

УДК 664.665.014

Поступила в редакцию 14.12.2024
Received 14.12.2024

¹Н. В. Комарова, ¹А. А. Журня, ¹Т. В. Окулова, ²Н. С. Лаптенюк,
²Л. И. Севастей

¹РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продоволь-
ствию», г. Минск, Республика Беларусь

²Государственное предприятие «Белтехнохлеб», г. Минск, Республика Беларусь

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ С НИЗКИМ ГЛИКЕМИЧЕСКИМ ИНДЕКСОМ

Аннотация. Глобальные изменения в питании населения и рост числа людей, страдающих от диабета 2 типа, ожирения, сердечно-сосудистых заболеваний и других метаболических нарушений, привели к значительному росту интереса к разработке пищевых продуктов с низким гликемическим индексом (ГИ). Это обусловлено тем, что такие продукты обеспечивают более медленное и постепенное повышение уровня глюкозы в крови, что крайне важно для предотвращения резких скачков сахара и связанных с этим негативных последствий.

В данной статье рассмотрены ключевые аспекты разработки и производства начиная от выбора сырья и заканчивая технологическими параметрами производства продукции. Исследование проведено при финансовой поддержке БРФФИ в рамках научно-исследовательской работы № B22KITG-013.

Ключевые слова: гликемический индекс, зерновое сырье, компонентный состав, хлебобулочные изделия, технологические режимы, здоровые добровольцы.

¹N. V. Komarova, ¹H. A. Zhurnia, ¹T. V. Akulava, ²N. S. Laptsenak,
²L. I. Sevastsei

¹RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”,
Minsk, Republic of Belarus

²The State Enterprise “Beltechnohleb”, Minsk, Republic of Belarus

INNOVATIVE APPROACHES TO THE CREATION OF BAKERY PRODUCTS WITH A LOW GLYCEMIC INDEX

Abstract. Global changes in the diet of the population and the rise in the number of people suffering from type 2 diabetes, obesity, cardiovascular diseases, and other metabolic disorders have led to a significant increase in interest in the development of food products with a low glycemic index (GI). This is due to the fact that such products provide a slower and more gradual increase in blood glucose levels, which is crucial for preventing sharp spikes in sugar and the related negative consequences.

This article examines the key aspects of the development and production of bakery products with a low glycemic index, from the selection of raw materials to the technological parameters of production. The research was conducted with financial support from the BRFFI as part of the research project No. B22KITG-013.

Keywords: glycemic index, grain raw materials, component composition, bakery products, technological regimes, healthy volunteers.

Введение. Здоровое питание — это сложная система, где каждый компонент играет свою роль. Одним из ключевых аспектов является грамотное управление потреблением углеводов, а точнее — осознанный выбор продуктов с учетом их гликемического индекса. Гликемический индекс (ГИ) — это показатель скорости, с которой углеводы из пищи расщепляются в организме и превращаются в глюкозу — основной источник энергии для клеток. Высокий ГИ означает быстрый скачок уровня глюкозы в крови, а низкий — постепенное и контролируемое повышение.

Важно отметить, что устаревшие термины «простые» и «сложные» углеводы в настоящее время признаны неточными и не отражающими полную картину пищевой ценности продукта. Многие так называемые «сложные» углеводы, такие как, например, мальтодекстрины и некоторые виды крахмала, расщепляются очень быстро, приводя к стремительному повышению уровня глюкозы, иногда даже быстрее, чем чистый сахар. Поэтому Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) и Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (ФАО) рекомендуют отказаться от этих терминов в пользу более точных показателей: общего количества углеводов и гликемического индекса [1].

