



РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ РЖАНО-ПШЕНИЧНЫХ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ, ОБОГАЩЕННЫХ ИНУЛИНОМ

Марина Костюченко ^{ID} *к.т.н.*, Владимир Мартиросян ^{ID} *д.т.н.*, Александра Моисеенко ^{ID}, Павел Щербаков ^{ID}

"Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности" ФГАНУ

m.kostuchenko@gosnihp.ru, v.martirosyan@gosnihp.ru, a.moiseenko@gosnihp.ru, p.shcherbakov@gosnihp.ru

СВЕДЕНИЯ

Ключевые слова:

инулин,
мука из топинамбура,
пищевая ценность,
показатели качества,
хлебобулочные изделия

АННОТАЦИЯ

В статье представлены исследования, направленные на разработку технологии ржано-пшеничных хлебобулочных изделий с применением муки из топинамбура. Муку из топинамбура вносили на стадии замеса теста в количестве от 7 % до 10 % к общей массе муки. Использование муки из топинамбура приводило к повышению пищевой ценности хлебобулочных изделий и снижению скорости их черствения в процессе хранения, тем самым способствуя продлению сроков годности изделий. При увеличении дозировки муки из топинамбура до 10 % отмечалось ухудшение органолептических и физико-химических показателей качества готового изделия по сравнению с контролем без добавок. На основании полученных результатов определено оптимальное количество вносимой муки из топинамбура, которое составило 7 % к массе муки.

Введение

Структура питания оказывает значительное влияние на сохранение и поддержание здоровья населения. С пищей в организм человека поступают необходимые макро- и микронутриенты, а также биологически активные вещества, обеспечивающие осуществление нормального обмена веществ и жизненно важных функций (Спиричев и др., 2005, Тутельян, Никитюк, 2020, Beal, Ortenzi, 2022).

При неполноценном питании происходит снижение антропометрических показателей, в частности развитие дефицита массы тела, а также ослабление иммунитета и устойчивости организма человека к воздействию

негативных факторов окружающей среды. Кроме того, нарушение пищевого статуса населения является причиной возникновения многих неинфекционных заболеваний, в том числе сердечно-сосудистых, желудочно-кишечного тракта, сахарного диабета 2-го типа, ожирения (Доронин и др., 2008, Тутельян и др., 2021, Тутельян и др., 2018, МР 2.3.1.0253-21 Введ. 2021-07-22, Franz, et al., 2002).

В связи с этим одной из приоритетных государственных задач является обеспечение населения качественными и полезными продуктами питания. Расширение ассортимента продуктов питания массового потребления, обогащенных эссенциальными нутриентами, способствует формированию сбалансированного

рациона, соответствующего физиологическим потребностям в энергии и пищевых веществах различных групп населения (МР 2.3.1.0253-21 Введ. 2021-07-22, Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29.06.2016 N 1364-р, Костюченко, Косован, 2019).

Серьезные опасения вызывает дефицит пищевых волокон, представляющих собой комплекс высокомолекулярных углеводов (целлюлозы, пектина и других, в т. ч. некоторых резистентных к амилазе видов крахмалов) и ассоциированных растительных веществ (лигнина), устойчивых к перевариванию и адсорбции в тонком кишечнике человека, полностью или частично ферментируемых в толстом кишечнике. В соответствии с нормами, установленными в Методических рекомендациях, оптимальная величина суточной потребности взрослого человека в пищевых волокнах составляет 20–25 г. В свою очередь Всемирная организация здравоохранения установила рекомендуемую норму суточного потребления пищевых волокон – не менее 30 г, а департамент по питанию и пище при Академии наук США – 25–38 г. Однако фактическое потребление населением Российской Федерации пищевых волокон в среднем не достигает 15 г в сутки (Радченко и др., 2010, МР 2.3.1.0253-21 Введ. 2021-07-22).

В группу полисахаридов, обладающих свойствами пищевых волокон, входит полидисперсный фруктановый полисахарид – инулин, состоящий из множества звеньев фруктозы, соединенных β -(2-1) фруктозил-фруктозными связями. Он не оказывает влияния на уровень глюкозы в крови, поэтому может использоваться в качестве ингредиента в пищевых продуктах, предназначенных для рациона питания людей с признаками метаболического синдрома. Благодаря своим пребиотическим свойствам инулин способствует увеличению содержания бифидобактерий в кишечнике, поддерживая оптимальный состав и функциональную активность кишечного микробиома человека. Нормальная микрофлора выполняет функции биологического защитного барьера в кишечнике и стимулятора иммунной системы организма, обеспечивая его колонизационную резистентность и адаптацию к стрессовым факторам окружающей среды. В соответствии с Методическими рекомендациями “Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ” адекватный уровень потребления инулина составляет 10 г в сутки (Перковец, 2008, Корячкина, Байбашева, 2004, МР 2.3.1.1915-04).

Эффективным направлением в области создания обогащенных продуктов питания является применение пищевых ингредиентов растительного происхождения, в частности продуктов переработки топинамбура (Сербяева, 2020, Думанишева, Азаматова, 2021).

Топинамбур (*Helianthus tuberosus* L.) – клубнеплод, относится к семейству Asteraceae и считается одним из самых перспективных природных источников инулина, содержание которого в расчете на сухую массу составляет около 50–70 %. Также в состав клубней топинамбура входят пектиновые вещества, содержание которых составляет до 11 % от массы сухого вещества (Tyurina, et al., 2023, Shariati, et al., 2021).

