

ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ / STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTION

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.6.1050-1058>
УДК 664.7



Исследование химического состава безглютеновых зерновых батончиков и применение расчетного метода оценки гликемического индекса и гликемической нагрузки

© 2024. А. В. Будова✉, С. А. Урубков, С. О. Смирнов

Научно-исследовательский институт пищевконцентратной промышленности и специальной пищевой технологии – филиал ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», Московская область, Российская Федерация

При разработке продуктов питания для детей наряду с сбалансированностью состава по макро- и микро-нутриентам, наличие биологически активных минорных компонентов большую роль играют показатели переваривания, всасывания и усвоения пищевых веществ. Таким показателем является гликемический индекс (ГИ), а также величина его фактического воздействия с учетом порции продукта и содержания в ней углеводов – гликемическая нагрузка (ГН). Цель исследования – изучение химического состава безглютеновых зерновых батончиков «Морковный» и «Ягодный», разработанных на основе экспандированного зерна, и определение значений ГИ и ГН. Для исследования химического состава использовали стандартные методы, для оценки ГИ и ГН – расчетную методику, учитывающую содержание основных пищевых веществ в продукте, а также их способность влиять на значения ГИ. Установлено, что в исследуемых батончиках содержание белка в среднем составляет 5,4 г/100 г продукта, пищевых волокон – от 10,2 до 11,9 г/100 г, преимущественно растворимых – до 86,3 %. Углеводы в основном представлены крахмалом – в среднем 65,9 % от общего содержания. Содержание моно- и дисахаридов в среднем составило 17,5 %, из них 50,5 % представлены глюкозой. Исследуемые батончики имели средние значения ГИ (63 и 64) и ГН порции массой 30 г (13,6 и 14,3) несмотря на то, что в их составе на экспандированное зерно приходится до 62 %, а на крахмальную патоку до 39,6 %. Вероятно, это связано с наличием в рецептуре источников белков и пищевых волокон, которые снижают степень усвоения углеводов, что учитывается в использованной методике расчета ГИ и ГН. Таким образом, полученные данные указывают на то, что безглютеновые зерновые батончики на основе экспандированного зерна, предназначенные для детского питания в качестве безопасного перекуса, способны достаточно быстро и относительно надолго насытить организм и восстановить запасы энергии. Дополнение обязательной маркировки значениями ГИ и ГН позволит потребителю более осознанно подходить к выбору пищевых продуктов, что особенно актуально для детей с пищевыми ограничениями.

Ключевые слова: безглютеновая продукция, дети старше трех лет, непереносимость глютена, основные нутриенты, цифровая нутрициология, экспандированное зерно

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи» (тема № FGMP-2022-0002). Авторы благодарят рецензентов за их вклад экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Будова А. В., Урубков С. А., Смирнов С. О. Исследование химического состава безглютеновых зерновых батончиков и применение расчетного метода оценки гликемического индекса и гликемической нагрузки. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2024;25(6):1050–1058. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.6.1050-1058>

Поступила: 28.07.2024

Принята к публикации: 03.12.2024

Опубликована онлайн: 25.12.2024

Study on the chemical composition of gluten-free cereal bars and application of the calculation method for assessing the glycemic index and glycemic load

© 2024. Anna V. Budova ✉, Sergey A. Urubkov, Stanislav O. Smirnov

Research Institute of Food-concentrate Industry and Special Food Technology – Branch «Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety», Moscow region, Russian Federation

When developing food products for children, along with the balanced composition in terms of macro- and micronutrients, the presence of biologically active minor components, a large role is played by the indicators of digestion, absorption and assimilation of nutrients. Glycemic index (GI), as well as glycemic load (GL), which represents the value of GI actual impact taking into account the portion of the product and the content of carbohydrates in it are such indicators. The aim of the study is to study the chemical composition of the gluten-free cereal bars “Morkovnyj” and “Yagodnyj” developed on the basis of expanded grain as well as to determine the GI and GL values. Standard methods were used to study the chemical composition, and a calculation method was used to assess the GI and GL, taking into account the content of essential nutrients in the product, as well as their ability to influence the GI values. It has been established that the protein content in the studied bars averages 5.4 g/100 g of product, and the dietary fiber content ranges from 10.2 g/100 g to 11.9 g/100 g, mainly represented by soluble dietary fiber, which accounts for up to 86.3 %. Carbohydrates are mainly represented by starch - an average of 65.9 % of the total content. The content of mono- and disaccharides averages 17.5 %, of which 50.5 % is glucose. Average glycemic index values of the developed bars are 63 and 64, average glycemic load values of a 30 g portion are 13.6 and 14.3, respectively, despite the fact that in their composition expanded grain accounts up to 62 %, and starch syrup up to 39.6 %. This is probably due to the presence of protein and dietary fiber sources in the recipe, which reduce the degree of absorption of carbohydrates, which is taken into account in the used method of calculating GI and GL. Thus, the obtained data indicate that the gluten-free cereal bars based on expanded grain for children nutrition, intended as a safe snack, are capable of satiating the body quickly and for a relatively long time and restoring energy reserves. Adding mandatory labeling with GI and GN values will allow consumers to take a more informed approach to choosing food products, which is especially important for children with dietary restrictions.

