



НАУЧНЫЙ
ФОРУМ
nauchforum.ru

ISSN 2541-8386



№7(80)

НАУЧНЫЙ ФОРУМ:
МЕДИЦИНА, БИОЛОГИЯ
И ХИМИЯ

МОСКВА, 2025



НАУЧНЫЙ ФОРУМ: МЕДИЦИНА, БИОЛОГИЯ И ХИМИЯ

*Сборник статей по материалам LXXX международной
научно-практической конференции*

№ 7 (80)
Сентябрь 2025 г.

Издается с ноября 2016 года

Москва
2025

УДК 54/57+61+63

ББК 24/28+4+5

НЗ4

Председатель редакционной коллегии:

Лебедева Надежда Анатольевна – доктор философии в области культурологии, профессор философии Международной кадровой академии, член Евразийской Академии Телевидения и Радио.

Редакционная коллегия:

Арестова Инесса Юрьевна – канд. биол. наук, доц. кафедры биоэкологии и химии факультета естественнонаучного образования ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева», Россия, г. Чебоксары;

Кван Ольга Вилориевна – д-р биол. наук, заведующий отделом, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук;

Севостьянова Ольга Игоревна – канд. биол. наук, доцент, руководитель управления инновационных образовательных программ Ставропольского государственного аграрного университета, г. Ставрополь;

Шейда Елена Владимировна – доктор биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории биологических испытаний и экспертиз ФГБНУ Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологии РАН.

НЗ4 Научный форум: Медицина, биология и химия: сб. ст. по материалам LXXX междунар. науч.-практ. конф. – № 7 (80). – М.: Изд. «МЦНО», 2025. – 34 с.

ISSN 2541-8386

Статьи, принятые к публикации, размещаются на сайте научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU.

ISSN 2541-8386

ББК 24/28+4+5

© «МЦНО», 2025

Оглавление

Биология	5
Раздел 1. Общая биология	5
1.1. Природопользование	5
ПРИЖИВАЕМОСТЬ ГРУШИ СОРТА АЗАМАТ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМАХ ПОСАДКИ И НА РАЗНЫХ ПОДВОЯХ Пулатов Азиз Аллаёр угли Ёкубов Хисрав Толиб угли	5
Раздел 2. Физикохимическая биология	11
2.1. Биотехнологии	11
СТАБИЛЬНОСТЬ ТВОРОЖНОГО ПРОДУКТА С КОЛЛАГЕНСОДЕРЖАЩИМ КОНЦЕНТРАТОМ ПРИ ХРАНЕНИИ Жарыкбасова Клара Сауыковна	11
Медицина и фармацевтика	18
Раздел 3. Клиническая медицина	18
3.1. Кардиология	18
ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ЦИРКУЛИРУЮЩИХ ИММУННЫХ КОМПЛЕКСОВ У ПАЦИЕНТОВ СО СТАБИЛЬНОЙ СТЕНОКАРДИЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО КЛАССА Антонович Мария Николаевна Саттаров Ренат Маратович Антонович Любовь Леонидовна Вашкевич Татьяна Александровна Абражевич Екатерина Константиновна Верховская Наталия Александровна	18

Химия	25
Раздел 4. Химия	25
4.1. Физическая химия	25
ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ НА МОРФОЛОГИЮ И СВОЙСТВА СУСПЕНЗИЙ НА ОСНОВЕ ЗОЛЕЙ КРЕМНИЕВОЙ КИСЛОТЫ	25
Бондарева Алевтина Михайловна	
Пашкин Игорь Иванович	
Борисова Надежда Юрьевна	
Крылов Александр Владимирович	

БИОЛОГИЯ

РАЗДЕЛ 1.

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

1.1. ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

ПРИЖИВАЕМОСТЬ ГРУШИ СОРТА АЗАМАТ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМАХ ПОСАДКИ И НА РАЗНЫХ ПОДВОЯХ

Пулатов Азиз Аллаёр угли

*д-р филос. по сельскохозяйственным наукам,
ст. науч. сотр., начальник отдела,
Научно-исследовательский институт садоводства,
виноградарства и виноделия
им. академика Махмуда Мирзаева,
Узбекистан, г. Ташкент*

Ёкубов Хисрав Толиб угли

*докторант,
Научно-исследовательский институт садоводства,
виноградарства и виноделия
им. академика Махмуда Мирзаева,
Узбекистан, г. Ташкент*

Аннотация. В данной статье изучена приживаемость перспективного сорта груши Азамат при различных схемах посадки и прививки на разные подвои. В результате проведенных исследований выявлено, что при прививке на различные подвои наибольшая приживаемость почек наблюдалась у подвоев Айва-А (контроль) и БА-29. При посадке по схеме 90х20 см на подвое Айва-А (контроль) приживаемость сорта

Азамат составила 88,0 %. При посадке и прививке по схеме 90x20 см на подвое БА-29 приживаемость сорта составила 81,6 %.

Abstract. This article examines the survival rate of the promising Azamat pear variety under different planting schemes and grafting onto different rootstocks. As a result of the research, it was revealed that when grafted onto different rootstocks, the highest bud take was observed in the Quince-A (control) and BA-29 rootstocks. When planted according to the 90x20 cm scheme on the Quince-A (control) rootstock, the survival rate of the Azamat variety was 88.0 %. When planted and grafted according to the 90x20 cm scheme on the BA-29 rootstock, the survival rate of the variety was 81.6 %.

Ключевые слова: подвое, сорт, Айва-А, Айва-С, БА-29.

Keywords: rootstock, variety, Quince-A, Quince-C, BA-29.

Введение. В последние годы в связи с постоянным ростом населения в мире из года в год увеличивается спрос на продукты питания, в частности, на сельскохозяйственную продукцию. В результате, выращивание различных сельскохозяйственных культур, увеличение их объемов и постоянное обеспечение фруктами и овощами стали важным требованием современности.

По данным ФАО («ФАО» – продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций), на сегодняшний день в мире существуют грушевые плантации общей площадью 1,42 млн. гектаров, на которых в среднем ежегодно выращивается до 26,3 млн. тонн груш. Создание маточных садов из этих выращиваемых сортов груш, размножение отобранных сортов путем прививки и выращивание саженцев являются важными составляющими производственного процесса на сегодняшний день [5, с. 21].

При выращивании плодовых саженцев, прежде всего, необходимо учитывать правильное соединение тканей подвоя и привоя в летне-осенний период, определять скорость активности камбиального слоя, обладающего свойством быстрого роста под корой растения, и устанавливать оптимальные сроки окулировки в данный период. Также для повышения качества приживаемости привитых почек, их сохранности в зимний период и увеличения выхода стандартных саженцев необходимо прививать почки сортов груши на подвои в условиях Узбекистана в период с 20 августа по 15 сентября [1, с. 59–60].

При прививке плодовых деревьев к слаборослым подвоям, как правило, улучшается качество плодов, их средняя однородность, повышается сахаристость, их окраска приобретает привлекательный вид. При этом яблоневые сады, выращенные на низкорослых подвоях, при

надлежащем уходе дают высококачественный урожай: 90–95 % от общего объема собранного товара составляют стандартные плоды, в том числе 80 % – плоды первого сорта. В европейских странах слаборослые подвой используются по-разному в различных местностях, особенно широко они распространены в Англии, Франции, Италии, Нидерландах, Бельгии, Германии и Испании [1, с. 59–60; 7, с. 21].

В настоящее время 87 % семечковых садов в Нидерландах и на юге Франции выращиваются на низкорослых вегетативно размножаемых подвоях. В последние годы в США 55–60 % семечковых садов выращиваются на вегетативных клоновых подвоях. В Канаде также уделяется большое внимание выращиванию плодовых деревьев на низкорослых вегетативных подвоях. Сады, выращенные на среднерослых и низкорослых вегетативных подвоях, также распространены в Австралии и проникли в страны Латинской Америки [7, с. 21].

