

УДК 664.022.3  
ББК 65.304.25  
Ш – 169

*Шаззо Фатима Рамазановна, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник кафедры технологии жиров, косметики и экспертизы товаров факультета экспертизы, инженерии и компьютерного моделирования высоких технологий Кубанского государственного технологического университета, т. (8861)2536760;*

*Бутина Елена Александровна, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии жиров, косметики и экспертизы товаров факультета экспертизы, инженерии и компьютерного моделирования высоких технологий Кубанского государственного технологического университета, т. (8861)2536760;*

*Корнева Елена Павловна, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой технологии жиров, косметики и экспертизы товаров факультета экспертизы, инженерии и компьютерного моделирования высоких технологий Кубанского государственного технологического университета, т. (8861)2752493;*

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАДАННОЙ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ ПУТЕМ ИНКАПСУЛЯЦИИ ОБОГАЩАЮЩИХ МИКРОНУТРИЕНТОВ\***

(рецензирована)

*Целью исследования являлось обеспечение заданной физиологической ценности продуктов питания, обогащенных физиологически функциональными ингредиентами. В качестве объектов исследования рассматривались комплексы физиологически функциональных ингредиентов и растительные фосфолипиды, как инкапсулирующие агенты, при этом предмет исследования составила разработка способа инкапсуляции микронутриентов, обуславливающего сохранение их нативных физиологически функциональных свойств.*

*Ключевые слова: функциональные пищевые продукты, микронутриенты, фосфолипиды, липосомы, инкапсуляция*

*Shazzo Fatima Ramazanovna, Candidate of Technical Sciences, senior researcher of the chair of technology of fats, cosmetics and expertise of the Faculty of Engineering, expertise and computer modeling of high technologies, Kuban State Technological University, tel. (8861) 2536760;*

*Butina Elena Alexandrovna, Doctor of Technical Sciences, professor, professor of the chair of technology of fats, cosmetics and expertise of the Faculty of Engineering, expertise and computer modeling of high technologies, Kuban State Technological University, tel. (8861) 2536760;*

*Korneva Elena Pavlovna, Doctor Of Technical Sciences, Professor, Head of the chair of technology of fats, cosmetics and expertise of the Faculty of Engineering, expertise and computer modeling of high technologies, Kuban State Technological University, tel.: (861) 2752493;*

## **ENSURING PHYSIOLOGICAL VALUES OF FOOD BY ENCAPSULATING ENRICHING MICRONUTRIENTS**

*The aim of the study has been to provide given physiological values of foods enriched with physiologically functional ingredients. A set of physiologically functional ingredients and plant phospholipids, both like encapsulating agents, have been considered as objects of research. The development of the method of encapsulation of micronutrients, which is associated with preservation of their native physiologically functional properties, has been considered as the subject.*

*Key words: functional foods, nutrients, phospholipids, liposome, encapsulation.*

