

УДК 641.1/.3

DOI: 10.46548/21vek-2021-1054-0029

СОЗДАНИЕ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ПИТАНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ФЕНИЛКЕТОНУРИЕЙ

© 2021

Грищенко Анна Васильевна, магистрант

Высшей школы пищевых технологий и биотехнологий

Быченкова Валерия Владимировна, кандидат технических наук,

доцент Высшей школы пищевых технологий и биотехнологий

Сафонова Эльвира Эмильевна, кандидат педагогических наук,

доцент Высшей школы пищевых технологий и биотехнологий

Иванченко Ольга Борисовна, кандидат биологических наук,

доцент Высшей школы пищевых технологий и биотехнологий

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

(194021, Россия, Санкт-Петербург, ул. Новороссийская 48-50,

e-mails: ania.grishenko@yandex.ru, lera_bychenkova@mail.ru, elvira-safo@rambler.ru, obivanchenko@yandex.ru)

Аннотация. В настоящее время остро стоит проблема питания людей с целиакией и фенилкетонурией. И если продукты питания для больных целиакией уже можно встретить в обычных магазинах и супермаркетах, то для людей с фенилкетонурией возможность найти продукт в широком доступе сводится к минимуму. Серьезные ограничения в питании пациентов с фенилкетонурией заключаются в невозможности потребления животного белка, так как его употребление ведет к повышению в крови больного человека фенилаланина и продуктов его распада из-за дефицита фермента фенилаланингидроксилазы. Выбор сырья для производства специализированной продукции достаточно сложен, ввиду различных ограничений данного заболевания. Из рациона следует исключить продукты богатые белком: мясо, птицу, рыбу и изделия из них, яйца, орехи, некоторые крупы и изделия из муки (овсяной, ржаной, пшеничной, гречневой), аспартам. С осторожностью применять молоко и молочные продукты, некоторые виды овощей (картофель, брокколи, брюссельскую капусту). Разрешены к употреблению фрукты и ягоды, овощи, зелень, сахар, растительные жиры и масла, крупы, муку (рисовую, кукурузную), крахмалы тапиоки, картофеля, кукурузы, саго. В статье приведен анализ ассортимента продукции для больных фенилкетонурией, основные принципы выбора сырья при производстве продукции для больных фенилкетонурией, принципы построения рецептуры продукта. Проведен анализ уровня фенилаланина различных видов муки и крахмала, содержание моно- и полиненасыщенных кислот. Разработана рецептура мучного кондитерского изделия для больных фенилкетонурией, выполнены исследования по содержанию влаги и щелочности разработанного продукта по сравнению с классической рецептурой изделия из пшеничной муки, рассчитаны показатели пищевой и энергетической ценности изделий, уровень фенилаланина в готовой продукции.

Ключевые слова: фенилкетонурия, изделия с пониженным содержанием фенилаланина, кондитерские изделия, рисовая мука, кукурузный крахмал.

CREATION OF FLOUR CONFECTIONERY PRODUCTS FOR NUTRITION OF PATIENTS WITH PHENYLKETONURIA

© 2021

Grishchenko Anna Vasilyevna, master's student

Higher School of Food Technology and Biotechnology

Bychenkova Valeria Vladimirovna, candidate of technical sciences, associate

professor of the Higher School of Food Technologies and Biotechnologies

Safonova Elvira Emilyevna, candidate of pedagogical sciences, associate

professor of the Higher School of Food Technologies and Biotechnologies

Ivanchenko Olga Borisovna, candidate of biological sciences, associate

professor of the Higher School of Food Technologies and Biotechnologies

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

(194021, Russia, St. Petesburg, Novorossiyskaya str., 48-50,

e-mails: ania.grishenko@yandex.ru, lera_bychenkova@mail.ru, elvira-safo@rambler.ru, obivanchenko@yandex.ru)