По наблюдениям И.М. Куликова и О.З. Метлицкого, при анализе опыта других стран выявлено, что 80 % садов на юге Голландии и Франции выращиваются на низкорослых вегетативно размножаемых подвоях [4, с. 99–112].

По данным В.И. Кашина, в последние годы в США 40–50 % семечковых плодовых садов выращиваются на вегетативных клоновых подвоях. В Канаде также уделяется большое внимание выращиванию плодовых деревьев на низкорослых вегетативных подвоях. Сады, выращенные на среднерослых и низкорослых вегетативных подвоях, также распространены в Австралии и постепенно проникают в страны Латинской Америки [3, с. 182–188].

Анализ научных публикаций исследователей по разработке технологии выращивания яблонь и груш на низкорослых подвоях в условиях Узбекистана приводит авторов данной статьи к следующим выводам [2, с. 24], при выборе и рекомендации низкорослых подвоев в нашей стране и других плодородческих регионах из коллекции Моллинга-Мертоня ряд ученых – В.И. Будаговский, С.Н. Степанов, А.А. Рыбаков, О.К. Афанасьев и другие – предоставили обширную информацию по изучению сроков посадки маточника, сроков прививки на первом поле питомника, определению выхода стандартных саженцев со второго поля питомника. Однако, несмотря на это, научные исследования в этой области в условиях Узбекистана изучены недостаточно, что указывает на необходимость более глубокого изучения данных работ [6, с. 47–51]. Анализ материалов, приведенных библиографических источников, показывает, что исследование и научное обоснование методов размножения саженцев груши на клоновых подвоях является весьма актуальным направлением в данной области сельского хозяйства.

Результаты и обсуждение. Авторами статьи изучена приживаемость почек груши сорта Азамат на подвоях, посаженных по разным схемам посадки. В качестве схем посадки подвоев были выбраны следующие: 90х15 см и 90х20 см. Данные схемы посадки являются наиболее оптимальными для выращивания груш в нашей республике. По результатам исследований, при изучении распускания почек на груше сорта Азамат, привитой на подвой Айва-А (контроль), установлено, что при схеме посадки 90х15 см из 500 почек прижились 416, то есть приживаемость составила 83,2 % (см. таблицу 1).

Во втором варианте исследований было установлено, что показатели набухания почек груши сорта Азамат, привитой на подвой Айва-А при схеме посадки 90х20 см, составили 440 из 500, то есть 88,0 % почек набухло. В результате этих исследований выявлено, что при схеме посадки 90х20 см можно получить более качественные саженцы подвоев.

Таблица 1.

Приживаемость сорта груши Азамат, привитого на подвой Айва-А (контроль) при различных схемах посадки

(Полевые испытания, Самаркандская область, Самаркандская НОС, 2024 г.)

№	Сорта груш	Количество привитых, шт.	Количество прижившихся, шт.	Приживаемость, %
<i>Схема посадки 90х15 см</i>				
1.	Азамат	500	416	83,2
<i>Схема посадки 90х20 см</i>				
2.	Азамат	500	440	88,0

При определении набухаемости сортов груш, привитых на подвой БА-29 при схеме посадки 90х15 см, было выявлено, что у сорта груши Азамат 206 из 300, то есть 68,6 % почек набухли. В исследованиях при определении набухаемости у сорта Азамат, привитого на подвой БА-29 при схеме посадки 90х20 см, было обнаружено, что 245 из 300, то есть 81,6 % почек набухли (см. таблицу 2).

При определении набухаемости сортов груш, привитых на подвой Айва-С при схеме посадки 90х15 см, у сорта Азамат было выявлено, что из 300 почек 202 набухли, то есть 67,3 % (см. таблицу 3).

Таблица 2.

**Приживаемость сорта груши Азамат, привитого на подвой БА-29
при различных схемах посадки**

*(Полевые испытания, Самаркандская область, Самаркандская
НОС, 2024 г.)*

№	Сорта груш	Количество привитых, шт.	Количество при- жившихся, шт.	Приживае- мость, %
<i>Схема посадки 90x15 см</i>				
1.	Азамат	300	206	68,6
<i>Схема посадки 90x20 см</i>				
2.	Азамат	300	245	81,6

В исследованиях при определении набухаемости груш сорта Азамат, привитых на подвой Айва С по схеме посадки 90x20 см, наблюдалось набухание 228 почек из 300, то есть 76 %. В данном эксперименте высокие показатели отмечены у сорта груши Азамат, привитого на подвой Айва-С посаженного по схеме посадки 90x20 см, и из 300 привитых почек набухаемость составила 228 (90 %).

Таблица 3.

**Набухаемость сортов груш, привитых на подвой Айва-С,
при различных схемах посадки**

*(Полевые испытания, Самаркандская область, Самаркандская
НОС, 2024 г.)*

№	Сорта груш	Количество привитых, шт.	Количество при- жившихся, шт.	Приживае- мость, %
<i>Схема посадки 90x15 см</i>				
1.	Азамат	300	202	67,3
<i>Схема посадки 90x20 см</i>				
2.	Азамат	300	228	76,0

Выводы. Подводя итог проведенным исследованиям, можно сказать, что при размножении саженцев сортов груши Азамат, посаженных по различным схемам и привитых на разные подвои, наибольшая набухаемость почек наблюдалась на подвоях Айва-А (контроль) и БА-29. При посадке по схеме 90x20 см на подвое Айва-А (контроль) набухаемость почек сорта Азамат составила 88,0 %. При посадке и прививке по схеме 90x20 см на подвое БА-29 набухаемость почек этого сорта составила 81,6 %.

Список литературы:

1. Гуломов Б.Х., Намозов И.Ч., Ашурова С. Классификация сортов груши, выращиваемых на низкорослых подвоях // Вестник аграрной науки Узбекистана. – 2013. – № 2 (52). – С. 59–60.
2. Гулямов Б.Х., Исломов С.Я. Рекомендации по созданию интенсивных садов на слаборослых подвоях. – Ташкент, 2005. – 24 с.
3. Кашин В.И. Садоводство России на рубеже ХХИ века // Плодоводство: сб. науч. тр. Белорусский НИИ плодоводства. – Самохваловичи, 2002. – Т. 13. – С. 182–188.
4. Куликов И.М., Метлицкий О.З. Производство плодов и ягод в мире // Сб. науч. тр. ВСТИСП. – Москва. – 2006. – Т. ХВИИ. – С. 99–112.
5. Пулатов А.А. Грибковые заболевания грушевых садов и разработка мер борьбы с ними: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Ташкент, 2024. – С. 21.
6. Садыкходжаев С. Выявление перспективных слаборослых подвоев яблони в условиях маточника на поливных сероземах // Междунар. науч.-практ. конф. “Интеграция аграрного образования, науки и производства в системе подготовки”. – Ташкент, 2006. – С. 47–51.
7. Юсупов Г.Д. Эффективные способы выращивания саженцев груши и яблони на основе черенкования: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Махачкала, 2000. – С. 21.

РАЗДЕЛ 2.

ФИЗИКОХИМИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ

2.1. БИОТЕХНОЛОГИИ

СТАБИЛЬНОСТЬ ТВОРОЖНОГО ПРОДУКТА С КОЛЛАГЕНСОДЕРЖАЩИМ КОНЦЕНТРАТОМ ПРИ ХРАНЕНИИ

Жарыкбасова Клара Сауыковна

*д-р техн. наук, ассоциированный проф.,
Alikhan Bokeikhan University,
Республика Казахстан, г. Семей*

STABILITY OF A CURD PRODUCT WITH A COLLAGEN- CONTAINING CONCENTRATE DURING STORAGE

Clara Zharykbasova

*Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,
Alikhan Bokeikhan University,
Republic of Kazakhstan, Semey*

Аннотация. В работе оценена стабильность творожного продукта, обогащённого 8 % коллагенсодержащего концентрата и 4 % экстракта лекарственного растительного сырья. В исследовании использовали контрольный образец без добавок и опытный образец, хранившиеся при температурах 0, +2, +4 и +6 °С в течение пяти суток. Стабильность оценивали по показателям влагосвязывающей способности и активности воды. Установлено, что оптимальные значения данных характеристик сохраняются при температуре +2 °С в течение трёх суток. Полученные результаты подтверждают эффективность применения коллагенсодержащего концентрата и растительных экстрактов для повышения качества и функциональных свойств продукта.

Abstract. This study assessed the stability of a curd product enriched with 8 % collagen-containing concentrate and 4 % medicinal plant extract. The research involved a control sample without additives and an experimental sample, both stored at 0, +2, +4, and +6 °C for five days. Stability was evaluated by measuring water-holding capacity and water activity. The results showed that the optimal values of these parameters were maintained at +2 °C for three days. The findings confirm the effectiveness of using collagen-containing concentrate and plant extracts to improve the quality and functional properties of the product.

Ключевые слова: творожный продукт, коллагенсодержащий концентрат, лекарственные растения, активность воды, влагосвязывающая способность, стабильность, хранение.

Keywords: curd product, collagen-containing concentrate, medicinal plants, water activity, water-holding capacity, stability, storage.

Питание спортсменов сегодня рассматривается не только как источник энергии, но и как фактор восстановления, профилактики перегрузок и поддержания функционального состояния организма. В этом контексте особое внимание уделяется молочным продуктам, поскольку они являются источником легкоусвояемого животного белка, богаты кальцием и другими биологически активными веществами, такими как витамины группы В (В₁, В₂, В₆, В₁₂), D и К₂, которые обладают высокой биодоступностью и способствуют профилактике ряда хронических состояний [3, с. 48–50; 1, с. 65–71]. Творожные изделия представляют собой удобную основу для разработки специализированных продуктов, сочетающих в себе традиционные питательные свойства с целенаправленным физиологическим действием.

Одним из перспективных направлений является обогащение творожных продуктов коллагенсодержащими концентратами. Коллаген служит источником аминокислот, участвующих в синтезе и регенерации соединительной ткани [9, с. 3; 10, с. 2–3]. Это особенно важно при высоких физических нагрузках, когда суставно-связочный аппарат подвергается интенсивному воздействию [8, с. 2, 12; 6, с. 2]. Дополнение рецептуры экстрактами лекарственных растений расширяет функциональный потенциал творожного продукта. Содержащиеся в них антиоксидантные и адаптогенные соединения способны снижать последствия оксидативного стресса, поддерживать иммунную систему и повышать общий уровень выносливости [2, с. 5; 4, с. 61–62; 7, с. 2–3].

Интеграция функциональных ингредиентов в молочную продукцию обуславливает необходимость комплексного изучения стабильности полученного продукта. Изменения его структурно-механических, физико-

Результаты оценки влагосвязывающей способности (ВСС) образцов в процессе хранения при температуре +2 °С представлены на рисунке 1.

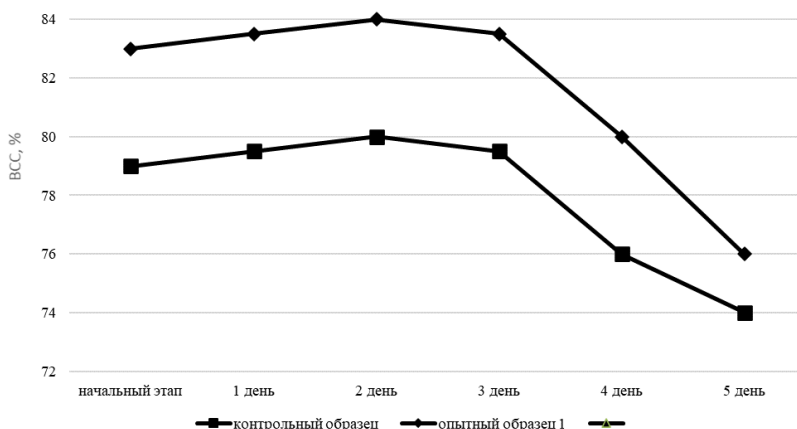


Рисунок 1. Изменение влагосвязывающей способности (ВСС) творожных продуктов при хранении при температуре +2 °C

Экспериментальные данные показали (рис. 1), что влагосвязывающая способность (ВСС) опытного образца, содержащего коллагенсодержащий концентрат и растительный экстракт, в течение всего периода хранения была выше, чем у контрольного. На начальном этапе ВСС составляла 79 % в контрольном и 83 % в опытном образце. В течение первых трёх суток существенных изменений не выявлено: показатели варьировали в пределах 79,5–80 % и 83,5–84 % соответственно. Начиная с четвёртых суток отмечалось снижение значений, более выраженное в контрольном образце (74 % к пятому дню против 76 % в опытном).

Полученные различия можно объяснить структурообразующими свойствами коллагенсодержащего концентрата, аминокислоты которого формируют дополнительную белковую сетку, удерживающую влагу в продукте [5, с. 9]. Дополнительный стабилизирующий эффект обеспечивали биологически активные вещества растительного экстракта, такие как полифенолы и органические кислоты. Они обладают антиоксидантными свойствами и замедляют процессы разрушения белково-жировой матрицы.

Таким образом, включение функциональных ингредиентов способствовало более высокой стабильности продукта при хранении, что подтверждает их целесообразность для использования в составе творожного продукта спортивного назначения.

Результаты оценки активности воды образцов в процессе хранения при температуре +2 °C представлены на рисунке 2.

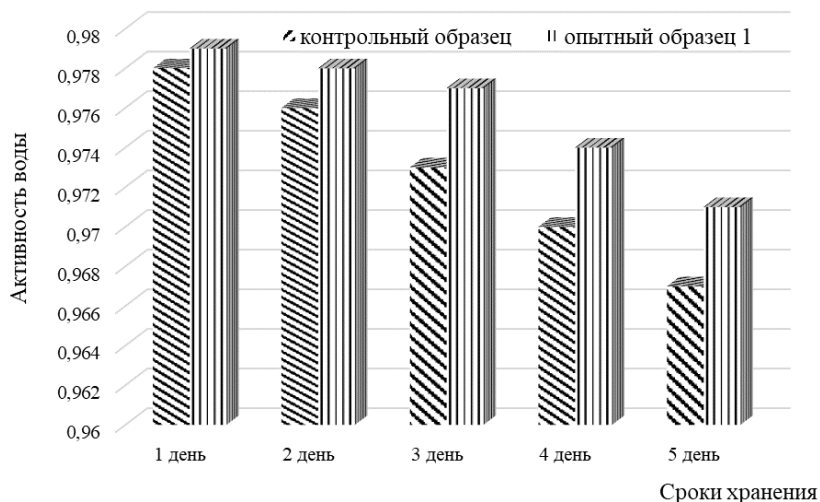


Рисунок 2. Динамика активности воды творожных продуктов при хранении при температуре +2 °С

Анализ динамики активности воды (рис. 2) показал, что её значения в обоих образцах изменялись постепенно, что отражало процессы, протекающие внутри продукта в процессе хранения. В первый день хранения показатели составляли 0,978 для контрольного и 0,979 для опытного образца. В течение вторых и третьих суток значения оставались близкими к исходным, однако в контрольном образце снижение проявлялось более выражено (в диапазоне 0,976–0,973 против 0,978–0,977 в опытном).

