

Обоснование использования ингредиентов для получения обогащенного печенья

Э. А. ПЯНИКОВА, А. Е. КОВАЛЕВА, Е. Т. ГРЕШИЛОВ

Юго-Западный государственный университет, ул. 50 лет Октября, 94, Курск, 305040, Российская Федерация

Резюме. Исследование проводили с целью изучения влияния амарантовой муки, сахарозаменителя и инулин-геля на пищевую ценность печенья. Для достижения поставленной цели муку пшеничную высшего сорта и арахис жареный дробленый заменяли на муку амарантовую с повышенным содержанием белка, сливочное масло – на инулин-гель, полученный из инулина цикория, сахарную пудру – на сахарозаменитель. Мука амарантовая с повышенным содержанием белка содержит белки (9,5 г) и пищевые волокна (1,1 г), инулин-гель из цикория – пищевые волокна (88 г). Витаминно-минеральный состав разработанных образцов печенья определяли путем количественного химического анализа с использованием методов спектроскопии и вольтамперометрии. Замена пшеничной муки, сливочного масла и сахарной пудры в рецептурах печенья позволила снизить калорийность и содержание жиров в печенье, по сравнению с прототипом, в 2 раза, углеводов – в 4 раза. При этом количество белков увеличилось в 1,8 раза. По органолептическим показателям (вкус и цвет) лучшими свойствами характеризовался образец №3, в состав которого входили мука амарантовая, инулин-гель и сахарозаменитель «Свитмайстер». При употреблении 100 г разработанного печенья суточная потребность в пищевых волокнах обеспечивается на 66,4...83,0 %. Одновременно наблюдается повышение степени удовлетворения суточной потребности, в сравнении с прототипом, в витаминах группы В, в том числе В₄ – на 7,6 %, В₅ – на 3,9 %, В₆ – на 1,1 % и В₉ – на 0,3 %; витамине РР – на 2,7 %, калии – на 2,1 %, магнии – на 0,5 %, железе – на 2,3...4,2 %, селене – на 6,6...8,4 %, цинке – на 1,4 % и омега-6 жирных кислотах – на 0,9...1,5 %.

Ключевые слова: печенье, пищевая ценность, калорийность, инулин-гель, амарантовая мука, сахарозаменитель.

Сведения об авторах: Э. А. Пяникова, кандидат технических наук, зав. кафедрой (e-mail: pyanikovaelvira@yandex.ru); А. Е. Ковалева, кандидат химических наук, доцент; Е. Т. Грешилов, аспирант.

Для цитирования: Пяникова Э. А., Ковалева А. Е., Грешилов Е. Т. Обоснование использования ингредиентов для получения обогащенного печенья // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37. № 10. С. 88–92. doi: 10.53859/02352451_2023_37_10_88

Rationale for using ingredients to produce fortified cookies

E. A. Pyanikova, A. E. Kovaleva, E. T. Greshilov

Southwest State University, ul. 50 let Oktyabrya, 94, Kursk, 305040, Russian Federation

Abstract. The study aimed to study the effect of amaranth flour, sweetener and inulin gel on the nutritional value of cookies. To achieve this goal, premium wheat flour and crushed roasted peanuts were replaced with amaranth flour with a high protein content, butter with inulin gel obtained from chicory inulin, and powdered sugar with a sweetener. Amaranth flour with a high protein content contains proteins (9.5 g) and dietary fibre (1.1 g), chicory inulin gel contains dietary fibre (88 g). The vitamin and mineral composition of the developed cookie samples was determined by quantitative chemical analysis using spectroscopy and voltammetry methods. Replacing wheat flour, butter and powdered sugar in cookie recipes made it possible to reduce the calorie content and fat content in cookies, compared to the prototype, by 2 times, and carbohydrates by 4 times. At the same time, the amount of proteins increased by 1.8 times. In terms of organoleptic indicators (taste and colour), sample No. 3, which included amaranth flour, inulin gel and "Sweetmeister" sweetener, had the best properties. When consuming 100 g of the developed cookies, the daily requirement for dietary fibre is met by 66.4-83.0%. At the same time, there is an increase in the degree of satisfaction of the daily requirement, in comparison with the prototype, in B vitamins, including B₄ – by 7.6%, B₅ – by 3.9%, B₆ – by 1.1% and B₉ – by 0.3%; vitamin PP – by 2.7%, potassium – by 2.1%, magnesium – by 0.5%, iron – by 2.3-4.2%, selenium – by 6.6-8.4%, zinc – by 1.4% and omega-6 fatty acids – by 0.9-1.5%.

