

Редколлегия:

Главный редактор:

Иванова Т.Н. доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации

Заместители

главного редактора:

Зомитева Г.М. кандидат экономических наук, доцент

Артемова Е.Н. доктор технических наук, профессор

Корячкина С.Я. доктор технических наук, профессор

Члены редколлегии:

Байхожаева Б.У. доктор технических наук, профессор

Бриндза Ян PhD

Бондарев Н.И. доктор биологических наук, профессор

Громова В.С. доктор биологических наук, профессор

Дерканосова Н.М. доктор технических наук, профессор

Дунченко Н.И. доктор технических наук, профессор

Елисеева Л.Г. доктор технических наук, профессор

Корячкин В.П. доктор технических наук, профессор

Кузнецова Е.А. доктор технических наук, профессор

Машегов П.Н. доктор экономических наук, профессор

Никитин С.А. доктор экономических наук, профессор

Николаева М.А. доктор технических наук, профессор

Новикова Е.В. кандидат экономических наук, доцент

Позняковский В.М. доктор биологических наук, профессор

Проконина О.В. кандидат экономических наук, доцент

Скоблякова И.В. доктор экономических наук, профессор

Уварова А.Я. доктор экономических наук, доцент

Черных В.Я. доктор технических наук, профессор

Шибасва Н.А. доктор экономических наук, профессор

Ответственный за выпуск:

Новицкая Е.А.

Адрес редакции:

302020, Орловская обл., г. Орел,

Наугорское шоссе, 29

8-906-664-3222

<https://oreluniver.ru/science/journal/tipp>

E-mail: fpbit@mail.ru

Зарег. в Федеральной службе

по надзору в сфере связи,

информационных технологий

и массовых коммуникаций.

Свидетельство: ПИ № ФС77-67028

от 30.08.2016 года

Подписной индекс 12010

по объединенному каталогу

«Пресса России»

на сайтах www.pressa-rg.ru и www.akc.ru

© ОГУ им. И.С. Тургенева, 2024

Содержание

Научные основы пищевых технологий

<i>Мышалова О.М., Росликов Д.А., Корнев В.В.</i> Применение стартовых культур в производстве сырокопченых колбас из мяса цыплят-бройлеров	3
<i>Черепанов И.С., Третьякова В.А.</i> Изучение состояния молекулярного комплекса L-аскорбиновой кислоты с изомальтитом (E953) в водных и глицериновых средах	8
<i>Хармич Е.Е., Бражная И.Э., Быкова А.Е.</i> Разработка рецептуры и технологии сладкого блюда на основе ягодного сырья Северо-Западного региона для предприятий общественного питания	13
<i>Хмелева Е.В., Королев Д.Н., Мингалеева З.Ш., Маслов А.В.</i> Оценка технологического достоинства для хлебопекарной отрасли нового сорта зерна пшеницы Синева	19
<i>Лунева О.Н., Зомитева Г.М., Справцева А.Г., Дроздов Е.В., Бурлакова Е.А.</i> Моделирование рецептуры фрикаделек говяжьих с добавлением рисовых отрубей	28

Продукты функционального и специализированного назначения

<i>Ладнова О.Л., Корячкина С.Я., Корячкин В.П., Меркулова Е.Г.</i> Обоснование применения муки гречневой цельнозерновой и шелухи семян подорожника в технологии безглютеновых макаронных изделий	34
<i>Иванова Н.Н., Каргин В.И.</i> Совершенствование технологии полутвердого сыра с плодами грецкого ореха	40
<i>Решетник Е.И., Захарова Л.М., Пакулина А.П., Пашина Л.Л., Школьников П.Н.</i> Разработки инновационно новых продуктов функционального назначения	45
<i>Иванова Т.Н., Полякова Е.Д., Евдокимов Н.С., Ешаа Ибрахим, Дорошенко К.С.</i> Лекарственно-растительное сырье в производстве функциональных и специализированных напитков	54
<i>Санникова Е.В., Иригова Т.А., Лукин А.А., Исламова Ф.И.</i> Разработка технологии производства смузи из сушеной тыквы с бананом	59