На четвёртые и пятые сутки различия между образцами проявлялись более отчётливо: активность воды в контрольном образце снизилась до 0,970 и 0,967, тогда как в опытном – до 0,974 и 0,971 соответственно. Это указывает на то, что опытный образец отличался более стабильной влагоудерживающей системой.

Полученные результаты можно объяснить присутствием коллагенсодержащего концентрата, формирующего дополнительную белковую сетку, которая связывает влагу и замедляет её переход в свободное состояние [5, с. 9]. Вклад растительного экстракта обусловлен высоким содержанием полифенольных соединений и органических кислот, взаимодействующих с белково-полисахаридной матрицей и повышающих её устойчивость. Совокупное действие этих компонентов способствовало замедлению

снижения активности воды и обеспечивало большую структурную стабильность продукта в процессе хранения.

По результатам проведённых исследований установлено, что оптимальные условия хранения творожного продукта, обогащённого коллаген-содержащим концентратом и растительным экстрактом, обеспечиваются при температуре +2 °С в течение трёх суток. В этот период наблюдались минимальные изменения влагосвязывающей способности и активности воды, что свидетельствует о высокой стабильности продукта. Обнаруженные различия между опытным и контрольным образцами объясняются способностью коллагенсодержащего концентрата формировать дополнительную белковую сетку, удерживающую влагу, а также антиоксидантным действием биологически активных соединений растительного экстракта, замедляющих процессы разрушения белково-жировой матрицы. Совокупное действие вышеназванных компонентов способствовало повышению структурной устойчивости и сохранению функциональных характеристик, что подтверждает целесообразность установления температуры хранения +2 °С и ограничения его срока тремя сутками для обеспечения оптимального качества и безопасности продукта.

Таким образом, включение коллагенсодержащего концентрата и растительного экстракта в рецептуру творожного продукта оказало положительное влияние на его стабильность, что подтверждает перспективность их использования при создании функциональных продуктов спортивного питания.

Материалы подготовлены в рамках научного проекта грантового финансирования по ИРН АР19679638 «Научно-практические основы применения коллагенсодержащего концентрата в производстве специализированных творожных продуктов для питания спортсменов».

Список литературы:

1. Батурин А.К., Шарафетдинов Х.Х., Коденцова В.М. Роль кальция в обеспечении здоровья и снижении риска развития социально значимых заболеваний // Вопросы питания. – 2022. – Т. 91. – №1. – С. 65–72.
2. Варданян Л.Р., Варданян Р.Л., Галстян А.Г. Антиоксидантная активность экстрактов некоторых лекарственных растений и их смесей // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2019. – № 4. – С. 5–12.
3. Коденцова В.М., Рисник Д.В. Молочные продукты как источник микронутриентов // Переработка молока. – 2022. – № 1. С. 48–52.
4. Штерман С.В. Антиоксиданты в спортивном питании // Пищевая промышленность. – 2019. – № 5. – С. 60–64.

5. Ahmad M.I., et al. Collagen and gelatin: Structure, properties, and applications in food industry // International Journal of Biological Macromolecules. – 2024. – Vol. 254. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.128037>.
6. Balshaw T.G., et al. The effect of specific bioactive collagen peptides on function and muscle remodeling during human resistance training // Acta Physiologica. – 2022. – Vol. 237. – No. 4. DOI: <https://doi.org/10.1111/apha.13903>.
7. Clemente-Suárez V.J., et al. Antioxidants and Sports Performance // Nutrients. – 2023. – No. 15 (10). DOI: <https://doi.org/10.3390/nu15102371>.
8. Inacio P.A.Q., Gomes Y., de Aguiar A.C. The Effects of Collagen Peptides as a Dietary Supplement on Muscle Damage Recovery and Fatigue Responses: An Integrative Review // Nutrients. – 2024. – Vol. 15. – No. 9. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu16193403>.
9. Kviatkovsky S.A. Collagen peptides supplementation improves function, pain, and physical and mental outcomes in active adults // Journal of the International Society of Sports Nutrition. – 2023. – Vol.20. – No. 1. DOI: <https://doi.org/10.1080/15502783.2023.2243252>.
10. Martínez-Puig D., et al. Collagen Supplementation for Joint Health: The Link between Composition and Scientific Knowledge // Nutrients. – 2023. – Vol. 15. – No. 6. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu15061332>.

МЕДИЦИНА И ФАРМАЦЕВТИКА

РАЗДЕЛ 3.

КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

3.1. КАРДИОЛОГИЯ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ЦИРКУЛИРУЮЩИХ ИММУННЫХ КОМПЛЕКСОВ У ПАЦИЕНТОВ СО СТАБИЛЬНОЙ СТЕНОКАРДИЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО КЛАССА

Антонович Мария Николаевна

*канд. мед. наук,
доцент, учреждение
образования Белорусский государственный
медицинский университет,
Республика Беларусь, г. Минск*

Саттаров Ренат Маратович

*студент,
учреждение образования
Белорусский государственный медицинский
университет,
Республика Беларусь, г. Минск*

Антонович Любовь Леонидовна

*врач-кардиолог УЗ «6 ГКБ»,
кардиологическое отделение №1,
Республика Беларусь, г. Минск*

Вашкевич Татьяна Александровна

*врач-кардиолог УЗ «6 ГКБ»,
кардиологическое отделение №1,
Республика Беларусь, г. Минск*

Абражевич Екатерина Константиновна

*заведующая кардиологическим
отделением №1 УЗ «6 ГКБ»,
Республика Беларусь, г. Минск*

Верховская Наталья Александровна

*врач-кардиолог УЗ «6 ГКБ»,
кардиологическое отделение №1,
Республика Беларусь, г. Минск*

**DETERMINATION OF THE LEVEL OF CIRCULATING
IMMUNE COMPLEXES IN PATIENTS WITH STABLE
ANGINA DEPENDING ON THE FUNCTIONAL CLASS**

Maria Antonovich

*Candidate of Medical Sciences, Sciences,
Belarusian State Medical University,
Republic of Belarus, Minsk*

Renat Sattarov

*Student,
Belarusian State Medical University,
Republic of Belarus, Minsk*

Lyubov Antonovich

*Cardiologist,
Healthcare Institution "City Clinical Hospital No. 6",
Cardiology Department No. 1,
Republic of Belarus, Minsk*

Tatyana Vashkevich

*Cardiologist,
Healthcare Institution "City Clinical Hospital No. 6",
Cardiology Department No. 1,
Republic of Belarus, Minsk*

Ekaterina Abrazhevich

*Head of the Cardiology Department No. 1,
Healthcare Institution "City Clinical Hospital No. 6",
Republic of Belarus, Minsk*

Natalia Verkhovskaya

*Cardiologist,
Healthcare Institution "City Clinical Hospital No. 6",
Cardiology Department No. 1,
Republic of Belarus, Minsk*

Аннотация. Атеросклероз коронарных артерий является одной из причин развития ишемической болезни сердца (ИБС) и ее хронической формы – стабильной стенокардии напряжения, его можно рассматривать, как хронический иммуновоспалительный процесс, в котором антигенные стимулы исходят от перекисно модифицированных липопротеинов. С увеличением степени тяжести стабильной стенокардии напряжения статистически значимо увеличивается содержание ЦИК, что свидетельствуют о развитии иммунопатологического процесса по мере прогрессирования недостаточности коронарного кровообращения.

Abstract. Atherosclerosis of the coronary arteries is one of the causes of the development of ischemic heart disease (IHD) and its chronic form – stable angina pectoris, it can be considered as a chronic immune-inflammatory process in which antigen stimuli come from peroxide-modified lipoproteins. With an increase in the severity of stable angina pectoris, the content of CIC statistically significantly increases, which indicates the development of an immunopathological process as coronary circulatory failure progresses.

Ключевые слова: стабильная стенокардия напряжения, циркулирующие иммунные комплексы, атеросклероз.

