МРНТИ 65.33.29 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.3.28-1005**

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЗГЛЮТЕНОВЫХ СУХИХ СМЕСЕЙ ДЛЯ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ КАЗАХСТАНСКОГО СЫРЬЯ

[1]Ж.Т. Ботбаева✉, [1]А.М. Омаралиева, [2]О.И. Парахина, [1]Г.Е. Есиркеп, [1]М.Т. Агедилова, [3]Ф.Т. Диханбаева, [1]Ж. Нармандах

[1]Казахский университет технологии и бизнеса им. К. Кулажанова, г. Астана, Казахстан,
[2]Санкт-Петербургского филиала ФГНАУ Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности,
[3]АО «Алматинский технологический университет», г. Алматы, Казахстан
✉*Корреспондент - автор: zhanar.b.t@mail.ru*

В статье приведены данные о получении безглютеновых сухих смесей. В начале выбраны безглютеновые культуры зерна кукурузы и риса районированные по климатическим условиям нашей страны. Все подобранные культуры были проверены на наличие глютена с помощью иммунноферментативного анализатора Rider Multiscan FC.

На основания определения термодинамических параметров плавления согласно, выбран оптимальный режим экструдировании для рисовой и просяной муки.

Экструдирование проводили на техническом двухшнековом экструдере, марки DS32-II – Double-screw testing extruder. Изучена морфология экструдированной кукурузной и рисовой муки, и по микрофотографиям выявлена, что экструзия разрушает их гранулированную структуру и создает связь между крахмалом и свободными липидами в сырье. Разработаны соотношения сухих смесей для получения безглютеновых кондитерских изделий на основе математического моделирования. На основе изучения качественных характеристик отработаны соотношения различных видов муки в составе смесей для кексов (рисовая мука - X_1-24,25%, кукурузная мука - X_2-59,5%, экструзионная мука X_3-16,25%) В результате изучения содержания глютена в сухих смесях из зерновых культур и полученных кондитерских изделиях, выявлено, что глютен не превышает 20 мг/кг. В ходе экспериментов изучена энергетическая ценность безглютеновых кексов (1704/407 кДж/ккал).

Ключевые слова: безглютеновый экструдированный рис, кукуруза, математическое моделирование сухих смесей, кондитерские изделия

ҚАЗАҚСТАН ШИКІЗАТЫНЫҢ НЕГІЗІНДЕ ҰНДЫҚ КОНДИТЕРЛІК ӨНІМДЕР ҮШІН ГЛЮТЕНСІЗ ҚҰРҒАҚ ҰН ҚОСПАЛАРЫН ӨНДІРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

[1]Ж.Т. Ботбаева✉, [1]А.М. Омаралиева, [2]О.И. Парахина, [1]Г.Е. Есиркеп, [1]М.Т. Агедилова, [3]Ф.Т. Диханбаева, [1]Ж. Нармандах

[1]Қ.Құлажанова атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан,
[2]Нан өнеркәсібі федералды мемлекеттік ғылыми-зерттеу институтының Санкт-Петербург филиалы,
[3]«Алматы технологиялық университеті» АҚ, Алматы, Қазақстан,
e-mail:zhanar.b.t@mail.ru

Мақалада глютенсіз құрғақ қоспаларды өндіру туралы деректер келтірілген. Бастапқыда жүгері мен күріштің глютенсіз дәнді дақылдары таңдалып, еліміздің климаттық жағдайларына сәйкес аудандастырылған. Барлық таңдалған дақылдар Rider Multiscan FC ELISA анализаторы арқылы глютеннің болуына сыналған.

Балқытудың термодинамикалық параметрлерін анықтау негізінде күріш пен тары ұны үшін оңтайлы экструзия режимі таңдалды. Экструзия DS32-II маркалы қос бұрандалы техникалық экструдерде орындалды - бұрандалы экструдер DS32-II - Double- screw testing extruder. Экструдталған жүгері мен күріш ұнының морфологиясы зерттелді және микросуреттер экструзия олардың түйіршікті құрылымын бұзып, шикізаттағы крахмал мен бос липидтер арасында байланыс түзетіні анықталды. Математикалық модельдеу негізінде глютенсіз кондитерлік өнімдерді алу үшін құрғақ қос-

палардың арақатынастары жасалған. Сапалық сипаттамаларды зерттеу негізінде тоқаш қоспаларының құрамындағы ұнның әртүрлі түрлерінің арақатынастары әзірленді (күріш ұны - X1-24,25%, жүгері ұны - X2-59,5%, экструзия ұны X3-16,25%). Дәнді дақылдардың құрғақ қоспаларындағы және одан алынатын кондитерлік өнімдердегі клейковинаның құрамын зерттеу нәтижесінде глютеннің 20 мг/кг аспайтыны анықталды. Тәжірибе барысында глютенсіз тоқаштардың энергетикалық құндылығы зерттелді (1704/407 кДж/ккал).

Түйін сөздер: глютенсіз экструдталған күріш, жүгері, құрғақ қоспаларды математикалық модельдеу, кондитерлік өнімдер.