Abstract. Currently, the problem of nutrition of people with celiac and phenylketonuria is sharply. And if food products for patients with celiacs can already be found in ordinary stores and supermarkets, then for people with phenylketonuria, the opportunity to find a product widely access will be minimized. The serious restrictions in nutrition of patients with phenylketonuria are impossible to consume an animal protein, since its use leads to an increase in the patient's patient phenylalanine and its decay products due to the deficiency of phenylalaninhydroxylase enzyme. The choice of raw materials for the production of specialized products is quite complicated, due to the various restrictions of this disease. From the diet should exclude products rich in protein: meat, bird, fish and products of them, eggs, nuts, some cereals and products from flour (oatmeal, rye, wheat, buckwheat), aspartame. With caution apply milk and dairy

products, some types of vegetables (potatoes, broccoli, Brussels cabbage). Fruits and berries, vegetables, greens, sugar, vegetable fats and oils, cereals, flour (rice, corn), starch tapioki, potatoes, corn, sago are allowed. The article presents an analysis of the range of products for patients with phenylketonuria, the basic principles of the choice of raw materials in the production of products for patients with phenylketonuria, the principles of building a recipe product. An analysis of the level of phenylalanine of various types of flour and starch, the content of mono- and polyunsaturated acids was carried out. A recipe for a flour confectionery product for patients with phenylketonuria was developed, studies were made on the content of moisture and alkalinity of the developed product compared to the classical recipe product from wheat flour, indicators of the food and energy value of products, the level of phenylalanine in finished products are calculated.

Keywords: phenylketonuria, products with reduced phenylalanine, confectionery, rice flour, corn starch.

Введение. Серьезные ограничения в питании пациентов с фенилкетонурией заключаются в невозможности потребления животного белка, так как его употребление ведет к повышению в крови больного человека фенилаланина и продуктов его распада из-за дефицита фермента фенилаланингидроксилазы [1]. Избыток фенилаланина в крови для таких пациентов может привести к поражению центральной нервной системы вплоть до умственной отсталости [2]. Однако, при своевременном выявлении данного заболевания (при неонатальном скрининге) и последующем лечении, жалобы носят более легкий характер или отсутствуют.

Частота фенилкетонурии колеблется в зависимости от популяции, региона. Наиболее распространена фенилкетонурия у лиц европеоидной расы. По данным неонатального скрининга установлено, что «в России частота составляет 1:7000 новорожденных, в Санкт-Петербурге и Москве 1:7600 и 1:6772 соответственно» [3].

В федеральных клинических рекомендациях [3] авторами доказано, что «основной метод лечения – диетотерапия, основанная на резком ограничении фенилаланина в рационе больных детей за счет исключения высокобелковых продуктов». Людям с фенилкетонурией необходимо пожизненно соблюдать низкобелковую диету. [3].

На российском рынке специализированное питание для людей с фенилкетонурией представлена марками: *Balviten* (Польша), *Мак Масмер* (Россия), *Sanavi* (Италия), *Mevalia* (Германия), *Nutricia* (Нидерланды), "ГНУ ВНИИ Крахмалопродуктов" (Россия). Большинство изделий, которые представлены на нашем рынке, производятся в странах Европейского Союза, вследствие чего имеют высокую стоимость.

Целью исследования являлось создание низкобелковой продукции, с пониженным содержанием фенилаланина.

Материалы и результаты исследования. Объектами исследований являлись 3 образца рецептуры кексов для больных фенилкетонурией с разным содержанием муки рисовой и кукурузного крахмала, а также контрольный образец с применением яиц и пшеничной муки.

В таблице 1 представлено содержание муки крахмала в процентном соотношении к основной массе полуфабриката.

Таблица 1 – Содержание муки и крахмала в исследуемых образцах

	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Контрольный образец
Рисовая мука, %	28	21	14	-
Кукурузный крахмал, %	-	7	14	-
Пшеничная мука, %	-	-	-	24

В процессе работы были проведены исследования физико-химических показателей. Таких как: содержание влаги – методом высушивания (ГОСТ 5900-2014) [4], и щелочность – методом титрования по (ГОСТ 5898-87) [5], а также проведена их математическая обработка. Органолептический анализ проводился согласно требованиям ГОСТ 5897-90 [6]. Показатели содержания витаминов и минеральных веществ, энергетическая ценность – расчетными методами. Содержание фенилаланина с помощью программы «диета ФКУ» [7], разработанной при участии врача генетика Латыпова Артура Шамильевича.