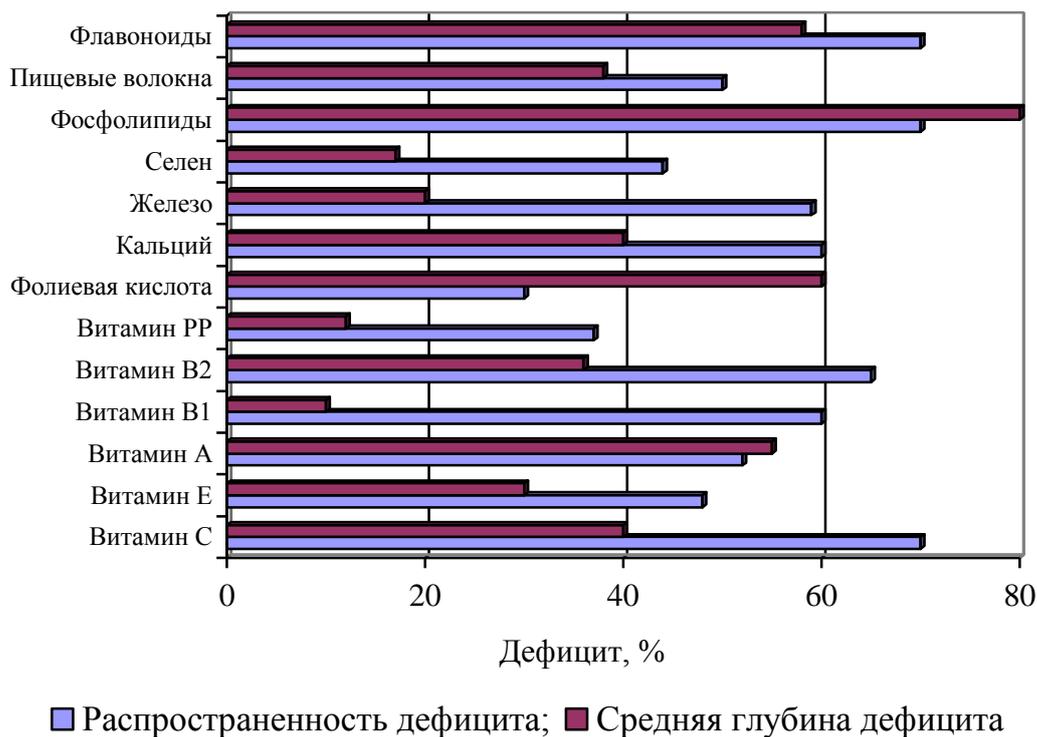
В настоящее время наблюдается хронический дефицит в питании микронутриентов: витаминов, минеральных и биологически активных веществ, а также ряда минорных компонентов пищи, который носит всесезонный характер и охватывает подавляющее большинство населения России [1-3]. Доказано, что наиболее рациональным и эффективным путем улучшения обеспеченности населения необходимыми нутриентами является дополнительное обогащение ими пищевых продуктов и использование в питании биологически активных добавок к пище (БАД) [2,4].

Несмотря на расширение ассортимента продуктов функционального назначения и БАД проблема пищевой недостаточности остается остро актуальной. Одними из основных причин этого являются несоответствие декларируемой и фактической физиологической ценности обогащенных продуктов и продуктов функционального назначения, а также отсутствие достоверной информации о принципах рационального питания и физиологической ценности пищевых нутриентов. Указанные негативные факторы усугубляются опережающим ростом доли рафинированных, подвергнутых глубокой промышленной обработке и длительному хранению продуктов, а также возрастанием степени загрязнения продуктов питания ксенобиотиками различного происхождения [1, 3].

Таким образом, актуальным является разработка премиксов дефицитных нутриентов в форме, позволяющей обеспечить заданные функциональные свойства обогащаемых продуктов.

Разработку рецептур микронутриентных комплексов для обогащения продуктов питания с целью последующего позиционирования их как функциональные пищевые продукты осуществляли, основываясь на данных мониторинга пищевого статуса населения Краснодарского края и республики Адыгея (рисунок 1). При этом руководствовались принципами обеспечения синергизма микронутриентов при исключении химического и фармакологического антагонизмов.

Разработанные рецептуры микронутриентных комплексов представлены в таблице 1.



*Рисунок 1 – Оценка пищевого статуса населения Краснодарского края и республики Адыгея*

Как видно из представленных данных, микронутриентные комплексы включают физиологически сочетаемые наборы наиболее дефицитных микронутриентов, содержание которых в суточной дозе составляет от 20 до 100% от рекомендуемого адекватного уровня потребления. Из дефицитных микроэлементов в состав рецептур микронутриентных комплексов включено железо в виде сульфата железа, как микроэлемент, входящий в состав гемоглобина, а также в состав антиоксидантных ферментов.

Учитывая это, обеспечивали оптимальное сочетание витаминов с железом, при этом исходили из следующего: аскорбиновая кислота поддерживает железо в хорошо усваиваемой двухвалентной форме; витамин B<sub>6</sub> необходим для синтеза гемоглобина, а витамины B<sub>12</sub> и фолиевая кислота обеспечивают доставку связанного гемоглобином кислорода от места его поступления в организм к другим тканям.

При обогащении продуктов питания микронутриентными комплексами одной из основных задач является сохранение их физиологической активности в готовом продукте. Эффективным решением указанной задачи является создание микронутриентных комплексов в инкапсулированной форме.