Товароведение пищевых продуктов

<i>Еремينا О.Ю., Анохин Ю.В.</i> Нормативно-правовое регулирование спортивного питания в Российской Федерации	65
<i>Полозов Н.О., Глухоманова А.А.</i> Влияние органолептических показателей качества на правильность идентификации напитков на растительной основе	72
<i>Карабаева М.Э., Колотова Н.А.</i> Использование разных видов стабилизаторов в производстве творожных продуктов	79
<i>Левчук Т.В., Артемова Е.Н., Ли Н.Г., Еришова Т.А., Разгонова М.П., Сенотрусова Т.А.</i> Идентификация биологически активных веществ, извлеченных из растительных объектов Дальневосточного региона, с помощью комбинации инструментальных аналитических методов	84

Качество и безопасность пищевых продуктов

<i>Влащик Л.Г., Тарасенко А.В.</i> Использование виноградных выжимок в разработке напитков энергетического действия	94
<i>Каримова А.З., Сергеев Г.Г., Низамова Г.М.</i> Анализ показателей качества фарша различных производителей	98

Исследование рынка продовольственных товаров

<i>Анохина О.Н., Верхотуров В.В., Ульрих Е.В., Баркова А.С.</i> Современное состояние производства и потребления продукции и биопереработка пищевых отходов животного происхождения в Калининградской области	102
<i>Куприянова К.С., Ницневская К.Н.</i> Обзор потребительского рынка рыбной продукции	109

Экономические аспекты производства продуктов питания

<i>Торгачев Д.Н., Денисенко С.А., Торгачев В.Д.</i> Основные тенденции развития и особенности маркетинговых решений субъектов оптовой торговли продуктами питания в условиях нестабильной экономической среды	114
---	-----

И.С. ЧЕРЕПАНОВ, В.А. ТРЕТЬЯКОВА

ИЗУЧЕНИЕ СОСТОЯНИЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО КОМПЛЕКСА L-АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ С ИЗОМАЛЬТИТОМ (E953) В ВОДНЫХ И ГЛИЦЕРИНОВЫХ СРЕДАХ

Представлены результаты исследований по оценке состояния молекулярного комплекса L-аскорбиновой кислоты с изомальтитом (пищевой добавкой E953) в водных и глицериновых средах. На основании данных поляриметрии и колебательной спектроскопии показана нестабильность комплекса в водных системах, проявляющаяся в окислительной деструкции последнего. В то же время суспензии комплекса в глицерине (1-10%) показывают структурную стабильность во времени, что подтверждается сопоставительным анализом ИК-спектральных полос валентных C=C и C=O-колебаний аскорбиновой кислоты и комплекса, а также оценкой их седиментационной устойчивости в сравнении с суспензиями исходных компонентов. Дальнейшие исследования планируются в направлении разработки и масштабирования технологии получения устойчивых дисперсных систем на основе молекулярных комплексов аскорбиновой кислоты.

Ключевые слова: аскорбиновая кислота, изомальтит, комплекс, глицерин, седиментационная устойчивость, поляриметрия, ИК-Фурье-спектроскопия.

ПОСТАНОВКА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ. Молекулярные комплексы биологически активных соединений в настоящее время являются одним из наиболее перспективных подходов в модификации свойств веществ [1]. Молекулярное комплексообразование, сопровождающееся формированием межмолекулярных связей между структурными элементами взаимодействующих компонентов, позволяет сохранить функциональные свойства составляющих, повышает их стабильность, в том числе при хранении, а также обеспечивает высокую степень гомогенизации системы в целом. Взаимодействие компонентов может осуществляться по различным механизмам, в частности возможно образование молекулярных ассоциатов, комплексов включения и др. [1, 2], при этом особое значение подобная конъюгация имеет для пищевых систем [3], поскольку реализуется в мягких экспериментальных условиях и позволяет сохранять нативную структуру нутриентов.

Известно, что аскорбиновая кислота образует различные по строению молекулярные комплексы с биологически активными компонентами разных классов [1], проявляющие широкий спектр важных свойств, в частности антиокислительных и противовоспалительных. Одной из важнейших проблем использования биоактивных веществ в пищевых системах является разработка устойчивых форм их применения. Ранее нами была предложена методика получения молекулярного комплекса L-аскорбиновой кислоты с пищевой добавкой E953 – изомальтитом [3], на основании данных колебательной спектроскопии подтверждено участие ендольного фрагмента аскорбиновой кислоты в устойчивой конъюгации с ациклическими ОН-группами изомальтита. Целью настоящей работы являлась оценка состояния молекулярного комплекса L-аскорбиновой кислоты с изомальтитом в водных и глицериновых средах с перспективой разработки технологий получения устойчивых дисперсных систем на основе комплексов аскорбиновой кислоты.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. Получение, очистку и идентификацию целевого препарата в системе L-аскорбиновая кислота (Asc) – изомальтит (Iso) проводили по ранее предложенной методике [3].