Первым этапом работы был анализ ассортимента продукции среди наиболее крупных интернет-магазинов специализированного питания для пациентов с фенилкетонурией: «Леоана», «Мир Вкусов», «Здоровье на дом», «Азбука здоровья». Продукция для анализа отбиралась с маркировкой «низкобелковый продукт» или пометкой «фенилкетонурия», «ФКУ», а также содержанием белка менее 2 граммов на 100 граммов готовой продукции. Данный анализ показал, что наибольшее количество продукции приходится на макаронные изделия, печенье, сухие смеси для выпечки, хлеб и концентраты супов. Кондитерские изделия такие как, кексы, конфеты, шоколад, вафли представлены в значительно меньшем количестве. Результаты анализа представлены на рисунке 1.

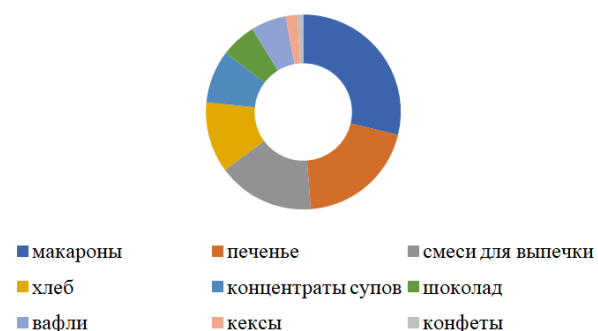


Рисунок 1 – Анализ рынка продукции для больных фенилкетонурией

По результатам анализа было выбрано направление для создания новых видов продукции – кондитерские изделия, кексы.

При выборе сырья для больных фенилкетонурией особое внимание уделили содержанию в нем фенилаланина [8]. Был проведен сравнительный анализ аминокислотного состава муки кукурузной, рисовой, крахмала картофельного и кукурузного. Данные виды сырья рассматриваются в качестве основных, так как разрешены к употреблению больным с фенилкетонурией [3, 9]. В таблице 2 представлено количество фенилаланина в 100 граммах различных видов муки и крахмала [10].

Таблица 2 – Содержание фенилаланина в муке и крахмале

Название	Мука рисовая	Мука кукурузная	Крахмал картофельный	Крахмал кукурузный
	г	г	г	г
фенилаланин	0,317	0,340	0,316	0,013

По итогам анализа было принято решение использовать рисовую муку и кукурузный крахмал. Опытным путем было установлено что без существенного ухудшения технологических свойств можно использовать кукурузный крахмал в соотношении от 1-50% от рисовой муки, в зависимости от использованной рецептуры.

При разработке специализированной продукции особое внимание уделили специфичности сырья. В разрешенных к употреблению видах муки отсутствует глютен. Возникающее ухудшение технологических свойств теста компенсировали включением в рецептуру структурообразователей [11,12,13].

Таблица 3 – Содержание моно- и полиненасыщенных кислот в 100 граммах растительных масел

Наименование	Полиненасыщенные жирные кислоты, граммы	Мононенасыщенные жирные кислоты, граммы	Насыщенные жирные кислоты, граммы
Рапсовое масло	28,14	63,28	7,37
Оливковое масло	10,52	72,96	13,81
Пальмовое масло	9,30	37,00	49,30
Подсолнечное масло	3,80	83,69	9,86
Кокосовое масло	1,70	6,33	82,48

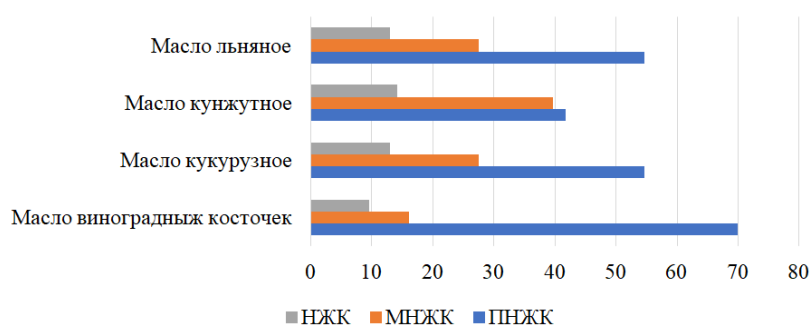


Рисунок 2 – Анализ уровня жирных кислот

По результатам работы можно сделать вывод, что лидером среди образцов по содержанию полиненасыщенных жирных кислот является масло виноградных косточек, оно было выбрано для использования в рецептуре.