Keywords: stable angina pectoris, circulating immune complexes, atherosclerosis.

Введение. Атеросклероз коронарных артерий является одной из причин развития ишемической болезни сердца (ИБС) и ее хронической формы – стабильной стенокардии напряжения. На данный момент накоплено достаточно сведений о роли иммунных нарушений в патогенезе атеросклероза.

Пусковой механизм развития атеросклеротического повреждения включает внутриклеточное депонирование липидов и последующее

формирование пенистых клеток с усиленной продукцией компонентов соединительнотканного матрикса, воспаление.

Иммунные комплексы, содержащие липопротеины низкой плотности (ЛПНП), играют важную роль в патогенезе атеросклероза, стимулируя накопление холестерина в клетках артериальной стенки. Исследования *in vitro* продемонстрировали, что макрофаги, инкубированные с иммунными комплексами (ЦИК), содержащими ЛПНП и аутоантитела к ЛПНП, активно поглощают ЛПНП и трансформируются в пенистые клетки [1, 2, 3, 4]. Эта способность антител стимулировать накопление липидов зависит от концентрации ЛПНП в связанных иммунных комплексах [5]. Показано, что атерогенный потенциал ЛПНП, особенно десалирированных форм, значительно возрастает после формирования иммунных комплексов с аутоантителами [1, 6]. Добавление таких комплексов к культуре гладкомышечных клеток аорты человека значительно усиливает внутриклеточное накопление холестерина, превращая нативные ЛПНП, обычно не вызывающие депонирования холестерина, в атерогенные частицы [1]. Механизм этого явления связан с увеличением поглощения ЛПНП клетками артериальной стенки в присутствии анти-ЛПНП-аутоантител, а также с усилением этого процесса при участии фибронектина и C1q-компонента комплемента [1].

Дальнейшие исследования показали, что удаление IgG и IgM, а также ЦИК из атерогенной сыворотки пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС), приводит к снижению ее способности индуцировать внутриклеточное накопление липидов [7]. При этом IgG оказывал наиболее выраженное влияние на атерогенные свойства сыворотки, что указывает на важную роль IgG-содержащих ЦИК-ЛПНП в патогенезе атеросклероза [7]. Было установлено, что уровень холестерина в ЦИК, выделенных из сыворотки пациентов с ИБС, значительно повышен по сравнению со здоровыми донорами, и коррелирует с атерогенными свойствами сыворотки [7]. Эти результаты подтверждают гипотезу о том, что содержащие холестерин иммунные комплексы играют ключевую роль в формировании атерогенных свойств сыворотки крови у пациентов с ИБС [7].

Таким образом, современные исследования подтверждают ключевую роль ЦИК, содержащих ЛПНП и аутоантитела, в патогенезе атеросклероза, стимулирующих накопление холестерина в клетках эндотелия сосудов.

Цель исследования – определить содержание ЦИК у пациентов со стабильной стенокардией напряжения с функциональными классами (ФК) I, II, III, IV.

Материал и методы. Исследование проводилось на базе кардиологического отделения №1 УЗ «6-я городская клиническая больница». В исследование были включены 141 пациент со стабильной стенокардией

напряжения I-IV функциональных классов (ФК) по классификации Канадской ассоциации кардиологов, соответствующих классификации ИБС, предложенной экспертами ВОЗ. Пациенты были разделены на четыре группы в зависимости от ФК стенокардии: группа А (ФК I, $n=31$), группа Б (ФК II, $n=40$), группа В (ФК III, $n=40$) и группа Г (ФК IV, $n=30$). Контрольную группу составили 30 практически здоровых лиц, сопоставимых по возрасту и полу с пациентами основной группы. Средний возраст участников исследования составил 53.7 ± 4.37 лет. Всем пациентам проводился комплекс диагностических исследований, включавший: субъективное и физикальное обследование, электрокардиографию (ЭКГ) в покое, проведение нагрузочных тестов (велоэргометрия или фармакологическая проба с дигипиридамолом (выбор метода определялся клиническими показаниями), эхокардиографию (ЭхоКГ), общий анализ крови и биохимический анализ крови, общий анализ мочи, коронароангиографию (КАГ) – по клиническим показаниям.

Определение уровня циркулирующих иммунных комплексов (ЦИК) проводилось методом иммуноферментного анализа (ИФА). Референсные значения для ЦИК составляли 50.0 – 145.0 усл.ед., среднее значение в норме 97.5 ± 6.5 усл.ед.

Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием программного пакета Statistica 10.0. Для оценки корреляционных связей между количественными переменными применялся коэффициент ранговой корреляции Спирмена (R). Статистически значимыми считались различия при уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Анализ полученных результатов позволил выявить иммунопатологические изменения у пациентов со стабильной стенокардией напряжения, прогрессирующих с нарастанием степени недостаточности коронарного кровообращения и, возможно, определяющие клиническое течение заболевания. У пациентов стенокардией напряжения ФК I (группа А) уровень ЦИК составил $243,0 \pm 31,4$ усл.ед. По мере увеличения ФК стабильной стенокардии напряжения увеличивался и уровень ЦИК, который у пациентов с ФК IV (группа Г) составил $404,0 \pm 52,4$ усл.ед., что свидетельствует об активизации иммунокомплексобразования по мере прогрессирования стенокардии (таблица 1).

Таблица 1.

**Содержание циркулирующих иммунных комплексов (ЦИК)
в группах наблюдения и в контрольной группе**

Группа	Объём выборки	ЦИК (усл.ед.)
А (ФК I)	31	243,0 ± 31,4
P<0,001		
Б (ФК II)	40	295,0 ± 41,3
P<0,001		
В (ФК III)	40	353,0 ± 49,3

Примечание: P – достоверность различий между группами А, Б, В, Г и контрольной.

Результаты проведенного исследования совпадают с данными литературных источников. Левина Л.И. и Шаповалова А.Б. отмечают, что уровень ЦИК достоверно повышен у больных со стенокардией, особенно нестабильной, по сравнению с контрольной группой. Кроме того, у пациентов с отрицательной динамикой стенокардии содержание ЦИК возрастает почти вдвое [8]. Щеглов Д.С., Дуданов И.П. и др. установили, что по мере увеличения коэффициента атерогенности повышается уровень ЦИК. Это свидетельствует о неблагоприятном влиянии дислипидемии на течение ИБС за счет активации иммуновоспалительных реакций гуморального типа (продукция ЦИК) [9].

Заключение. ЦИК стимулируют накопление холестерина на эндотелиальной стенке сосудов. У пациентов со стабильной стенокардией напряжения достоверно увеличивается уровень циркулирующих иммунных комплексов по сравнению со здоровыми лицами. С увеличением степени тяжести стабильной стенокардии напряжения статистически значимо увеличивается содержание ЦИК, что свидетельствует о развитии иммунопатологического процесса по мере прогрессирования недостаточности коронарного кровообращения.

Список литературы:

1. Орехов, А. Н. Mechanisms of atherogenesis and development of antiatherosclerotic therapy / А. Н. Орехов // Current pharmaceutical design. – 2015. – Т. 21, № 9. – С. 1103-1106.
2. Stoll, L. L. Potential novel mechanisms for diabetes-accelerated atherosclerosis / L. L. Stoll, G. M. Denning, N. L. Weintraub // Current diabetes reports. – 2013. – Т. 13, № 1. – С. 95-103.