Изучение состояния конъюгата в водной среде. 1%-ные водные растворы конъюгата исследовали поляриметрически на круговом поляриметре СМ-3 в кюветках с длиной оптического пути 1 дм, измерения проводили в течение 25 мин. через равные интервалы, значения удельного вращения $[\alpha]^{20}$ в этом случае составляли 100α и определялись как среднее из трех показаний (относительно дистиллированной воды). Аналогичные измерения проводили для 1%-ных растворов Asc и Iso. Дополнительно после поляриметрии выделяли твердую фазу из водного раствора и оценивали изменение ее ИК-спектрального профиля (ИК-Фурье спектрометр ФСМ-2201, таблетирование 1 мг образца с 200 мг KBr, разрешение по волновому числу 4 см^{-1} при 40 циклах накопления) в сравнении с таковым для исходного молекулярного комплекса.

Получение суспензий конъюгата в глицерине и изучение их строения. Для исследования готовили суспензии 1, 5 и 10%-ные Asc-Iso-комплекса в глицерине, для сравнения ис-

следовали также суспензии чистых компонентов требуемой концентрации. Полученные суспензии изучали в форме пленок, анализируя изменения положения полос C=C и C=O валентных колебаний в ИК-Фурье спектрах (тонкие пленки между KBr-окнами, разрешение по волновому числу 4 см^{-1} при 40 циклах накопления) для оценки состояния конъюгата в дисперсной среде. Седиментационную устойчивость концентрированных суспензий оценивали по скорости осаждения дисперсной фазы во времени: в мерные пробирки со шлифом вносили предварительно приготовленные 10%-ные суспензии Asc-Iso, Iso и Asc, тщательно перемешивали и отмечали время полного осаждения дисперсной фазы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. Поведение 1%-ных водных растворов Asc, Iso и Asc-Iso в условиях поляриметрического анализа представлено на рисунке 1: чистые компоненты сохраняют постоянство значений $[\alpha]^{20}$, тогда как в растворе конъюгата значения $[\alpha]^{20}$ изменяются, что, вероятно, указывает на развитие процессов с его участием.

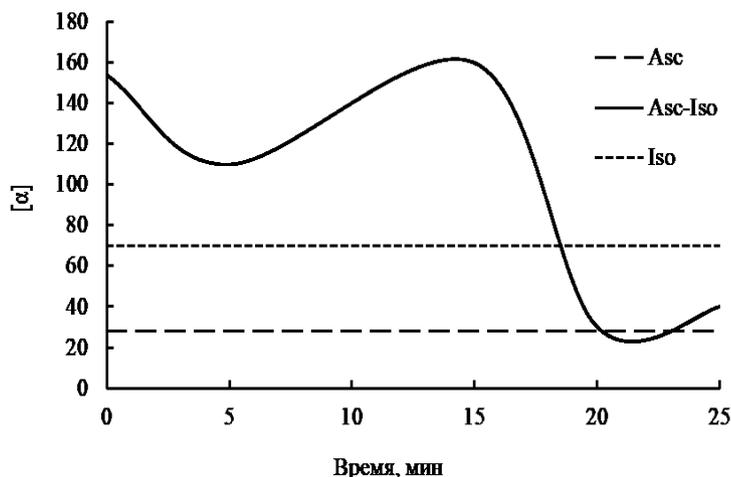


Рисунок 1 – Динамика изменения значений удельного вращения 1%-ных водных растворов

