

ПОТЕНЦИАЛ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В ФУНКЦИОНАЛЬНОМ ХЛЕБОПЕЧЕНИИ

Д.Е. Колпакова, kolpakova1205@mail.ru

Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

Аннотация. Хлеб, являясь продуктом ежедневного потребления, представляет собой целесообразную матрицу для повышения пищевой и биологической ценности, способствуя профилактике распространенных дефицитов микронутриентов у населения. Перспективным направлением является функциональное обогащение хлеба растительным сырьем, богатым антиоксидантами и витаминами. Морковь, батат и тыква рассматриваются как потенциальные источники таких соединений. В частности, морковь демонстрирует высокое содержание β -каротина (8,24 мг/100 г), а также значительные концентрации витамина А (2034,2 мкг/100 г), витамина С (5941,9 мкг/100 г) и ниацина (витамина В₃, 1026,5 мкг/100 г). Батат характеризуется высоким содержанием витаминов группы В, включая тиамин (витамина В₁ – 921,1 мкг/100 г) и пантотеновую кислоту (витамина В₅ – 741,6 мкг/100 г). Витамин Е в наибольшем количестве содержится в тыкве (842,1 мкг/100 г), однако в моркови его также высокое содержание (705,4 мкг/100 г). Указанные показатели свидетельствуют о высоком потенциале моркови и батата в качестве функциональных ингредиентов для хлебопечения. Использование закваски в технологии производства хлеба способствует улучшению его органолептических свойств. Полученный хлеб на закваске с нетрадиционными компонентами соответствует требованиям действующих нормативных документов, а именно ГОСТ 2077–2023 «Хлеб из ржаной хлебопекарной муки и смеси ржаной и пшеничной хлебопекарной муки. Технические условия», ГОСТ 5670–96 «Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности», ГОСТ 21094–2022 «Изделия хлебобулочные. Методы определения влажности», ГОСТ 5669–96 «Хлебобулочные изделия. Метод определения пористости». Так, значения кислотности находятся в диапазоне от 9,56 до 10,69 град (при норме от 2,50 до 12,00 град), влажности – от 48,03 до 51,03 % (при норме не выше 51,00 %), а пористости – от 56,83 до 62,30 % (при норме от 45,00 до 65,00 %).

Ключевые слова: антиоксиданты, биологическая ценность хлеба, хлеб на закваске, ферментация, β -каротин, витамины, макроэлементы, показатели безопасности и качества

Для цитирования: Колпакова Д.Е. Потенциал растительного сырья в функциональном хлебопечении // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2025. Т. 13, № 1. С. 19–29. DOI: 10.14529/food250103

Original article
DOI: 10.14529/food250103

POTENTIAL OF PLANT RAW MATERIALS IN FUNCTIONAL BREAD PRODUCTION

D.E. Kolpakova, kolpakova1205@mail.ru
Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

Abstract. Bread, being a product of daily consumption, is a useful matrix for increasing the nutritional and biological value, helping to prevent widespread micronutrient deficiencies in the population. A promising direction is the functional enrichment of bread with plant raw materials rich in antioxidants and vitamins. Carrots, sweet potatoes and pumpkin are considered as potential sources of such compounds. In particular, carrots have a high content of β -carotene (8,24 mg/100 g), as well as significant concentrations of vitamin A (2034,2 μ g/100 g), vitamin C (5941,9 μ g/100 g) and niacin (vitamin B₃, 1026,5 μ g/100 g). Sweet potatoes are characterized by a high content of B vitamins, including thiamine (vitamin B₁ – 921,1 μ g/100 g) and pantothenic acid (vitamin B₅ – 741,6 μ g/100 g). Vitamin E is found in the highest quantity in pumpkin (842,1 mcg/100 g), but carrots also have a high content (705,4 mcg/100 g). These indicators indicate the high potential of carrots and sweet potatoes as functional ingredients for bread baking. The use of sourdough in bread production technology helps to increase the bioavailability of biologically active substances and improve its organoleptic properties. The resulting sourdough bread with non-traditional components meets the requirements of current regulatory documents, namely GOST 2077–2023 “Bread from rye bakery flour and a mixture of rye and wheat bakery flour. Specifications”, GOST 5670–96 “Bakery products. Methods for determining acidity”, GOST 21094–2022 “Bakery products. Methods for determining moisture”, GOST 5669–96 “Bakery products. Method for determining porosity”. Thus, the acidity values are in the range from 9,56 to 10,69 degrees (with the norm from 2,50 to 12,00 degrees), humidity – from 48,03 to 51,03 % (with the norm not exceeding 51,00 %), and porosity – from 56,83 to 62,30 % (with the norm from 45,00 to 65,00 %).