Keywords: cookies; nutritional value; calorie content; inulin gel; amaranth flour; sweetener

Author Details: E. A. Pyanikova, Cand. Sc. (Tech.), head department (e-mail: pyanikovaelvira@yandex.ru); A. E. Kovaleva, Cand. Sc. (Chem.), associate professor; E. T. Greshilov, postgraduate.

For citation: Pyanikova EA, Kovaleva AE, Greshilov ET. [Rationale for using ingredients to produce fortified cookies]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2023;37(10):88–92. Russian. doi: 10.53859/02352451_2023_37_10_88

Академик В.А. Тутельян отмечает, что к факторам, наносящим вред здоровью человека, можно отнести не столько экологическую загрязненность и психосоциальные стрессы, а в большей степени нарушение структуры питания [1]. Избыточная масса тела и ожирение во всем мире достигли масштабов эпидемии и вызывают негативные последствия для здоровья человека. Высокое потребление калорийных рационов, богатых продуктами животного происхождения, простыми сахарами, насыщенными и трансжирными кислотами, приводит к окислительному стрессу, который представляет собой процесс повреждения клетки в результате окисления свободными радикалами и приводит к сбою в работе клеток и тканей организма человека [2].

Современный потребитель при выборе продуктов питания ориентируется на набор входящих в рецептуру ингредиентов и их витаминно-минеральный состав [3]. В связи с этим возникает необходимость расширения рынка пищевой продукции, разработанной на основе принципов здорового питания [4]. К этой категории относят продукты с пониженным содержанием сахара, жира и соли, наличием функциональных ингредиентов, минимальным перечнем рецептурных компонентов [5].

На печенье приходится значительная часть продукции кондитерской промышленности благодаря разнообразию вкуса, текстуры и аромата [6]. Благодаря индивидуальной упаковке его удобно носить с собой. Это кондитерское изделие имеет длительный срок хранения и относительно низкую стоимость [7]. В связи с изложенным печенье может стать актуальным в качестве здорового перекуса, если в его рецептурный состав ввести обогащающие ингредиенты. Пищевую ценность печенья можно повысить путем замены основных ингредиентов: пшеничной муки на безглютеновую амарантовую, сахара – на сахарозаменитель, жира – на инулин-гель из цикория [8].

Пшеничная мука относится к калорийным ингредиентам (334 Ккал) и содержит незначительное количество полезных нутриентов. В ее составе отсутствуют такие витамины, как А, β-каротин, В12, С, К. Кроме того, пшеничная мука содержит нерастворимый белок глютен, благодаря которому получается эластичное тесто, однако его присутствие может спровоцировать нарушения в пищеварительной системе. Этот недостаток можно устранить использованием в рецептуре печенья муки амарантовой с повышенным содержанием белка.

Амарантовая мука – пищевой продукт с содержанием растительного белка в 2 раза больше, чем в пшеничной муке [9]. Амарант (*Amaranthus hypochondriacus*) – культура с высоким пищевым потенциалом и агрономическими преимуществами, такими как устойчивость к засухе и жаре. Благодаря сбалансированному профилю незаменимых аминокислот это хороший источник питательных веществ. Белок амаранта богат лизином и серосодержащими аминокислотами, количество которых выше, чем в зерновых культурах. Кроме того, в нем содержится значительное количество сквалена (2,85...6,01 г/100 г масла) – важного предшественника всех стероидов, ненасыщенного углеводорода, которому приписывают гипохолестеринемические свойства. Семена амаранта служат хорошим источником углеводов (69,9...73,0 % по массе), клетчатки (1,9...3,9 % по массе) [10], витаминов (Е, В₂ и С), минералов (кальций, магний, цинк и железо) и фенольных соединений.

Белок амаранта содержит 40 % альбумина, 20 % глобулина, 2...3 % проламина и 25...30 % глютелина. Глобулин амаранта отличается высокой питательной ценностью и хорошими функциональными свойствами, к которым относится эмульгирующая способность. Среди основных фенольных соединений семян амаранта можно назвать кофейную, П-гидроксibenзойную и феруловую кислоты. Кроме того, амарант не содержит глютена [11]. Поскольку семена размалывают целиком, без предварительной обработки, вещества, входящие в его состав, переходят в муку [12].