Keywords: gluten-free products, children over three years old, gluten intolerance, essential nutrients, digital nutrition, expanded grains

Acknowledgments: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety (theme no. FGMF-2022-0002).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors stated no conflict of interest.

For citations: Budova A. V., Urubkov S. A., Smirnov S. O. Study on the chemical composition of gluten-free cereal bars and application of the calculation method for assessing the glycemic index and glycemic load. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2024;25(6):1050–1058. (In Russ.). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.6.1050-1058>

Received: 28.07.2024

Accepted for publication: 03.12.2023

Published online: 25.12.2024

Организация правильного питания детей в образовательных учреждениях является одним из важнейших направлений работы органов исполнительной власти Российской Федерации различных уровней [1].

На сегодняшний день наблюдается тенденция к ухудшению здоровья детей дошкольного и школьного возраста, в том числе рост числа заболеваний желудочно-кишечного тракта – на них приходится до 22,7 % диагностированных у детей школьного возраста [1], а также различных видов пищевой непереносимости. По данным Т. В. Мажаевой и С. Э. Дубенко, до 97,8 % детей в возрасте от 3 до 6 лет вынуждены исключить из рациона от 1 до 29 продуктов питания [2]. В частности, отмечается рост клинически подтвержденных случаев глютенчувствительных заболеваний – целиакии, нецелиакийной неаллергической непереносимости

глютена и пищевой аллергии на глютен [3, 4]. Основным способом лечения всех форм глютенчувствительных заболеваний является диетотерапия – жесткая элиминация из рациона всех продуктов питания, содержащих глютен [3, 4, 5].

Однако, несмотря на то, что за последние несколько лет рынок безглютеновой продукции показывает значительные темпы роста – по данным отечественных экспертов, ассортимент безглютеновой продукции вырос на 71 % [6], действующее законодательство в сфере закупок для государственных и муниципальных нужд, малая численность поставщиков и отсутствие строгой регуляции рынка существенно затрудняют организацию специализированного безглютенового питания детей в образовательных учреждениях [3, 6]. При этом высокая стоимость представленной на рынке безглютеновой продукции также вызывает трудности в соблю-

дении строгой безглютеновой диеты, в связи с чем в семьях, воспитывающих детей с различными формами непереносимости глютена, возникает риск снижения качества жизни, вызванный изменением пищевых привычек и образа жизни, социально-психологическими проблемами, связанными с трудностью социальной адаптации детей и подростков в обществе, а также организации быта и отдыха [5, 7].

Решением данной проблемы является расширение существующего ассортимента и доступности отечественных безглютеновых продуктов – НИИ пищевых концентратной промышленности и специальной пищевой технологии совместно с ФИЦ питания и биотехнологии ведет разработку специализированных безглютеновых зерновых батончиков для детского питания.

Продукты из зерна являются основным источником различных классов углеводов в питании населения России. Считается, в рационе питания детей содержание углеводов должно составлять 50–60 %.

Известно также, что среди детей и подростков распространено избыточное потребление углеводов, что оказывает неблагоприятное воздействие на организм, повышая риск развития избыточной массы тела [8], что в свою очередь увеличивает риск возникновения метаболических нарушений, в частности сахарного диабета 2-го типа [9]. Поэтому из рациона детей рекомендуется исключить продукты с высоким ГИ и низкой биологической ценностью.