3. Tsimikas, S. High-dose atorvastatin reduces systemic oxidative stress and inflammation: the atorvastatin on endothelial function (AEF) study / S. Tsimikas, J. L. Witztum, E. R. Miller [и др.] // *Journal of the American College of Cardiology*. – 2006. – Т. 47, № 10. – С. 1986-1994.
4. Tsimikas, S. Oxidative modification-specific antibodies and lipoproteins in the diagnosis and prognosis of cardiovascular disease / S. Tsimikas // *Antioxidants & redox signaling*. – 2010. – Т. 12, № 7. – С. 921-930.
5. Tsimikas, S. Assessment of oxidized lipids and lipoproteins in humans / S. Tsimikas // *Journal of the American College of Cardiology*. – 2017. – Т. 69, № 10. – С. 1333-1345.
6. Tsimikas, S. Oxidized phospholipids, Lp(a), and coronary artery disease / S. Tsimikas, E. S. Brilakis, E. R. Miller [и др.] // *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology*. – 2005. – Т. 25, № 4. – С. 835-841.
7. Tsimikas, S. Relationship of oxidation-specific epitopes to biomarkers of lipid metabolism, inflammation, renal function, and clinical events / S. Tsimikas, P. Clopton, E. S. Brilakis [и др.] // *Journal of the American College of Cardiology*. – 2006. – Т. 48, № 7. – С. 1458-1467.
8. Левина, Л. И. Аутоиммунные реакции гуморального и клеточного типа у больных с различными формами стенокардии / Л. И. Левина, А. Б. Шаповалова // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Медицина*. – 2007. – № 4. – С. 15-19.
9. Щеглов, Д. С. Влияние дислипидемии на показатели клеточного и гуморального иммунитета у больных со стабильной стенокардией / Д. С. Щеглов, И. П. Дуданов, Л. В. Щеглова, М. В. Авдеева // *Медицинский академический журнал*. – 2016. – Т. 16, № 3. – С. 29–34.

ХИМИЯ

РАЗДЕЛ 4.

ХИМИЯ

4.1. ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ НА МОРФОЛОГИЮ И СВОЙСТВА СУСПЕНЗИЙ НА ОСНОВЕ ЗОЛЕЙ КРЕМНИЕВОЙ КИСЛОТЫ

Бондарева Алевтина Михайловна

аспирант,

ФГБОУ ВО МИРЭА –

Российский технологический университет,

РФ, г. Москва

Пашкин Игорь Иванович

канд. хим. наук,

главный специалист,

ФГБОУ ВО МИРЭА –

Российский технологический университет,

РФ, г. Москва

Борисова Надежда Юрьевна

канд. хим. наук,

доцент,

ФГБОУ ВО МИРЭА –

Российский технологический университет,

РФ, г. Москва

Крылов Александр Владимирович

канд. хим. наук, доцент,
ФГБОУ ВО МИРЭА –
Российский технологический университет,
РФ, г. Москва

THE EFFECT OF THE NATURE OF ORGANIC SOLVENTS ON THE MORPHOLOGY AND PROPERTIES OF SUSPENSIONS BASED ON SILICA ACIDS

Alevtina Bondareva

Postgraduate student,
MIREA – Russian Technological University,
Russia, Moscow

Igor Pashkin

Candidate of Science (Chem.),
Main expert,
MIREA – Russian Technological University,
Russia, Moscow

Nadezhda Borisova

Candidate of Science (Chem.),
Associate Professor,
MIREA – Russian Technological University,
Russia, Moscow

Alexander Krylov

Candidate of Science (Chem.),
Associate Professor,
MIREA – Russian Technological University,
Russia, Moscow

В настоящее время широкое распространение для получения прозрачных формоустойчивых гибридных материалов (ГМ) получили процессы золь-гель технологии. Гибридные материалы, полученные с помощью золь-гель процесса, позволяют встраивать органические группы в неорганические системы, объединяя свойства компонентов [5, с. 102]. Оптимизация условий синтеза позволяет создавать ГМ со свойствами,

которые являются не только суммой индивидуальных вкладов обеих фаз, но и обладают специфическими и уникальными характеристиками [4, с. 843].

Главное преимущество золь-гель технологии, включающее в себя процессы гидролиза и конденсации, заключается в возможности настройки синтеза путем изменения и мониторинга параметров реакции (например, pH, катализатора, растворителя, температуры и/или концентрации реагентов) [4, с. 843]. Формирование видов с контролируемой наноразмерной архитектурой, уникальной морфологией и свойствами в мягких реакционных условиях обуславливает их широкий спектр применения ГМ в качестве, например, гибридных покрытий, биогбридов и материалов для медицины [13, с. 604].

Число биомедицинских применений гидрогелей стремительно растет благодаря их уникальным физическим, структурным и механическим свойствам. Полимерная сетка внутри жидкости придает гидрогелям уникальные свойства, которые делают их особенно привлекательными для применения в биомедицинской инженерии [9; 10; 13].

Существенное место в биомедицинской инженерии занимают золи и гели кремневой кислоты, которые представляют пористые эластичные материалы с трехмерной полимерной сеткой, поры которых заполнены, в основном, молекулами растворителей или воды, обычно до 70%-99% [9, с. 16071].

Для получения неорганических структур используются, в основном, алкоксисиланы. Тетраэтоксисилаксан (ТЭОС) является одним из наиболее широко используемых прекурсоров для формирования кремнеземной сетки *in situ* в органической матрице.

Синтез, в основном, состоит из стадии гидролиза алкоксидов кремния, растворенных в исходных спиртах в присутствии минеральных кислот или основного катализатора и последовательных реакций конденсации с участием силанольных групп, в результате которых образуются силоксановые связи и побочные продукты, которыми являются молекулы спирта или воды.

В зависимости от условий гидролиза образование полимера может происходить с различной скоростью. При недостатке воды реакция идет через образование поликремниевых эфиров, которые далее продолжают полимеризоваться с выделением поликремниевой кислоты, в дальнейшем образуя сферические частицы кремнезема, размер которых зависит от условий синтеза.

Морфология конечного продукта, в основном, контролируется типом используемого катализатора. Кислотные реакции, катализируемые кислотами, приводят к образованию трехмерного геля или сетевой структуре

[10, с. 267], в то время как реакции, катализируемые основаниями, приводят к образованию конденсированных частиц сферической формы.

Учитывая гетерогенный характер реакции, одним из основных способов управления золь – гель процессом является варьирование соотношения $m = \text{H}_2\text{O}/\text{Si}$ для получения конечного продукта желаемого состава и структуры.

Для проведения полного гидролиза тетраалкоксисилана теоретически достаточным является отношение $m = 2$. Однако даже при избытке воды ($m > 2$) реакция не проходит до конца [4, с. 843]. Вместо этого образуется ряд интермедиатов $[(\text{SiO}_x(\text{OH})_y(\text{OR})_z)_n]$.

Поскольку алкоксисиланы практически не растворимы в воде в золь-гель технологии часто используют гомогенизирующие водорастворимые растворители – предельные спирты и диолы, ацетон (АЦ), тетрагидрофуран (ТГФ), диоксан (ДО) и др.

Конденсация алкоксисиланолов может проходить как без катализатора, так и в присутствии катализатора по механизму ГТФК и ГМФК и зависит от соотношения $m = \text{H}_2\text{O}/\text{Si}$ [8, с. 3060]. Процесс конденсации часто осложняется изменяющейся кислотностью силанольной группы $\text{Si}-\text{OH}$ алкоксисиланолов $(\text{EtO})_{4-n}\text{Si}(\text{OH})_n$ при увеличении степени гидролиза [7, с. 889] и влиянием реакций переэтерификации и деполимеризации, которые становятся все более важными с большими концентрациями воды или растворителя.

Известно, что растворители с высокой диэлектрической проницаемостью (ϵ) ускоряют конденсацию силанолов [2, с. 189], однако не наблюдается однозначной корреляции скорости конденсации от ϵ или $1/\epsilon$ растворителей.