Проведено значительное количество исследований применения продуктов переработки инулинсодержащего сырья в технологии хлебобулочных изделий. Так, например, изучены свойства выделенного из корнеплодов скорцонеры (*Scorzonera hispanica* L.) инулин-пектинового концентрата, представляющего собой светло-коричневый кристаллический порошок с содержанием инулина 64.6 %, пектина 14.7 % и полученного экстракцией в электроимпульсной экстракционной камере. Установлено положительное влияние концентрата, вносимого в количестве 3 % к массе муки, на органолептические и физико-химические показатели качества хлеба, а также на замедление процесса черствения при его хранении (Оробинская и др., 2009).

Учеными в Латвии изучено влияние порошка из топинамбура на реологические свойства пшеничного теста. Порошок вносили в количестве от 10 до 50 % от массы пшеничной муки. Положительное влияние на свойства теста, обусловленное упрочнением его структуры, отмечено в образце с внесением до 10 % порошка из топинамбура от общего количества муки. При увеличении его количества выше 20 % наблюдали снижение водопоглотительной способности и устойчивости теста (Gedrovica, Karklina, 2011).

Молдавские ученые проводили исследование влияния муки из топинамбура на качество хлебобулочных изделий из пшеничной муки, в процессе которого в рецептуру хлеба вносили муку из топинамбура в количестве 2.5 %, 5 %, 7.5 % и 10 % от массы пшеничной муки. Установлена оптимальная дозировка муки из топинамбура в количестве 5 %, обеспечивающая повышение пищевой ценности изделий, хорошие потребительские свойства хлеба и продление сроков его годности (Chirsanova, et al., 2021).

Ранее в ФГАНУ НИИХП разработана технология пшеничного хлеба с применением муки из топинамбура. По результатам комплексных исследований влияния муки из топинамбура на свойства теста и качество изделий установлено ее оптимальное количество – 7 % к массе пшеничной муки. Разработанная технология обеспечивала улучшение свойств теста, хорошее качество готовых изделий, повышение их пищевой ценности, что позволяло отнести хлебобулочные изделия к обогащенным и функциональным продуктам (Мартиросян и др., 2024).

Проведенные в Красноярском государственном аграрном университете исследования показали возможность применения порошка из топинамбура в количестве 10 % от массы муки в производстве пшеничного и ржано-пшеничного хлеба. Внесение порошка из топинамбура в данном количестве способствовало интенсификации процесса брожения теста, увеличению кислотности мякиша, формированию хороших органолептических показателей качества и замедлению скорости черствения готовых изделий (Ermosh, et al., 2019).

Мука ржаная традиционно используется для производства хлебобулочных изделий, однако в ржаном хлебе, по сравнению с пшеничным, меньше объем, более темноокрашенные мякиш и корка, менее развитая пористость и несколько липкий мякиш. Данные отличия обусловлены особенностями углеводно-амилазного и белково-протеиназного комплексов зерна ржи. Необходимо отметить, что ржаная мука по сравнению с пшеничной мукой характеризуется более высоким содержанием макро- и микроэлементов, пищевых волокон, витаминов группы В, витамина Е (α -токоферола) и более сбалансированным аминокислотным составом белковых веществ (Пучкова и др., 2005).

Применение инулинсодержащего растительного сырья в производстве хлебобулочных изделий из ржаной или смеси ржаной и пшеничной муки позволит расширить ассортимент пищевой продукции для здорового питания за счет улучшения углеводной матрицы изделий в результате уменьшения количества легкоусвояемых углеводов, а также обеспечить хорошие текстурные свойства мякиша за счет влияния инулина как гелеобразователя на агрегационные связи при формировании тестового каркаса.

Целью работы является разработка технологии ржано-пшеничных хлебобулочных изделий, обогащенных инулином.

Материалы и методы

Объектом исследований являлась мука из топинамбура, изготовитель – ООО «ИстАгроДон», вырабатываемая по ТУ 10.61.23-005-38634173-2021 и представляющая собой порошкообразный сыпучий продукт кремового цвета, характеризующийся растительным запахом и вкусом. Содержание инулина в пересчете на сухое вещество в исследуемой муке составляло 50–70 %.

В работе использовали муку ржаную хлебопекарную обдирную (ГОСТ 7045), муку пшеничную хлебопекарную первого сорта (ГОСТ 26574), воду питьевую (СанПиН 2.1.3684), патоку мальтозную (ОСТ 10-228-98), соль пищевую (ГОСТ Р 51574), дрожжи хлебопекарные прессованные (ГОСТ Р 54731).

При выполнении исследований использовали муку из топинамбура в количестве 7 % и 10 % к массе муки. Тесто готовили в лабораторных условиях по рецептуре хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки при их соотношении 70:30 с использованием густой ржаной закваски. Муку из топинамбура вносили на стадии замеса теста. При приготовлении теста с густой ржаной закваской добавляли 30 % муки ржаной хлебопекарной обдирной от общего количества по рецептуре.

Густую ржаную закваску в разводочном цикле готовили из муки ржаной хлебопекарной обдирной, воды, чистых культур молочнокислых бактерий и заквасочных дрожжей в жидком виде, в соответствии с разделом 3.1.1 «Сборника технологических инструкций для производства хлеба и хлебобулочных изделий» (1989). В производственном цикле закваску освежали до достижения кислотности 13–15 град.

В дежу тестомесильной машины вносили все сырье по рецептуре и замешивали тесто в течение 10–15 минут до получения однородной массы. После замеса тесто направляли на брожение в течение 60 минут при температуре 33–35 °С и относительной влажности воздуха 75–80 %.

Затем после брожения готовое тесто разделяли и направляли на расстойку в расстоечную камеру при температуре 28–30 °С, влажности 75–80 % в течение 45–55 минут.

Расстоявшиеся тестовые заготовки направляли на выпечку, которую осуществляли при температуре посадки 250 °С в течение 1 мин, далее температура выпечки составляла 220 °С в течение 40 мин.