TECHNOLOGY FOR PRODUCING GLUTEN-FREE DRY MIXES FOR FLOUR CONFECTIONERY BASED ON KAZAKHSTAN RAW MATERIALS

[1]Zh.T. Botbaeva✉, [1]A.M. Omaralieva, [2]O.I. Parakhina, [1]G.E. Esirkep, [1]M.T. Ageilova, [3]F.T. Dikhanbaeva, [1]Zh. Narmandakh

[1]K. Kulajanov Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan,
[2]St. Petersburg branch of the Federal State Scientific-Research Institute of Bakery Industry,
[3]JSC "Almaty Technological University", Almaty, Kazakhstan,
e-mail:zhanar.b.t@mail.ru.

The article presents data on obtaining gluten-free dry mixes. At the beginning, gluten-free crops of corn and rice grains zoned according to the climatic conditions of our country were selected. All selected crops were tested for the presence of gluten using the Rider Multiscan FC enzyme-linked immunosorbent analyzer.

Based on the determination of the thermodynamic parameters of melting, according to, the optimal extrusion mode for rice and millet flour was selected.

Extrusion was carried out on a technical twin-screw extruder, brand DS32-II – Double-screw testing extruder. The morphology of extruded corn and rice flour was studied, and microphotographs revealed that extrusion destroys their granular structure and creates a bond between starch and free lipids in the raw materials. The ratios of dry mixes for obtaining gluten-free confectionery products based on mathematical modeling were developed. Based on the study of quality characteristics, the ratios of different types of flour in the composition of muffin mixes were developed (rice flour - X1-24.25%, corn flour - X2-59.5%, extruded flour X3-16.25%). As a result of studying the gluten content in dry mixes from grain crops and the resulting confectionery products, it was found that gluten does not exceed 20 mg / kg. During the experiments, the energy value of gluten-free muffins was studied (1704/407 kJ / kcal).

Key words: gluten-free extruded rice, corn, mathematical modeling of dry mixes, confectionery products

Введение. В настоящее время одним из актуальных направлений в профилактике генетических и аллергических заболеваний является специализированное (диетическое лечебное и диетическое профилактическое) и функциональное питание, так как оно определяет здоровье населения.

Во всем мире, и в Казахстане, в том числе, прогрессируют алиментарно-зависимые заболевания, которые возникают от несбалансированности рациона питания. Одно из таких заболеваний – целиакия (глютеновая энтеропатия) - хроническое аутоиммунное заболевание, поражающее тонкую кишку генетически предрасположенных пациентов в ответ на контакт с токсичным для них белком злаков - глютеном [1] Соблюдать безглютеновую диету необходимо на протяжении всей жизни [2]. Только строгое пожизненное соблюдение безглютеновой диеты обеспечивает качество жизни больного, адекватное физическое и интеллектуальное развитие, а также предотвращает развитие осложнений и может обеспечить нормальный уровень жизни больных целиакией.

На мировом рынке интерес к безглютеновой продукции возник изначально именно как продуктам, позволяющим решить конкретную медицинскую проблему, а именно непереносимость одного из компонентов белка - глютена. К тому же развивается производство специализированных продуктов питания с ингредиентами, присутствие которых в пище недопустимо по определенным медицинским показателям (аллергены, некоторые типы белков, олигосахаридов, полисахаридов и др.). К сожалению, в Казахстане безглютеновые продукты привозят из Европы и стоят они дорого и продаются далеко не везде. Круг потребителей безглютеновых мучных изделий не широк, но необходимо обеспечивать данную категорию людей специализированными продуктами питания постоянно.

Многие исследовательские компании включают рост спроса на безглютеновые продукты в число наиболее популярных трендов мирового рынка продуктов питания. Чаще всего производство безглютеновой продукции рассматривается как составная часть тренда как «здоровое питание».

В связи с потребительским спросом на безглютеновые продукты, необходимо развивать собственное производство такой продукции, а также экспортировать ее в ближнее зарубежье. Очень любопытно, что существенным фактором роста спроса на безглютеновые продукты стало мнение потребителей о большей пользе таких продуктов, нежели обычных. Кроме того, достаточно часто безглютеновые продукты воспринимаются как продукты, способствующие похудению.

При лечении болезни, назначенная диета основывается на исключении из рациона питания продуктов, содержащих как явный глютен, так и скрытый глютен. Глютен содержится только в злаковых культурах, например таких как пшеница, овес, тритикале, рожь, ячмень, которые считаются основным сырьем при производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий. Поэтому при производстве безглютеновых продуктов основное сырье из злаковых культур необходимо заменить на сырье, не содержащее глютеновую фракцию белка [3].

За последнее десятилетие потребительский спрос на безглютеновые продукты возрастает, как в нашей стране, так и за рубежом, необходимо развивать собственное производство такой продукции, а также экспортировать ее в ближнее зарубежье. В настоящее время в нашей стране зарегистрированы пределах 600 больных разной возрастной категории, которых необходимо обеспечить отечественной продукцией с маркировкой «gluten free».