Не менее важным является влияние сольватирующей способности растворителя на соотношение стадий гидролиза и конденсации [3, с. 155, с. 12, с. 1239]. Растворитель существенно влияет на механизм ГМФК, что подтверждается данными по конденсации силанолов в среде различных растворителей, при этом происходит изменение механизма процесса. С изменением порядок по силанолу в ацетоне – первый, в диоксане и ДМФА – 3, в ацетонитриле – второй. Чем прочнее комплекс силанола с растворителем, тем труднее происходит замещение растворителя на нуклеофильный реагент.

Время гелеобразования $\text{Si}(\text{OCH}_3)_4$ минимально для метанола и формамида (6-8 ч) и значительно увеличивается при переходе к диметилформамиду и ацетонитрилу (23-20 ч) при нейтральных условиях. Наибольшее время t_g наблюдалось для диоксана (41 ч) [1, с. 388].

Золь – гель технология процесса гидролиза ТЭОС в водном растворе или водно – спиртовых средах достаточно изучена и ей посвящено большое

количество исследований [4, с. 843; 11, с. 331], в то время как, для других растворителей имеются только отдельные работы.

Добавление органических растворителей в качестве химической добавки для контроля высыхания (Drying Control Chemical Additives) (DCCA) к смеси ТЭОС, воды и спирта улучшает управление структурой и технологичностью золь и гелей при переработке и влияет на морфологию полученной полимерной структуры. Используя эту добавку, можно сушить гели непосредственно в открытом контейнере, избегая процесса растрескивания.

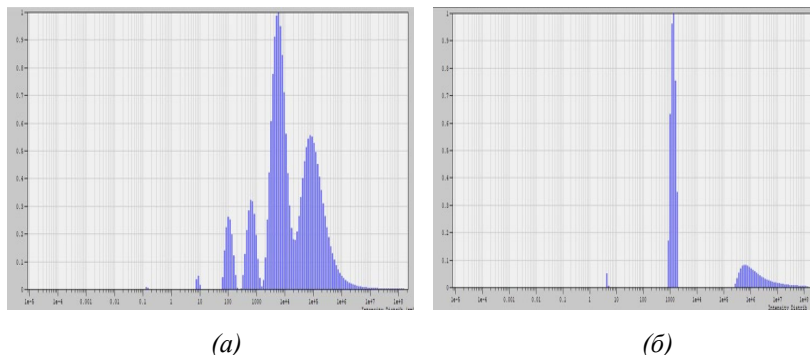
В настоящей работе изучено влияние природы водорастворимых органических соединений, обладающие различной полярностью, донорной и акцепторной способностью – C_2H_5OH , диметилсульфоксида (ДМСО), диметилформамида (ДМФА), ацетонитрила (АН), ТГФ, ДО на морфологию образующихся наноразмерных кремний содержащих частиц (НРЧК) в системах, содержащих 10-90 масс% органического растворителя (S). Содержание ТЭОС во всех опытах поддерживалось постоянным и был равным 3 масс.%. Содержание воды в системах с растворителями не превышало 0,5%. Морфология образующихся НРЧК изучена методом динамического светорассеивания (ДЛС).

В результате золь – гель процесса выделяются молекулы C_2H_5OH , и полученная система представляет тройную расслаивающуюся систему $Si(OC_2H_5)_4 + H_2O + C_2H_5OH$, для которой в области высокого содержания или волю, или спирта или ТЭОС существуют узкие области растворимости кремнезема. Перевод указанной системы в органический растворитель (OS) не только усиливает процессы фазового разделения, но и приводит к высаливанию как ТЭОС, так и НРЧК.

В системах без растворителей (OS) при высоком содержании H_2O (95–97 %) тройная система переходит практически в систему $Si(OC_2H_5)_4 + H_2O$, для которой наблюдается фазовое разделение и практически не наблюдается образования частиц НРЧК в нейтральной среде.

При увеличении содержания ТЭОС до 10-20% заметно увеличивается доля спирта и наблюдается образование двух наборов частиц кремнезема в двух фазовых состояниях. Например, для системы с 10% ТЭОС в фазе, обогащенной водой, средний гидродинамический радиус SiO_2 $r_g < 1$ нм и во второй фазе, обогащенной C_2H_5OH $r_g = 23.3$ нм (30 %).

По мере увеличения доли ТЭОС до 20-30 % размеры частиц кремнезема увеличиваются в обеих фазах. Средний гидродинамический радиус SiO_2 $r_g = 8,6$ нм и во второй фазе, обогащенной C_2H_5OH $r_g = 110$ нм (рис.1).



(а) ДЛС спектр системы $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4 + \text{H}_2\text{O}$ в нейтральной среде,
(б) ДЛС спектр системы $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{АН}$ в нейтральной среде

Рисунок 1.

В области 40 – 60 % ТЭОС размеры фаз выравниваются, и наблюдается выделение крупных частиц поликремневой кислоты.

При дальнейшем увеличении доли ТЭОС до 70% в реакции практически отсутствует H_2O , и система переходит к системе $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4 + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, для которой характерны частицы кремнезема среднего размера $r_g = 23$ нм.

При дальнейшем увеличении доли ТЭОС до 70-97% происходит полимеризация частиц поликремневой кислоты, и размер r_g снова растет до 207 нм, в системе наблюдается обильное выделение в осадок НРЧК.

В системах, обогащенных водой основным продуктом являются частицы поликремневой кислоты, в то время как в системе с большим содержанием $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ происходит частичный гидролиз ТЭОС, и образующийся кремнезем сохраняет часть алкоксильных OC_2H_5 групп.

В этой связи представляет интерес оценить влияние индифферентных растворителей на направление процесса и структуру образующихся частиц кремнезема.

Введение апротонного растворителя с высокой поляризующей способностью ДМСО ($\epsilon = 46,68$) в систему ТЭОС + H_2O приводит к связыванию растворителя с молекулами H_2O в прочные ассоциаты ($\Delta H_{\text{смеш}} = -108$ кДж/моль), что приводит к уменьшению степени гидролиза ТЭОС. Даже при малом добавлении ДМСО к ТЭОС наблюдается микрорасслаивание системы и образование частиц кремнезема размером 46,4 нм. В области 30-40 мол% ДМСО (максимальная доля ассоциатов $\text{ДМСО} \cdot (\text{H}_2\text{O})_2$) наблюдается увеличение НРЧК до $r_g = 83,1$ нм (74,9) %.

Дальнейшее рост доли ДМСО приводит к понижению доли НРЧК за счет усиления высаливания ТЭОС, но при этом сохраняется размер частиц r_g . Таким образом, размер частиц кремнезема зависит от доли связанной воды и достигает максимального значения в области max содержания ассоциатов $\text{ДМСО}^*(\text{H}_2\text{O})_2$.

Диметилформамид является слабоассоциированной жидкостью, водные растворы которого в области высоких концентраций ДМФА состоят, преимущественно, из гетероассоциатов, образованных двумя молекулами ДМФА и одной молекулой воды, а самоассоциаты воды практически отсутствуют ($\Delta H_{\text{смеш}} = -272$ кДж/моль).

Уменьшение поляризующей способности органического растворителя ДМФА ($\epsilon = 36,7$), по сравнению с ДМСО, приводит к изменению характера микрорасслаивания в системе. Заметное микрорасслаивание системы наблюдается в смесях, содержащих от 10% до 70% ДМФА. В этих условиях наблюдается образование НРЧК размером $r_g = 50 - 34$ нм. При увеличении доли ДМФА выше 80 % не наблюдается микрорасслаивание системы, при этом заметно снижение как средних размеров до $r_g = 17,3$ нм, так и их содержание НРЧК до 6,7 -12%.

Исследование системы ТЭОС + АН + H_2O относится к системе, структура растворов которой определяется концентрацией АН.