Органолептические показатели качества исследуемых изделий определяли по ГОСТ 5667 «Изделия хлебобулочные. Правила приемки, методы отбора образцов, методы определения органолептических показателей и массы изделий», массу, объем, удельный объем – по ГОСТ 27669 «Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки хлеба», кислотность – по ГОСТ 5670 «Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности», влажность – по ГОСТ 21094 «Изделия хлебобулочные. Методы определения влажности», пористость – по ГОСТ 5669 «Хлебобулочные изделия. Метод определения пористости».

Крошковатость мякиша хлеба была определена по разработанной в ФГАНУ НИИХП «Методике определения крошковатости мякиша хлебобулочного изделия СТП-1901», основанной на измерении массы крошек после динамических нагрузок разрезанного на 8 кусков и предварительно взвешенного ломтя хлебобулочного изделия толщиной 12.5 мм.

Твердость и скорость черствения мякиша хлеба измеряли прибором “Структурометр СТ-2” в соответствии с методом, основанным на определении усилия нагружения пробы мякиша цилиндрической формы при ее сжатии с последующим расчетом индекса твердости мякиша, который используют для оценки степени черствости хлебобулочного изделия в процессе хранения.

Содержание белка определяли по ГОСТ 10846 “Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка”, жира – по ГОСТ 5668 “Изделия хлебобулочные. Методы определения массовой доли жира”, углеводов – по ГОСТ 25832 “Изделия хлебобулочные диетические. Технические условия”, пищевых волокон – по ГОСТ Р 54014 “Продукты пищевые функциональные. Определение растворимых и нерастворимых пищевых волокон ферментативно-гравиметрическим методом”, тиамина и ниацина – по ГОСТ EN 14122, ГОСТ EN 15652 методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с флуориметрическим детектированием, железа – колориметрическим методом, основанным на измерении интенсивности окраски подготовленных растворов, по ГОСТ 26928, магния – с помощью пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии по ГОСТ 15505, фосфора – по Методическим указаниям 4.1.3217, устанавливающим метод определения фосфора в пищевых продуктах с применением спектрофотометра, инулина – посредством высокоэффективной жидкостной хроматографии согласно Руководству 4.1.1672, селена – с помощью инверсионной вольтамперометрии по Методике 31-21/07.

Углеводный состав определяли в соответствии с методикой “М 04-92-2020. Пищевые продукты, продовольственное сырье, пищевые и кормовые добавки. Методика измерений массовой доли фруктозы, глюкозы, лактозы и сахарозы методом капиллярного электрофореза на приборе “Капель-205””.

Результаты и анализ

На основании ранее проведенных исследований было установлено, что оптимальное количество вносимой в рецептуру пшеничного хлеба муки из топинамбура составляет 7 % к массе пшеничной муки. При выработке ржано-пшеничного хлеба, в отличие от пшеничного, как правило, имеется технологическая возможность увеличения дозировки растительного сырья, поэтому использовали муку из топинамбура в количестве 7 % и 10 %.

Для исследования влияния муки из топинамбура на качество ржано-пшеничного хлеба готовые изделия

анализировали по органолептическим и физико-химическим показателям. В таблице 1 приведены результаты органолептической оценки хлебобулочных изделий из смеси ржаной и пшеничной муки. Исследуемые образцы хлебобулочных изделий без добавок и с добавлением муки из топинамбура представлены на рисунке 1.

Результаты проведенных исследований, представленные в таблице 1 и на рисунке 1, показали, что хлебобулочные изделия, приготовленные с внесением муки из топинамбура, характеризовались правильной формой, поверхностью темно-коричневого цвета, пропеченным, не липким на ощупь мякишем со средней эластичностью, развитой, без пустот и уплотнений, пористостью, легким привкусом и запахом топинамбура.

Многие исследователи сталкиваются со сложностью применения муки из топинамбура по причине возникновения хруста при разжевывании готового изделия, что свидетельствует о недостаточной технологической подготовке клубней топинамбура перед измельчением. Применяемая ООО “ИстАгроДон” технология получения муки из топинамбура обеспечивает отсутствие минеральной примеси и равномерность частиц при измельчении, что дает возможность ее использования в качестве ингредиента для производства хлебобулочных изделий. Установлено отсутствие хруста при разжевывании полученных образцов ржано-пшеничного хлеба.

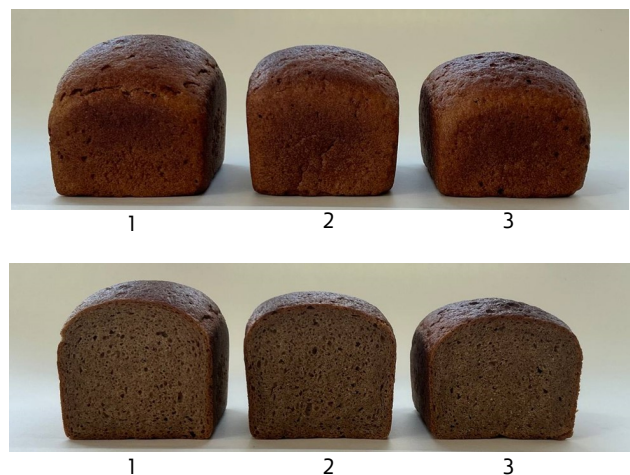


Рис. 1. Хлебобулочные изделия из смеси ржаной и пшеничной муки: 1 – контрольный образец (без добавок); 2 – с добавлением муки из топинамбура в количестве 7 % к массе муки; 3 – с добавлением муки из топинамбура в количестве 10 % к массе муки.