Keywords: antioxidants, biological value of bread, sourdough bread, fermentation, β -carotene, vitamins, macronutrients, safety and quality indicators

For citation: Kolpakova D.E. Potential of plant raw materials in functional bread production. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2025, vol. 13, no. 1, pp. 19–29. (In Russ.) DOI: 10.14529/ food250103

Введение

Распространенность дефицита витаминов и других биологически активных веществ (БАВ) среди населения представляет собой значительную проблему общественного здравоохранения. Недостаточное потребление микронутриентов связано с различными факторами, включая неполноценное питание, ограниченный доступ к разнообразным продуктам, а также индивидуальные особенности метаболизма [1]. Для решения данной проблемы перспективным направлением является разработка стратегий по обогащению продуктов ежедневного потребления, обладающих высокой степенью распространенности в рационе населения [2]. Хлеб, как продукт с вы-

сокой частотой потребления, представляет собой эффективную матрицу для доставки необходимых витаминов и БАВ, способствуя улучшению питательного статуса населения и профилактике связанных с дефицитом микронутриентов заболеваний [3].

Использование сырых растительных материалов в качестве добавок к пищевым продуктам приобретает все большую популярность. Создание функциональных продуктов питания с использованием растительных ингредиентов не только удовлетворит потребности человека в основных питательных веществах и энергии, но и обогатит активные ингредиенты, присутствующие в таких продуктах [4].

Каротиноиды, в частности β -каротин, является важным соединением, известным своими антиоксидантными свойствами и потенциальной пользой для здоровья [5].

β -каротин является предшественником витамина А и играет важную роль в снижении риска сердечных заболеваний и улучшении желудочно-кишечной функции и иммунитета [6]. Учитывая, что люди не способны синтезировать β -каротин эндогенно, обеспечение надежного снабжения через продукты питания и фармацевтические препараты имеет первостепенное значение [7, 8].

Тыква представляет собой ценный функциональный продукт питания, богатый биологически активными веществами. Её состав включает фенольные соединения (флавоноиды и фенольные кислоты), каротиноиды, витамины, макро- и микроэлементы, а также пищевые волокна. Низкая энергетическая ценность тыквы делает её потенциально полезной для контроля уровня глюкозы в крови, что указывает на возможные антидиабетические свойства продуктов, содержащих тыкву. Каротиноиды, содержащиеся в тыкве, обладают антиоксидантными свойствами и связаны со снижением риска развития сердечно-сосудистых заболеваний, катаракты, дегенерации желтого пятна и некоторых видов рака [9]. Пищевые волокна способствуют нормализации пищеварения и снижению риска заболеваний сердечно-сосудистой и пищеварительной систем. Пектин, также присутствующий в тыкве, оказывает защитное действие на слизистую оболочку желудочно-кишечного тракта, способствует заживлению язв и выведению токсинов и тяжелых металлов из организма. Таким образом, тыква является перспективным компонентом для создания функциональных продуктов питания с улучшенными питательными и профилактическими свойствами [4].

Широко используемая в качестве овоща в салатах и блюдах, морковь является богатым источником волокон, каротиноидов, витаминов С и Е и антиоксидантов. Биологическая ценность моркови дополняется высоким содержанием витаминов группы В и минералов, помогая организму потребителя оставаться здоровым. Антиоксиданты, присутствующие в моркови, способствуют лучшей защите организма от старения и дегенеративных заболеваний. Регулярное употребление данного корнеплода укрепляет иммунную систему [10], стимулируя организм легче защищаться

от вирусов и бактерий. Витамины и бета-каротин, содержащиеся в моркови, обеспечивают лучшую устойчивость к болезням и лучшую общую жизненную силу. Научные исследования выявили связь между диетой, богатой витаминами А и бета-каротином, и профилактикой некоторых форм рака. Люди, регулярно потребляющие добавки бета-каротина в своем рационе, меньше подвержены риску развития рака легких, толстой кишки или простаты. Также каротиноиды моркови используются кожей для защиты от вредного воздействия солнца. Кроме того, данный овощ обладает многочисленными полезными свойствами для глаз [11], сердца и пищеварительной системы [12].

Батат характеризуется высоким содержанием макро- и микроэлементов, витаминов и каротиноидов, в частности, бета-каротина. Этот богатый состав биологически активных веществ оказывает положительное влияние на организм человека. Наличие витаминов, включая витамин А (в форме бета-каротина), С и группы В, обеспечивает поддержание зрения, иммунитета, энергетического обмена и многих других физиологических функций. Бета-каротин, как предшественник витамина А, обладает выраженными антиоксидантными свойствами, защищая клетки от повреждения свободными радикалами. Таким образом, потребление батата способствует оптимизации различных метаболических процессов и положительно влияет на общее состояние здоровья [13].

Цель исследования – оценить потенциал использования нетрадиционного сырья в хлебе на закваске для профилактики дефицита биологически активных веществ, макро- и микронутриентов.

Объекты и методы исследований

Объектами исследований являлись:

1. Растительное сырье, богатое β -каротином: морковь, батат, тыква.
2. Хлеб на закваске с добавлением растительного сырья и дрожжевой ржано-пшеничный хлеб, изготовленный по традиционной технологии.
3. Закваска, выведенная самостоятельно.