Употребление выпечки, в состав которой входит мука амарантовая, позволяет обеспечить суточную потребность взрослого человека в витаминах В₁ на 7,7 %, В₂ – на 11 %, В₄ – на 14 %, В₅ – на 29 %, В₆ – на 30 %, В₉ – на 21%; калии (К) – на 20 %, кальция (Са) – на 16 %, магнии (Mg) – на 62 %, фосфоре (Р) – на 70%, железе (Fe) – на 42%, марганце (Mn) – на 167 %, меди (Cu) – на 53 %, селене (Se) – на 34 %, цинке (Zn) – на 24 % и Омега-6 – на 48 % [12].

Доля жировых компонентов в рецептуре печенья составляет до 30 % теста [13]. Они в значительной степени отвечают за текстуру, насыщенный вкус, общее качество и структурно-механические свойства готового продукта [14]. Жиры в тесте обволакивают белки и гранулы крахмала, изолируя их от воды, тем самым сохраняя структуру этих соединений.

Важным направлением разработки технологии мучных кондитерских изделий можно считать замещение жира в них на ингредиенты растительного происхождения, обладающие жиरोимитирующим действием, но относящиеся по своей природе к менее калорийным пищевым веществам (например, инулин из цикория и полученный из него инулин-гель) [15]. Рекомендуют заменять жир в выпечке частично, так как полное его удаление и замена на другой компонент может привести к повышению твердости и снижению привлекательности вкуса и аромата [16].

Инулин – распространенный в природе полисахарид, который присутствует, например, в клубнях топинамбура и георгина, корнях цикория. Он состоит из множества молекул фруктозы, связанных β-1,2 гликозидными связями с молекулой глюкозы. Инулин хорошо известен как пребиотик, поскольку никакие специфические ферменты в пищеварительном тракте человека не способны его расщеплять [17].

Обычно инулин используют в качестве эмульгатора или заменителя жира в пищевых продуктах из-за его хорошей растворимости в воде и реологических свойств поскольку частицы инулина имеют примерно те же разме-

ры (1...3 мкм), что и глобулы жира после гомогенизации. В молекулярной структуре этого соединения содержатся гидроксильные группы, которые могут взаимодействовать с водой путем образования водородных связей и формировать ассоциации между молекулами инулина, что стабилизирует структуру геля [18]. При концентрации в водной среде 50 % он проявляет гелеобразующие свойства. Инулин-гель (белый продукт со сливочной структурой) имеет вязко-упругую консистенцию, тянущуюся, липкую, намазывающуюся текстуру, блестящую поверхность, а также сливочный привкус.

Для замены сахарной пудры в рецептуре печенья можно использовать мальтит. Это сахарозаменитель, относящийся к классу сахароспиртов, который имеет сладость по сахару 0,9. Еще один заменитель сахара – «Свитмайстер» (Sweetmaister), который выпускается по ТУ 10.61.24-001-88906091-2017. Он создан на основе сбалансированной комбинации пребиотических волокон и неусвояемых природных полиспиртов, в состав заменителя входят полидекстроза, инулин, эритрол, тагатоза, изомальт, сукралоза, экстракт стевии. «Свитмайстер» (Sweetmaister) обладает нейтральным запахом, сладкий на вкус, по консистенции легкий сыпучий порошок белого цвета. Энергетическая ценность продукта составляет 100 ккал на г/100 г, полностью отсутствуют белки и жиры, содержание углеводов 92,0 г/100 г, в том числе неусвояемых – 78,0 г/100 г. Влажность – 1,0 %.

Цель исследования – изучение влияния амарантовой муки, сахарозаменителя и инулин-геля на пищевую ценность печенья.

Условия, материалы и методы. Экспериментальные исследования проводили в лабораторных условиях ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет». Объектом исследования служили образцы печенья. В качестве прототипа была взята рецептура печенья сахарного арахисового №79 из сборника «Рецептуры на печенье, галеты и вафли» (Рецептуры на печенье, галеты и вафли / Под ред. М.К. Смирновой. М.: Пищевая промышленность, 1969. 552 с.).

На первом этапе при разработке новой рецептуры печенья пшеничную муку высшего сорта полностью заменили на муку амарантовую с повышенным содержанием белка (производитель «Русская олива» г. Воронеж, ТУ 9293-004-77872064-2011).