Таблица 1 – Характеристика значений ГИ и ГН [10] /
Table 1 – Characteristics of GI and GL values [10]

Характеристика / Characteristics	Гликемический индекс / Glycemic index	Гликемическая нагрузка / Glycemic load
Низкий ГИ/Низкая ГН / Low GI/Low GL	≤ 55	≤ 10
Средний ГИ/Средняя ГН / Moderate GI/moderate GL	$56 \leq \text{GI/GL} \leq 69$	$11 \leq \text{GI/GL} \leq 19$
Высокий ГИ/Высокая ГН / High GI/High GL	≥ 70	≥ 20

Стандартной методикой определения ГИ считается исследование *in vivo*, заключающееся в измерении уровня глюкозы в крови за определенные интервалы времени в течение двух часов после употребления порции исследуемого продукта, содержащей 50 г углеводов, натошак группой здоровых людей. В результате получается график зависимости уровня глюкозы от времени. Площадь под графиком отражает общее повышение уровня глюкозы в крови, вызванное употреблением исследуемого продукта. Далее проводят аналогичное исследо-

На этикетках продуктов обязательно указывается суммарное содержание углеводов, но не состав, что не позволяет судить о скорости их всасывания и усвоения. Продукты с высоким ГИ приводят к быстрому приливу сил и энергии за счет ускоренного расщепления и усвоения, однако способствуют образованию и депонированию подкожного жира. Продукты с низким ГИ обеспечивают длительное ощущение сытости, но недостаточно эффективны в условиях обучения и постоянной физической активности и приводят к истощению ребёнка в течение дня.

Поэтому вопрос указания на этикетке продукта значений ГИ и ГН, позволяющих судить об их физиологическом действии на организм, является актуальным.

Гликемический индекс (ГИ, GI) – это относительный показатель, отражающий способность продуктов питания повышать уровень глюкозы в крови человека после их употребления за счет содержащихся в них углеводов [8]. ГИ позволяет косвенно судить о качестве углеводов – быстрое повышение глюкозы в крови говорит о высоком содержании быстроусвояемых углеводов.

Для определения фактического гликемического воздействия конкретной порции продукта с учетом ее размера и содержания в ней углеводов рассчитывают гликемическую нагрузку (ГН, GL).

Для оценки качества продуктов питания принята следующая характеристика значений ГИ и ГН, приведенная в таблице 1.

Изменение уровня глюкозы в крови тех же испытуемых после употребления контрольного продукта – 50 г глюкозы (ГИ глюкозы равен 100). Существуют вариации методики, где в качестве контрольного продукта используют белый хлеб, содержащий 50 г крахмала. ГИ вычисляют по формуле 1 [8, 11]:

$$\text{ГИ} = \frac{S_{\text{исследуемый продукт}}}{S_{\text{контрольный продукт}}} \times 100 \quad (1)$$

где: $S_{\text{исследуемый продукт}}$ – площадь под кривой роста уровня глюкозы при употреблении исследуемого продукта;

$S_{\text{контрольный продукт}}$ – площадь под кривой роста уровня глюкозы при употреблении контрольного продукта.

В связи с тем, что методики определения ГИ *in vivo* продолжительны по времени и дорогостоящи (так как проводятся с участием человека), был разработан ряд методик определения ГИ *in vitro*, которые основываются на обработке исследуемого продукта смесью пищеварительных ферментов с последующим нахождением глюкозы и, в некоторых методиках, ряда других сахаров или сахароспиртов. Однако методики *in vitro* подвергаются критике в связи с трудно сопоставимыми результатами, несоответствием получаемых результатов данным, полученным *in vivo*, и рекомендуются лишь для расчета ориентировочных значений ГИ [11].

Учитывая, что методы определения ГИ *in vitro* также требуют необходимого уровня материально-технического обеспечения и временных затрат, для получения ориентировочных значений ГИ в процессе разработки пищевых продуктов целесообразно применять расчетные методы.

Так, расчетный метод, разработанный А. Ритц с соавт. (А. Rytz et al.), показал высокую сходимость результатов при сравнении значений ГИ 42 продуктов из группы сухих завтраков, включающих экструдированные зерновые продукты, хлопья, гранолу, мюсли и зерновые батончики, полученных как расчетным способом, так и исследованием *in vivo* [12], а также аналогичным исследованием ГИ зерновых детских

смесей [13]. Суть метода заключается в представлении исследуемого продукта в виде суммы N нутриентов ($N = m + n$), состоящего из m усваиваемых углеводов и n остальных нутриентов и неусваиваемых углеводов, где x_k – содержание в % k -того нутриента ($k = 1 \dots N$), а $\sum x_k = 100\%$. При этом также учитывается способность некоторых нутриентов (белков, жиров, пищевых волокон и др.) влиять на усвоение углеводов за счет физиологического воздействия на работу органов желудочно-кишечного тракта, понижая тем самым интенсивность поступления глюкозы в кровь и, как следствие, ГИ [8].