В настоящее время в Казахстане в достаточном объеме выращиваются все зерновые, зернобобовые и масличные культуры, такие как гречиха, кукуруза, рис, пшено, лен и др., которые могут быть полноценным сырьем для получения муки с целью производства безглютеновых продуктов. В Казахстане имеется возможность возделывать и разрабатывать на основе сельскохозяйственных злаковых культур технологию получения безглютеновой продукции, работы в данном направлении проводятся не в должном объеме.

В связи с вышеизложенным, учитывая разнообразие выращиваемого в Казахстане зернового сырья, необходимо создавать отечественную инновационную технологию производства безглютеновых продуктов, что является актуальной задачей для науки Казахстана в целях насыщения внутреннего рынка и создания конкурентоспособной продукции с более низкой стоимостью по сравнению с импортной.

Целью данной работы является разработка технологии производства безглютеновых мучных сухих смесей для производства мучных кондитерских изделий на основе отечественного сырья.

Задачей является проведение исследований по определению оптимальных соотношении компонентов для создания сухих смесей для производства на их основе безглютеновых мучных кондитерских изделий. Проведение исследований по качеству и химическому составу полученных безглютеновых продуктов из сухих смесей по разработанной технологии.

Основными технологическими свойствами экструдатов, в основе которых лежит крахмал, является способность к быстрому растворению и поглощению воды. Процесс приготовления сухих завтраков и смесей сухих каш из экструдированного сырья сводится к простой заливке смесей горячей водой. Технология производства экструдатов включает процесс измельчения, в результате которого образуется сыпучий порошкообразный материал. Экструдированная мука – это продукт с высокой биологической ценностью. Увеличение срока годности, а также поддержание свежести и микробиологической стабильности продуктов достигается за счет уменьшения показателей активности воды. В настоящее разработка технологии с использованием зернового сырья и семян, прошедших экструзионную обработку, является одним из инновационных направлений расширения ассортимента изделий, а также коррекции пищевой и биологической ценности продуктов, придания им функциональных свойств. Экструдированная смесь зерна пшеницы содержит более высокий процент сырого протеина, массовой доли жира, содержание клечатки и золы и безазотистых экстрактивных веществ выше, чем до экструдирования.

При разработке современных технологий глубокой переработки зерновых культур важным аспектом является изучение морфологической структуры сырья и готового продукта, так как она в значительной степени влияет на технологический процесс производства продукции. Размеры частиц определяют функциональные свойства продукта, что требует особого внимания исследователей [4].

Учеными АО «Казахского университет технологии и бизнеса» проведены исследования и проанализирована проблема распространения целиакии среди населения, изучена потребности жителей Казахстана в безглютеновой продукции путем проведения социологического опроса населения методом анкетирования. Авторы провели эксперимент, позволяющий обобщить материалы исследований в виде математической модели и дать им статистическую оценку при значительном сокращении количеств опытов, определили оптимальные условия выполнения однородного смешивания экструдируемого зерна и вводимого дозатором раствора минеральных солей.

Несмотря на то, что в мире разработаны различные технологии производства безглютеновых продуктов, которые выпускаются в промышленных масштабах, исследования по разработке новых технологий и оптимизации, существующих в соответствии с требованиями рынков, является актуальной задачей.

Таким образом, анализ литературных источников и патентные исследования показали, что одним из перспективных направлений научных исследований во всем мире является разработка высокоэффективных технологий производства безглютеновых продуктов из отечественного сырья, предназначенных для потребления больных целиакией. Разрабатываемая технология позволяет решить проблему обеспечения больных целиакией безглютеновой продукцией.

Материалы и методы. Объекты исследований*:* зерно кукурузы, риса, экструдированные мучные смеси из кукурузы и риса, а также кексы на их основе.

Отбор проб зерновых культур - ГОСТ 13586.3-2015, ГОСТ 29142-91. Технологические свойства зерновых и масличных культур определены по следующим стандартам: кукуруза – СТ РК 2118-2011; рис - ГОСТ 6293-90. Химический состав: содержание белка - ГОСТ 10846-91; содержание жира - ГОСТ 32749-2014; содержание клетчатки - ГОСТ 32040-2012; зольность - ГОСТ 10847-2019; содержание крахмала - ГОСТ 10845-98; определение кислотности - ГОСТ 26971- 86, ГОСТ 10844-74, определение щелочности – ГОСТ 5898-2022; определение плотности - ГОСТ 5902-80; определение общей золы в кондитерских изделиях - ГОСТ Р 51411-99, определение глютена в зерновых культурах и продуктах их переработки - методика R-Biopharm AG на тест-систему Ridascreen Gliadin AOAC Research Institute Performance Tested Method 12060 и на анализаторе Rider Multiscan FC.

При изучении качественных характеристик безглютеновой муки были оценены в соответствии со стандартами: рисовая – ГОСТ 31645-2012; мука кукурузная - ГОСТ 14176-2022. Водопоглотительная способность муки по общепринятой методике [5] Kiryukhina & Dubtsov & Dubtsova, 2006, №11, pp.363). В качестве дополнительных материалов были использованы кукурузный крахмал - по ГОСТ 32159-2013 и мука пшеничная высшего сорта по ГОСТ 26574-2017. Оценка качества кексов по ГОСТ 15052-2014.