Все исследования проводились в трехкратной повторности для достоверности и правильности результатов.

В качестве контрольного образца использовали ржано-пшеничный дрожжевой хлеб, изготовленный по традиционной технологии.

Пшеничную и ржаную муку (соотношение 3:1) просеивают и смешивают с прессованными дрожжами (0,06 массы муки) и солью (0,08 массы муки). Полученную сухую смесь замешивают с водой (3 части по отношению к массе муки). Тесто распределяют по формам и расстаивают при температуре 30 °С в течение 1,5–2 часов. Выпечку осуществляют при температуре 220 °С в течение 40–50 минут.

Разработка рецептур хлеба на закваске с нетрадиционными видами растительного сырья

Приготовление закваски

Для приготовления закваски смешивают ржаную обдирную муку и воду в соотношении 2:3 (масса/объем) и оставляют на 23–25 ч при комнатной температуре в герметичной ёмкости до увеличения объема не менее чем в два раза. На первом этапе подкормки смешивают 1–1,5 части полученной закваски (остаток утилизируется) с 3 частями воды и 2 частями ржаной муки. После тщательного перемешивания смесь оставляют при комнатной температуре в герметичной ёмкости до достижения двукратного увеличения объема. Время ферментации определяют эмпирически. Процесс культивирования закваски характеризуется постепенным замедлением прироста биомассы к 3–5-му циклу подкормки (в зависимости от климатических условий, региональных особенностей и качества используемой муки). Данное замедление обусловлено изменением микробиоценоза закваски, которое, как правило, завершается за 2–3 цикла подкормки. Подкормку продолжают с прежней периодичностью. Готовность закваски определяют достижением прироста объема за 6–8 ч и приобретением приятного аромата.

Приготовление опары. Опару готовят путем смешивания 5 частей зрелой закваски, 3 частей воды и 2 частей ржаной обдирной муки. Смесь тщательно перемешивают и оставляют на 6–10 ч для ферментации. Отсутствие прироста объема опары является противопоказанием к использованию закваски в хлебопечении, поскольку это может привести к недостаточной расстойке теста.

Подготовка теста и выпечка хлеба

1. Готовят водный раствор соли (1,4 части воды и 0,15 части соли) и смешивают его с 5,3 частями опары до получения однородной массы.

2. Добавляют ржаную обдирную муку (1,75 части), пшеничную муку высшего сорта

(1,75 части) и нетрадиционное сырьё (1 часть). Замес теста продолжают около 7 мин.

3. Тесто помещают в формы для выпечки.

4. Проводят расстойку теста в течение 1–3 ч (до удвоения объёма).

5. Поверхность теста смазывают маслом или посыпают мукой.

6. Выпечку осуществляют в печи, предварительно разогретой до максимальной температуры, после чего температуру снижают до 250 °С на 15 мин, затем до 200 °С на 15 мин и, наконец, до 150 °С на 40 мин.

7. После выпекания хлеб извлекают из форм и оставляют на 3–4 ч для полного охлаждения.

За основу при изготовлении хлеба на закваске с добавлением нетрадиционного вида сырья взята рецептура, представленная в работе Н. Корнышовой. Нетрадиционное сырьё добавляли в количестве 10 % от общей массы [14].

Исследование растительного сырья

Количественное исследование содержания β-каротина проводилось согласно методике Рогожина [15].

Далее изучали показатели готовой продукции.

Определение органолептических показателей оценивалось согласно ГОСТ 2077–2023 «Хлеб из ржаной хлебопекарной муки и смеси ржаной и пшеничной хлебопекарной муки. Технические условия».

Определение физико-химических показателей хлеба на закваске с добавлением нетрадиционного сырья проводилось по методикам согласно ГОСТ 5669–96 «Хлебобулочные изделия. Метод определения пористости», ГОСТ 5670–96 «Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности», ГОСТ 21094–2022 «Изделия хлебобулочные. Методы определения влажности».

Срок хранения готового изделия устанавливается путем измерений физико-химических показателей на 1, 3 и 5 сутки после выпечки.

Количественное содержание жирорастворимых витаминов определялось по методике согласно ГОСТ 32043–2012 «Премиксы. Методы определения витаминов А, Д, Е».

Количественное содержание водорастворимых витаминов определялось по методике согласно ГОСТ 32903–2014 «Продукция соковая. Определение водорастворимых витаминов: тиамин (В₁), рибофлавин (В₂), пири-

доксина (В₆) и никотиамида (РР) методом обращенно-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии».