На предыдущих этапах исследования были получены данные химического состава и проведена оценка биологической ценности белка применяемого экспандированного зерна, на основании которых были разработаны рецептуры изделий [14, 15].

Цель исследований – изучение химического состава разработанных безглютеновых зерновых батончиков, а также определение значений ГИ и ГН расчетным методом.

Научная новизна – получение новых данных химического состава безглютеновых зерновых батончиков и расчёт на их основе значений ГИ и ГН.

Материалы и методы. Объектами исследования являлись образцы безглютеновых зерновых батончиков на основе экспандированного зерна с плодоягодными компонентами, изготовленные по двум рецептурным композициям (табл. 2).

Таблица 2 – Содержание ингредиентов исследуемых зерновых батончиков «Морковный» и «Ягодный», % / Table 2 – Ingredient compositions of studied cereal bars “Morkovnyj” and “Yagodnyj”, %

Ингредиент / Ingredient	«Морковный» / “Morkovnyj”	«Ягодный» / “Yagodnyj”	Нормативно-техническая документация / Normative technical documentation
Экспандированное просо / Expanded millets	27,0	26,0	ТУ 9196-002-57567531-04 / Technical conditions 9196-002-57567531-04
Экспандированный амарант / Expanded amaranth	27,0	26,0	
Экструдированная кукуруза / Extruded corn	-	10,0	ТУ 10.61.33-002-57567531-04 / Technical conditions 10.61.33-002-57567531-04
Патока крахмальная карамельная / Starch molasses	39,6	31,0	ГОСТ 33917-20016 / GOST 33917-20016
Яблочный порошок / Apple powder	7,0	5,0	ТУ 9164-001-38196649-2013 / Technical conditions 9164-001-38196649-2013
Порошок смородины черной / Black currant powder	-	3,0	
Бета-каротин (E160A) / Beta-caroten	0,4	-	ООО «Ресурс Маркет», Россия / ООО «Resurs Market», Russia

Определение влаги в зерновых батончиках проводили по ГОСТ 5900-2014¹; золы – ГОСТ 5901-2014²; белка – ГОСТ 26889-86³; жира – ГОСТ 23042-2015⁴; растворимых и нерастворимых пищевых волокон – по методике, приведенной в руководстве Р.4.1.1672-03⁵; профиля углеводов – методом высокоэффективной жидкостной хроматографии согласно методике, изложенной в руководстве⁶; содержание крахмала – расчетным методом.

Расчеты выполняли с помощью программы MS Excel. Анализы проводили в трех повторностях, относительная погрешность измерений не превышала 3 % при доверительной вероятности $P = 0,95$. Результаты измерений представлены как средние арифметические.

Результаты и их обсуждение. Применяемая методика расчёта GI и ГН учитывает способность различных классов углеводов (моно-, ди- и олигосахаридов, растворимых и нерастворимых пищевых волокон), а также негликемических нутриентов (воды, белков, жиров и общего количества минеральных веществ (золы)) влиять на уровень GI продукта.

С этой целью проведено исследование химического состава разработанных зерновых батончиков. Полученные экспериментальные данные, а также справочные значения GI различных нутриентов и коэффициента b_j представлены в таблице 3.

Установлено, что разработанные батончики содержат достаточно большое количество растительного белка – от 5,30 до 5,50 г/100 г продукта, при этом содержание жира невелико – более 1 г/100 г. Суммарное содержание пищевых волокон в батончике «Морковный» составляет 10,20 г/100 г, «Ягодный» – 11,90 г/100 г. В

Гликемический индекс (ГИ/GI) и гликемическую нагрузку (ГН/GL) рассчитывали по методике, предложенной А. Ритц с соавт. (A. Rytz et al.) [12], по формулам (2) и (3):

$$GI = \frac{\sum_{i=1}^m x_i a_i GI_i}{\sum_{i=1}^m x_i + \sum_{j=1}^n x_j b_j}, \quad (2)$$

где GI_i – GI конкретного гликемического углевода; x_i – содержание i -того гликемического углевода в продукте ($i = 1 \dots m$), %; x_j – содержание j -того негликемического нутриента ($j = 1 \dots n$), %; a_i – поправочный коэффициент: $a_i = 1$ для всех гликемических углеводов, кроме крахмала; для крахмала в зависимости от его вида и происхождения a_i находится в интервале $0 \leq a_i \leq 1$; b_j – коэффициент, отражающий способность негликемических нутриентов понижать GI продукта;

$$GL = \frac{GI \times \text{содержание (г) гликемических углеводов в порции продукта}}{100}. \quad (3)$$

зависимости от возраста ребенка этого количества достаточно, чтобы покрыть от 13,9 до 25,5 % и от 16,1 до 29,8 % физиологической потребности детского организма в пищевых волокнах при употреблении порции (30 г) зерновых батончиков «Морковный» и «Ягодный» соответственно⁷.