Понимание ГИ позволяет более эффективно управлять своим здоровьем. Продукты с высоким ГИ (свыше 70), такие как белый хлеб, белый рис, картофель, сладкие газированные напитки, быстро повышают уровень глюкозы в крови, вызывая резкий выброс инсулина, что может привести к развитию ряда серьезных заболеваний. Регулярное потребление продуктов с высоким ГИ увеличивает риск ожирения, инсулинорезистентности, сахарного диабета 2 типа, сердечно-сосудистых заболеваний, а также способствует развитию воспалительных процессов в организме. Высокий уровень глюкозы в крови повреждает сосуды, способствуя атеросклерозу и другим сосудистым патологиям. Кроме того, постоянные колебания уровня сахара могут негативно влиять на настроение, энергетический баланс и когнитивные функции [2].

Напротив, продукты с низким ГИ (менее 55) и средним ГИ (55–69) обеспечивают более плавное и постепенное повышение уровня глюкозы, что снижает нагрузку на поджелудочную железу и способствует стабильному уровню энергии на протяжении длительного времени. К продуктам с низким ГИ относятся: большинство овощей (кроме картофеля), цельнозерновые продукты (гречка, овсянка, полба), бобовые, орехи, семена, некоторые фрукты (яблоки, груши), ягоды. Важно отметить, что ГИ может изменяться в зависимости от способа обработки продукта. Например, белый рис имеет значительно более высокий ГИ, чем коричневый рис, так как при шлифовке удаляются содержащие клетчатку оболочки, которые замедляют процесс усвоения углеводов. Также на ГИ влияют другие компоненты пищи, например, жиры и белки, которые замедляют всасывание глюкозы.

Особое внимание следует уделить продуктам на основе зерна и продуктов его переработки, которые составляют значительную часть рациона многих людей. Хлебобулочные изделия, мучные кондитерские и макаронные изделия часто содержат рафинированную муку с высоким ГИ, а также большое количество сахара и жира [3].

Ввиду того, что хлеб является продуктом повседневного спроса в потребительской корзине, разработка технологий производства хлебобулочных изделий с пониженным гликемическим индексом является важной и актуальной научно-практической задачей. Внедрение таких технологий будет способствовать профилактике ряда заболеваний, связанных с нарушением углеводного обмена, и поддержанию здоровья населения.

Целью данного исследования являлось изучение способов получения хлебобулочных изделий с низким гликемическим индексом.

Результаты исследований и их обсуждение. Одним из самых важных этапов в создании хлебобулочных изделий с низким гликемическим индексом является правильный выбор сырья.

Хлебобулочные изделия, не содержащие в своем составе сдобящих компонентов — сахаросодержащего и (или) жиросодержащего сырья, — на 65,0 — 68,0% состоят из продуктов переработки зерна. К продуктам переработки зерна относят: муку сортового помола, муку цельнозерновую или цельносмолотую, муку экструзионную, муку из пророщенного зерна, солод ржаной, отруби, крупку из зерна, смеси хлебопекарные и т.д. Основными зерновыми культурами, продукты переработки которых используют для выпечки хлебобулочных изделий в Республике Беларусь, являются пшеница и рожь.

Пшеничная мука является предпочтительным сырьем для выпечки хлебобулочных изделий из-за ее отличительных вязкоупругих характеристик, обеспечивающих глютенную сеть для восстановления газов, образующихся в процессе выпечки. Углеводная часть зерна пшеницы представлена моно- (пентозы, гексозы), олиго- (сахароза, мальтоза) и полисахаридами (крахмал, целлюлоза, гемицеллюлоза, слизи). Общее содержание в муке сбраживаемых дрожжами сахаров в зависимости от состава зерна и выхода муки может колебаться в пределах от 0,7 до 2,0 % на сухое вещество. Углеводом, содержащимся в готовом хлебе и оказывающим влияние на гликемический ответ, является крахмал.

Хлебопекарная ржаная мука занимает второе место в производстве и потреблении после пшеничной. Изготавливается трех сортов: сеяная, обдирная и обойная. Сеяная мука отличается наиболее высоким содержанием крахмала и относительно низким содержанием бел-

ков, сахаров, некрахмальных полисахаридов. Обдирная мука содержит больше углеводов, крахмала, но меньше сахара. Обойная же, благодаря щадящей технологии производства, имеет максимальное количество витаминов и питательных веществ. Она отличается высоким содержанием растительного белка, жиров и пищевых волокон в сравнении с другими сортами ржаной муки.