Одним из способов инкапсуляции является включение микронутриентов в состав липосом – сферических микроструктур с размерами 50-500 нм. Уникальным липосомобразующим агентом являются природные фосфолипиды с преобладающим содержанием в их составе фосфатидилхолиновой фракции. Липосомы, образованные фосфолипидами, способны инкапсулировать как гидрофильные, так и липофильные ингредиенты, при этом гидрофильные, растворенные в воде, составляют ядро липосом, а липофильные включаются в фосфолипидный бислой.

Таблица 1 – Рецептуры микронутриентных комплексов

Наименование компонента	Содержание компонента в суточной дозе:		Рекомендованные адекватные уровни потребления, мг/сутки
	142,6 мг поливитаминного комплекса	118,0 мг антиоксидантного комплекса	
<b>1. Витаминный премикс 961 фирмы «Хоффманн-Ля Рош», мг, в том числе:</b>	100,0	отсутствие	-
витамины, мг/100 мг премикса:			
Е (dl- $\alpha$ -токоферола ацетат)	8,200	-	15,0
В <sub>1</sub> (тиамина мононитрат)	1,128	-	1,7
В <sub>2</sub> (рибофлавин)	1,050	-	2,0
В <sub>6</sub> (пиридоксина гидрохлорид)	1,464	-	2,0
В <sub>12</sub> (цианокобаламин)	0,0006	-	0,003
Фолиевая кислота	0,220	-	0,4
Пантотенат (D-пантотенат кальция)	0,633	-	5,0
РР (никотинамид)	0,980	-	20,0
Биотин	0,082	-	0,05
С (аскорбиновая кислота)	33,000	-	70,0
сахароза, мг/100мг премикса	53,0	-	-
<b>2. Витамин С (аскорбат натрия), мг</b>	40,0	70,0	70,0
<b>3. <math>\beta</math> –каротин, мг</b>	1,6	5,0	5,0
<b>4. Сульфат железа, мг</b>	1,0	3,0	10,0 <sup>М</sup>
<b>5. Витамин Е (dl-<math>\alpha</math>-токоферола ацетат)</b>	отсутствие	15,0	15
<b>6. Флавоноиды (флавонолы в пересчете на рутин), мг</b>	отсутствие	25,0	30,0
Примечание: <sup>М</sup> - значение соответствует адекватному уровню потребления железа у мужчин, для женщин адекватный уровень потребления железа составляет 15 мг/сутки			

Для создания инкапсулированных форм микронутриентных комплексов в виде липосом, образованных фосфолипидами, проводили сравнительные исследования инкапсулирующих свойств отечественных фракционированных фосфолипидных продуктов «Витол-Холин» и «Холин», выпускаемых НПФ «Росма-Плюс», г.Краснодар.

В качестве контроля использовали известный липосомобразующий агент – соевый фракционированный лецитин Ultralec PC40, производимый фирмой ADM-Lecithin, Голландия. Характеристика указанных продуктов представлена в таблице 2.

Получение липосомальных субстанций с использованием фракционированных фосфолипидов и микронутриентов осуществляли по известной технологии, которая предусматривает гомогенизацию двух предварительно подготовленных фаз: раствора фракционированных фосфолипидов и жирорастворимых компонентов ( $\beta$  –каротина и витамина Е) в спирте и раствора водорастворимых компонентов (поливитаминного комплекса, витамина С и флавоноидов) в деминерализованной воде.

Таблица 2 – Характеристика фракционированных фосфолипидов

Наименование показателя	Значение показателя		
	Витол-Холин	Холин	Ultralec PC40
Массовая доля, %:			
фосфолипидов,	97,40	71,35	97,50
в том числе фосфатидилхолинов	70,00	35,00	40,00
нейтральных липидов	1,25	27,25	1,73
влаги и летучих веществ	1,35	1,40	0,77
Перекисное число, ммоль активного кислорода / кг	0,10	2,05	0,90
Кислотное число (все титруемые вещества), мг КОН/г	5,15	6,40	7,95

Структурная схема получения липосомальных субстанций приведена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Структурная схема получения липосомальных субстанций микронутриентов

Для получения липосомальных субстанций использовали модернизированную пилотную установку LABOR-PILOT фирмы IKA-Werke GmbH, Корея, включающую в качестве гомогенизатора коллоидную мельницу.