Несмотря на положительные свойства арахиса, которые обусловлены высоким содержанием витаминов В₁, В₂, В₃, В₆, Е, фолиевой кислоты, пантотеновой кислоты, железа, цинка, кальция, селена, магния, меди, фосфора, марганца, калия, Омега-6, натрия, здоровых жиров (при правильном хранении), у него есть ряд недостатков. Он высококалорийный (591,8 ккал на 100 г продукта) и обладает аллергенными свойствами [19]. В разрабатываемой рецептуре предлагается заменить арахис на амарантовую муку, так как она имеет специфический сладковатый привкус с ореховыми нотками (табл. 1).

При использовании в рецептуре в качестве жирового компонента инулин-геля в технологический процесс вводится дополнительная операция по его приготовлению. Инулин из цикория разводится в тепловой воде в пропорции 1:1 (температура воды 28...32 °С) до полного растворения и получения прозрачной жидкости. Разведенный инулин на водяной бане доводится до 72 °С и выдерживается при постоянном помешивании со скоростью 180 об/мин. в течение 20...25 мин. За это время раствор мутнеет, постепенно становится белым и начинает загустевать, приобретая вязкую консистенцию. Получаемый гель по структуре напоминает сетку кристаллов жира в масле.

Таблица 1. Рецептуры разрабатываемых образцов печенья

Наименование компонента	Количество сырья, кг			
	прототип	образец №1	образец №2	образец №3
Мука пшеничная высшего сорта	49,0	–	–	–
Мука амарантовая	–	49,55	41,8	41,8
Инулин-гель	–	27,5	23,3	23,3
Сливочное масло	11,0	–	–	–
Мальтит	–	–	15,5	–
Сахарная пудра	16,3	–	–	–
Сахарозаменитель «Свитмайстер»	–	–	–	15,5
Ванильная пудра	1,0	–	–	–
Ваниль	–	0,4	0,3	0,3
Меланж	5,5	22	18,6	18,6
Соль	0,3	–	–	–
Аммоний	0,8	–	–	–
Разрыхлитель	–	0,55	0,5	0,5
Арахис жареный дробленый	16,1	–	–	–
Итого	100	100	100	100

Из-за присутствия в инулине полисахаридов, состоящих из фруктозных фрагментов раствор становится мягким и вязким, после чего начинает прилипать к рабочим поверхностям оборудования, что приводит к увеличению потерь и снижает эффективность работы оборудования. Для улучшения загустительной способности и образования кремообразного геля, создающего имитацию жира, инулин-гель сначала охлаждают при комнатной температуре до 22°C, а затем выдерживают в течение 24 ч при температуре 4 °C. Охлаждение инулин-геля также оказывает положительное влияние на текстуру печенья: не уплотняет ее и делает печенье рассыпчатым. Внесение охлажденного инулин-геля влияет на влажность готового печенья, так как инулин сохраняет влагу в продукте, тем самым увеличивая срок черствения.

Количественное соотношение ингредиентов подбирали экспериментальным путем с учетом пробных выпечек, органолептических и физико-химических показателей и показателей безопасности готового продукта и функциональности вводимых ингредиентов. Для оценки таких органолептических показателей печенья, как форма, поверхность, цвет, вкус и запах, вид в изломе, применяли метод бальной оценки.

Для определения энергетической ценности печенья использовали расчетный метод, для которого осуществляли суммирование массовых долей отдельных пищевых веществ (белка, жира, усвояемых углеводов и др.), содержащихся в каждом компоненте сырья, используемого для выработки продукта с учетом потерь сырья и изменения содержания пищевых веществ в нем при под-