В ходе выполнения работы проведен анализ научно-технической литературы о химическом составе и пищевой ценности зернового сырья, представленного на отечественном рынке, в результате которого показано, что низкий постпрандиальный ответ глюкозы вызывают изделия, изготовленные из муки цельнозерновой из зерна пшеницы твердых сортов, муки ржаной обдирной, муки ржаной цельнозерновой или обойной. Установлено, что крахмала больше содержится в продуктах переработки пшеницы (примерно на 10,0%) нежели в продуктах переработки ржи. При этом и различно строение белковых и крахмальных молекул, влияющих в целом на уровень ГИ продукта.

Проведенное сотрудниками РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию» исследование влияния различных видов муки на постпрандиальный гликемический ответ у здоровых взрослых добровольцев установило наименьший гликемический индекс у ржаной обдирной муки и ржаной обойной муки — 74,2 и 77,4 соответственно.

На основании результатов испытаний было предложено использовать муку ржаную обдирную и ржаную обойную для получения пищевых продуктов с низким гликемическим индексом. Учитывая, что мука ржаная из цельного зерна и мука ржаная обойная близки по химическому составу и технологии производства, ее также использовали в дальнейших исследованиях.

При производстве хлебобулочных изделий существенными факторами, повышающими их гликемический индекс, являются соотношение сырьевых компонентов и технологические схемы производства. Что касается технологических схем производства хлебобулочных изделий, то на уровень ГИ наибольшее влияние оказывает продолжительность брожения полуфабрикатов. В процессе брожения крахмал муки подвергается амилолизу, т.е. действию амилолитических ферментов (α - и β -амилаз), что приводит к образованию моно- и дисахаридов. [4].

Для определения компонентного состава хлебобулочных изделий с низким гликемическим индексом и установления оптимальных технологических параметров и режимов их производства, а также улучшения качественных показателей и повышения потребительской привлекательности хлебобулочных изделий, полученных на основе муки ржаной (муки ржаной из цельного зерна, муки ржаной обдирной или обойной) изучено влияние:

- ♦ рецептурного состава (введение глютена в дозировке от 3% до 24 % с шагом 3,0%, дрожжей прессованных в дозировке от 1,0% до 2,0%);
- ♦ производства хлебобулочных изделий по технологической схеме с применением густой закваски (кислотность 11,0 — 12,0 градусов, влажность 50,0 — 52,0%) [5].

Глютен добавляли на стадии приготовления теста, предварительно смешав его с частью ржаной муки в необходимых пропорциях. Установлено, что введение глютена в дозировке от 3,0% до 9,0% не улучшило органолептические и физико-химические показатели качества готовых изделий из всех сортов муки ржаной: образцы были с плоской верхней коркой, липким заминающимся мякишем.

Введение глютена в хлебобулочные изделия из муки ржаной обойной в количестве 15,0–21,0% также не привело к улучшению показателей качества готовых изделий. Дальнейшие исследования хлебобулочных изделий проводили с использованием муки ржаной обдирной и муки ржаной из цельного зерна.

Значительное улучшение органолептических и физико-химических показателей качества хлебобулочных изделий было достигнуто при внесении глютена в количестве от 18% до 24%, при этом существенной разницы по пористости и объемному выходу при дозировке глютена 21% и 24% не установлено. Поэтому дальнейшие исследования продолжили с содержанием глютена 21% в хлебобулочных изделиях из ржаной обдирной муки и муки из цельного зерна. В ходе эксперимента по определению дозировки дрожжей в рецептуре установлено, что использование дрожжей в количестве 2,0% позволило сократить время брожения теста из обдирной ржаной муки на 17 минут, а из муки из цельного зерна — на 13 минут.