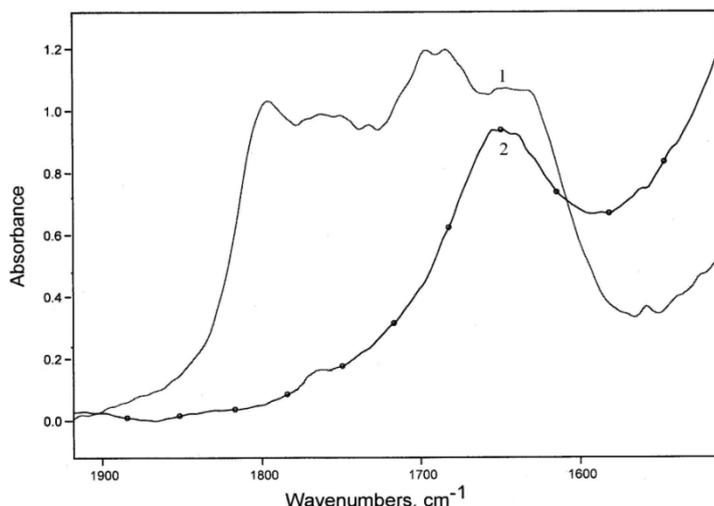


Рисунок 2 – Фрагменты спектров твердой фазы, выделенной из водного раствора конъюгата 1 (KBr-диск, 1:200) и суспензии Asc-Iso в глицерине 2 (тонкая пленка)

остается аналогичным установленному ранее для твердых фаз [3], что свидетельствует о сохранении связывания эндиольного фрагмента аскорбиновой кислоты с изомальтитом. Для 5%-ных суспензий начинает проявляться поглощение C=O в форме плеча при 1763 см^{-1} ; для 10%-ных суспензий уже отчетливо регистрируется пик при тех же значениях волновых чисел, что указывает на неизменяющееся структурное состояние конъюгата в дисперсной среде.

Высокочастотное смещение $\nu_{\text{C=O}}$ фиксируется как в отношении твердого Asc-препарата (рисунок 3, спектр 5), так и в сравнении с 10%-ной суспензией аскорбиновой кислоты в глицерине (рисунок 4, спектр 3), дополнительно подтверждая установленное ранее отсутствие участия C=O-группы в конъюгации.

Колебательный спектр твердой фазы, выделенной после поляриметрических исследований, представлен на рисунке 2: сигнал в области $1790\text{--}1800 \text{ см}^{-1}$, характерный для продукта окисления Asc – дегидроаскорбиновой кислоты, подтверждает разрушение конъюгата в водной среде. В противоположность описанному выше, Asc-Iso в глицериновой суспензии (рисунок 2, спектр 2) не обнаруживает подобных изменений спектрального профиля, что подтверждает литературные данные по устойчивости суспензий Asc (до 10%) в глицерине [2].

Для оценки состояния полученного конъюгата в глицериновых суспензиях изучали характер изменения положения полос поглощения в колебательных спектрах [2]. Наиболее информативными являются характеристические сигналы валентных C=C и C=O-колебаний аскорбиновой кислоты [4] 1676 и 1754 см^{-1} . Фрагменты спектров глицерина, суспензий Asc-Iso в глицерине в сопоставлении с аскорбиновой кислотой (ч.д.а.) в области $1800\text{--}1600 \text{ см}^{-1}$ представлены на рисунке 3.

В диапазоне $1700\text{--}1600 \text{ см}^{-1}$ регистрируются полосы глицерина (δ_{OH}), уширение по высокочастотным крыльям которых для суспензий связано с вкладом поглощения $\nu_{\text{C=C}}$ конъюгата. Положение последних ($1651\text{--}1654 \text{ см}^{-1}$)