Таблица 1. Влияние муки из топинамбура на органолептические показатели качества хлебобулочных изделий из смеси ржаной и пшеничной муки*

Наименование показателя	Хлебобулочные изделия из смеси ржаной и пшеничной муки		
	контроль (без добавок)	с добавлением муки из топинамбура, % к массе муки	
		7	10
Внешний вид: форма	Соответствующая форме, в которой проводилась выпечка, без боковых выплывов, с выпуклой верхней коркой		
поверхность корки	Гладкая, без трещин и подрывов		Неровная
цвет корки	Темно-коричневый		
Состояние мякиша: цвет	Коричневый		
пропеченность	Пропеченный, не липкий, не влажный на ощупь		
эластичность	Хорошая	Средняя	
промес	Без комочков и следов непромеса		
пористость	Развитая, без пустот и уплотнений		
Вкус	Свойственный хлебобулочным изделиям из смеси ржаной и пшеничной муки, без постороннего привкуса	Свойственный хлебобулочным изделиям из смеси ржаной и пшеничной муки с легким привкусом топинамбура	Свойственный хлебобулочным изделиям из смеси ржаной и пшеничной муки с привкусом топинамбура
Хруст	Отсутствует		
Запах	Свойственный хлебобулочным изделиям из смеси ржаной и пшеничной муки, без постороннего запаха	Свойственный хлебобулочным изделиям из смеси ржаной и пшеничной муки с легким ароматом топинамбура	Свойственный хлебобулочным изделиям из смеси ржаной и пшеничной муки с ароматом топинамбура

Таблица 2. Влияние муки из топинамбура на физико-химические показатели качества хлебобулочных изделий из смеси ржаной и пшеничной муки*

Наименование показателя	Хлебобулочные изделия из смеси ржаной и пшеничной муки		
	контроль (без добавок)	с добавлением муки из топинамбура, % к массе муки	
		7	10
Объем хлеба, см ³	810	790	740
Удельный объем хлеба, см ³ /г	1.76	1.70	1.59
Пористость мякиша, %	59	57	55
Влажность мякиша, %	45.1	44.4	42.9
Кислотность мякиша, град	8.0	8.0	8.0

*Составлена авторами.

Добавление муки из топинамбура в количестве 10 % к массе муки привело к ухудшению органолептических показателей, хлеб имел неровную поверхность, менее эластичный мякиш по сравнению с контролем и образцом с добавлением 7 % муки из топинамбура.

Результаты влияния муки из топинамбура на физико-химические показатели качества хлебобулочных изделий из смеси ржаной и пшеничной муки представлены в таблице 2.

В результате анализа физико-химических показателей, приведенных в таблице 2, установлено, что при внесении муки из топинамбура в количестве 7 % к массе муки отмечается незначительное снижение объема хлеба – на 2 %, пористости мякиша – на 3 % по сравнению с контрольным образцом. С увеличением дозировки муки из топинамбура до 10 % объем хлеба уменьшался на 9 %, пористость мякиша – на 7 % по сравнению с контролем. Полисахариды, входящие в состав муки из топинамбура, в основном представлены полифруктозанами, которые почти не гидролизуются под действием амилолитических ферментов в

процессе брожения теста. Кроме того, частицы муки из топинамбура в процессе замеса теста и расстойки тестовых заготовок встраиваются в образованную белковыми веществами клейковинную матрицу, нарушая ее целостность, что, вероятно, приводит к снижению объема изделий и пористости мякиша.

Внесение исследуемой муки не оказывало ингибирующего действия на молочнокислые бактерии, обеспечивающие протекание молочнокислого брожения в тесте, в результате которого в нем образуются и накапливаются органические кислоты, способствующие увеличению кислотности. Это подтверждается показателем кислотности мякиша изделий, который во всех образцах хлеба составил 8.0 град.

На следующем этапе исследовали влияние муки из топинамбура на скорость черствения хлебобулочных изделий в процессе хранения (таблица 3).

Первые признаки черствения, связанные с ретроградацией крахмала, появляются через 6–10 ч после выпечки хлеба. При хранении изделий изменяются реологические свойства мякиша, увеличивается его крошковатость, вкус и аромат становятся менее выраженными.

Показатель твердости мякиша характеризуется усилием нагружения пробы мякиша при ее сжатии на 5 мм. Этот

показатель используют для оценки степени черствости хлебобулочного изделия в процессе хранения. За скорость черствения мякиша изделий принимают среднее изменение величины твердости мякиша в течение продолжительности хранения хлебобулочных изделий после выпечки.

Результаты исследования, представленные в таблице 3, показали, что внесение муки из топинамбура в количестве 7 % и 10 % к массе муки способствовало увеличению показателя твердости мякиша на 21 % и 46 % соответственно, по сравнению с контролем. Показатель крошковатости мякиша хлебобулочных изделий с внесением муки из топинамбура в количестве 7 % увеличился на 24 %, в количестве 10 % – на 82 % по сравнению с контрольным образцом. Возможно, это связано со свойствами полифруктозанов, входящих в состав муки из топинамбура, которые связывают и удерживают воду, снижая количество доступной свободной воды для гидратации других биополимеров муки, в частности клейковинообразующих фракций белка и крахмала, что приводит к ухудшению реологических свойств мякиша изделий.

Однако положительным аспектом применения муки из топинамбура являлась динамика изменения показателя твердости мякиша при хранении опытных образцов хлебобулочных изделий по сравнению с контролем. Так, внесение муки из топинамбура в количестве 7 % и 10 % обуславливало снижение скорости черствения на 26 % и на 59 % соответственно, по сравнению с контрольным образцом. Возможно, это связано с повышением количества влагоудерживающих веществ (пищевых волокон, полифруктозанов) при внесении муки из топинамбура, обеспечивающих стабилизацию влажности хлебобулочных изделий. Кроме того, инулин, содержащийся в муке из топинамбура, характеризуется низкой растворимостью и способностью образовывать гели с водой. Эти гели, проявляя свойства жировых продуктов, замедляют процесс черствения хлебобулочных изделий за счет “смазывающего” эффекта, оказывающего влияние на свойства клейковинной матрицы теста и включенных в нее крахмальных зерен.