Используемое оборудование:

- спектрофотометр UV 1800 (Shimadzu, Япония);
- лабораторные весы DL-303 (Demcom, Китай);
- эксикатор (Апекслаб, Россия);
- водяная баня с цифровым контроллером WB-6 (DAIHAN Scientific, Южная Корея);
- центрифуга напольная с охлаждением Sigma 3-16PK (Аквилон, Китай);
- электрическая плита SUPRA;
- центрифуга 5430 (Eppendorf);
- жидкостной хроматограф LC-20 Prominence с диодно-матричным детектором Shimadzu SPD20M (Shimadzu, Япония);
- ротационный испаритель XD-52AA (Stegler, Швейцария);
- ультразвуковая баня BANDELIN SONOREX SUPER 1028 CH + RK 1050 CH (BANDELIN, Германия).

Используемые реактивы:

- вода дистиллированная, по ГОСТ 6709-72;
- калий марганцевокислый, по ГОСТ 20490-75, х.ч.;
- едкий натрий, по ГОСТ 2263-79, х.ч.;
- фенолфталеин, по ГОСТ 5850-72, х.ч.;
- ацетон по ГОСТ 2768-84, ч.д.а.;
- углекислый кальций по ГОСТ 4530-76, х.ч.;
- гексан по ГОСТ 25828-83, ч.д.а.;
- гидроксид калия по ГОСТ 24363, ч.д.а.;
- натрий фосфорнокислый однозамещенный (дигидрофосфат) по ГОСТ 245, ч.д.а.;
- стандарты жирно- и водорастворимых витаминов;
- спирт изопропиловый (пропанол-2) по ГОСТ 9805, х.ч.;
- спирт этиловый ректификованный технический объемной долей 96 % по ГОСТ 18300, ч.д.а.;
- спирт пропиловый (пропанол-1);
- натрий сернокислый безводный по ГОСТ 4166, х.ч.;

Результаты и их обсуждение

На основании литературного обзора было выбрано нетрадиционное растительное сырье, богатое β-каротином, а именно: морковь, тыква и батат. Далее исследовали количественное содержание биологически активных веществ и микронутриентов в сырье и в хлебе на за-

кваске с добавлением этого сырья. В табл. 1 приведены результаты исследования содержания β-каротина.

Таблица 1
Результаты исследования количественного содержания β-каротина

Исследуемый объект	Количественное содержание β-каротина, мг/100 г
Батат	7,312 ± 0,743
Морковь	8,245 ± 0,801
Тыква	3,527 ± 0,326
Хлеб на закваске с бататом	2,091 ± 0,093
Хлеб на закваске с морковью	2,966 ± 0,093
Хлеб на закваске с тыквой	0,843 ± 0,011
Ржано-пшеничный дрожжевой хлеб	0,004 ± 0,001

Количественный анализ показал наименьшее содержание β-каротина в тыкве, в то время как содержание в батате приближается к уровню моркови. Максимальная концентрация β-каротина выявлена в моркови и в хлебе на закваске с ее добавлением. Согласно Методическим рекомендациям МР 2.3.1.0253-21 установленная суточная потребность в β-каротине для населения Российской Федерации составляет 10,8 мг. Хлеб на закваске с добавлением батата и моркови содержит 19,4 и 27,5 % соответственно от этой рекомендуемой суточной нормы. Учитывая, что продукция, содержащая не менее 15 % от суточной нормы функционального компонента, классифицируется как функциональная пищевая продукция, рассматриваемые образцы хлеба могут быть отнесены к данной категории. Эти данные подтверждают эффективность использования разнообразных растительных компонентов для повышения биологической ценности хлеба и указывают на перспективные направления для дальнейших исследований в области функционального хлебопечения.

В табл. 2 представлены результаты органолептической оценки готовых изделий в сравнении с дрожжевым ржано-пшеничным хлебом, изготовленным по традиционной технологии.

Результаты оценки органолептических характеристик хлеба

Вид хлеба	Органолептические показатели				
	вкус	цвет	запах	состояние мякиша	внешний вид
Хлеб на закваске с бататом	Свойственный данному виду изделия, без постороннего привкуса, более насыщенный, чем у контрольного образца	Коричневый, с оранжевым оттенком	Свойственный данному виду изделия, без постороннего запаха, белее мягкий, чем у контрольного образца	Пропеченный, не липкий, не влажный на ощупь, эластичный. После легкого надавливания пальцами мякиш должен принимать первоначальную форму. Без комочков и следов непромеса. Пористость развита, без пустот и уплотнений	Соответствует хлебной форме, без боковых выплывов. Поверхность гладкая, без крупных трещин и подрывов
Хлеб на закваске с морковью					
Хлеб на закваске с тыквой					
Дрожжевой ржано-пшеничный хлеб	Свойственный данному виду изделия, без постороннего привкуса	Коричневый	Свойственный данному виду изделия, без постороннего запаха	Пропеченный, не липкий, не влажный на ощупь, эластичный. После легкого надавливания пальцами мякиш должен принимать первоначальную форму. Без комочков и следов непромеса. Пористость развита, без пустот и уплотнений	Соответствует хлебной форме, без боковых выплывов. Поверхность гладкая, без крупных трещин и подрывов
Требования по ГОСТ 2077-23	Свойственный данному виду изделия, без постороннего привкуса	От светло-коричневого до темно-коричневого	Свойственный данному виду изделия, без постороннего запаха	Пропеченный, не липкий, не влажный на ощупь, эластичный. После легкого надавливания пальцами мякиш должен принимать первоначальную форму. Без комочков и следов непромеса. Пористость развита, без пустот и уплотнений	Соответствует хлебной форме, без боковых выплывов. Поверхность гладкая, без крупных трещин и подрывов