Проведенные расчеты показали, что GI зернового батончика «Морковный» равен 64, батончика «Ягодный» – 63, оба имеют средний GI ($56 \leq GI \leq 69$). Незначительная разница между полученными значениями GI объясняется более низким содержанием крахмала в зерновом батончике «Ягодный» по сравнению с «Морковым».

Известно, что экспандированное зерно обладает повышенной пищевой ценностью, в частности за счет декстринизации и клейстеризации крахмала, а также общего повышения водорастворимых веществ, происходящих в процессе баротермической обработки [16].

¹ГОСТ 5900-2014. Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ. М.: Стандартинформ, 2015. 13 с. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293765/4293765282.pdf>

²ГОСТ 5901-2014. Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли золы и металломагнитной примеси. М.: Стандартинформ, 2015. 11 с. URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/cf6/4293765281.pdf>

³ГОСТ 26889-86. Продукты пищевые и вкусовые. Общие указания по определению содержания азота методом Кьельдаля. М.: Стандартинформ, 2010. 8 с. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data/198/19891.pdf>

⁴ГОСТ 23042-2015. Мясо и мясные продукты. Методы определения жира. М.: Стандартинформ, 2016. 11 с. URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/900/4293756023.pdf>

⁵Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 240 с.

⁶Peris-Tortajada M. HPLC Determination of Carbohydrates in Foods. Food Analysis by HPLC. Leo M. L. Nollet, Toldra Fidel. 3rd Edition. Boca Raton: CRC Press, 2012. Ch. 7. Pp. 100, 233. DOI: <https://doi.org/10.1201/b13024-8>

⁷Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. М.: Роспотребнадзор, 2021. 72 с.

Таблица 3 – Химический состав зерновых батончиков «Морковный», «Ягодный» и данные для расчета ГИ и ГН [10, 12] /

Table 3 – Chemical composition of cereal bars “Morkovnyj” and “Yagodnyj” and data for calculating the GI and GN [10, 12]

Нутриент / Nutrient	«Морковный» / “Morkovnyj”	«Ягодный» / “Yagodnyj”	GI _i	b _i
	содержание, г/100 г / content, g/100g			
Влага / Moisture	9,30	9,50	-	0,0
Зола / Ash	0,33	0,65	-	0,1
Белки / Proteins	5,30	5,50	-	0,6
Жиры / Fats	1,08	1,03	-	0,6
Растворимые пищевые волокна / Soluble fiber	8,80	10,00	-	0,3
Нерастворимые пищевые волокна / Insoluble fiber	1,40	1,90	-	0,1
Крахмал / Starch	57,76	52,51	70*	-
Фруктоза / Fructose	4,13	5,28	20	-
Сахароза / Sucrose	3,65	4,29	62	-
Глюкоза / Glucose	8,25	9,34	100	-

Примечания: GI_i – гликемический индекс углевода, b_i – коэффициент, отражающий способность негликемических нутриентов понижать гликемический индекс продукта; * данные из источника [10] /

Notes: GI_i – glycemic index of carbohydrate, b_i – coefficient reflecting the ability of non-glycemic nutrients to lower the glycemic index of the product; * data from source [10]

В зерновом батончике «Морковный» мас-совая доля зерновых компонентов составляет 54,0 %, крахмальной патоки (связующего агента) – 39,6 %, батончике «Ягодный» – 62,0 и 31,0 % соответственно. Полученные значения ГИ ниже ожидаемых, что, вероятно, объясняется наличием в рецептуре источников белков и пищевых волокон (злаки, яблочный порошок и порошок черной смородины). Данная группа веществ способна значительно ограничивать доступность гликемических углеводов, в первую очередь крахмала, для пищеварительных ферментов, снижая их усвояемость и, как следствие, уровень глюкозы в крови и ГИ [8].

