

УДК 615.453.4:577.164.2

РАЗРАБОТКА КАПСУЛЯРНОЙ ФОРМЫ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ

Э.В. Сингеева, Н.Д. Ипатова, А.А. Толмачева, С.Д. Жамсаранова

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, Улан-Удэ, Россия

Витамины являются необходимыми веществами для реализации важнейших биохимических и физиологических процессов в организме человека [1]. Большинство из них не синтезируются в организме, поэтому возникает потребность получения витаминов с пищей [2]. На основе исследований американских биохимиков было установлено, что по сравнению с 1950 годом, в современных фруктах и овощах содержание витаминов снизилось, в частности, витамина С стало меньше на 15 % [3]. Аскорбиновая кислота с биологической точки зрения является антиоксидантом, который индуцирует инактивацию свободных радикалов, восстановителем и коферментом отдельных ферментов метаболических процессов, ее основная функция связана с поддержанием окислительно-восстановительного потенциала клетки [4]. В настоящее время в рационе питания современного человека наблюдается дефицит витамина С, что приводит к различным нарушениям в организме и его ослаблению [5,6]. Главной причиной этой недостаточности является его неустойчивость, малоусваиваемость, недостаточное поступление с пищей и потери при технологической переработке и хранении пищевого сырья. Витамин С легко разрушается в процессе пищеварения, приготовления и хранения продуктов [7]. Суточная норма потребления составляет 80 мг/сутки. По данным ФГБНУ «НИИ питания» (2015 г.) у 8 % взрослого населения наблюдается дефицит витамина С и у 30–40 % – витамина Е [3]. Для лучшего усвоения ученые рекомендуют употреблять аскорбиновую кислоту вместе с каротиноидами, витамином Е и флавоноидами [8].

Витамин Е способствует повышению антиоксидантного действия аскорбиновой кислоты [1], является основным жирорастворимым антиоксидантом в организме [9]. Токоферол защищает клеточные мембраны и другие липиды от окислительного повреждения, задерживает начальную фазу окислительного процесса [10]. Физиологическая потребность в витамине Е составляет 15 мг/сутки [3].

В настоящее время ученые уделяют большое внимание обогащению продуктов питания витаминами и микроэлементами, что приводит к развитию новых технологий, которые имеют широкий спектр применения в пищевой промышленности [4]. Системы носителей на основе фосфолипидов являются одними из наиболее перспективных технологий инкапсуляции, используемых в быстро растущей области нанотехнологий [8]. Наиболее эффективным решением является использование липосомальной структуры, которая является контейнером для доставки различных биологически активных веществ в клетки организма [4, 13]. Липосомы – это замкнутые двухслойные везикулы, образованные из фосфолипидных молекул, которые могут быть получены с использованием полностью натуральных ингредиентов, они биосовместимы с клеточными мембранами [8, 13]. Заключение в липосомы вещество будет защищено от воздействия ферментов, что увеличивает эффективность препарата и повышает усвояемость аскорбиновой кислоты.

Цель работы – разработка липосомальной формы водорастворимого витамина С.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для получения липосом был использован лецитин соевый гранулированный ТУ 9146–008–5883768–2005, содержащий 97 % фосфолипидов, ООО «Протеин» (г. Санкт-Петербург). В качестве растворителя использовали спирт этиловый 1 сорта ГОСТ Р 51652–2000. В качестве инкапсулируемых веществ использовали аскорбиновую кислоту, ОАО «Марбиофарм», α – токоферола ацетат, «Мелиген». Определение суммарного содержания водорастворимых антиоксидантов липосомальных продуктов проводили амперометрическим методом по ГОСТ Р 54037–2010. Условия хранения липосомальной формы витамина С определяли согласно МУК 4.2.1847–04 «Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов». Перекисное число определяли титриметрическим методом по ГОСТ 26593–85, кислотное число по ГОСТ 52110–2003, pH определяли на pH-метре Mettler Toledo. Степень включения витамина С в липосомальную структуру определяли на спектрофотометре Cary 300, при этом не включившийся витамин С отделяли от липосом методом гель-фильтрации.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Получение липосомальных субстанций с использованием микронутриентов осуществляли по ранее используемой технологии, которая предусматривает смешивание двух предварительно подготовленных фаз: растворенного в спирте соевого лецитина с витамином Е (доза внесения 10 мг / 100 мл), используемого в качестве антиокислителя липидной фазы, и раствора витамина С в буфере. Исследовали 3 различные концентрации витамина С (100, 200, 300 мг / 100 мл). После трехкратного цикла замораживания-оттаивания липосомальной субстанции проводили формирование липосом через мембранные фильтры с диаметром пор 100 нм на мини-экструдоре Liposomal Fast-Basic (AVESTIN, Canada) нечетное количество раз [12].

Зависимость суммарного содержания водорастворимых антиоксидантов от дозы внесения аскорбиновой кислоты представлена на рисунке 1.

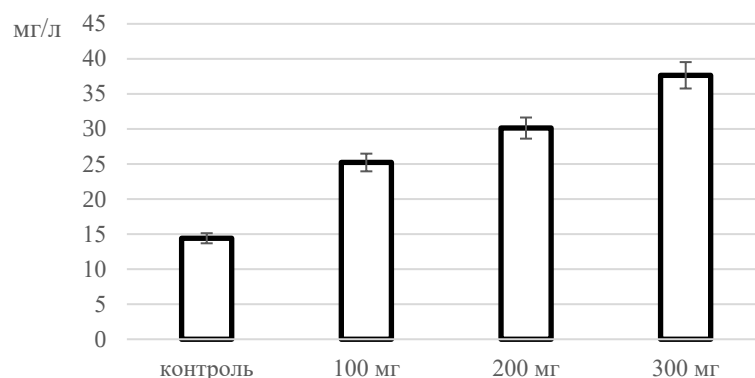


Рисунок 1 – Суммарное содержание водорастворимых антиоксидантов в липосомальной форме витамина С (контроль – липосомы без добавления витаминов; 100 мг, 200 мг, 300 мг – концентрации витамина С)

С увеличением дозы внесения аскорбиновой кислоты (100, 200, 300 мг) увеличивалось суммарное содержание антиоксидантов в исследуемых образцах, которое составило, соответственно, $25,22 \pm 2,04$; $30,13 \pm 1,56$; $37,66 \pm 4,03$ мг/л. В контрольном образце содержание составило $12,71 \pm 1,43$ мг/л.

На следующем этапе оценивали условия хранения в соответствии с МУК 4.2.1847–04 при разных температурных режимах ($20 \pm 5^\circ \text{C}$ и $4 \pm 2^\circ \text{C}$). В результате хранения при комнатной температуре в течении 21 дня в образцах наблюдалось появление плесени, поэтому данный температурный режим в дальнейшем не исследовался. При хранении в холодильнике в течении 21 дня не наблюдалось отклонений. Таким образом, рекомендуемый режим хранения липосомальной формы витамина С составил $4 \pm 2^\circ \text{C}$.

Далее были исследованы показатели окислительной порчи при температуре хранения $4 \pm 2^\circ \text{C}$ в течение 3 месяцев. В процессе хранения кислотное число образцов с содержанием 200 и 300 мг аскорбиновой кислоты на 100 мл после 90 дней хранения составило $3,99 \pm 0,2$ и $4,46 \pm 0,1$ мг КОН/г, соответственно, что превысило регламентируемые показатели СанПин 2.3.2.1078–01 (не более 4 мг КОН/г). Кислотное число у образцов с концентрацией витамина С (100 мг / 100 мл) после 90 дней хранения составило $1,92 \pm 0,03$ мг КОН/г, что не превышало предельно допустимый показатель. Перекисное число также почти не изменилось в процессе хранения, у опытного образца оно составило $1,2 \pm 0,1$ моль O_2 /кг, тогда как регламентируемый показатель не должен превышать 10 моль O_2 /кг (СанПин 2.3.2.1078–01).

В таблице 1 представлена характеристика липосомальной формы витамина С в концентрации 100 мг / 100 мл, которая имела следующие органолептические показатели: вязкая, однородная масса молочно-белого цвета, нейтрального вкуса, без запаха. Степень включения витамина С в липосомы составила в среднем 73 %.