Анализируя содержание витаминов и минеральных веществ в муке рисовой, а также крахмале, важно отметить, что они не обладают высокой биологиче-

В качестве природных структурообразователей в разрабатываемой рецептуре было использовано пюре банана 23,4% от общей массы. А также добавки E450 и E500 в количестве, не превышающем 1% от массы полуфабриката.

Проведя изучение состава мучных кондитерских изделий для больных фенилкетонурией, представленных на территории России, было выделено несколько наиболее часто используемых масел: пальмовое, подсолнечное, рапсовое, оливковое масла. Также можно выделить фирму *SANAVI*, единственную на рынке использующую кокосовое масло.

Проведя анализ данных по составу масел, можно сделать вывод что лучшими из рассматриваемых масел по содержанию моно- и полиненасыщенных кислот являются: рапсовое и оливковое, подсолнечное масло отстает по показателю полиненасыщенных жирных кислот, несмотря на уровень мононенасыщенных жиров и более низкую стоимость. Результат анализа справочных данных представлен в таблице 3 [10, 14].

Кокосовое и пальмовое масла ввиду своего строения имеют высокий уровень насыщенных жирных кислот, так как на данный момент у врачей нет единого мнения о явной пользе или вреде данных кислот, использовать их следует с осторожностью.

Перспективными маслами для производства продукции с пониженным содержанием белка также являются: кукурузное, кунжутное, льняное и виноградных косточек масла. В ходе работы были проанализированы данные по уровню жирных кислот, результат представлен на рисунке 2 [10, 14].

ской ценностью [15]. Для увеличения количества витаминов и минеральных веществ было использовано банановое пюре и апельсиновый сок.

В ходе работы был рассчитан уровень содержания витаминов и минеральных веществ в исследуемых образцах в 100 граммах продукции до тепловой обработки [16]. Данные были сравнены с образцом без фруктовых добавок и представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Уровень витаминов и минеральных веществ в исследуемых образцах

Наименование	Необогащенный образец	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Витамины, мг				
Витамин Е	16,6	16,8	16,75	16,7
Витамин К	-	0,8	0,8	0,8
В1	0,2	0,3	0,25	0,2
В2	0	0,6	0,6	0,6
В3	3,9	4,2	3,225	2,25
В4	9,1	16,9	14,725	12,55
Витамин С	-	75	75	75
Минеральные вещества, мг				
Кальций	17	30,8	27,05	23,3
Железо	1	1,7	1,575	1,45
Магний	55,5	107,1	93,975	80,85
Фосфор	160	180,3	144,55	107,8
Калий	117	868,2	839,7	811,2
Натрий	10,2	12,9	12,6	12,3

Анализируя расчетные данные можно сделать вывод о положительном влиянии внесенных в рецептуру фруктовых добавках.

В ходе работы были рассчитаны энергетические показатели в 100 граммах готовой продукции [16] и сравнены с контрольным образцом, результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Энергетическая ценность исследуемых образцов

	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г
Контрольный образец	7,5	9,8	61,4
Образец 1	3,0	9,0	52,0
Образец 2	1,9	7,2	43,0
Образец 3	1,4	7,2	43,0

За счет применения апельсинового сока и бананового пюре удалось снизить количество добавляемого в рецептуру сахара, уменьшив тем самым количество

углеводов в изделиях, что в свою очередь повлияло на энергетическую ценность – снизилась калорийность с 363,8 до 242,4 килокалорий в 100 граммах готовой продукции.

Данные представлены на рисунке 3.