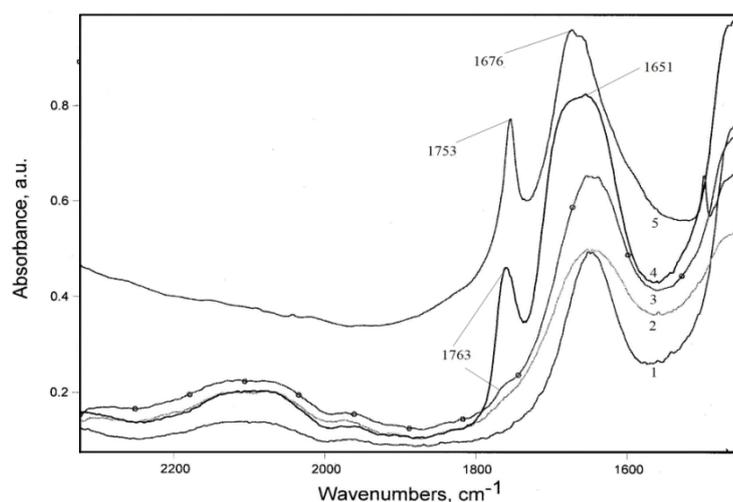


Рисунок 3 – Фрагменты колебательных спектров
 1 – глицерин, 2 – 1%-ная суспензия Asc-Iso в глицерине,
 3 – 5%-ная суспензия Asc-Iso в глицерине,
 4 – 10%-ная суспензия Asc-Iso в глицерине (тонкие пленки),
 5 – Asc (KBr-диск, 1:200)

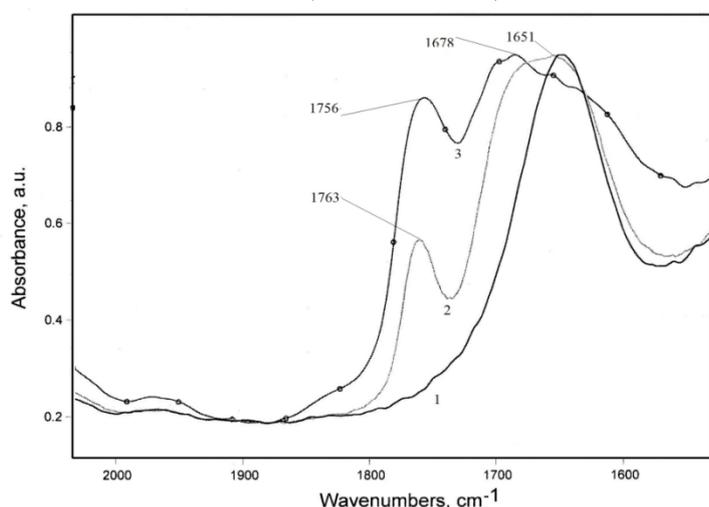


Рисунок 4 – Фрагменты колебательных спектров
 10%-ных суспензий в глицерине (тонкие пленки)
 1 – Iso, 2 – Asc-Iso, 3 – Asc

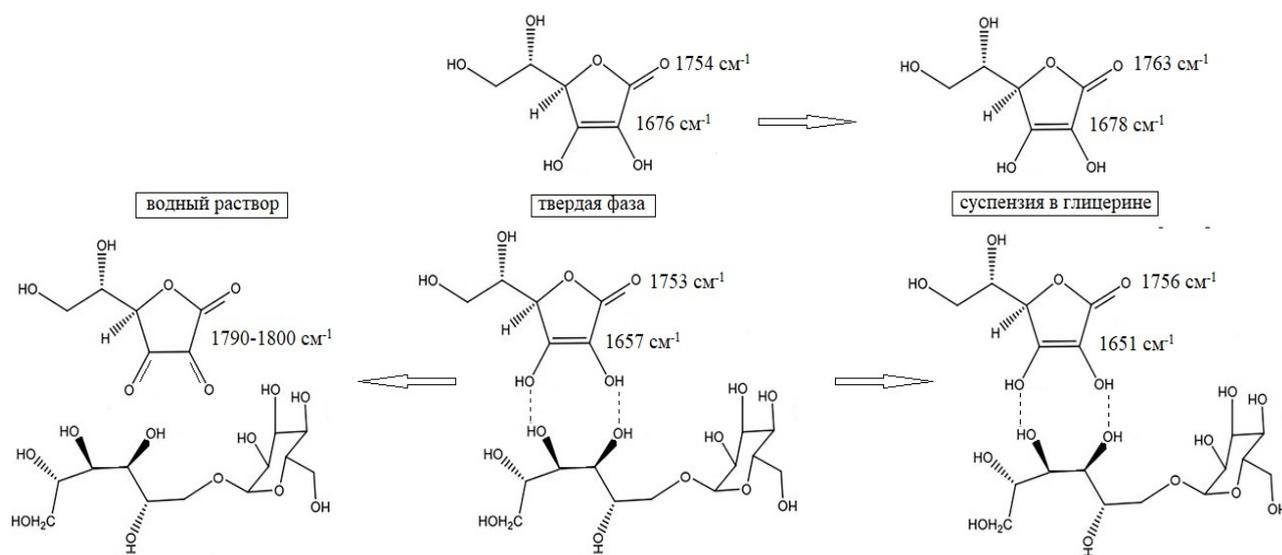
Согласно данным авторов [5], подобный эффект (рисунок 2) может быть связан с перестройкой системы межмолекулярных связей при переходе от твердого препарата к дисперсной системе.