Для изучения изучения пробных лабораторных выпечек и оптимизация рецептур по математическому моделированию выпекали кондитерских изделий согласно [6,9], варианты комбинирования состава смесей для получения безглютеновых кексов в представлены таблице 1. Для определения процентного соотношения компонентов, входящих в состав смесей для получения безглютеновых кексов, было предложено математическое моделирование. Для проведения процесса моделирования и оптимизации рецептурного состава безглютеновой смеси в качестве основного сырья взяты рисовая, кукурузная и кукурузная экструзионная мука. Реализация и планирование полнофакторного эксперимента по определенным критериям оптимизации производились согласно матрице Шеффе [7-9]. Математическое планирование экспериментов и матрица приведена в таблице 1.

Таблица 1 - Процентное соотношение компонентов, входящих в состав смесей для получения безглютеновых кексов

Образец №	**Мука рисовая, %**	**Мука кукурузная , %**	**Мука кукурузная, экструдированная %**
1	2	3	4
1	100%		
2		100%	
3			100%
4	50%	50%	
5	50%		50%
6		50%	50%
7	25%	75%	
8	25%		75%
9		25%	75%
10	75%	25%	
11	75%		25%
12		75%	25%
13	50%	25%	25%
14	25%	50%	25%
15	25%	25%	50%

Как видно из таблицы 1, для моделирования и оптимизации рецептур – соотношения сухих смесей, применена матрица экспериментальных данных.

Статистическая обработка материалов и методика изучения углеводного состава для установления пищевой ценности продуктов самая подходящая методика.

Углеводный состав полученных безглютеновых кондитерских изделий изучили по ГОСТ 25832-89 Изделия хлебобулочные диетические. Технические условия. На основе полученных результатов установлена пищевая ценность безглютеновых изделий.

Статистическая обработка экспериментов осуществлялась в соответствии с композиционным планом трехфакторного эксперимента по программе персонального компьютера IBM с различными характеристиками (с тактовой частотой 233 МГц и выше). Язык програмирования Object Pascal, среда Borland Delphi 7. IBM – совместимые ПК с тактовой частотой 233 МГц и выше. Программу поддерживает операционная система - Microsoft Windows XP, 7, 8,10;

Подготовка сырья и технология экструдирования сухих смесей состоит из экструзионной технологии, которая самая распространенная методика получения сухих смесей, с пористой макроструктурой. Но нужно установить температурный режим для получения экструзионных продуктов из различных безглютеновых культур по методике из литературного обзора [10].

Изучены качественные характеристики отобранных безглютеновых культур для исследования, которые описана однородность, равномерная текстура, вкус и цвет, а также запах. Для изучения выбраны безглютеновые культуры - зерна кукурузы и риса, раинированные по климатическим условиям Республики Казахстан.

Для получения безглютеновых мучных кондитерских изделий по рекомендуемому составу сухих смесей проведена пробная лабораторная выпечка кексов, в ходе которой определялся комплексный показатель их качества. При оптимизации программа выдает минимальный и максимальный состав, но мы выбираем состав, основанный на результатах качественных показателей.

Результаты и обсуждения. Для расчета энергетической и пищевой ценности безглютеновых изделий необходимо изучить пищевую ценность. Углеводы занимают центральное место в обмене веществ. И хотя углеводы формально нельзя отнести к незаменимым факторам питания (углеводы могут синтезироваться в организме человека), они составляют заметную долю в суточном рационе - 250-500 г, или 50-60% калорийности пищи и более половины суточных энерготрат. Большая часть глюкозы используется организмом для выработки энергии. Потребность мозга в глюкозе в сутки достигает 120 г (около 20% пула глюкозы), мышечной ткани - 30-100 г (5–16,5%), эритроцитов, семенников, клеток мозгового вещества почек – 40 г (6,5%), жировой ткани и кожи - 10%. Следовательно, в норме суточная потребность организма человека в глюкозе может составлять 600 г [11].

На этапе оптимизации параметров технологического процесса экструдирования зерна риса особый интерес представляет температура экструдирования, как характеристика, определяющая основные параметры экструдирования зерна риса, влияющие на влажность готовой продукции. Среднее значение влажности готовой продукции приходится на участок, где температура на входе составляет 70^0С, температура внутри цилиндра $99,2^0$С, а температура на выходе экструдера – $130,8^0$С, в этом промежутке влажность готовой продукции составляет 6,5% [12]. Установлены параметры экструдирования кукурузной цельносмолотой муки с целью разработки соотношения сухих смесей. При изучении влажности температура экструдирования зерна кукурузы в зоне входа в экструдере составляет 120^0С, температура экструдирования в зоне пластификации и сжатия - 145^0С, а температура экструдирования в зоне выхода составила $165,0^0$С. При этих параметрах коэффициент экспондирования полученного продукта очень высокий, что дошло до 10. В результате оптимизированы температурные параметры экструзии для риса: на входе составляет 70^0С, температура внутри цилиндра $99,2^0$ С и температура на выходе экструдера $130,8^0$ С, в этом промежутке влажность готовой продукции составляет 6,5%. Для

влажности готовой продукции наилучшим показателем является значение 6,7% для риса, при этом параметры расчета оптимизации составляют: 60,7 ^{0}С температура на входе, 80 ^{0}С температура внутри цилиндра и 118,5 ^{0}С температура на выходе из экструдера.