Таким образом, определена рекомендуемая дозировка муки из топинамбура – 7 % к массе муки – для получения хлебобулочных изделий из смеси ржаной и пшеничной муки с хорошими потребительскими свойствами.

Далее исследовали пищевую ценность хлебобулочных изделий из смеси ржаной и пшеничной муки с добавлением 7 % муки из топинамбура (таблица 4).

Таблица 3. Влияние муки из топинамбура на черствение хлебобулочных изделий из смеси ржаной и пшеничной муки*

Наименование показателя	Хлебобулочные изделия из смеси ржаной и пшеничной муки		
	контроль (без добавок)	с добавлением муки из топинамбура, % к массе муки	
		7	10
Твердость мякиша, Fh, Н			
через 24 ч	17.20	20.89	25.05
через 72 ч	21.40	24,01	26.78
Скорость черствения V _ч , Н/сут	2.10	1.56	0.86
Крошковатость мякиша, %			
через 24 ч	0.34	0.42	0.62
через 72 ч	0.79	0.83	1.06

*Составлена авторами.

Таблица 4. Содержание основных пищевых веществ в хлебобулочных изделиях из смеси ржаной и пшеничной муки**

Пищевые вещества	Хлебобулочные изделия из смеси ржаной и пшеничной муки		Степень удовлетворения суточной потребности в основных пищевых веществах (%) при употреблении хлебобулочных изделий из смеси ржаной и пшеничной муки	
	контроль (без добавок)	с добавлением муки из топинамбура в количестве 7 % к массе муки	контроль (без добавок)	с добавлением муки из топинамбура в количестве 7 % к массе муки
Белки, г	6.5	6.1	8.7	8.1
Жиры, г	1.2	1.5	1.4	1.8
Усвояемые углеводы, г	52.0	50.8	14.2	13.9
Пищевые волокна, г	5.0	5.8	16.7	19.3
Инулин*, г	0.7	2.8	7.0	28.0
Тиамин, мг	0.06	0.08	4.3	5.7
Ниацин, мг	1.27	1.51	7.0	8.4
Магний, мг	39.6	41.9	9.9	10.5
Фосфор, мг	141.4	150.0	17.7	18.7
Железо, мг	1.1	1.5	7.8	10.7
Селен, мкг	0.39	0.73	0.5	1.0
Энергетическая ценность (калорийность), кДж/ккал	1026/245	1009/241	9.8	9.6

*Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ: Методические рекомендации, 2004.

**Составлена авторами.

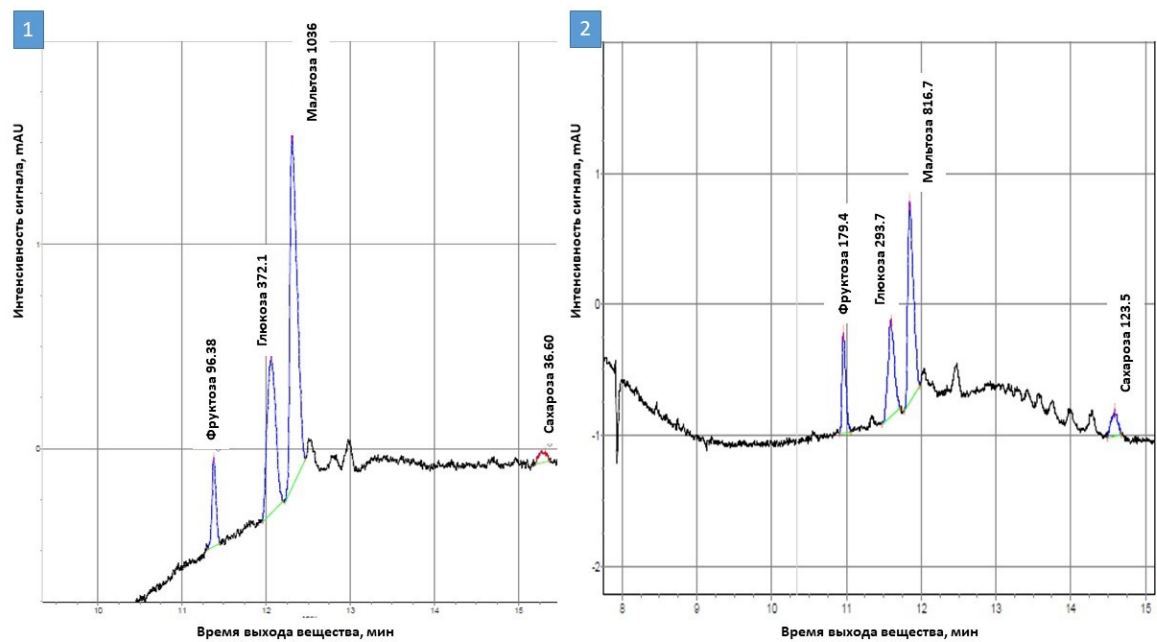


Рис. 2. Электрофореграмма проб хлебобулочных изделий: 1 – контрольный образец (без добавок); 2 – с добавлением муки из топинамбура в количестве 7 % к массе муки (составлена авторами).

Таблица 5. Содержание моно- и дисахаридов в хлебобулочных изделиях из смеси ржаной и пшеничной муки**

Пищевые вещества	Хлебобулочные изделия из смеси ржаной и пшеничной муки		Степень удовлетворения суточной потребности в основных пищевых веществах (%) при употреблении хлебобулочных изделий из смеси ржаной и пшеничной муки*	
	контроль (без добавок)	с добавлением муки из топинамбура в количестве 7 % к массе муки	контроль (без добавок)	с добавлением муки из топинамбура в количестве 7 % к массе муки
сахароза, мг	70	244	0.1	0.4
глюкоза, мг	722	586	2.6	2.4
мальтоза, мг	2030	1626	3.0	2.5
фруктоза, мг	195	354	0.4	0.8

*Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ: Методические рекомендации, 2004.