Расчет ГН разработанных зерновых батончиков проводили для порции массой 30 г. Установлено, что ГН порции зерновых батончиков «Морковный» и «Ягодный» составляет 14,3 и 13,6 соответственно. Найденные значения ГН, также как и значения ГИ, находятся в интервале средних ($11 \leq GL \leq 19$).

Полученные значения ГИ и ГН позволяют спрогнозировать воздействие порции разрабатываемых изделий на изменение содержания глюкозы в крови. Средний уровень значений показателей ГИ и ГН предполагает, что при потреблении порции безглютенового

зернового батончика возможно достаточно быстро и относительно надолго насытить организм и восстановить запасы энергии.

В таблице 4 приведены данные ряда международных исследований ГИ и ГН зерновых батончиков. Значения ГН представлены для порции батончика массой 30 г [12, 17, 18].

Данные, представленные в таблице 4, свидетельствуют о том, что разработанные зерновые батончики «Морковный» и «Ягодный» соответствуют существующим на рынке аналогам по значениям ГИ и ГН.

Авторы используемой методики заявляют о высокой сходимости результатов с истинными значениями (полученными *in vivo*) ГИ и ГН, при этом расчетные значения являются ориентировочными, они предназначены для оценки качества исследуемого продукта в процессе разработки.

Заключение. Полученные экспериментальные данные химического состава безглютеновых зерновых батончиков указывают на высокое содержание пищевых волокон, а также растительного белка, что обуславливает высокие показатели пищевой ценности разрабатываемого изделия.

Таблица 4 – ГИ и ГН зерновых батончиков /
Table 4 – GI and GL of cereal bars

Наименование / Name	ГИ / GI	ГН / GL
Fibre Plus bar (Uncle Toby's, Australia) [17]	78	18
K-Time Just Right bar (Kellogg's Australia) [17]	72	17
Батончик / Bar [12]	72	14,8
Батончик / Bar [12]	71	14,6
Батончик / Bar [12]	70	14,6
Батончик / Bar [12]	68	13,3
Зерновой батончик* / Cereal bar [18]	66	13,2
Батончик / Bar [12]	66	12,6
Sustain bar (Kellogg's, Australia) [17]	57	14

*В пересчете на порцию 30 г / Per portion of 30 g

Полученные значения ГИ и ГН находятся в интервале средних значений, что также определяет возможное воздействие потребления разрабатываемых изделий на организм человека, позволяя достаточно быстро и относительно надолго насытить организм и восполнить запасы энергии. Показатели ГИ и ГН не являются детерминирующими при оценке качества разработанного продукта, а несут дополнительную

информацию для потребителя в случае наличия дополнительных диетических ограничений.

Разрабатываемая продукция в виде безглютеновых зерновых батончиков на основе экспандированного зерна для детского питания, предназначенная в качестве безопасного перекуса в случаях невозможности обеспечения детей с непереносимостью глютена полноценным питанием.

Список литературы

1. Потапкина Е. П., Мажаева Т. В., Синицына С. В., Козубская В. И., Чугунова О. В., Гращенков Д. В. Интегрированный подход к обеспечению качественного, безопасного и здорового питания школьников. Индустрия питания. 2024;9(1):91–103. DOI: <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2024-9-1-10> EDN: YYGZKT
2. Мажаева Т. В., Дубенко С. Э. Стратегия нутритивной поддержки при организации питания детей дошкольного возраста с пищевой непереносимостью. Индустрия питания. 2023;8(2):31–41. DOI: <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2023-8-2-4> EDN: ECUDJG
3. Ходырева З. Р., Щетинин М. П., Мусина О. Н., Щетинина Е. М., Вайтанис М. А. Разработка суточного рациона питания детей целиакией, находящихся в муниципальных дошкольных образовательных учреждениях. Вопросы питания. 2021;90(2):110–116. DOI: <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-2-110-116> EDN: BGQUTL
4. Бавыкина И. А., Попов В. И., Звягин А. А., Бавыкин Д. В. Безглютеновая диета в терапии внекишечных форм непереносимости глютена. Вопросы питания. 2020;89(2):21–27. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42985970> EDN: XAOGMD
5. Захарова И. Н., Климов Л. Я., Кочнева Л. Д., Гевандова М. Г., Курьянинова В. А., Стоян М. В., Кашников В. С., Иванова А. В., Ягупова А. В., Кашникова С. Н. Социальные аспекты соблюдения безглютеновой диеты детьми и подростками с целиакией. Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2020;65(6):57–64. DOI: <https://doi.org/10.21508/1027-4065-2020-65-6-57-64> EDN: JRQFXD
6. Иващенко Я. С., Осипова Е. Р., Орлова О. Ю., Бойцова Ю. С. Анализ тенденций рынка и изучение спроса на функциональную безглютеновую продукцию. Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». 2022;(3):89–96. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49551764> EDN: LSPWDE
7. Попов В. Г., Хайруллина Н. Г., Садыкова Х. Н. Тенденции использования безглютеновых видов муки в производстве продукции функционального назначения. Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2021;83(1):121–128. DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-1-121-128> EDN: AWOYEE
8. Детское питание: руководство для врачей. Под ред. В. А. Тутельяна, И. Я. Коня. 4-е изд., перераб. и доп. М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2017. 784 с.
9. Драпкина О. М., Дикур О. Н. Избыточный вес и недостаток массы тела: между Сциллой и Харибдой. Артериальная гипертензия. 2009;15(6):633–639. DOI: <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2009-15-6-633-639>
10. Могильный М. П., Шалтумаев Т. Ш., Могильный А. М. Показатели качества продуктов здорового питания. Новые технологии. 2014;(1):33–38. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21519832> EDN: SCXWSL