Результаты органолептической оценки кексов по всем оптимизированным вариантам представлены, в виде профилограмм на рисунке 1.

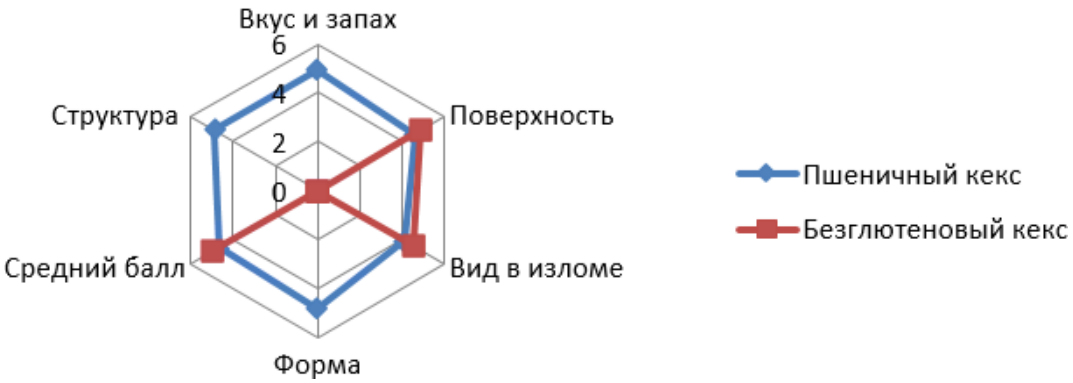


Рис.1 - Профилограмма органолептических показателей кекса из смесей с различным соотношением (кукурузная рисовая и экструзионная кукурузная смесь)

Из профилограмм, представленных на рисунке 1 видно, что использование в рецептуре экструзионной муки существенно улучшает органолептические показатели, особенно вкус и запах, по сравнению с контролем. Из всех вариантов эксперимента был отмечен лучший образец по комплексу органолептических показателей из смеси рисовой, кукурузной и кукурузной экструзионной муки в соотношении X_1-24,25%, X_2-59,5%, X_3-16,25%) соответственно, который набрал 4,9 баллов.

Таким образом, нами предложены соотношения рисовой, кукурузной и экструдированной кукурузной видов муки в составе смеси, которую можно разрабатывать и предлагать для производства отечественного продукта из беглютенового сырья.

Таким образом, использование экструдированной кукурузной муки в сочетании с рисовой и обычной кукурузной мукой позволило получить безглютеновый продукт, сопоставимый по качеству с традиционными пшеничными изделиями, а в ряде аспектов - даже превосходящий их.

Диаграмма показывает, что по большинству параметров - таких как вкус и запах, поверхность, вид в изломе и средний балл - безглютеновый кекс демонстрирует схожие или даже лучшие показатели по сравнению с пшеничным. Особенно заметно преимущество безглютенового образца по параметру форма, что свидетельствует о хорошем подъёме и устойчивости изделий на основе смеси рисовой, кукурузной и экструдированной муки.

Несмотря на незначительное отставание по структуре, безглютеновый кекс получил высокую среднюю органолептическую оценку, приближающуюся к максимальной (4,9 баллов), что подтверждает успешность подобранной рецептуры.

Таким образом, использование экструдированной кукурузной муки в сочетании с рисовой и обычной кукурузной мукой позволило получить безглютеновый продукт, сопоставимый по качеству с традиционными пшеничными изделиями, а в ряде аспектов — даже превосходящий их.

Химический состав был рассчитан и данные сведены в таблицу 2. В таблице приведены данные по пищевой ценности кексов на смесях с добавлением крахмала и обогащенных пектином.

Таблица 2 - Влияние вносимых компонентов на химический состав и энергетическую ценность изделий

Пищевые вещества	Кексы безглютеновые из сухих смесей		
	с добавлением крахмала	без добавок	с добавлением пектина
Углеводы,%	54,2	71,3	65,8
Жиры,%	15,1	11,2	15,2
Белки,%	6	6,1	5,8
Витамин А (мкг)	17	24	21
Витамин Е (мг)	0,79	0,11	0,09
Витамин В2 (рибофлавин,мг)	0,069	0,12	0,1
Витамин В3 (РР, ниацин, мг)	0,89	1,4	1,2
Витамин В6 (мг)	0,049	0,07	0,065
Фолиевая кислота (мкг)	11	16	13
Витамин В12 (мкг)	0,02	0,031	0,019
Витамин С (мг)	0,5	0,68	0,59
Кальций (Ca, мг)	18	22	24
Фосфор (P, мг)	71	96	81
Калий (K, мг)	110	146	131
Натрий (Na, мг)	281	311	291
Магний (Mg, мг)	0,62	1,1	0,81
Цинк (Zn, мг)	0,4	0,56	0,42
Марганец (Mn, мг)	0,05	0,075	0,06
Селен (Se, мкг)	2,1	3,1	2,6
Энергетическая ценность, кДж/ккал	1520/363	1641/392	1704/407

Как видно из данных таблицы 2, можно сделать вывод, что содержание углеводов в кексах без добавления обогатителей значительно ниже по сравнению с образцами, в которые добавлены пектин, т.к. пектин повышает энергетическую ценность кондитерских изделий.