Производство хлебобулочных изделий по технологической схеме с применением густой закваски, позволяет не только поддерживать достаточно высокую кислотность (до 11,0–13,0 градусов) в готовой продукции, но и снижать содержание легкоусвояемых углеводов за счет сокращения продолжительности брожения теста до 53 минут (продолжительность брожения теста контрольных образцов 65 — 70 минут). В хлебобулочных изделиях, приготовленных на

густой закваске, 33,0% муки от рецептурного количества подвергаются длительному амилолизу в течение 180 — 240 минут, что также способствует снижению гликемического индекса готового продукта.

В ходе пробных лабораторных выпечек установлены параметры и режимы расстойки, а также выпечки хлебобулочных изделий: расстойка лабораторных образцов сокращена до 50 минут, (контрольных — 50–60 минут); выпечка изделий при температуре 245°C в течение 10 минут и при температуре 240°C в течение 30 минут (контрольный образец — 40 минут при температуре 240 С).

Таким образом, в результате исследований установлены оптимальные показатели и режимы производства хлебобулочных изделий с низким гликемическим индексом, позволяющие получать готовые изделия с требуемыми показателями качества и безопасности, представленные в табл. 1.

Таблица 1. Оптимальные показатели и режимы технологического процесса приготовления хлебобулочных изделий с низким гликемическим индексом

Table 1. Optimal indicators and modes of the technological process for preparing bakery products with a low glycemic index

Наименование показателя технологического процесса	Режимы технологического процесса			
	Контрольный образец	Образец из муки ржаной обдирной с добавлением глютена	Контрольный образец	Образец из муки ржаной из цельного зерна с добавлением глютена
Влажность теста, %	49,2	51,6	50,0	51,8
Продолжительность брожения теста, мин	70,0	53,0	65,0	52,0
Продолжительность расстойки при T= 33 °C и W _{отн. возд.} 75 %, мин	60,0	50,0	53,0	50,0
Температура пекарной камеры, °C (10 мин / 30 мин)	240	245/240	240	245/240
Продолжительность выпечки, мин	40	40	40	40

На следующем этапе работы определяли гликемический индекс разработанных изделий. С этой целью были изготовлены 2 образца хлебобулочных изделий: из муки ржаной из цельного зерна (80,0%) или муки ржаной обдирной (80,0%) с добавлением глютена (21,0%), соли поваренной пищевой (1,4%), дрожжей хлебопекарных прессованных (2,0%) и приправ (тмин, розмарин, прованские травы от 0,1% до 0,35% в зависимости от вида приправы).

Оценку функциональности разработанных изделий определяли по постпрандиальному гликемическому ответу у здоровых взрослых добровольцев на их употребление.

Снижение постпрандиальной реакции на глюкозу может иметь значительные положительные последствия для профилактики и лечения метаболических нарушений. По данным некоторых исследований заморозка продуктов питания на основе зерномучного сырья приводит к снижению гликемического индекса. Поэтому часть образцов хлебобулочных изделий подвергали заморозке при температуре минус 18 °C в течение 24 часов, после чего продукты размораживались при комнатной температуре и употреблялись участниками исследования.

В данном исследовании приняло участие 15 добровольцев в возрасте 30 ± 10 лет. Для минимизации влияния индивидуальных факторов на результаты исследования был осуществлен строгий отбор участников. Все добровольцы предоставили информированное согласие, подтвержденное подписью и датой, что гарантирует этичность проведения исследования и соблюдение прав участников. Кроме того, кандидаты должны были соответствовать определенным критериям включения: индекс массы тела (ИМТ) менее 30 кг/м², способность четко следовать инструкциям исследователей и соблюдать все протокольные процедуры.