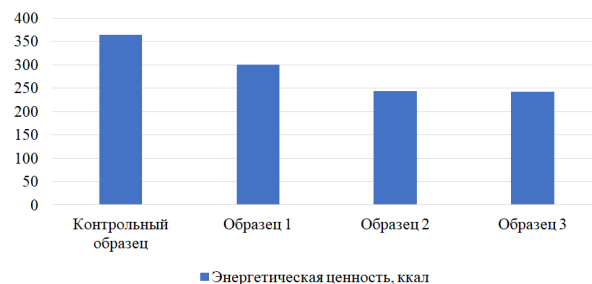


Рисунок 3 – Энергетическая ценность

В ходе работы был проведен органолептический анализ образцов [6, 17] - кексов с разным содержанием рисовой муки и крахмала, в сравнении с контрольным образцом, содержащим яйца, пшеничную муку и растительный жир. По итогам обработки протоколов был составлен органолептический профиль, представленный на рисунке 4.

Главным критерием в процессе разработки изделий был максимально низкий уровень фенилаланина, при хороших органолептических показателях. Данным требованиям отвечает образец №3. Благодаря модернизации рецептуры удалось снизить уровень фенилаланина с 434 до 56,5 миллиграммов на 100 граммов готовой продукции [7, 16]. Данные по изменению уровню фенилаланина в образцах представлены на рисунке 5.

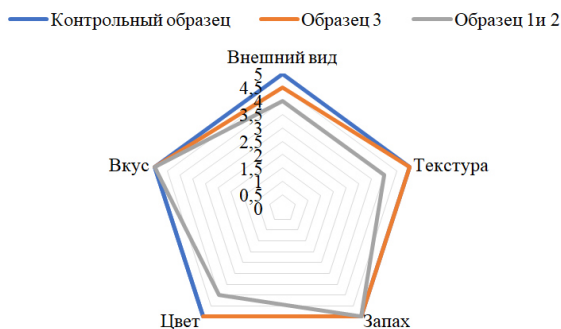


Рисунок 4 – Органолептический профиль

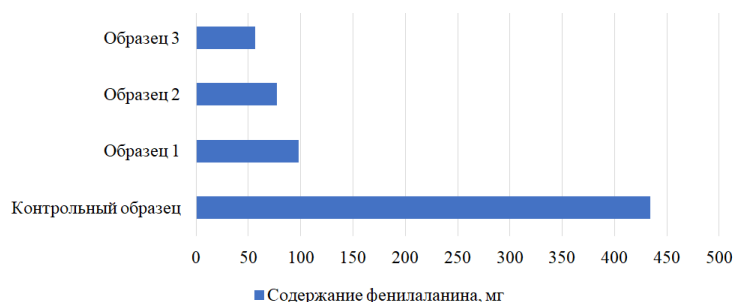


Рисунок 5 – Содержание фенилаланина в исследуемых образцах

Проанализировав полученные данные, была выбрана итоговая рецептура кондитерского изделия (кекса) для больных фенилкетонурией – образец №3.

Данный образец показал хорошие органолептические показатели, низкое содержание фенилаланина и углеводов. Рецепт в процентном соотношении к основ-

ной массе полуфабриката представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Рецептура кекса для больных фенилкетонурией

Сырье	Соотношение ингредиентов, %
Мука рисовая	14,0
Крахмал кукурузный	14,0
Сахар	17,4
Сок апельсиновый	22,8
Банановое пюре	23,4
Масло виноградной косточки	7,2
Разрыхлитель	1,2

При проектировании нового кондитерского изделия (кекса) учитывались принципы системы безопасности пищевой продукции НАССР. При разработке и внедрении новой рецептуры и технологии учитывались химические, биологические и физические риски, связанные с питанием [18,19].

В процессе работы были проведены исследования физико-химических показателей. Результаты испытаний представлены в таблице 7 [4, 5].

Таблица 7 – Результаты физико-химических показателей кексов

Физико-химические показатели	Значения	
	Контрольный образец	Кекс для больных фенилкетонурией
Содержание влаги, %	21,99±0,70	21,98±0,84
Щелочность, градусы	0,316±0,04	0,310±0,03

Образцы новой рецептуры были сравнены с контрольным образцом, кексом с применением растительного жира, пшеничной муки и яиц. По итогам эксперимента можно сделать вывод что у всех исследуемых образцов показатели в пределах нормы. А новый разработанный образец изделия не имеет сильных отличий от классического.