Данная таблица отражает сравнительные показатели химического состава безглютеновых кексов, приготовленных из сухих смесей с добавлением крахмала, без дополнительных ингредиентов и с добавлением пектина. В таблице приведены данные по содержанию основных пищевых веществ (углеводов, жиров, белков) и энергетической ценности, а также усредненные значения витаминов ми минеральных элементов

Согласно представленным данным, наибольшая доля углеводов наблюдается в кексах без добавок (71,3) что обуславливает их более высокую энергетическую ценность по сравнению с образцами с крахмалом и пектином. Жировой состав варьирует от 11,2 % (без добавок) до 15,2 (с пектином). Белковая составляющая остается

относительно стабильной во всех образцах (5,8-6,1%).

Анализ витаминного состава показывает, что кексы без добавок содержат несколько больше витаминов группы В (тиамин, рибофлавин, ниацин), а также фолиевой кислоты, что может быть связано с использованием исходного сырья. Витамины А,Е и С присутствует в умеренных количествах, преимущественных за счет добавления яиц и растительных жиров

Минеральный состав указывает на преобладание калия натрия и фосфора. Кексы с добавлением пектина характеризуются несколько более высоким содержанием кальция и магния, что объясняется технологическим особенностями рецептуры. Наибольшее количество железа и цинка и селена отмечается в образцах без добавок, что делает их более ценными с точки зрения микроэлементного состава.

На основе полученных данных углеводного состава можно сделать вывод, что высокий углеводный показатель отмечен в кексах, обогащенных пектином.

В результате экспериментальных данных, нами установлена массовая доля углеводов в безглютеновых мучных кондитерских изделиях. В ходе экспериментов выявлено, что из трех образцов кекса, самой высокой энергетической ценностью обладают кексы с добавлением пектина, что составляет 1704/407 кДж/ккал.

На основе сравнительного анализа показывает что обогащение рецептуры кексов различными компонентами (крахмал, пектин) влияет не только на энергетическую ценность и макронутриентный состав, но на содержание витаминов и минералов. Это подтверждает важность подбора ингредиентов при разработке безглютеновых изделий с целью повышения и х пищевой и биологической ценности.

Таким образом, можно сделать вывод, что с помощью различных добавок, можно повысить пищевую и энергетическую ценность безглютеновых мучных кондитерских изделий.

Выводы. Таким образом, нами выбраны безглютеновые виды зерна кукурузы и риса, районированные по климатическим условиям нашей страны. Прежде чем отработать температурный режим в трех параметрах на экструдере, необходимо рассмотреть режимы клейстеризации и желатинизации. Степень желатинизации исследованы на диферинциально-сканирующем колориметре. На основании определения термодинамических параметров плавления и с учетом обеспечения плавления амилозно-липидного комплекса, ориентировочно определены температурные границы экструдирования безглютеновой муки и выбран оптимальный режим экструдирования для рисовой, кукурузной муки. Экструдирование проводили на двухшнековом экструдере, марки DS32-II – Double- screw testing extruder. Для оптимизации технологических параметров применено математическое моделирование на основе сетчатых планов Шеффе. При изучении влажности температура экструдирования в зоне входа в экструдере составляет 120^0С, температура экструдирования в зоне пластификации и сжатия - 145^0С, а температура экструдирования в зоне выхода - $165,0^0$С. Для кукурузы при этих параметрах коэффициент экспондирования полученного продукта очень высокий (до 10). В результате исследований оптимизированы температурные параметры экструзии для риса: на входе - 70^0С, внутри цилиндра - $99,2^0$ С, на выходе экструдера - $130,8^0$ С, в этом температурном промежутке влажность готовой продукции составляет 6,5%. Учитывая, что для влажности готовой продукции наилучшим показателем является значение 6,7% (для риса), параметры расчета оптимизации температурного режима: 60,7 ^{0}С - на входе, 80 ^{0}С - внутри цилиндра и 118,5 ^{0}С - на выходе из экструдера.

Изучен химический состав экструдированной муки кукурузы и риса. Изучена морфология экструдированной кукурузной и рисовой муки, и по микрофотографиям выявлена, что экструзия разрушает их гранулированную структуру и создает связь между крахмалом и свободными липидами в сырье, что дает возможность получить высококачественную продукцию для сельского хозяйства. На основе математического моделирования разработаны соотношения разных ви-

дов муки в составе смесей для получения безглютеновых изделий. На основе изучения качественных характеристик отработаны соотношения разных видов муки в составе смесей для кексов (рисовая мука - X_1-24,25%, кукурузная мука - X_2-59,5%, экструзионная мука X_3-16,25%) и печенье (рисовая мука - X_1-61,75%, кукурузная мука - X_2-38,25%).