11. Витол И. С., Мелешкина Е. П., Дубцова Г. Н. К вопросу определения гликемического индекса по глюкозе. *Пищевые системы*. 2021;4(1):40–44. DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-1-40-44> EDN: OWXLBF
12. Rytz A., Adeline D., Lê K. A., Tan D., Lamothe L., Roger O., Macé K. Predicting Glycemic Index and Glycemic Load from Macronutrients to Accelerate Development of Foods and Beverages with Lower Glucose Responses. *Nutrients*. 2019;11(5):1172. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu11051172>
13. Monnard C., Rytz A., Tudorica C. M., Fiore G. L., Do T. A. L., Bhaskaran K., Macé K., Shahkhalili Y. Nutritional Composition of Infant Cereal Prototypes Can Precisely Predict Their Glycemic Index. *Nutrients*. 2022;14(18):3702. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu14183702>
14. Урубков С. А., Смирнов С. О., Будова А. В., Соколова Е. Н., Юраскина Т. В. Аминокислотный состав экспандированного зерна безглютеновых культур. *Вопросы детской диетологии*. 2024;22(2):96–101. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=67314018> EDN: IYABFU
15. Урубков С. А., Будова А. В., Смирнов С. О. Анализ качества безглютеновых батончиков на основе экспандированного зерна. *Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции: сб. ст. по мат-лам VII Международ. научн.-практ. конф., посвящ. 20-летию кафедры технологии хранения и переработки животноводческой продукции Кубанского ГАУ*. Краснодар: Кубанский ГАУ им. И. Т. Трубилина, 2023. С. 21–26. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=jmukgb> EDN: JMUKGB
16. Горун Е. Г., Потапов В. Д. *Технология и оборудование производства сухих завтраков*. М.: Пищевая промышленность, 1972. 144 с.
17. Foster-Powell K., Holt S. H., Brand-Miller J. C. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2002;76(1):5–56. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/ajcn/76.1.5>
18. Zambrano R., Granito M., Valero Y. Respuesta glicémica al consumo de una barra de cereales-leguminosa (*Phaseolus vulgaris*) en individuos sanos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 2013;63(2):134–141. URL: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222013000200004