Исключались лица с различными хроническими заболеваниями, которые могли бы повлиять на метаболизм глюкозы и, следовательно, исказить результаты исследования. К таким заболеваниям относятся: заболевания печени (гепатиты различной этиологии, цирроз), почек (хроническая почечная недостаточность, гломерулонефриты), поджелудочной железы (панкреатиты, муковисцидоз), а также врожденные метаболические нарушения (например, галактоземия, фенилкетонурия). Наличие аутоиммунных заболеваний (ревматоидный артрит, системная красная волчанка), воспалительных заболеваний кишечника (болезнь Крона, язвенный колит), целиакии, диабет 1 и 2 типа, любые злокачественные новообразования

в анамнезе и неконтролируемые нарушения липидного обмена (высокий уровень холестерина или триглицеридов) также служили причиной исключения из исследования. Важным критерием отбора являлось отсутствие приема биологических пищевых добавок в течение трех месяцев до начала исследования. Аналогичным образом, исключались участники, принимающие лекарственные препараты, способные влиять на уровень глюкозы в крови, такие как метформин, инсулин или глюкокортикоиды.

Отбор крови осуществляли с использованием стерильных одноразовых ланцетов и спиртовых салфеток для обеспечения гигиены и предотвращения контаминации образцов. Измерение уровня глюкозы проводили с помощью одноразовых тест-полосок и глюкометра ACCU-CHECK® Active. Следует отметить, что прибор имеет определенную погрешность измерений (10% для параллельных определений). Гликемический индекс определяли в соответствии с международным стандартом ISO 26642:2010. Согласно данному стандарту ключевым показателем при определении ГИ является IAUC (Incremental Area Under the Curve), что переводится как инкрементальная площадь под кривой. IAUC отражает изменение уровня глюкозы в крови по отношению к исходному уровню и позволяет оценить, насколько значительным было это изменение в ходе эксперимента. Гликемический индекс рассчитывается как отношение IAUC тестируемого продукта к IAUC эталонного продукта умноженное на 100. В качестве эталонного продукта используется 50 грамм чистой глюкозы. Кроме того в некоторых исследованиях при расчете гликемического индекса в качестве эталонного продукта используется белый хлеб. В данном исследовании определяли IAUC чистой глюкозы и белого хлеба.

Первое измерение было сделано в конце 8-часового периода голодания участников, после чего добровольцы употребляли исследуемые продукты без питьевой воды. Во время измерений следили за тем, чтобы добровольцы не употребляли воду, кофе или какую-либо пищу, а также избегали чрезмерных физических упражнений. Продукты начинали употреблять сразу после измерения уровня глюкозы в крови натощак, а уровни глюкозы в крови после приема пищи измеряли каждые 30 минут до 120 минут. Схема эксперимента представлена в табл. 2.

Таблица 2. Схема проведения эксперимента
Table 2. Experimental design

День эксперимента	Продукт	Измерение глюкозы через мин
1	Глюкоза натощак	30, 60, 90, 120
2	Белый хлеб	30, 60, 90, 120
3	Хлебобулочное изделие из ржаной обдирной муки	30, 60, 90, 120
4	Хлебобулочное изделие из ржаной обдирной муки после заморозки	30, 60, 90, 120
5-7	Перерыв	
8	Хлебобулочное изделие из ржаной цельнозерновой муки	30, 60, 90, 120
9	Хлебобулочное изделие из ржаной цельнозерновой муки после заморозки	30, 60, 90, 120

По полученным данным были построены графики зависимости уровней глюкозы в крови от времени и получена гликемическая кривая. Результаты исследований по оценке влияния хлебобулочных изделий из ржаной обдирной муки и ржаной цельнозерновой муки на постприандиальный глюкозный ответ у здоровых взрослых добровольцев представлены на рис.1 и 2.

Как видно из данных, представленных на рис. 1 и 2, пиковое повышение уровня глюкозы в крови испытуемых при потреблении хлебобулочных изделий из ржаной обдирной муки и ржаной цельнозерновой муки было на 9,2–18,4% ниже по сравнению с белым хлебом. Кроме того, установлено, что потребление разработанных изделий после заморозки приводит к снижению глюкозного ответа на 5,8% и 8,8% соответственно по сравнению с не замороженными продуктами.

На основании полученных данных произведен расчет гликемического индекса хлебобулочных изделий, представленный в табл. 3.