**Составлена авторами.

Установлено, что внесение муки из топинамбура способствовало повышению пищевой ценности хлебобулочных изделий из смеси ржаной и пшеничной муки. Так, в 100 г хлебобулочного изделия с добавлением 7 % муки из топинамбура содержание пищевых волокон увеличилось на 0.8 г, инулина – на 2.1 г, магния – на 2.3 мг, фосфора – на 8.6 мг, железа – на 0.4 мг, селена – на 0.34 мкг по сравнению с хлебом без добавок.

Углеводный состав проб хлебобулочных изделий, полученный методом капиллярного электрофореза, представлен на рисунке 2.

Электрофореграммы на рис. 2 свидетельствуют о наличии в составе хлебобулочных изделий сахарозы, глюкозы, мальтозы и фруктозы, количественное содержание которых приводится в таблице 5.

С внесением муки из топинамбура в рецептуру хлебобулочных изделий содержание сахарозы увеличилось на 174 мг, фруктозы – на 159 мг. Вероятно, повышение количества фруктозы связано с частичным гидролизом β -(2-1) фруктозил-фруктозных связей инулина, происходящим при низких значениях pH и высокой температуре.

Выявлено, что при употреблении хлебобулочных изделий с добавлением 7 % муки из топинамбура к массе муки покрывается суточная потребность в инулине на 28 %, пищевых волокнах – на 19.3 %, фосфоре – на 18.7 %, что позволяет отнести исследуемые изделия к функциональным пищевым продуктам в соответствии с ГОСТ Р 52349 “Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения”.

Согласно ТР ТС 021/2011 “О безопасности пищевой продукции”, хлебобулочное изделие является пищевым продуктом, обогащенным инулином.

В соответствии с Приложением 5 “Условия при использовании в маркировке пищевой продукции информации об отличительных признаках пищевой продукции” к Техническому регламенту Таможенного союза “Пищевая продукция в части ее маркировки” ТР ТС 022/2011, хлебобулочные изделия из смеси ржаной и пшеничной муки с добавлением муки из топинамбура являются источником фосфора (минеральное вещество составляет не менее 15 % средней суточной потребности взрослого человека в минеральных веществах на 100 г для твердой пищевой продукции), пищевых волокон (содержание пищевых волокон – не менее 3 г на 100 г для твердой пищевой продукции), имеют низкое содержание жира (содержание жира составляет не более 3 г на 100 г для твердой пищевой продукции) и не содержат в своем составе сахара (при производстве пищевой продукции в нее не добавлялись моно- и дисахариды в качестве компонентов с обязательной припиской: “содержит сахара природного (естественного) происхождения” или “содержит только натуральные сахара”, так как в составе пищевой продукции содержатся присущие ей природные сахара).

Закключение

Проведенные исследования показали, что внесение муки из топинамбура в хлебобулочные изделия из смеси ржаной и пшеничной муки оказывало влияние

на их органолептические и физико-химические показатели качества. Так, установлено, что добавление муки из топинамбура в количестве от 7 % до 10 % к массе муки приводило к снижению объема хлеба на 2–9 %, пористости мякиша на 3–7 % по сравнению с контрольным образцом без добавок. При увеличении дозировки добавляемой муки до 10 % выявлено ухудшение внешнего вида, вкуса и запаха готовых изделий.

Внесение муки из топинамбура влияло на структурно-механические свойства мякиша хлеба, обуславливая увеличение показателя твердости до 46 % и крошковатости мякиша до 82 %. Установлено, что применение муки из топинамбура приводило к снижению скорости черствения опытных образцов хлебобулочных изделий до 59 % при их хранении по сравнению с хлебом без добавок, продлевая сроки сохранения свежести готовой продукции. В результате проведенных исследований выявлено, что для получения хлебобулочных изделий хорошего качества рекомендуемое количество вносимой муки из топинамбура составляет 7 % к массе муки в тесте.

Таким образом, внесение муки из топинамбура способствовало повышению пищевой ценности хлебобулочных изделий из смеси ржаной и пшеничной муки. Так, в 100 г хлебобулочного изделия с добавлением 7 % муки из топинамбура содержание пищевых волокон составило 5.8 г, инулина – 2.8 г, магния – 41.9 мг, фосфора – 150.0 мг, железа – 1.5 мг, селена – 0.73 мкг.

Разработанные ржано-пшеничные хлебобулочные изделия с добавлением муки из топинамбура представляют собой функциональный пищевой продукт, обогащенный инулином, являются источником фосфора и пищевых волокон, а также характеризуются низким содержанием жира.