Таблица 2. Сравнительный анализ пищевой ценности печенья

Нутриент	Суточная потребность*	Прототип		Образец №1		Образец №2		Образец №3	
		количество	% от суточной потребности	количество	% от суточной потребности	количество	% от суточной потребности	количество	% от суточной потребности
Энергетическая ценность (калорийность), ккал	1700,0...3800,0	389,3	10,2...22,9	178,9	4,7...10,5	186,3	4,9...10,9	156,4	4,1...9,2
Белки, г	60,0...114,0	7,9	6,9...13,2	13,8	12,1...23,0	12,1	10,6...20,2	13,3	11,7...22,2
Жиры, г	57,0...127,0	12,11	9,5...21,2	5,9	4,6...10,4	5,1	4,0...8,9	5,1	4,0...8,9
Углеводы, г	252,0...551,0	62	11,3...24,6	17,8	3,2...7,1	28	5,1...11,1	15,5	2,8...6,2
Пищевые волокна, г	20,0...25,0	0	0	19	76,0...95,0	16,6	66,4...83,0	16,6	66,4...83,0
Витамин В4, холин, мг	500,0	18,62	3,7	43,28	8,7	37,84	7,6	37,84	7,6
Витамин В5, пантотеновая кислота, мг	5,00	0,09	1,8	0,224	4,5	0,196	3,0	0,196	3,9
Витамин В6, пиридоксин, мг	2,00	0,009	0,5	0,024	1,2	0,021	1,1	0,021	1,1
Витамин В9, фолат, мкг	400,0	0,451	0,1	1,207	0,3	1,055	0,3	1,055	0,3
Витамин РР, НЭ, мг	20,0	0,258	1,3	0,6207	3,1	0,5427	2,7	0,5429	2,7
Калий, мг	1000,0	11,79	1,2	24,22	2,4	21,18	2,1	21,18	2,1
Магний, мг	420,0	1,12	0,3	2,4	0,6	2,1	0,5	2,1	0,5
Железо, мг	10,0...18,0	0,365	2,0...3,7	0,479	2,7...4,8	0,419	2,3...4,2	0,419	2,3...4,2
Селен, мкг	55,0...70,0	2,111	3,0...3,8	5,294	7,6...9,6	4,629	6,6...8,4	4,629	6,6...8,4
Цинк, мг	12,0	0,087	0,7	0,1914	1,6	0,1674	1,4	0,1674	1,4
Омега-6 жирные кислоты, % от калорийности суточного рациона	5...8	0,05	0,6...1,0	0,1	1,3...2,0	0,075	0,9...1,5	0,075	0,9...1,5

*для взрослых (от минимального показателя для женщин до максимального для мужчин); по кальцию и витамину D – для взрослых до 65 лет (МР 2.3. 1.0253-21).

готовке к производству и в ходе технологического процесса [5]. Пищевую ценность определяли в соответствии с нормативными документами, используя аналитические методы (белки – ГОСТ 34551-2019, жиры – ГОСТ 31902-2012, углеводы – ГОСТ 5903-89, пищевые волокна – ГОСТ 34844-2022, витамин В₄ – СТБ 2545-2019, витамин В₅ – ГОСТ 32042-2012, витамин В₆ – ГОСТ EN 4633-2014, витамин В₉ – МУК 4.1.3605-20, витамин РР – ГОСТ 7047-55, калий – ГОСТ 23268.7-78, ГОСТ ISO 8070/ IDF 119-2014, магний – ГОСТ EN 15505-2013, железо – ГОСТ 26928-86, селен – МУ 08-47/132 ФР.1.31.2003.00935, цинк – ГОСТ 26934-86, Омега-6 жирные кислоты – ГОСТ 54687-2011).

Результаты и обсуждение. Замена основных компонентов (пшеничной муки, сливочного масла и сахарной пудры) в рецептуре печенья позволила снизить калорийность, по сравнению с прототипом, в 2 раза, количество жиров – в 2 раза, углеводов – в 4 раза. При этом содержание белков возросло в 1,8 раза (табл. 2).

Прототип при анализе был принят за эталон и по всем показателям получил максимальное количество баллов. Сладость инулина была в 8 раз меньше, чем у сахарной пудры, поэтому образец печенья №1, в рецептуру которого вместо сахарной пудры не вводили никаких компонентов, не обладал сладким вкусом, присущим печенью. Образец №2 имел несвойственный бледно-соломенный цвет из-за того, что мальтит, входящий в его рецептуру, не вступает в реакцию Майяра. Он отличался сильно выраженным вкусом и ароматом амарантовой муки и недостаточной сладостью, по сравнению с прототипом. Образец №3 по всем органолептическим показателям соответствовал прототипу и превосходил образцы №1 и №2. При внесении в его рецептуру заменителя сахара «Свитмайстер» готовое изделие имело вкус и запах, свойственные вкусу и запаху компонентов, входящих в рецептуру печенья, без посторонних неприятных привкуса и запаха. Цвет образца печенья №3 был равномерный песочно-коричневый (табл. 3).

Таблица 3. **Результаты оценки по органолептическим показателям, баллов**

Показатель качества	Образец			
	прототип	№1	№2	№3
Вкус	5,0	3,0	4,4	5,0
Запах	5,0	4,6	4,6	5,0
Форма	5,0	3,0	4,6	5,0
Поверхность (внешний вид)	5,0	3,0	4,6	5,0
Цвет	5,0	4,2	4,0	5,0
Вид в изломе	5,0	3,0	5,0	5,0

Содержание пищевых волокон в образцах печенья, изготовленных по рецептуре №1, обеспечивает суточную потребность человеческого организма на 95,0 %, №2 и

и №3 – на 83,0 %. Наличие пищевых волокон в готовом продукте обусловлено введением в рецептуру муки амарантовой с повышенным содержанием белка (9,5 г пищевых волокон на 100 г продукта) и инулин-геля (88 г пищевых волокон на 100 г продукта).