Смещение сигналов $\nu_{C=O}$ суспензии чистой Asc (1753→1756 cm^{-1}) относительно аналогичной полосы твердой аскорбиновой кислоты (рисунок 3), а также смещение в том же направлении полосы поглощения $\nu_{C=C}$ (1676→1678 cm^{-1}) объясняется авторами [5] аналогично приведенному выше.

Сравнение спектров 2 и 3 (рисунок 4) показывает более сильное высокочастотное смещение $\nu_{C=O}$ (1756→1763 cm^{-1}) и низкочастотный сдвиг полосы $\nu_{C=C}$ (1678→1651 cm^{-1}) комплекса, что можно связать с более интенсивным взаимодействием в системе комплекс (аскорбиновая кислота-изомальтит) – глицерин по =C-O-H-фрагментам Asc [6].

Вероятно, также происходит изменение конформационного состояния молекул, благоприятствующее более эффективному межмолекулярному взаимодействию, что должно увеличивать стабильность дисперсионной системы в целом.

Обобщая полученные данные, можно представить изменения спектральных параметров аскорбиновой кислоты и ее комплекса с изомальтитом при их переводе в дисперсные системы:



Оценка седиментационной устойчивости 10%-ных суспензий Asc и Asc-Iso в глицерине показывает расположение компонентов в следующий ряд: Iso>Asc-Iso>Asc (таблица 1).

Таблица 1 – Данные по седиментационной устойчивости 10%-ных суспензий Asc, Iso и Asc-Iso в глицерине

Система	Asc	Iso	Asc-Iso
Время полного осаждения, мин.	110	270	240

На основании полученных данных можно предположить, что конъюгация аскорбиновой кислоты с изомальтитом повышает стабильность глицериновых суспензий в сравнении с чистой Asc, что предполагает перспективным применение синтезированного препарата в пищевых и косметических составах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Представлены результаты исследований по изучению состояния молекулярного комплекса, образующегося при конъюгации двух пищевых компонентов – L-аскорбиновой кислоты и изомальтита в водных и глицериновых средах. Поляриметрические измерения показывают неустойчивость синтезированного комплекса в водной среде, тогда как в глицериновых суспензиях (до 10%) его структура сохраняется; последнее, вероятно, обеспечивает повышение седиментационной устойчивости системы Asc-Iso в глицерине в сравнении с чистой аскорбиновой кислотой. Полученные результаты в дальнейшем планируется использовать для разработки и масштабирования технологии получения устойчивых дисперсных систем на основе молекулярных комплексов аскорбиновой кислоты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Levy, R. The influence of chemical structure and the presents of ascorbic acid on anthocyanins stability and spectral properties in purified model systems / R. Levy, Z. Okun, A. Shpigelman // Foods. – 2019. – Vol. 8. – Article number: 207.
2. Sheraz, M.A. Factor affecting formulation characteristics and stability of ascorbic acid in water-in-oil creams / M.A. Sheraz, M.F. Khan, S. Ahmed, S.H. Kazi, S. Khattak, L. Ahmad // Int. J. Cosmetic Sci. – 2014. – Vol. 36. – P. 494-504.
3. Черепанов, И.С. Изучение процессов образования и строения молекулярного конъюгата в системе L-аскорбиновая кислота – изомальтит / И.С. Черепанов, В.А. Третьякова // Индустрия питания. – 2023. – №2. – С. 24-28.
4. Zariqyan, A.I. Ascorbic acid vibrational spectra in sulfoxide solvents / A.I. Zariqyan, E.A. Kazoyan, S. Bona, Sh. A. Markaryan // J. Appl. Spectrosc. – 2008. – Vol. 75. – P. 664-668.
5. Neault, J.F. DNA-drug interaction. The effect of vitamin C on the solution structure of calf-thymus DNA studied by FTIR and laser Raman difference spectroscopy / J.F. Neault, M. Naoui, H.A. Tajmir-Riahi // J. Biomol. Struct. Dyn. – 1995. – Vol. 13. – P. 387-397.
6. Hvorslef, J. Vibrational spectroscopic studies of L-ascorbic acid and sodium ascorbate / J. Hvorslef, P. Klaeboe // Acta Chim. Scand. – 1971. – Vol. 25. – P. 3043-3053.