Результаты исследований свидетельствуют о высоких органолептических характеристиках хлеба на закваске с использованием нетрадиционных компонентов. Вкусовые и ароматические качества, обусловленные процессом ферментации, дополняются улучшенным питательным профилем и новыми вкусовыми оттенками, что потенциально повышает

потребительский интерес к продукту, ориентированному на здоровое питание и гастрономическое разнообразие.

На рисунке представлены фото опытных и контрольного образцов.

В табл. 3 приведены результаты исследования физико-химических показателей хлеба.

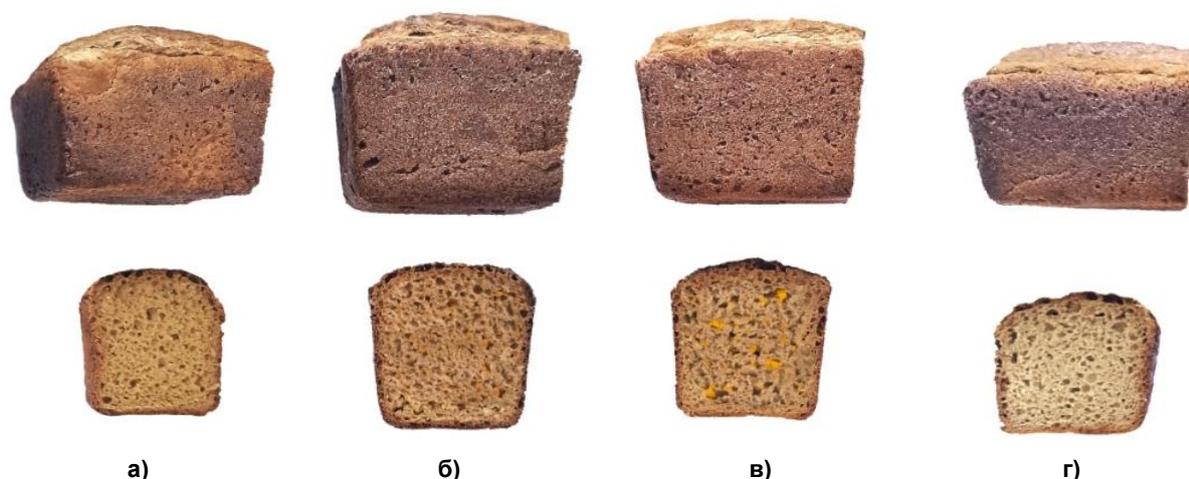


Фото опытных и контрольного образцов хлеба:
а – хлеб на закваске с бататом; б – хлеб на закваске с морковью;
в – хлеб на закваске с тыквой; г – ржано-пшеничный дрожжевой хлеб

Таблица 3

Результаты исследования физико-химических показателей хлеба

	Вид хлеба			
	хлеб на закваске с бататом	хлеб на закваске с морковью	хлеб на закваске с тыквой	дрожжевой ржано-пшеничный хлеб
Кислотность, град				
Свежий	9,84 ± 0,05	9,56 ± 0,05	10,22 ± 0,03	7,03 ± 0,04
3 сутки	10,21 ± 0,05	9,63 ± 0,05	10,35 ± 0,03	7,36 ± 0,04
5 сутки	10,69 ± 0,05	9,67 ± 0,05	10,43 ± 0,03	7,58 ± 0,04
Влажность, %				
Свежий	51,03 ± 1,32	50,98 ± 1,36	48,03 ± 1,25	46,06 ± 1,25
3 сутки	50,23 ± 1,32	49,34 ± 1,36	47,96 ± 1,25	45,72 ± 1,25
5 сутки	48,46 ± 1,32	47,68 ± 1,36	45,98 ± 1,25	45,12 ± 1,25
Пористость, %				
Свежий	59,26 ± 2,65	62,30 ± 1,84	56,83 ± 2,67	52,0 ± 2,1

Кислотность хлеба на закваске является важным показателем, который влияет на его вкус, текстуру и срок хранения. По данным, представленным в табл. 3, можно сделать вывод, что хлеб на закваске, произведённый с использованием нетрадиционного сырья, соответствует установленным нормам по кислотности, что подтверждается значениями в пределах от 2,5 до 12 град согласно ГОСТ 5670–96.