Кроме того, в разработанных продуктах увеличилась степень удовлетворения суточной потребности в ряде минеральных веществ: в калии в образце №1 на 1,2 %, в магнии – на 0,3 %, в железе – на 1,1 %, в селене – на 5,8 %, в цинке – на 0,9 %; в образцах №2 и №3 – соответственно на 0,9 %, 0,2 %, 0,5 %, 4,6 % и 0,7 %.

Благодаря замене пшеничной муки амарантовой содержание витамина В₄ (холина) во всех разработанных образцах печенья повысилось, по сравнению с прототипом – в 2...2,3 раза; витамина В₅ в образце №1 – в 2,5 раза, в образце №2 – в 1,7 раза и в образце №3 – в 2 раза; витамина В₆ в образцах №2 и №3 – в 2,1 раза, в образце №1 – в 2,2 раза; витамина В₉ во всех образцах печенья – в 3 раза; витамина РР в образцах №2 и №3 – в 2,4 раза, в образце №1 – в 2 раза.

Так как энергетическая ценность разработанных продуктов снизилась, по сравнению с прототипом, на 50 %, то в соответствии с ГОСТ Р 55577-2013 их можно отнести к печенью со сниженной калорийностью, и в информации для потребителя можно указать, «что пищевой продукт – ограниченно калорийный».

Введение в рецептуру печенья муки амарантовой с повышенным содержанием белка позволило удовлетворить суточную потребность в белке при употреблении 100 г продукта на 20,0...23,0 %. Поэтому согласно ГОСТ Р 55577-2013 на маркировке целесообразно указывать, что печенье может быть «источником белка».

Выводы. Замена пшеничной муки, сливочного масла и сахарной пудры в рецептурах печенья на амарантовую муку, инулин-гель и сахарозаменители позволила снизить калорийность и количество жиров в конечном продукте, по сравнению с прототипом, в 2 раза, углеводов – в 4

раза, содержание белков увеличить в 1,8 раза. Использование предлагаемых компонентов позволило повысить степень удовлетворения суточной потребности в витаминах группы В и РР и минеральных веществах (калия, магния, железа, селена

и цинка), а также обогатить готовый продукт пищевыми волокнами (до 66,4...83,0 % суточной потребности), которые в прототипе отсутствуют.

Литература.

1. Литвинова О. С. Структура питания населения Российской Федерации. Гигиеническая оценка // Здоровье населения и среда обитания. 2016. Т. 278. № 5. С. 11–14.
2. Diet-induced hypothalamic dysfunction and metabolic disease, and the therapeutic potential of polyphenols / E. Samodien, R. Johnson, C. Pfeiffer, et al. // Molecular Metabolism. 2019. Vol. 27. P. 1–10. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212877819304971?via%3Dihub> (дата обращения: 30.08.2023). doi: 10.1016/j.molmet.2019.06.022.
3. Кетчин И. А., Панкратов Г. Н., Витол И. С. Формирование новых видов муки, обогащенных незаменимыми жирными кислотами // Пищевая промышленность. 2021. № 10. С. 8–12. doi: 10.52653/PPI.2021.10.10.018.
4. Use of Pleurotus albidus mycoprotein flour to produce cookies: Evaluation of nutritional enrichment and biological activity / F. Stoffel, W. de O. Santana, R. C. Fontana, et al. // Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2021. Vol. 68. Article 102642. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1466856421000436?via%3Dihub> (дата обращения: 30.08.2023). doi: 10.1016/j.ifset.2021.102642.
5. Обоснование использования ингредиентов для получения низкокалорийного шоколадного бисквита «Брауни» / Э. А. Пьяникова, А. Е. Ковалева, Е. В. Овчинникова и др. // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 8. С. 58–64.
6. Мистенева С. Ю. Разработка мучных кондитерских изделий с использованием нерафинированного растительного сырья // Пищевая промышленность. 2019. № 8. С. 66–71. doi: 10.24411/0235-2486-2019-10129.
7. Characteristics of edible films enriched with fruit by-products and their application on cookies / D. Molnar, D. Novotni, M. Kurek, et al. // Food Hydrocolloids. 2023. Vol. 135. Article 108191. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X22007111?via%3Dihub> (дата обращения: 30.08.2023). doi: 10.1016/j.foodhyd.2022.108191.