С целью обеззараживания липосомальной субстанции, а также упорядочения размеров липосом полученную гомогенную смесь подвергали микрофильтрации через керамический мембранный фильтр с размером пор 0,2 мкм. Отделение сформировавшихся липосом осуществляли в поле центробежных сил на центрифуге, обеспечивающей фактор разделения 2500 в течение 10 минут.

Липосомальные субстанции получали с использованием каждого из исследуемых образцов фракционированных фосфолипидов для каждого из двух разработанных микронутриентных комплексов. В процессе экспериментов варьировали соотношение фракционированных фосфолипидов и микронутриентных комплексов в диапазоне от 1:10 до 1:1.

Составы компонентов трех образцов липосомальных субстанций, содержащих фосфолипиды и микронутриентные комплексы в соотношениях, соответствующих граничным и средним значениям диапазона варьирования, представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Состав компонентов для получения липосомальных субстанций

Наименование компонента	Содержание компонента, %		
	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Фракционированные фосфолипиды	1,0	3,0	10,0
Микронутриентный комплекс	10,0	10,0	10,0
Этиловый спирт	10,0	15,0	20,0
Вода деминерализованная	79,0	72,0	60,0

Для примера на рисунке 3 представлены результаты исследования содержания фосфолипидов в полученных липосомальных субстанциях с инкапсулированным поливитаминым комплексом по отношению к исходному содержанию фосфолипидов в составе компонентов.

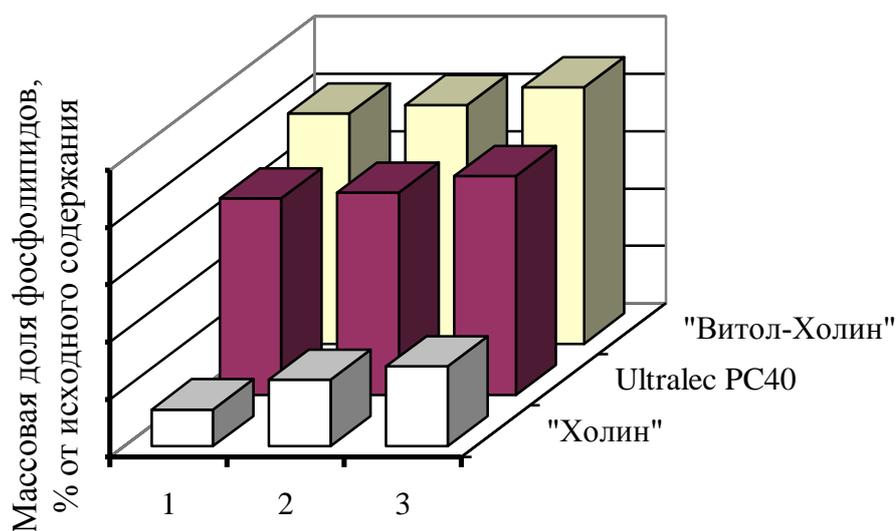


Рисунок 3– Содержание фосфолипидов в липосомальных субстанциях:  
1- образец 1; 2- образец 2; 3 – образец 3

Показано, что «Холин» не обеспечивает получение стабильных липосом, что объясняется более низким содержанием в нем собственно фосфолипидов, в том числе фосфатидилхолинов, а также высоким содержанием нейтральных липидов.

Липосомообразующая способность фракционированных фосфолипидов «Витол-Холин» в среднем на 15% выше, чем Ultralec PC40.

Учитывая это, а также тот факт, что «Витол-Холин» является отечественным продуктом и его стоимость более, чем в 3 раз ниже стоимости импортного продукта Ultralec PC40, для дальнейших исследований был выбран «Витол-Холин».

Установлено, что фракционированные фосфолипиды «Витол-Холин» образуют сферические многослойные липосомы, размеры которых распределяются в интервале от 96 до 204 нм. При хранении липосомальных субстанций в течении 15 дней значимой динамики изменения размеров липосом не выявлено.