Заключение. Таким образом в процессе производства продукции с пониженным содержанием фенилаланина следует особое внимание уделять выбору сырья. Разработанная рецептура мучных кондитерских изделий отвечает требованиям к питанию пациентов с фенилкетонурией. Анализ физико-химических показателей новой разработанной рецептуры (кекса) показал, что данная рецептура не уступает классическим изделиям и не превышает показатели пищевой безопасности. По итогам органолептической оценки готовый продукт получил хорошие результаты и может быть рекомендован к употреблению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Боровик Т.Э., Ладодо К.С., Бушуева Т.В. и др. Диетотерапия при классической фенилкетонурии: критерии выбора специализированных продуктов без фенилаланина. Вопросы современной педиатрии. 2013;12(5):40–48.
2. Бушуева Т.В. Современный взгляд на проблему фенилкетонурии у детей: диагностика, клиника, лечение. Вопросы современной педиатрии. 2010;9(11):57–162.
3. Клинические рекомендации по диагностике и лечению фенилкетонурии и нарушений обмена тетрагидробиоптерина министерства здравоохранения Российской Федерации / составители Куцев С.И. [и др.] – «Академиздат», Москва, 2014. 70 с.
4. ГОСТ 5900-2014. Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ.

5. ГОСТ 5898-87 Изделия кондитерские. Методы определения кислотности и щелочности.
6. ГОСТ 15052-96 Кексы. Общие технические условия.
7. Диета ФКУ / [Электронный ресурс] // URL: <http://pku.asteis.net/index.php> (дата обращения: 27.05.2020 г.)
8. Баранов А.А., Боровик Т.Э., Ладодо К.С., Бушуева Т.В., Маслова О.И., Кузенкова Л.М., Студеникин В.М., Звонкова Н.Г. и др. Специализированные продукты лечебного питания для детей с фенилкетонурией. Методическое письмо. 3-е издание. Москва; 2012. 84 с.
9. Бородин М. В., Болдина А. А., Сокол Н. В. Разработка рецептуры и технологии безглютенового печенья на основе рисовой муки // Молодой ученый. — 2016. — №1. — С. 128-131.
10. U.S. department of agriculture (USDA) / [Электронный ресурс] //URL: <https://www.usda.gov/> (дата обращения: 27.05.2020 г.)
11. Цыганова Т. Б. Шнейдер Д. В., Костылева Е. В. Формирование рецептур для производства безбелковых и безглютеновых продуктов // Хлебопродукты. – 2011. – № 12. – С. 44-46.
12. Шнейдер Д. В. Новая программа формирования рецептур безглютеновых продуктов // Хлебопродукты. – 2012. – № 8. – С. 50-52.
13. Способы приготовления безглютенового мучного кондитерского изделия на основе крахмалсодержащего теста / Красильников В.Н., Леонтьева Н.А., Барсукова Н.В., Кузнецова Л.И., Синявская Н.Д // Протеин 2007. –Т. 7, No 7. –С. 4–5.
14. Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / Под ред. член-корр. МАИ, проф. И. М. Скурихина и академика РАМН, проф. В. А. Тутельяна. -Х46 М.: ДеЛи принт, 2002. - 236 с.
15. Специализированные продукты лечебного питания для детей с фенилкетонурией. (Методическое письмо). 3-е изд., перераб. и допол. — М.; 2012. — 85 с.
16. Олейникова А. Я., Магомедов Г. О., Плотнокова И. В. Технологические расчеты при производстве кондитерских изделий. Учеб. пособие. – М: издательство РАПП, 2008. – 240 с.
17. ГОСТ 5897-90. Изделия кондитерские. Методы определения органолептических показателей качества, размеров, массы нетто и составных частей.
18. Chernova E., Bychenkova V., Kotova N., Pupykin K. Automation of processes of temperature modes control in security system based on haccp principles: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. С. 012108.
19. Быченкова В.В., Чернова Е.В. Система НАССР, как новый инструмент обеспечения безопасности продукции общественного питания// Качество и безопасность продукции: проблемы и пути решения. Материалы II Научной школы-семинара для молодых ученых. 2015. С.128-132

Статья поступила в редакцию 15.04.2021

Статья принята к публикации 16.06.2021