8. Aggarwal D., Sabikhi L., Sathish Kumar M. Formulation of reduced-calorie biscuits using artificial sweeteners and fat replacer with dairy-multigrain approach // *NFS Journal*. 2016. Vol. 2. P. 1–7. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352364615300110?via%3Dihub> (дата обращения: 30.08.2023). doi: 10.1016/j.nfs.2015.10.001.
9. Effect of supercritical carbon dioxide on physicochemical and techno-functional properties of amaranth flour / Y. I. Delgado-Garcia, S. Luna-Suarez, A. Lopez-Malo, et al. // *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*. 2022. Vol. 178. Article 109031. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0255270122002422?via%3Dihub> (дата обращения: 30.08.2023). doi: 10.1016/j.cep.2022.109031.
10. Романцова К. Р. Исследование и разработка хлебобулочных изделий с амарантовой мукой и цикорием // *Ползуновский вестник*. 2022. № 3. С. 37–42. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.03.005.
11. Шевелева Т. Л. Нетрадиционное растительное сырье в рецептурах хлебобулочных изделий // *Вестник КрасГАУ*. 2021. № 2. С. 143–150.
12. Шмалко Н. А., Смирнов С. О. Способ получения крахмалистых хлопьев и муки из зерна амаранта // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания*. 2018. № 1. С. 48–53.
13. Развитие направления комплексной фортификации мучных кондитерских изделий / С. Ю. Мистенева, Н. А. Щербаклова, Л. В. Зайцева и др. // *Пищевая промышленность*. 2022. № 4. С. 47–52. doi: 10.52653/PPI.2022.4.4.013.
14. Impact of fat replacement by a hybrid gel (canola oil/candelilla wax oleogel and gelatinized corn starch hydrogel) on dough viscoelasticity, color, texture, structure, and starch digestibility of sugar-snap cookies / L. P. Barragan-Martinez, A. Roman-Guerrero, E. J. Vernon-Carter, et al. // *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 2022. Vol. 29. Article 100563. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878450X22000981?via%3Dihub> (дата обращения: 30.08.2023). doi: 10.1016/j.ijgfs.2022.100563.
15. The effect of inulin as a fat replacement on dough and biscuit properties / M. Krystjan, D. Gumul, R. Ziobro, et al. // *Journal of Food Quality*. 2015. Vol. 38. No. 5. P. 305–315.
16. Куценкова В. С., Неповинных Н. В., Еганехзад С. А. Гибридный гель для замены твердых жиров в кондитерских изделиях // *Техника и технология пищевых производств*. 2023. Т. 53. № 1. С. 183–191. doi: 10.21603/2074-9414-2023-1-2426.
17. Содержание инулина в растворимом натуральном цикории после ферментативного гидролиза методом ВЭЖХ-РД / Д. О. Бокон, Е. П. Хромченкова, М. С. Сокурено и др. // *Пищевая промышленность*. 2017. № 9. С. 22–25.
18. Inulin-based emulsion filled gel as fat replacer in shortbread cookies: Effects during storage / M. Paciulli, P. Littardi, E. Carini, et al. // *LWT*. 2020. Vol. 133. Article 109888. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S002364382030877X?via%3Dihub> (дата обращения: 30.08.2023). doi: 10.1016/j.lwt.2020.109888.
19. Ревякина В. А. Проблема пищевой аллергии на современном этапе // *Вопросы питания*. 2020. Т. 89. № 4. С. 186–192. doi: 10.24411/0042-8833-2020-10052.