Литература

- ГОСТ 10846-91. Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка. <https://standartgost.ru/g/ГОСТ 10846-91>.
- ГОСТ 21094-2022. Изделия хлебобулочные. Методы определения влажности. <https://standartgost.ru/g/ГОСТ 21094-2022>.
- ГОСТ 25832-89. Изделия хлебобулочные диетические. Технические условия. <https://standartgost.ru/g/ГОСТ25832-89>.
- ГОСТ 26574-2017. Мука пшеничная хлебопекарная. <https://standartgost.ru/g/ГОСТ26574-2017>.
- ГОСТ 26928-86. Продукты пищевые. Метод определения железа. <https://standartgost.ru/g/ГОСТ 26928-86>.
- ГОСТ 27669-88. Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки хлеба. <https://standartgost.ru/g/ГОСТ 27669-88>.
- ГОСТ 5667-2022. Правила приемки, методы отбора образцов, методы определения органолептических показателей и массы изделий. <https://standartgost.ru/g/ГОСТ 5667-2022>.
- ГОСТ 5668-2022. Изделия хлебобулочные. Методы определения массовой доли жира. <https://standartgost.ru/g/ГОСТ 5668-2022>.
- ГОСТ 5669-96. Хлебобулочные изделия. Метод определения пористости. <https://standartgost.ru/g/ГОСТ 5669-96>.
- ГОСТ 5670-96. Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности. <https://standartgost.ru/g/ГОСТ 5670-96>.
- ГОСТ 7045-2017. Мука ржаная хлебопекарная. <https://standartgost.ru/g/ГОСТ 7045-2017>.
- ГОСТ EN 14122-2020. Продукция пищевая. Определение содержания витамина В1 методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. <https://standartgost.ru/g/ГОСТ EN 14122-2020>.
- ГОСТ EN 15505-2013. Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение натрия и магния с помощью пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии с предварительной минерализацией пробы в микроволновой печи. <https://standartgost.ru/g/ГОСТ EN 15505-2013>.
- ГОСТ Р 51574-2018. Соль пищевая. Общие технические условия. <https://standartgost.ru/g/ГОСТ Р 51574-2018>.
- ГОСТ Р 54014-2010. Продукты пищевые функциональные. Определение растворимых и нерастворимых пищевых волокон ферментативно-гравиметрическим методом. <https://standartgost.ru/g/ГОСТ Р 54014-2010>.
- ГОСТ Р 54731-2011. Дрожжи хлебопекарные прессованные. Технические условия. <https://standartgost.ru/g/ГОСТ Р 54731-2011>.
- Доронин А.Ф. и др. Функциональные пищевые продукты. Введение в технологии / А.Ф. Доронин, Л.В. Ипатова, А.А. Кочеткова, А.П. Нечаев, С.А. Хуршудян, О.Г. Шубина. - М.: ООО "ДеЛи принт". - 2008. - 282 с.
- Думанишева З.С., Азаматова М.В. Улучшение потребительских свойств булочных изделий за счет использования полуфабриката, полученного из топинамбура // Известия Кабардино-Балкарского ГАУ. - 2021. - N 4 (34). - С. 35-41.

19. Корячкина С.Я., Д.К. Байбашева. Влияние степени полимеризации молекул инулина и олигофруктозы на остаточное содержание их в ржано-пшеничном заварном хлебе функционального назначения // Известия Вузов. Пищевая технология. - 2010. - N 1. - С. 28-30.
20. Костюченко М.Н., Косован А.П. Обеспечение качества хлебобулочных изделий – стратегическая задача государства // Контроль качества продукции. - 2019. - N 9. - С. 8-13.
21. Мартиросян В.В. и др. Исследование технологических свойств муки из топинамбура для применения в хлебопечении / В.В. Мартиросян, М.Н. Костюченко, А.С. Евдокимова и др. // Пищевая промышленность. - 2024. - N 7. - С.79-82.
22. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации. - М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2021. - 72 с.
23. Оробинская В.Н. и др. Разработка и применение инулин-пектинового концентрата из скорцонеры в технологии хлеба / В.Н. Оробинская, Е.В. Жиркова, В.В. Мартиросян, В.Д. Малкина // Известия вузов. Пищевая технология. - 2009. - N 2-3. - С. 27-29.
24. Перковец М.В. Инулин и олигофруктоза – универсальные функциональные ингредиенты // Масла и жиры. - 2008. - N 5. - С. 2-4.
25. Пучкова Л.И. и др. Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий: учебник / Л.И. Пучкова, Р.Д. Поландова, И.В. Матвеева. - 2-е изд., испр. - СПб.: ГИОРД, 2005. - 559 с.
26. Радченко В.Г. и др. Пищевые волокна в клинической практике / В.Г. Радченко, И.Г. Сафроненкова, П.В. Селиверстов, С.И. Ситкин и др. // Клинические перспективы гастроэнтерологии, гепатологии. - 2010. - N 1. - С. 21-28.
27. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29.06.2016 N 1364-р “Об утверждении Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года” [Электронный источник]. <http://docs.cntd.ru/document/420363999> (дата обращения 25.01.23).
28. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ: Методические рекомендации. - М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. - 46 с.
29. Сборник технологических инструкций для производства хлебобулочных изделий: Утв. М-вом хлебопродуктов СССР 07.07.88. - М.: Прейскурантиздат, 1989. - 493 с.
30. Сербаева Э.Р. и др. Инулин: природные источники, особенности метаболизма в растениях и практическое применение / Э. Р. Сербаева, А. Б. Якупова, Ю. Р. Магасумова и др. // Биомика. - 2020. - Т. 12. - N 1. - С. 57-79. <https://doi.org/10.31301/2221-6197.bmcs.2020-5>.
31. Спиричев В.Б. и др. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. Наука и технология / В.Б. Спиричев, Л.Н. Шатнюк, В.М. Позняковский; под общ. ред. В.Б. Спиричева. - 2-е изд., стер. - Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2005. - 548 с.
32. Тутельян В.А. и др. Качество жизни. Здоровье и питание: атлас / В.А. Тутельян, Д.Б. Никитюк, Д.А. Буряк, С.Е. Акользина, А.К. Батулин; пер. на англ. О.Н. Кишко. М.: Медицина, 2018. - 696 с.
33. Тутельян В.А. и др. Пищевые ингредиенты в продуктах питания: от науки к технологиям / В.А. Тутельяна, А.П. Нечаева, М.Г. Балыхина. 2-е изд., испр. и доп. - М.: МГУПП, 2021. 664 с.
34. Тутельян В.А., Никитюк Д.Б. Нутрициология и клиническая диетология: национальное руководство. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. - 656 с.
35. Beal, T., & Ortenzi, F. (2022). Priority micronutrient density in foods. *Frontiers in nutrition*, 9, 806566. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.806566>.
36. Chirsanova, C. A., Capcanari, T., & Gîncu, E. (2021). Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) flour impact on bread quality. *Journal of Engineering Sciences*, (1), 131-143. [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2021.28\(1\).14](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2021.28(1).14).
37. Ermosh, L. G., Safronova, T. N., & Prisuhina, N. V. (2020). Features of biotechnological processes of bread production enriched with inulin-containing raw materials. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 421, No. 2, p. 022018). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/421/2/022018>.
38. Franz, M. J., Bantle, J. P., Beebe, C. A., Brunzell, J. D., Chiasson, J. L., Garg, A., ... & Wheeler, M. (2002). Evidence-based nutrition principles and recommendations for the treatment and prevention of diabetes and related complications. *Diabetes care*, 25(1), 148-198. <http://doi.org/10.2337/diacare.26.2007.s51>.
39. Gedrovica, I., & Karklina, D. (2011, May). Influence of Jerusalem artichoke powder on dough rheological properties. In *Proceedings of the 6th Baltic Conference on Food Science and Technology* (Vol. 5, No. 6, pp. 7-12).
40. Shariati, M. A., Khan, M. U., Hleba, L., de Souza, C. K., Tokhtarov, Z., Terentev, S., ... & Kantimerova, M. (2021). Topinambur (the Jerusalem artichoke): Nutritional value and its application in food products: An updated treatise. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*, 10(6), e4737-e4737. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.4737>.
41. Tyurina, I., Peshkina, I., Baluyan, K., Tkachev, E., & Shcherbakov, P. (2023). The use of topinambur (Jerusalem artichoke) syrup to improve the nutritional value and quality of bakery products. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 64, p. 01024). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236401024>.