Повышенная кислотность такого хлеба объясняется длительным процессом ферментации, который характерен для использования

заквасок. В отличие от дрожжевого теста, где ферментация происходит быстрее, закваска способствует более комплексному развитию аромата и вкуса, а также улучшает органолептические свойства готового изделия.

Влажность всех образцов не превышает допустимую норму по ГОСТ 21094–2022 «Изделия хлебобулочные. Методы определения влажности» в 51 %. Мякиш не является липким или излишне влажным. После надавливания хлеб быстро восстанавливает свою форму и не слипается.

Пористость хлеба является важным показателем его текстуры и качества. Значения данного показателя у всех образцов хлеба на закваске находится в пределах нормы. Согласно ГОСТ 5669–96 «Хлебобулочные изделия. Метод определения пористости» показатель пористости ржаного хлеба находится в интервале от 45 до 65 %.

В табл. 4 и 5 приведены результаты исследования количественного содержания жирорастворимых витаминов в растительном сырье и готовых изделиях.

Количественный анализ витаминного состава демонстрирует более высокую концен-

трацию витаминов в моркови и батате по сравнению с тыквой, что делает их предпочтительными компонентами для улучшения пищевой ценности хлебобулочных изделий.

Согласно результатам витамина А наибольшее количество (2034,2 мкг/100 г) содержится в моркови, что согласуется с высоким содержанием β-каротина. Кроме того, морковь богата витамином С (5941,9 мкг/100 г) и ниацином (витамин В₃, 1026,5 мкг/100 г), которые играют важную роль в поддержании иммунитета и энергетического обмена. Батат, в свою очередь, является ценным источником витаминов группы В, в частности, тиамина (витамин

Таблица 4

Результаты исследования содержания водорастворимых витаминов

Образец	Содержание водорастворимых витаминов, мкг/100 г				
	тиамин (В ₁)	никотин-амид (В ₃)	пантоте-новая кислота (В ₅)	аскорбиновая кислота (С)	рибофлавин (В ₂)
Батат	921,1 ± 46,0	563,1 ± 28,2	741,6 ± 37,1	2460,3 ± 123,0	69,5 ± 3,5
Морковь	68,3 ± 3,4	1026,5 ± 51,3	428,8 ± 21,4	5941,9 ± 297,1	86,2 ± 4,3
Тыква	113,9 ± 5,7	682,2 ± 34,1	257,7 ± 12,8	964,1 ± 48,2	95,7 ± 4,8
Хлеб на закваске с бататом	351,5 ± 17,5	52,9 ± 2,6	626,3 ± 31,3	242,7 ± 12,1	103,2 ± 5,1
Хлеб на закваске с морковью	266,1 ± 13,3	101,9 ± 5,1	596,8 ± 29,8	592,7 ± 29,6	105,7 ± 5,3
Хлеб на закваске с тыквой	270,6 ± 13,5	67,3 ± 3,3	578,9 ± 28,9	91,7 ± 4,6	106,1 ± 5,3
Ржано-пшеничный дрожжевой хлеб	259,2 ± 12,6	–	554,8 ± 27,7	–	98,5 ± 4,9

Таблица 5

Результаты исследования содержания жирорастворимых витаминов

Образец	Содержание жирорастворимых витаминов, мкг/100 г	
	Витамин А	Витамин Е
Батат	712,0 ± 35,6	263,0 ± 13,1
Морковь	2034,2 ± 101,7	705,4 ± 35,3
Тыква	431,6 ± 21,5	842,1 ± 42,1
Хлеб на закваске с бататом	68,3 ± 3,4	2383,2 ± 119,1
Хлеб на закваске с морковью	201,0 ± 10,0	2428,0 ± 121,4
Хлеб на закваске с тыквой	41,7 ± 2,1	2440,3 ± 122,0
Ржано-пшеничный дрожжевой хлеб	–	2358,6 ± 117,9

V_1 , 921,1 мкг/100 г), необходимого для углеводного обмена, и пантотеновой кислоты (витамин B_5 , 741,6 мкг/100 г), участвующей в синтезе жирных кислот и холестерина. Тыква выделяется среди рассматриваемых овощей наибольшим содержанием витамина Е (842,1 мкг/100 г), мощного антиоксиданта, защищающего клетки от окислительного стресса. Морковь также содержит значительное количество витамина Е (705,4 мкг/100 г).

Согласно Методическим рекомендациям МР 2.3.1.0253-21 суточная потребность в витаминах для населения РФ составляет: витамин С – 100 мг, витамин А – 5 мг, витамин Е – 15 мг, витамин V_1 – 1,5 мг, витамин B_2 – 1,8 мг, витамин B_3 – 20 мг, витамин B_5 – 5 мг. Анализ содержания витаминов в образцах хлеба на закваске показал следующее: хлеб с бататом – 23,4 % суточной нормы витамина V_1 и 15,8 % витамина Е; хлеб с тыквой – 18,0 % витамина V_1 и 16,2 % витамина Е; хлеб с морковью – 17,7 % витамина V_1 и 16,2 % витамина Е. Учитывая критерий функциональности пищевой продукции (содержание не менее 15 % от рекомендуемой суточной нормы хотя бы одного функционального ком-

понента), все три образца хлеба могут быть классифицированы как функциональные продукты, содержащие витамины V_1 и Е.