Рассчитана пищевая и энергетическая ценность безглютеновой продукции. В ходе экспериментов выявлены, что из трех образцов кекса, самой большей энергетической ценностью обладает кексы с добавлением пектина, что составляет 1704/407 кДж/ккал. В результате изучения содержания глютена в мучных кондитерских изделиях и сухих смесях из зерновых культур, выявлено, что содержание глютена не превышает 20 мг на 1 кг продукта.

Перспективы дальнейшего исследования проблемы мы видим в расширении ассортимента безглютеновой продукции, совершенствовании технологии производства, а также в увеличении спроса данного сегмента. Таким образом, исследования в этом направлении могут быть продолжены, так как это способствует развитию науки Казахстана.

Литература

1. Rai S., Kaur A., Chopra C. S. Gluten-Free Products for Celiac Susceptible People. Frontiers in Nutrition // December. - 2018. - Vol.5:116. P.1-23. DOI 10.3389/fnut.2018.00116.

2. Khmelevskaya A. V., Burnatseva A. A., Gusalova M. I., Karaeva I. T. Production of Gluten-free Bread Based on Rational Use of Natural Resources// KnE Life Sciences, International Scientific and Practical Conference “AgroSMART - Smart Solutions for Agriculture. -2019. -P. 31-39. DOI 10.18502/kls.v4i14.5576.

3. Šmídová Z., Rysová J. Gluten-Free Bread and Bakery Products Technology // Foods. - 2022. - Vol.11 (3). – C.1–23. DOI 10.3390/foods11030480.

4. Chanvrier H., Pillin C. N., Vandeputte G., Haiduc A., Leloup V., Gumy J.-C. Impact of extrusion parameters on the properties of rice products: A physicochemical and X-ray tomography study // Food Structure. -2015. - Vol.6. -P.29-40. DOI 10.1016/j.foostr.2015.06.004.

5. Кирюхина М., Дубцов Г., Дубцова Г. Новые сорта хлебобулочных изделий для профилактического и лечебного питания // Хлебобулочные изделия. - 2006. - № 11. - 363 с.

6. Brahmaa S., Weier S. A., Rose D. J. Effects of selected extrusion parameters on physicochemical properties and in vitro starch digestibility and β-glucan extractability of whole grain oats // Journal of Cereal Science. - 2016. - Vol.70. -P.85–90. DOI 10.1016/j.jcs.2016.05.001.

7 Zobel H. F. Starch Crystal Transformations and Their Industrial Importance // Starch/Stärke. - 1988. - Vol.40 (1). - P.1-7. DOI 10.1002/star.19880400102.

8. Павлов А.В. Сборник рецептур мучных кондитерских и хлебобулочных изделий для предприятий общественного питания /Гидрометеоиздат. - 1998. - С.63-64. - 298с. ISBN 978-5-4377-0101-0.

9. Атанов С.К., Ботбаева Ж.Т., Муслимов Н.Ж., Байгенжинов К.А., Издибаева Г.У. Моделировании и оптимизации рецептур безглютеновой смеси для производства кондитерских изделий//Свидетельство о внесении в госужарственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом № 4469. - 2019. - С.3.

10 Краус С.В. Совершенствование технологии экструзионной переработки крахмалосодержащего зернового сырья /Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук 2005-4/12979 Москва. -2004. - 55 с.

11. Stoin D.; Jianu, C.; Misca C.; Bujanca G.; Radulescu L., Effect of almond flour on nutritional, sensory

and bakery characteristics of gluten-free muffins // 18th International Multidisciplinary Scientific Geo-Conference SGEM. - 2018. - Vol.18 (6.4). DOI 10.5593/sgem2018V/6.4/S08.017.

12. Ботбаева Ж.Т., Коптлеуова Т.М.,.Байкенов А.О., Байгенжинов К.А,. Издибаева Г,. Елеукенова К.А. Технологические аспекты производства безглютеновых сухих смесей из различных видов отечественного сырья //Новости Науки Казахстана. Алматы. -2019. -№ 4(142). - С.167-179.

References

1. Rai S., Kaur A., Chopra C. S. Gluten-Free Products for Celiac Susceptible People. Frontiers in Nutrition // December. - 2018. - Vol.5:116. P.1-23. DOI 10.3389/fnut.2018.00116.

2. Khmelevskaya A. V., Burnatseva A. A., Gusalova M. I., Karaeva I. T. Production of Gluten-free Bread Based on Rational Use of Natural Resources// KnE Life Sciences, International Scientific and Practical Conference “AgroSMART - Smart Solutions for Agriculture. -2019. -P. 31-39. DOI 10.18502/kls.v4i14.5576.

3. Šmídová Z., Rysová J. Gluten-Free Bread and Bakery Products Technology // Foods. - 2022. - Vol.11 (3). - C.1-23. DOI 10.3390/foods11030480.