Несмотря на то, что растворители АН и ДМФА характеризуются практически одинаковыми значениями диэлектрической проницаемостью ($\epsilon \sim 36$), процесс гидролиза ТЭОС в этих растворителях заметно отличается. Принципиальным отличием от ДМСО и ДМФА является наличие микро-гетерогенности водного раствора в широком диапазоне содержания АН ($x = 0,1-0,9$ м.д.). В интервале $x = 0,9-1$ структура растворов определяется концентрацией АН, при этом существенная часть воды находится в форме клатратопородобных структур, в которых молекулы воды связаны водородными связями.

Добавление в водный раствор ацетонитрила неорганической или органической соли усиливает фазовое разделение между ацетонитрилом и водой и приводит к высаливанию АН [6, стр.971]). Следует отметить, что выделяющийся в реакции этанол также способен вызвать разделение фаз в изначально смешивающемся растворителе с водой.

Образование частиц кремнезема фиксируется как уже при малом, так и при высоком содержании АН в диапазоне r_g от 4,26 нм (10 % АН) до 2,38 нм (90% АН). По мере увеличения доли АН растет радиус образующихся микрокапель фазы, богатой АН от 1295 нм (10% АН), 791 нм (20% АН), и при дальнейшем увеличении $>70\%$ АН, радиус микрокапель снижается до ~ 300 нм. Таким образом наблюдается прямая зависимость между

размером обогащенной водой фазы и размером образующихся НРЧК SiO_2 . Максимальный размер SiO_2 13,45 – 16,6 нм наблюдается в области 40 – 70 % АН.

Таким образом, понижение полярности растворителя способствует повышению микрорасслаивания и приводит к образованию частиц кремнезема меньшего размера. Микрофаза, обогащенная водой представляет собой «микрореактор», определяющий размер НРЧК в условиях малого содержания H_2O .

Повышение доли воды в системе от 0,5% до 5% приводит к резкому увеличению как содержания SiO_2 , так и размера частиц кремнезема.

При этом по мере увеличения доли АН растет радиус образующихся микрокапель фазы богатой АН от 264 нм (10% АН), 361,2 нм (20% АН) и до 764 нм (50% АН).

Таким образом, наблюдается прямая зависимость между размером фазы, представляющей собой «микрореактор», и размером образующихся частиц SiO_2 . Размер частиц SiO_2 увеличивается до 102 нм при содержании менее 40% АН, и r_g начинают снижаться при концентрациях более 65 % АН, что симбатно изменению размера радиуса капли «микрореактора».

В системе ТЭОС + 20%АН + 5% H_2O доля частиц кремнезема увеличилась до 15,3 % с размерами 57 нм, по сравнению с 2,1% и размером 5,24 нм в системе ТЭОС + 20% АН. При 70% АН размер частиц 45,2 нм (44,3%), при 80% АН размер частиц 28,8 нм (14,2%).

Переход к органическим циклическим эфирам ТГФ и ДО существенно меняет поляризуемость растворителей ($\epsilon = 7,6$ и $2,2$ соответственно) и состояние воды в системе. Например, для диоксана и ТГФ характерно микрорасслаивание смесей в широком диапазоне до образования сравнительно крупных самоассоциатов – глобул воды с сеткой водородных связей, и при высоком содержании растворителей продолжается распад водных глобул вплоть до отдельных молекул – тримеров.

Для обоих эфирных растворителей при высоком содержании (S) в системе наблюдается образование НРЧК с $r_g = 24 - 26,9$ нм (67,6%) для ТГФ и $r_g = 55,8$ нм (16,8 %) для ДО, и микрорасслаивание с высаливанием ТЭОС в отдельную фазу. При уменьшении доли (S) до $x = 10 - 20\%$ системы становится близкими к гомогенной, и размер частиц НРЧК резко возрастает до $r_g = 114 - 122,4$ нм для ТГФ и до 187,0 нм (60,4 %) для ДО.

Таким образом, основными факторами, влияющими на размеры и устойчивость НРЧК являются наличие микрорасслаивания системы, а размер микрокапли – «микрореактора» зависит от характера взаимодействия вода – растворитель.

Список литературы:

1. Artaki I., Zerda T.W., Jonas J. Solvent effects on the condensation stage of the sol-gel process // *Journal of Non-Crystalline Solids*. – Vol. 81. – 1986. – Pp. 381–395.
2. Bilda S., Lange D., Popowski E., Kelling H. Der sauer katalysierte Kondensation von Organodimethylsilanolen in Dioxan/Wasser // *Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie*. – 1987. – № 550. – Pp. 186–191.
3. Bilda S., Rohr G., Lange D., Popowski E., Kelling H. Der basenkatalysierte Kondensation von Organodimethylsilanolen in Dioxan/Wasser // *Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie*. – 1988. – № 564. – P. 155.
4. Brinker C.J., Scherer G.W. *The Physics and Chemistry of Sol-Gel Processing*. Sol-Gel Science. – Elsevier: Amsterdam, 1990. – 843 p.
5. Danks A.E., Hall S.R., Schnepf Z. The evolution of "sol-gel" chemistry as a technique for materials synthesis // *Mater. Horiz.* – 2016. – Vol.3. – № 2. – Pp. 91–112.
6. Dmitriyenkova S.G., Apyarina V.V., Gorbunova M.V., Tolmacheva V.V., Zolotova Yu.A. Homogeneous liquid microextraction of organic compounds // *Journal of Analytical Chemistry*. – 2020. – Vol. 75. – No. 11. – Pp. 963–979.
7. Drozdov V.A., Kreshkov A.P., Knyazev V.N. Study of the relative acidity of some classes of organosilicon compounds in non-aqueous media // *Journal of General Chemistry*. 1971. – Vol. 41. – Pp. 881–887.
8. Ivanov P.V., Mazhorova N.G., Besfamilny V.V. Autocatalytic synthesis of silicenes // *Bulletin of the Academy of Sciences. Chemical Series*. – 2024. – Vol. 73. – No. 10. – Pp. 3055–3064.
9. Li J., Mooney D. J., Buffle J., DeRouchey J. E., Langer R. Designing. Hydrogels for Controlled Drug Delivery // *Nature Reviews Materials*. – 2016. Vol.1. – № 12. – Pp.16071.
10. Perullini M., Jobbagy M., Bilmes S.A., Torriani I.L., Candal R. Effect of synthesis conditions on the microstructure of TEOS derived silica hydrogels synthesized by the alcohol-free sol-gel route // *The Journal of Sol-Gel Science and Technology*. – 2011. – Vol. 59. – № 1. – P.174–180.
11. Shabanova N.A. *Colloidal chemistry of nanodispersed silica*. – 3rd ed., electronic. – Moscow: Laboratory of Knowledge, 2024. – 331 p.
12. Su L.F., Miao L., Tanemura S. and Xu G. Effects of different reaction solvents on the hydrophobic and structural properties of silica-based cryogels // Y. M. Huang (Ed.), *Optoelectronic materials*. – 2011. – *Proceedings of the Scientific Forum*. – Vol. 663–665. – Pp. 1238–1241.
13. Vallet-Regi M., Colilla M., Gonzalez B. Medical applications of organic-inorganic hybrid materials within the field of silica-based bioceramics // *Chemical Society Reviews*. – 2011. – Vol.40. – Pp. 596–607.

НАУЧНЫЙ ФОРУМ: МЕДИЦИНА, БИОЛОГИЯ И ХИМИЯ

*Сборник статей по материалам LXXX международной
научно-практической конференции*

№ 7 (80)
Сентябрь 2025 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 18.09.25. Формат бумаги 60х84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 2,25. Тираж 550 экз.

Издательство «МЦНО»
123098, г. Москва, ул. Маршала Василевского, дом 5, корпус 1, к. 74
E-mail: med@nauchforum.ru

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 1

16+



НАУЧНЫЙ
ФОРУМ
nauchforum.ru