Черепанов Игорь Сергеевич

Удмуртский государственный университет
Кандидат химических наук, доцент кафедры фундаментальной и прикладной химии
426034, Россия, г. Ижевск, Университетская, 1, E-mail: cherchem@mail.ru

Третьякова Виктория Андреевна

Удмуртский государственный университет
Студент 4 курса специализации «Фундаментальная и прикладная химия»
426034, Россия, г. Ижевск, Университетская, 1, E-mail: vikigigit@mail.ru

I.S. CHEREPANOV, V.A. TRET'YAKOVA

STUDY OF L-ASCORBIC ACID – ISOMALT (E953) MOLECULAR COMPLEX IN AQUEOUS AND GLYCEROL MEDIA

The results of studies on the assessment of the L-ascorbic acid – Isomalt (food additive E953) molecular complex state in aqueous and glycerol media are presented. Based on the data of polarimetry and vibrational spectroscopy, instability of the complex in aqueous systems is shown, manifested in the oxidative destruction of the latter. At the same time, suspensions of the complex in glycerin (1-10%) show structural stability over time, which is confirmed by a comparative analysis of the ascorbic acid and the complex IR spectral bands of valence C=C and C=O vibrations, as well as an assessment of their sedi-

mentation stability in comparison with suspensions of the initial components. Further research is planned in the direction of developing and scaling the technology for obtaining stable dispersed systems based on ascorbic acid molecular complexes.

Keywords: *L-ascorbic acid, isomalt, complex, glycerol, sedimentation stability, polarimetry, Fourier transform infrared spectroscopy.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Levy, R. The influence of chemical structure and the presents of ascorbic acid on anthocyanins stability and spectral properties in purified model systems / R. Levy, Z. Okun, A. Shpigelman // *Foods*. – 2019. – Vol. 8. – Article number: 207.
2. Sheraz, M.A. Factor affecting formulation characteristics and stability of ascorbic acid in water-in-oil creams / M.A. Sheraz, M.F. Khan, S. Ahmed, S.H. Kazi, S. Khattak, L. Ahmad // *Int. J. Cosmetic Sci.* – 2014. – Vol. 36. – P. 494-504.
3. Cherepanov, I.S. Izuchenie processov obrazovaniya i stroeniya molekulyarnogo kon'yugata v sisteme L-askorbinovaya kislota – izomal'tit / I.S. Cherepanov, V.A. Tret'yakova // *Industriya pitaniya*. – 2023. – №2. – S. 24-28.
4. Zariqyan, A.I. Ascorbic acid vibrational spectra in sulfoxide solvents / A.I. Zariqyan, E.A. Kazoyan, S. Bonna, Sh. A. Markaryan // *J. Appl. Spectrosc.* – 2008. – Vol. 75. – P. 664-668.
5. Neault, J.F. DNA-drug interaction. The effect of vitamin C on the solution structure of calf-thymus DNA studied by FTIR and laser Raman difference spectroscopy / J.F. Neault, M. Naoui, H.A. Tajmir-Riahi // *J. Biomol. Struct. Dyn.* – 1995. – Vol. 13. – P. 387-397.
6. Hvoslef, J. Vibrational spectroscopic studies of L-ascorbic acid and sodium ascorbate / J. Hvoslef, P. Klaeboe // *Acta Chim. Scand.* – 1971. – Vol. 25. – P. 3043-3053.

Cherepanov Igor Sergeevich

Udmurt State University

Candidate of chemical sciences, assistant professor at the department of Fundamental and Applied Chemistry

426034, Russia, Izhevsk, Universitetskaya st., 1, E-mail: cherchem@mail.ru

Tret'yakova Viktoria Andreevna

Udmurt State University

4th year student specializing in Fundamental and Applied Chemistry

426034, Russia, Izhevsk, Universitetskaya st., 1, E-mail: vikigigit@mail.ru

© Черепанов И.С., Третьякова В.А., 2024