Таблица 1 – Характеристика липосомальной формы витамина С в концентрации 100 мг / 100 мл

Показатели	Характеристика
Цвет	Молочно-белый
Вкус	Нейтральный
Запах	Без запаха
Консистенция	Вязкая, однородная
pH	6,95
Степень включения, %	$73,13 \pm 8,05$

Таким образом, наиболее оптимальные характеристики были получены для липосомальной формы витамина С в буферном растворе в концентрации 100мг / 100мл.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы мы ввели витамины С и Е в липосомальную структуру, разработали технологическую схему получения биологически активной добавки, содержащей водорастворимый витамин С в липосомальной форме, определили качественные характеристики липосомальной формы витаминов, установили условия хранения. Полученные образцы липосомальной формы витамина С в концентрации 100 мг / 100 мл характеризовались стабильными качественными показателями в течение 90 дней хранения при температуре $4 \pm 2^\circ \text{C}$ без существенных изменений. Обладали антиоксидантным эффектом, суммарное содержание водорастворимых антиоксидантов составило $25,22 \pm 2,04$ мг / 100 мл.

Разработанный липосомальный витаминный премикс обладал хорошими органолептическими показателями, содержал достаточно высокое включение витамина С в биодоступной форме, предохраняемой от воздействия физико-химических, биологических факторов. По данным Khorasani et al, находящаяся в водной полости липосом аскорбиновая кислота, может регенерировать α -токоферол [8]. В комплексе витамины С и Е биосовместимы и усиливают действие друг друга [4, 8].

В дальнейшем планируется оптимизация соотношения витаминов С и Е с целью повышения эффективности витамина Е в данной липосомальной форме и разработка функционального ингредиента с высоким содержанием не только витамина С, но и витамина Е, и обладающих значительным антиоксидантным действием.

ЛИТЕРАТУРА

Общая биохимия: витамины / Докучаева Е.А., Сяхович В.Э., Богданова Н.В. // Под ред. Сахарова А.Д., Бокутя С.Б. – Минск: 2017. – 52 с.

Коденцова В.М. и др. Обеспеченность населения России микронутриентами и возможности ее коррекции. Состояние проблемы // Вопросы питания – 2017. – Т.86 – № 4. – С. 114–118.

Коденцова В.М., Погожева А.В., Громова О.А. и др. Витаминно-минеральные комплексы в питании взрослого населения // Вопросы питания – 2015. – Т.84 – № 6. – С. 142–144.

Marsanasco M. et al. Liposomes as vehicles for vitamins E and C: An alternative to fortify orange juice and offer vitamin C protection after heat treatment // Food Research International. 2011. № 44. С.3039–3046.

Быковченко И. Витаминная проблема и ее решения // Ремедиум. Журнал о российском рынке лекарств и медицинской технике – 2013. – С. 42–45.

Геворкян А.К. Дефицит витаминов и микроэлементов: мнение практикующего педиатра // Обучение обучающихся – образовательные программы для родителей. – 2011 г. – С. 125–126.

Что могут витамины: Парадоксы правильного питания / Спиричев В.Б. // Под ред. Деревянко Т. – 2013. – 288 с.

Khorasani S., Danaei M., Mozafari M.R. Nanoliposome technology for the food and nutraceutical industries // Trends in Food Science & Technology – 2018. – № 79 – С. 106–115.

Касимова А.Р., Колбин А.С. Возможно ли расширение показаний к применению жирорастворимых витаминов у детей? Взгляд с позиции доказательной медицины // Медицинские технологии. Оценка и выбор – 2016. – № 4. – С. 79–86.

Кличханов Н.К., Маяхи М.Т.Д., Исмаилова Ж.Г. и др. Влияние витаминов-антиоксидантов С и Е на свободно-радикальные процессы в крови крыс // Медицинский альманах – 2013. – № 3. – С. 56–57.

Vivek K. Bajrai, Madhu Kamle, Shruti Shukla. Prospects of using nanotechnology for food preservation, safety, and security // Science Direct – 2018. – № 26 – С.1201–1214.

Сынгеева Э.В., Ламажапова Г.П., Жамсаранова С.Д. Оптимизация условий получения липосомальной формы концентрата полиненасыщенных жирных кислот // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология – 2017. Т. 7 – № 1. – С. 82–91.

Толчева Е.В., Оборотова Н.А. Липосомы как транспортное средство для доставки биологически активных молекул // Российский биотерапевтический журнал – 2006. Т.5 – № 1. – С. 54–61.