References

1. Litvinova OS. [Nutrition structure of the population of the Russian Federation. Hygiene assessment]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2016;278(5):11–4. Russian.
2. Samodien E, Johnson R, Pfeiffer C, et al. Diet-induced hypothalamic dysfunction and metabolic disease, and the therapeutic potential of polyphenols. *Molecular Metabolism* [Internet]. 2019 [cited 2023 Aug 30];27:1–10. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212877819304971?via%3Dihub>. doi: 10.1016/j.molmet.2019.06.022.
3. Ketchin IA, Pankratov GN, Vitol IS. [Formation of new types of flour enriched with essential fatty acids]. *Pishchevaya promyshlennost'*. 2021;(10):8–12. Russian. doi: 10.52653/PPI.2021.10.10.018.
4. Stoffel F, de O Santana W, Fontana RC, et al. Use of *Pleurotus albidus* mycoprotein flour to produce cookies: Evaluation of nutritional enrichment and biological activity. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* [Internet]. 2021 [cited 2023 Aug 30];68: Article 102642. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1466856421000436?via%3Dihub>. doi: 10.1016/j.ifset.2021.102642.
5. P'yankova EA, Kovaleva AE, Ovchinnikova EV, et al. [Rationale for using ingredients to produce low-calorie chocolate brownie cake]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2022;36(8):58–64. Russian.
6. Misteneva SYu. [Development of flour confectionery products using unrefined vegetable raw materials]. *Pishchevaya promyshlennost'*. 2019;(8):66–71. Russian. doi: 10.24411/0235-2486-2019-10129.
7. Molnar D, Novotni D, Kurek M, et al. Characteristics of edible films enriched with fruit by-products and their application on cookies. *Food Hydrocolloids* [Internet]. 2023 [cited 2023 Aug 30];135: Article 108191. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X22007111?via%3Dihub>. doi: 10.1016/j.foodhyd.2022.108191.
8. Aggarwal D, Sabikhi L, Sathish Kumar M. Formulation of reduced-calorie biscuits using artificial sweeteners and fat replacer with dairy-multigrain approach. *NFS Journal* [Internet]. 2016 [cited 2023 Aug 30];2:1–7. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352364615300110?via%3Dihub>. doi: 10.1016/j.nfs.2015.10.001.
9. Delgado-Garcia YI, Luna-Suarez S, Lopez-Malo A, et al. Effect of supercritical carbon dioxide on physicochemical and techno-functional properties of amaranth flour. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification* [Internet]. 2022 [cited 2023 Aug 30];178: Article 109031. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0255270122002422?via%3Dihub>. doi: 10.1016/j.cep.2022.109031.
10. Romantsova KR. [Research and development of bakery products with amaranth flour and chicory]. *Polzunovskii vestnik*. 2022;(3):37–42. Russian. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.03.005.
11. Sheveleva TL. [Non-traditional vegetable raw materials in bakery product recipes]. *Vestnik KrasGAU*. 2021;(2):143–50. Russian.
12. Shmal'ko NA, Smirnov SO. [Method for producing starchy flakes and flour from amaranth grains]. *Tekhnologii pishchevoi i pererabatyvayushchei promyshlennosti APK-produkty zdorovogo pitaniya*. 2018;(1):48–53. Russian.
13. Misteneva SYu, Shcherbakova NA, Zaitseva LV, et al. [Development of the direction of complex fortification of flour confectionery products]. *Pishchevaya promyshlennost'*. 2022;(4):47–52. Russian. doi: 10.52653/PPI.2022.4.4.013.
14. Barragan-Martinez LP, Roman-Guerrero A, Vernon-Carter EJ, et al. Impact of fat replacement by a hybrid gel (canola oil/candelilla wax oleogel and gelatinized corn starch hydrogel) on dough viscoelasticity, color, texture, structure, and starch digestibility of sugar-snap cookies. *International Journal of Gastronomy and Food Science* [Internet]. 2022 [cited 2023 Aug 30];29: Article 100563. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878450X22000981?via%3Dihub>. doi: 10.1016/j.ijgfs.2022.100563.
15. Krystjan M, Gumul D, Ziobro R, et al. The effect of inulin as a fat replacement on dough and biscuit properties. *Journal of Food Quality*. 2015;38(5):305–15.
16. Kutsenkova VS, Nepovinnikh NV, Eganekhzad SA. [Hybrid gel for replacing solid fats in confectionery products]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*. 2023;53(1):183–91. Russian. doi: 10.21603/2074-9414-2023-1-2426.
17. Bokov DO, Khromchenkova EP, Sokurenko MS, et al. [Inulin content in soluble natural chicory after enzymatic hydrolysis by HPLC-RD method]. *Pishchevaya promyshlennost'*. 2017;(9):22–5. Russian.
18. Paciulli M, Littardi P, Carini E, et al. Inulin-based emulsion filled gel as fat replacer in shortbread cookies: Effects during storage. *LWT* [Internet]. 2020 [cited 2023 Aug 30];133: Article 109888. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S002364382030877X?via%3Dihub>. doi: 10.1016/j.lwt.2020.109888.
19. Revyakina VA. [The problem of food allergies at the present stage]. *Voprosy pitaniya*. 2020;89(4):186–92. Russian. doi: 10.24411/0042-8833-2020-10052.