Для обеспечения максимальной степени инкапсуляции микронутриентов определяли эффективное соотношение «Витол-Холина» и микронутриентных комплексов.

Учитывая, что целью инкапсуляции является стабилизация микронутриентов путем их защиты от внешних воздействий, в качестве критерия степени инкапсуляции использовали стабильность одного из наиболее лабильных компонентов микронутриентных комплексов – витамина С.

Эксперименты проводили по известной методике, образцы хранили в герметичных флаконах из темного стекла без доступа света при температуре 5°C.

Методом математического планирования эксперимента установлено оптимальное соотношение компонентов для получения липосомальных субстанций: «Витол-Холин» - 5,0; микронутриентный комплекс – 10,0; этиловый спирт – 15,0; деминерализованная вода – 70,0.

Результаты исследования стабильности витамина С в липосомальных субстанциях, полученных при оптимальных соотношениях компонентов, представлены на рисунке 4.

Для сравнения представлены данные по стабильности витамина С в водных растворах микронутриентных комплексов без их предварительной инкапсуляции.

Показано, что стабильность витамина С в составе инкапсулированных микронутриентных комплексов существенно выше, чем для неинкапсулированных образцов: более 50% витамина С в инкапсулированном поливитаминном комплексе и более 60% в инкапсулированном антиоксидантном комплексе сохраняет стабильность после 25 суток хранения. Витамин С в водных растворах комплексов за аналогичный период практически полностью разрушается в поливитаминном комплексе и на 80% - в антиоксидантном комплексе.

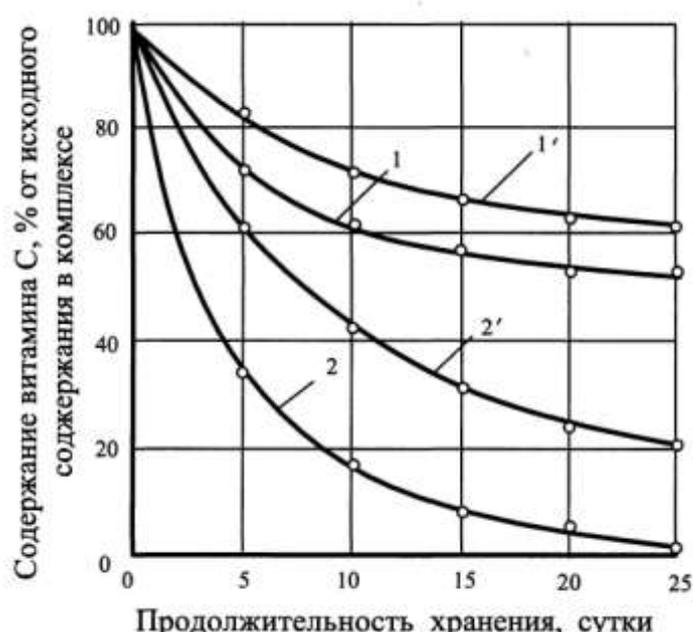


Рисунок 4 – Сравнительная стабильность витамина С:  
1, 1' – липосомальные субстанции; 2, 2' – водные растворы микронутриентных комплексов; 1, 2 – поливитаминный микронутриентный комплекс; 1', 2' – антиоксидантный микронутриентный комплекс

Полученные данные свидетельствуют о высокой инкапсулирующей способности липосом, образованных «Витол-Холином».

\*Работа выполнялась в рамках реализации Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы.

#### **Литература:**

1. Политика здорового питания. Федеральный и региональный уровни / В.И. Покровский [и др.]. Новосибирск: Сиб. кн. изд-во, 2002. 344с.

2. Поздняковский В.М. Гигиенические основы питания, качество и безопасность пищевых продуктов: учебник. 5-е изд., испр. и доп. Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2007. 455 с.

3. О санитарно-эпидемиологической обстановке и защите прав потребителей в Краснодарском крае в 2008 году: гос. докл. Краснодар, 2009. 203 с.

4. Дроздова Т.М., Волощинский П.Е., Поздняковский В.М. Физиология питания: учеб. пособие для вузов. Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2007. 352 с.