Таким образом, гликемический индекс хлебобулочных изделий из ржаной обдирной муки и ржаной цельнозерновой муки был ниже на 25,3% и 19,3% соответственно, чем гликемический индекс белого хлеба. Установлено, что заморозка изделий при температуре -18°C, в течении 24 часов способствует снижению гликемического индекса хлебобулочных изделий в среднем на 18,0% (с 67 до 55).

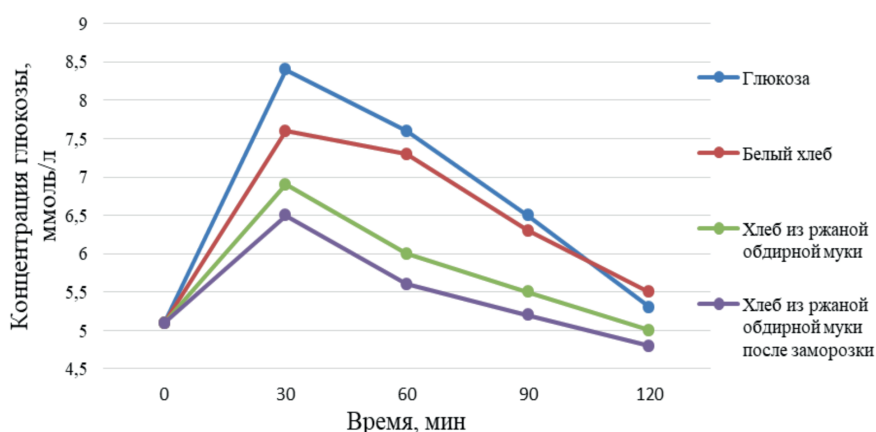


Рис. 1. Изменение уровня глюкозы в крови добровольцев при потреблении хлебобулочных изделий из ржаной обдирной муки

Fig. 1. Change in blood glucose levels of volunteers when consuming baked goods made from rye flour

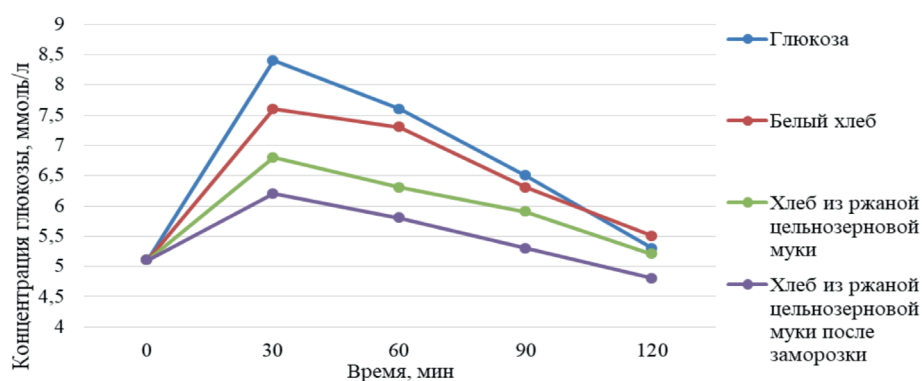


Рис.2. Изменение уровня глюкозы в крови добровольцев при потреблении хлебобулочных изделий из ржаной цельнозерновой муки

Fig.2. Change in blood glucose levels of volunteers when consuming baked goods made from whole grain rye flour

Таблица 3. Гликемический индекс разработанных хлебобулочных изделий
Table 3. Glycemic index of developed bakery products

Наименование образца	Площадь под кривой изменения сахара в крови после употребления пищевого продукта (IAUC)	ГИ
Контроль (глюкоза)	331	100
Белый хлеб	274	83
Хлебобулочное изделие из ржаной обдирной муки	205	62
Хлебобулочное изделие из ржаной обдирной муки после заморозки	181	55
Хлебобулочное изделие из ржаной цельнозерновой муки	222	67
Хлебобулочное изделие из ржаной цельнозерновой муки после заморозки	189	57

Заключение. В результате исследований разработан компонентный состав, установлены оптимальные технологические параметры и режимы производства хлебобулочных изделий с низким гликемическим индексом: двухфазный способ тестоприготовления — на густой закваске; содержание в составе хлебобулочных изделий глютена (21,0%), дрожжей прессованных (2,0%); продолжительность брожения теста до 53 минут, продолжительность расстойки тестовых заготовок до 50 минут; выпечка хлебобулочных изделий при температуре 245°C в течение 10 минут и при температуре 240°C — 30 минут.