Морковь служит источником β -каротина, витаминов группы В и аскорбиновой кислоты, оказывающих положительное влияние на иммунную систему и остроту зрения. Батат богат витамином V_1 и B_5 , аскорбиновой кислотой, способствующими оптимизации процессов пищеварения и метаболизма. Введение этих корнеплодов в рецептуру хлеба не только повышает его биологическую ценность, но и повышает органолептические характеристики. Хлеб на закваске с нетрадиционными видами сырья отвечает всем показателям качества, что делает его безопасным для употребления.

Таким образом, применение моркови и батата в хлебопечении позволяет создавать продукты с выраженной функциональной направленностью, способствующие улучшению состояния здоровья потребителей за счет повышения содержания биологически активных веществ. Данный подход открывает новые возможности для разработки инновационных хлебобулочных изделий с улучшенным профилем питательной ценности.

Список литературы

1. Характеристика обеспеченности витаминами взрослого населения Российской Федерации / В.М. Коденцова, Н.А. Бекетова, Д.Б. Никитюк, В.А. Тутельян // Профилактическая медицина. 2018. № 4. С. 32–37. DOI: 10.17116/profmed201821432
2. Халиуллова Э.Р. Исследование пыльцы сосны в качестве перспективного сырья в производстве мучных кондитерских изделий // Вестник науки. 2024. № 12(81). С. 2106–2110.
3. Vitamins C, E, and β -Carotene and Risk of Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis / A. Lampousi, T. Lundberg, J.E. Löfvenborg et al. // Advances in Nutrition. 2024. Vol. 15. P. 100211. DOI: 10.1016/j.advnut.2024.100211
4. The influence of vegetable puree containing carotenoids on the nutrient composition and structure of milk yoghurt / E.A. Guz, E.G. Novitskaya, T.K. Kalenik et al. // International Journal of Dairy Technology. 2017. Vol. 71. P. 89–95. DOI: 10.1111/1471-0307.12392
5. Advancing carotenoid Quantification: A new method for semi-quantitative assessment of β -Carotene and lycopene content in food extracts / M. Aguilar-Espinosa, J.E. Ek-Ku, R. Rivera-Madrid et al. // Journal of Chromatography B. 2023. Vol. 1231. P. 123929. DOI: 10.1016/j.jchromb.2023.123929
6. Fluorescence-enhanced second harmonic normal Raman scattering in β -carotene / M. Zheng, J. Bi, Y. Chen et al. // Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. 2020. Vol. 239. P. 118494. DOI: 10.1016/j.saa.2020.118494
7. Singh, R.V. An overview of β -carotene production: Current status and future prospects // R.V. Singh, K. Sambyal // Food Bioscience. 2022. Vol. 47. P. 101717. DOI: 10.1016/j.fbio.2022.101717
8. Enhancing the nutritional value and caliber of silver carp surimi by adding β -carotene: Insights into the gel characteristics, protein structure, and digestive properties / M. Li, X. Wang, T. Shi et al. // Food Chemistry. 2025. Vol. 468. P. 142514. DOI: 10.1016/j.foodchem.2024.142514

9. Evaluation of nutritional qualities of complementary food produce from malted rice, soybean and pumpkin pulp flour / O.A. Ihedinachi, C.C. Udeh, E.E. Emojorho et al. // *Food Chemistry Advances*. 2025. Vol. 6. P. 100863. DOI: 10.1016/j.focha.2024.100863
10. Hufnagl, K. Does a carrot a day keep the allergy away? / K. Hufnagl, E. Jensen-Jarolim // *Immunology Letters*. 2019. Vol. 206. P. 54–58. DOI: 10.1016/j.imlet.2018.10.009
11. Taiwo, E.A. The Nutraceutical potential of Carrots carotenoids in Chronic Eyes Defects (CEDs): A Review / E.A. Taiwo, T.T. Abdulkareem, E. Fajemisin // *SSRN*. 2021. Vol. 24. P. 1–26. DOI: 10.2139/ssrn.3885012
12. Optimization of processing conditions to enhance antioxidant and carotenoid contents of carrot juice / W. Dallagi, S. Rguez, M. Hammami et al. // *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2023. Vol. 17. P. 4384–4393. DOI: 10.1007/s11694-023-01950-4
13. Phenolic bioactive-linked antioxidant, anti-hyperglycemic, and antihypertensive properties of sweet potato cultivars with different flesh color / P. Chintha, D. Sarkar, K. Pecota et al. // *Horticulture, Environment, and Biotechnology*. 2023. Vol. 64. P. 877–893. DOI: 10.1007/s13580-023-00515-0
14. Корнышова Н.Н., Корнышов А.В. Дикие пекари. М.: Комсомольская правда, 2020. 158 с.
15. Рогожин, В.В. Практикум по биохимии: учебное пособие. СПб.: Лань, 2013. С. 251–253.