Ինուլինով հարստացված աշորացորենային հացաբուլկեղենի տեխնոլոգիայի մշակում

Մարինա Կոստյուչենկո, Վլադիմիր Մարտիրոսյան, Ալեքսանդրա Մոիսենկո, Պավել Շչերբակով

“Հացաթխման արդյունաբերության գիտահետազոտական ինստիտուտ” ԴՊԻԳՀ

Բանալի բառեր՝ գետնախնձորի ալյուր, ինուլին, հացաբուլկեղեն, որակական ցուցանիշներ, սննդային արժեք

ԱՄՓՈՓԱԳԻՐ: Հոդվածում ներկայացված են գետնախնձորի ալյուրի օգտագործմամբ աշորացորենային հացաբուլկեղենի արտադրության տեխնոլոգիայի մշակման նպատակով իրականացված հետազոտության արդյունքները: Գետնախնձորի ալյուրն ավելացվել է խմորի հունցման փուլում՝ ալյուրի ընդհանուր զանգվածի 7-10 %-ի չափով: Գետնախնձորի ալյուրի օգտագործումը նպաստել է հացաբուլկեղենի սննդային արժեքի բարձրացմանը և հնացման արագության նվազման շնորհիվ պահպանման ժամկետի երկարացմանը: Գետնախնձորի ալյուրի 10 % չափաբաժնի դեպքում ստուգիչ՝ առանց հավելումների տարբերակի համեմատությամբ նկատվել է պատրաստի արտադրանքի զգայաբանական և ֆիզիկաքիմիական ցուցանիշների վատթարացում: Ըստ հետազոտության արդյունքների՝ գետնախնձորի ալյուրի ավելացման օպտիմալ բանակությունը պետք է կազմի ալյուրի ընդհանուր զանգվածի 7 %-ը:

Development of Technology for Rye-Wheat Bakery Products Enriched with Inulin

Marina Kostyuchenko, Vladimir Martirosyan, Aleksandra Moiseenko, Pavel Shcherbakov

Federal State Autonomous Scientific Institution “Scientific Research Institute of the Bakery Industry”

Keywords: bakery products, inulin, jerusalem artichoke flour, nutritional value, quality indicators

Abstract. The most effective way to improve the population's diet is through the development and industrial production of functional food products, enriched with essential nutrients. This article presents research focused on developing the technology for rye-wheat bakery products incorporating Jerusalem artichoke flour. Jerusalem artichoke flour was added during the dough kneading stage in amounts ranging from 7 % to 10 % of the total flour weight. The inclusion of Jerusalem artichoke flour resulted in a slower staling rate of the bakery products during storage, thus extending their shelf life. In bread without additives, the staling rate was 2.10 N/day, while the addition of Jerusalem artichoke flour at 7 % and 10 % reduced the staling rate to 1.56 N/day and 0.86 N/day, respectively. However, increasing the Jerusalem artichoke flour dosage to 10 % led to a decline in the organoleptic properties of the final product, with a 9% reduction in bread volume, a 7 % decrease in crumb porosity, a 46% increase in crumb hardness, and an 82 % increase in crumb crumbliness, compared to the control sample without additives. Based on the results, the optimal amount of Jerusalem artichoke flour was determined to be 7 % by weight of flour in the dough. The use of Jerusalem artichoke flour primarily contributed to enriching the bakery products with inulin. It was found that with 7 % Jerusalem artichoke flour by weight of flour, 100 g of the bakery product contained 5.8 g of dietary fiber, 2.8 g of inulin, 41.9 mg of magnesium, 150.0 mg of phosphorus, 15 mg of iron, and 0.73 µg of selenium. The developed baked goods enriched with Jerusalem artichoke flour are functional food products that provide inulin, dietary fiber, and phosphorus, with a low fat content.

Декларация интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, связанного с исследованием, авторством и/или публикацией данной статьи.

Получена: 18.12.2024 г.
Рецензирована: 20.02.2025 г.
Принята: 28.03.2025 г.