Данные технологические параметры производства позволяют снизить активность амилолитических ферментов муки ржаной и процесс образования моно- и дисахаридов, а также улучшить органолептические показатели качества готовой продукции.

Разработанные хлебобулочные изделия из ржаной обдирной и цельнозерновой муки имеют значительно более низкий гликемический индекс по сравнению с белым хлебом. Заморозка изделий при температуре минус 18°C в течение 24 часов дополнительно снижает глюкозный ответ на их употребление.

Полученные результаты создают условия для разработки новых технологий функциональных и специализированных продуктов питания с низким гликемическим индексом. Реализация результатов исследований будет способствовать улучшению состояния здоровья и повышению качества жизни людей с метаболическими нарушениями.

Список использованных источников

1. Juanola-Falgarona M., Ibarrola-Jurado N., Salas-Salvadó J. et al. Design and methods of the GLYNDIET study; assessing the role of glycemic index on weight loss and metabolic risk markers // *Nutr Hosp.* 2013. Vol. 28, No. 2. P. 382-390.
2. Glycemic Targets: Standards of Medical Care in Diabetes // *Diabetes Care.* 2021. Vol. 44, Suppl. 1. P. S73-S84. — 2021.
3. Schneider I., Heinemann M., Hahn A. Comparison of glycemic index and satiety of cereals containing amaranth // *Journal of Human Nutrition and Food Science.* 2015. Vol. 3, No. 5. P. 1074.
4. Ауэрман Л. Я. Технология хлебопекарного производства: учебник. — 9-е изд.; перераб. и доп. / под общ. ред. Л. И. Пучковой. — СПб: Профессия, 2005. — С. 416
5. Пучкова, Л. И. Технология хлеба. / Л. И. Пучкова, Р. Д. Поландова, И. В. Матвеева. — СПб. ГИОРД, 2005. — С.559

Информация об авторах

Комарова Наталья Викторовна, кандидат технических наук, доцент, заместитель генерального директора по научной работе и стандартизации РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию», (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: knv@belproduct.com

Журня Анна Александровна, кандидат технических наук, начальник отдела питания РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию», (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: otpit@tut.by.

Окулова Татьяна Витальевна, научный сотрудник отдела питания РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию», (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: otpit@tut.by.

Лаптенок Наталья Сергеевна, кандидат технических наук, директор Государственного предприятия «Белтехнохлеб», (ул. Раковская, 30, 220004, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: laptenokn@mail.ru

Севастей Людмила Ивановна, главный технолог-заведующий отделом технологий и стандартизации Государственного предприятия «Белтехнохлеб», (ул. Раковская, 30, 220004, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: texnolog 77@mail.ru

Information about authors

Komarova Natallia Victorovna, PhD (Technical), Associate Professor, Deputy General Director for Scientific Work and Standardization of the RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: knv@belproduct.com

Zhurnia Hanna Alexandrovna, PhD (Technical), head of the Nutrition Department of the RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: otpit@tut.by.

Akulava Tatsiana Vitalievna, Researcher of the Nutrition Department of the RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: otpit@tut.by.

Laptsenak Natalia Sergeyevna, PhD (Technical), Director of the State Enterprise Beltechnohleb, (30, Rakovskaya St., 220004, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: laptenokn@mail.ru

Sevastey Lyudmila Ivanovna, chief technologist-head of the technology and standardization department of the State Enterprise «Beltechnokhleб» (30, Rakovskaya str., 220004, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: texnolog 77@mail.ru