании наряду с разрушением капель происходит их коалесценция, но в начале процесса преобладает дробление капель на более мелкие, а затем наступает равновесие между двумя процессами и в дальнейшем размер частиц не изменяется. Равновесие, следуя данному условию, равновесие может быть сдвинуто с увеличением содержания эмульгатора, которое должно привести к уменьшению размера частиц дисперсной фазы, следовательно, к повышению стабильности эмульсии.

Таблица 3

Результаты количественного определения масла и фосфолипидов в семенах тыквы

№ п/п	Найдено, %	Метрологические характеристики
Содержание масла		
1.	43,71	$\bar{X} = 43,29$ $S_{\bar{X}} = 1,1472$ $\Delta\bar{x} = 0,4336$ $\epsilon_{\alpha} = 2,57$
2.	44,56	
3.	41,88	
4.	43,35	
5.	42,51	
6.	44,82	
7.	42,21	
Содержание фосфолипидов		
1.	15,95	$\bar{X} = 17,29$ $S_{\bar{X}} = 0,9024$ $\Delta\bar{x} = 0,3411$ $\epsilon_{\alpha} = 5,07$
2.	17,33	
3.	18,27	
4.	18,35	
5.	17,76	
6.	16,89	
7.	16,50	

Принцип расчета заключается в определении размера частиц в эмульсиях с разным количеством эмульгатора, затем проводится ряд расчетов: усреднение размера частиц в каждой фракции, расчет среднего размера частиц и их количество в 1 г эмульсии, 1-й частицы общую приведенную поверхность частиц (см²) и поверхность раздела фаз. С этой целью нами предварительно установлено содержание масла и фосфо-

липидов в семенах тыквы, объектом сравнения служили очищенные фосфолипиды сои.

Содержание масла в семенах тыквы в анализируемом образце составило 43,3%, содержание фосфолипидов 17,3%, т.е. содержание фосфолипидов в масле из семян тыквы 39,9%.

Для обоснования необходимого количества эмульгатора в эмульсии определяется величина предельной адсорбции эмульгатора на поверхности раздела фаз Γ_{\max} . Расчет проводится с использованием метода Кремнева, в соответствии с которым:

$$\Gamma_{\max} = \frac{X}{S_{\text{общ}}}, \quad (2)$$

где $S_{\text{общ}}$ – общая поверхность раздела фаз $\text{см}^2/\text{г}$; X – количество эмульгатора в $\text{мг}/\text{г}$ эмульсии.

Принцип расчета заключается в:

1. Усреднение размера частиц в каждой фракции

$$D_{\text{cp}} = \frac{D_{\min} + D_{\max}}{2}. \quad (3)$$

2. Расчет среднего приведенного размера частиц по среднему арифметическому

$$D_{\text{ср.ар}} = \frac{n_1 \cdot D_1 + n_2 \cdot D_2 + \dots + n_n \cdot D_n}{n_1 + n_2 + \dots + n_n}, \quad (4)$$

где D_1 – средний размер частиц фракции 1; n_1 – количество частиц этой же фракции.

3. Расчет количества частиц в 1 г эмульсии (шт./г)

$$N = \frac{6 \cdot V}{\pi \cdot (D_{\text{ср.ар}})^3}. \quad (5)$$

4. Расчет поверхности 1-й частицы с учетом среднего приведенного размера (см^2)

$$S = \pi \cdot (D_{\text{ср.ар}})^2. \quad (6)$$

5. Общая поверхность частиц (см^2), поверхность раздела фаз

$$S_{\Sigma} = S \cdot N. \quad (7)$$

Данные для расчетов использованы из табл. 3 результаты расчетов представлены в табл. 4.

Таблица 4

Результаты определения предельной адсорбции

Образец эмульсии	$D_{\text{ср.ар}}, \text{см}^3 \cdot 10^{-8}$	$N, \text{шт./г} \cdot 10^{18}$	$S_{\Sigma}, \text{см}^2/\text{г} \cdot 10^5$	$\Gamma_{\max}, \text{мг}/\text{см}^2 \cdot 10^{-8}$
5 т.об./мин	23,44	6,711	11,58	14,68
10 т.об./мин	2,96	3325,8	91,63	1,855
15 т.об./мин	1,728	16750,7	157,07	1,0823

Из табл. 4 видно, что с увеличением скорости перемешивания при диспергировании в ступке и в блендере с 5 до 10 т.об./мин происходит значительное увеличение степени дисперсности эмульсии. Увеличение скорости перемешивания в блендере с 10 до 15 т.об./мин не приводит к такой эффективности. Данное явление связано с тем, что все вещества поверхностно активные вещества из семян тыквы расходуется на образование защитных оболочек на каплях масла, и наступившее равновесие не позволяет получить эмульсию с более высокой степенью дисперсности.

Заключение. Сопоставляя данные полученные ранее на примере эмульсии винилина где Γ_{\max} составило $1,174 \cdot 10^{-8}$ и Γ_{\max} эмульсии семян тыквы равно $1,082 \cdot 10^{-8}$ можно сделать вывод о том, что основным поверхностно-активным веществом, стабилизирующим эмульсию семян тыквы является комплекс фосфолипидов [6]. Влияние других поверхностно-активных веществ, содержащихся в семенах тыквы: полисахариды, пептиды и др., можно считать незначительным. Данное явление подтверждено

на исследовании поверхностного натяжения в эмульсии составило 54,28 и 49,54 мПа·с в гомогенезате из обезжиренных семян.

Список литературы

- Абрамзон А.А. Поверхностно-активные вещества. – Л.: Химия, 1975. – 250 с.
- Биохимия липидов: практикум для студентов биологических факультетов по специальности 1-310101 – 05 «Биохимия» / сост. Н.М. Орел. – Минск: БГУ, 2007. – 35 с.
- Дякина Т.А., Деркач С.Р., Левачев С.М. Концентрированные эмульсии на основе смесей желатинины с фосфолипиды: реологические свойства // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 2. химия. – 2004. – Т. 45, № 1.
- Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии / под ред. Ю.Г. Фролова, А.С. Гродского. – М.: Химия, 1986. – 216 с.
- Малявина В.В., Томилина С.А., Сампиев А.М. Разработка технологии фитосфосфолипидов медицинского применения из побочных продуктов производства подсолнечного масла. Сообщение 2. Обогащение липидного комплекса лецитиновой фракцией // Кубанский научный медицинский вестник. – 2007. – № 6. – С. 18-23.
- Пантюхин А.В., Петров А.Ю. Разработка и изучение стабильности фармацевтических эмульсий на примере эмульсии винилина // Вестник новых медицинских технологий (Тула). – 2005. – Т. 12, № 3-4. – С. 102.
- Препаративная биохимия липидов / под ред. Л.Д. Бергельсона, Э.В. Дятловской. – М., 1981. – 132 С.
- Шукин Е.Д. Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия. – М.: Химия, 1992.