4. Chanvrier H., Pillin C. N., Vandeputte G., Haiduc A., Leloup V., Gumy J.-C. Impact of extrusion parameters on the properties of rice products: A physicochemical and X-ray tomography study // Food Structure. -2015. - Vol.6. -P.29-40. DOI 10.1016/j.foostr.2015.06.004

5. Kirjuhina M., Dubcov G., Dubcova G. Novye sorta hlebobulochnyh izdelij dlja profilakticheskogo i lechebnogo pitanija // Hlebobulochnye izdelija. - 2006. - № 11. - 363 s. [in Russian]

6. Brahmaa S., Weier S. A., Rose D. J. Effects of selected extrusion parameters on physicochemical properties and in vitro starch digestibility and β-glucan extractability of whole grain oats // Journal of Cereal Science. - 2016. - Vol.70. -P.85–90. DOI 10.1016/j.jcs.2016.05.001.

7 Zobel H. F. Starch Crystal Transformations and Their Industrial Importance // Starch/Stärke. - 1988. - Vol.40 (1). - P.1-7. DOI 10.1002/star.19880400102.

8. Pavlov A.V. Sbornik receptur muchnyh konditerskih i hlebobulochnyh izdelij dlja predprijatij obshhestvennogo pitanija /Gidrometeoizdat. - 1998. - S.63-64. - 298s. ISBN 978-5-4377-0101-0. [in Russian]

9. Atanov S.K., Botbaeva Zh.T., Muslimov N.Zh., Bajgenzhinov K.A., Izdibaeva G.U. Modelirovanii i optimizacii receptur bezgljutenovoj smesi dlja proizvodstva konditerskih izdelij//Svidetel’ stvo o vnesenii v gosuzharstvennyj reestr prav na ob#ekty, ohranjaemye avtorskim pravom № 4469. - 2019. - S.3. [in Russian]

10 Kraus S.V. Sovershenstvovanie tehnologii jekstruzionnoj pererabotki krahmalosoderzhashhego zernovogo syr’ ja /Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni doktora tehnicheskih nauk 2005-4/12979 Moskva. -2004. - 55s. [in Russian]

11. Stoin D.; Jianu, C.; Misca C.; Bujanca G.; Radulescu L., Effect of almond flour on nutritional, sensory and bakery characteristics of gluten-free muffins // 18th International Multidisciplinary Scientific Geo-Conference SGEM. - 2018. - Vol.18 (6.4). DOI 10.5593/sgem2018V/6.4/S08.017.

12. Botbaeva Zh.T., Koptleuova T.M.,.Bajkenov A.O., Bajgenzhinov K.A,. Izdibaeva G,. Eleukenova K.A. Tehnologicheskie aspekty proizvodstva bezgljutenovyh suhih smesej iz razlichnyh vidov otechestvennogo syr’ ja //Novosti Nauki Kazahstana. Almaty. -2019. -№ 4(142). - C.167-179.

Сведения об авторах

Ботбаева Ж.Т. - кандидат биологических наук, Казахский университет технологии и бизнеса им. К. Кулажанова, Астана, Казахстан, e-mail: zhanar.b.t88@gmail.com;

Омаралиева А.М.- кандидат технических наук, доцент, Казахский университет технологии и бизнеса им. К. Кулажанова, Астана, Казахстан, e-mail: aigul-omar@mail.ru;

Парахина О.И. – кандидат технических наук, Санкт-Петербургский филиал ФГНАУ Научно- исследовательский институт хлебопекарной промышленности, e-mail: o.parakhina@gosniihp.ru;

Есиркеп Г.Е.- кандидат технических наук, доцент, Казахский университет технологии и бизнеса им. К. Кулажанова, Астана, Казахстан, e-mail: milana.anar@mail.ru;

Диханбаева Ф. Т.- д.т.н., профессор, Алматинский Технологический университет, Алматы, Казахстан, e-mail: fatima6363@mail.ru;

Агедилова М.Т., кандидат химических наук, Казахский университет технологии и бизнеса им. К. Кулажанова, Астана, Казахстан, e-mail: amt5@yandex.ru;

Нармандах Ж. - магистр, сеньор-лектор, Казахский университет технологии и бизнеса им. К. Кулажанова, Астана, Казахстан, e-mail: zhupar10_89@mail.ru.

Information about the authors

Botbayeva Zh.T. - Candidate of Biological Sciences, K. Kulazhonov Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: zhanar.b.t88@gmail.com;

Omaraliyeva A.M.- Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, K. Kulazhonov Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: aigul-omar@mail.ru;

Parakhina O.I. - Candidate of Technical Sciences, St. Petersburg branch of the Federal State Scientific Agrarian University Research Institute of the Baking Industry, e-mail: o.parakhina@gosniihp.ru;

Yesirkep G.E.- Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, K. Kulazhonov Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: milana.anar@mail.ru;

Dikhanbayeva F.T.- d.t.n., professor, Almaty Technological University, Almaty, Kazahstan, e-mail: fatima6363@mail.ru;

Agedilova M.T. - Candidate of Chemical Sciences, K. Kulazhonov Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: amt5@yandex.ru;

Narmandakh Zh. - Master, Senior Lecturer, K. Kulazhonov Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: zhupar10_89@mail.ru.