References

1. Kodentsova V.M., Beketova N.A., Nikityuk D.B., Tutelyan V.A. Characteristics of vitamin provision in the adult population of the Russian Federation. *Russian Journal of Preventive Medicine*, 2018, vol. 4, pp. 32–37. (In Russ.) DOI: 10.17116/profmed201821432
2. Khaliullova, E.R. Study of pine pollen as a promising raw material in the production of flour confectionery products. *Vestnik nauki*, 2024, vol. 12, p. 2106–2110. (In Russ.)
3. Lampousi A., Lundberg T., Löfvenborg J.E., Carlsson S. Vitamins C, E, and β -Carotene and Risk of Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Advances in Nutrition*, 2024, vol. 15, pp. 100211. DOI: 10.1016/j.advnut.2024.100211
4. Guz E.A., Novitskaya E.G., Kalenik T.K., Levochkina L.V. The influence of vegetable puree containing carotenoids on the nutrient composition and structure of milk yoghurt. *International Journal of Dairy Technology*, 2017, vol. 71, pp. 89–95. DOI: 10.1111/1471-0307.12392
5. Aguilar-Espinosa M., Ek-Ku J.E., Rivera-Madrid R., Vera-Ku M. Advancing carotenoid Quantification: A new method for semi-quantitative assessment of β -Carotene and lycopene content in food extracts. *Journal of Chromatography B*, 2023, vol. 1231, pp. 123929. DOI: 10.1016/j.jchromb.2023.123929
6. Zheng M., Bi J., Chen Y., Wang H., Zhou M. Fluorescence-enhanced second harmonic normal Raman scattering in β -carotene. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 2020, vol. 239, pp. 118494. DOI: 10.1016/j.saa.2020.118494
7. Singh R.V., Sambyal K. An overview of β -carotene production: Current status and future prospects. *Food Bioscience*, 2022, vol. 47, pp. 101717. DOI: 10.1016/j.fbio.2022.101717
8. Li M., Wang X., Shi T. Enhancing the nutritional value and caliber of silver carp surimi by adding β -carotene: Insights into the gel characteristics, protein structure, and digestive properties. *Food Chemistry*, 2025, vol. 468, pp. 142514. DOI: 10.1016/j.foodchem.2024.142514
9. Ihedinachi O.A., Udeh C.C., Emojorho E.E. Evaluation of nutritional qualities of complementary food produce from malted rice, soybean and pumpkin pulp flour. *Food Chemistry Advances*, 2025, vol. 6, pp. 100863. DOI: 10.1016/j.focha.2024.100863
10. Hufnagl K., Jensen-Jarolim E. Does a carrot a day keep the allergy away? *Immunology Letters*, 2019, vol. 206, pp. 54–58. DOI: 10.1016/j.imlet.2018.10.009
11. Taiwo E.A., Abdulkareem T.T., Fajemisin E. The Nutraceutical potential of Carrots carotenoids in Chronic Eyes Defects (CEDs): A Review. *SSRN*, 2021, vol. 24, pp. 1–26. DOI: 10.2139/ssrn.3885012
12. Dallagi W., Rguez S., Hammami M., Rebey I.B., Bourgou S., Sellami I.H. Optimization of processing conditions to enhance antioxidant and carotenoid contents of carrot juice. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 2023, vol. 17, pp. 4384–4393. DOI: 10.1007/s11694-023-01950-4

13. Chinthia P., Sarkar D., Pecota K., Dogramaci M., Hatterman-Valenti., Shetty K. Phenolic bioactive-linked antioxidant, anti-hyperglycemic, and antihypertensive properties of sweet potato cultivars with different flesh color. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 2023, vol. 64, pp. 877–893. DOI: 10.1007/s13580-023-00515-0

14. Kornyshova N.N., Kornyshov A.V. *Dikie pekari* [Wild bakers]. Moscow, 2020. 158 p.

15. Rogozhin V.V. *Praktikum po bioximii: uchebnoe posobie* [Practical training in biochemistry: a textbook]. St. Petersburg, 2013. 357 p.

Информация об авторе

Колпакова Дарья Евгеньевна, младший научный сотрудник, Молодежная лаборатория, НИУ, Кемеровский государственный университет» (КемГУ), Кемерово, Россия; kolpakova1205@mail.ru

Information about the author

Daria E. Kolpakova, Junior research assistant, Youth Laboratory, National Research Department, Kemerovo State University (KemSU), Kemerovo, Russia; kolpakova1205@mail.ru

Статья поступила в редакцию 10.01.2025

The article was submitted 10.01.2025