References

1. Potapkina E. P., Mazhaeva T. V., Sinitsyna S. V., Kozubskaya V. I., Chugunova O. V., Grashchenkov D. V. An integrated approach to the high-quality, safe and healthy nutrition provision for schoolchildren. *Industriya pitaniya = Food Industry*. 2024;9(1):91–103. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2024-9-1-10>
2. Mazhaeva T. V., Dubenko S. E. Nutriative support strategy in the catering of preschool children with the food intolerance. *Industriya pitaniya = Food Industry*. 2023;8(2):31–41. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2023-8-2-4>
3. Khodyreva Z. R., Schetinina M. P., Musina O. N., Schetinina E. M., Vaytanis M. A. Development of a daily diet for children with celiac disease in municipal pre-school educational institutions. *Voprosy pitaniya = Problems of Nutrition*. 2021;90(2):110–116. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-2-110-116>
4. Bavykina I. A., Popov V. I., Zvyagin A. A., Bavykin D. V. Gluten-free diet in the treatment of extra-intestinal forms of gluten intolerance. *Voprosy pitaniya = Problems of Nutrition*. 2020;89(2):21–27. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42985970>
5. Zakharova I. N., Klimov L. J., Kochneva L. D., Gevandova M. G., Kuryaninova V. A., Stoyan M. V., Kashnikov V. S., Ivanova A. V., Jagupova A. V., Kashnikova S. N. Social Aspects of Adherence to Gluten-Free Diet for Children and Adolescents with Celiac Disease. *Rossiyskiy Vestnik Perinatologii i Pediatrii = Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics*. 2020;65(6):57–64. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21508/1027-4065-2020-65-6-57-64>
6. Ivashchenko Ya. S., Osipova E. R., Orlova O. Yu., Boytsova Yu. S. Market trend analysis and demand study for functional gluten-free products. *Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya «Ekonomika i ekologicheskiy menedzhment» = Scientific journal NRU ITMO Series «Economics and Environmental Management»*. 2022;(3):89–96. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49551764>
7. Popov V. G., Hajrullina N. G., Sadykova H. N. Trends in the use of gluten-free flours in the production of functional products. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologiy = Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2021;83(1):121–128. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-1-121-128>
8. Baby food: a guide for doctors. *Pod red. V. A. Tutelyana, I. Ya. Konya. 4-e izd., pererab. i dop.* Moscow: OOO «Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo», 2017. 784 p.
9. Drapkina O. M., Dikur O. N. Underweight and overweight: between Scylla and Charybdis. *Arterial'naya Gipertenziya = Arterial Hypertension*. 2009;15(6):633–639. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2009-15-6-633-639>
10. Mogilnyy M. P., Shaltumaev T. Sh., Mogilnyy A. M. Quality indicators of healthy foods. *Novye tekhnologii = New technologies*. 2014;(1):33–38. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21519832>
11. Vitol I. S., Meleshkina E. P., Dubtsova G. N. To the question of determining glycemic index by glucose. *Pishchevye sistemy = Food systems*. 2021;4(1):40–44. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-1-40-44>
12. Rytz A., Adeline D., Lê K. A., Tan D., Lamothe L., Roger O., Macé K. Predicting Glycemic Index and Glycemic Load from Macronutrients to Accelerate Development of Foods and Beverages with Lower Glucose Responses. *Nutrients*. 2019;11(5):1172. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu11051172>

13. Monnard C., Rytz A., Tudorica C. M., Fiore G. L., Do T. A. L., Bhaskaran K., Macé K., Shahkhalili Y. Nutritional Composition of Infant Cereal Prototypes Can Precisely Predict Their Glycemic Index. *Nutrients*. 2022;14(18):3702. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu14183702>
14. Urubkov S. A., Smirnov S. O., Budova A. V., Sokolova E. N., Yuraskina T. V. Amino acid composition of expanded grains of gluten-free crops. *Voprosy detskoj dietologii* = Pediatric Nutrition. 2024;22(2):96–101. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=67314018>
15. Urubkov S. A., Budova A. V., Smirnov S. O. Analysis of the quality of gluten-free bars based on expanded grains. Modern aspects of the production and processing of agricultural products: collection of articles on the materials of the VII International scientific and practical conference dedicated to the 20th anniversary of the Department of technology of storage and processing of livestock products of the Kuban State Agrarian University. Krasnodar: *Kubanskiy GAU im. I. T. Trubilina*, 2023. pp. 21–26. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=jmukgb>
16. Gorun E. G., Potapov V. D. Technology and equipment for the production of breakfast cereals. Moscow: *Pishchevaya promyshlennost'*, 1972. 144 p.
17. Foster-Powell K., Holt S. H., Brand-Miller J. C. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2002;76(1):5–56. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/ajcn/76.1.5>
18. Zambrano R., Granito M., Valero Y. Respuesta glicémica al consumo de una barra de cereales-leguminosa (*Phaseolus vulgaris*) en individuos sanos. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*. 2013;63(2):134–141. URL: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222013000200004

Сведения об авторах

✉ **Будова Анна Владимировна**, ведущий инженер отдела детского и диетического питания, Научно-исследовательский институт пищевого концентрата промышленности и специальной пищевой технологии – филиал ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», п. Измайлово, д. 22, Ленинский р-н, Московская обл., Российская Федерация, 142718, e-mail: gnumiipspt@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4951-2897>, e-mail: budova.anna@gmail.com

Урубков Сергей Александрович, кандидат техн. наук, старший научный сотрудник отдела детского и диетического питания, Научно-исследовательский институт пищевого концентрата промышленности и специальной пищевой технологии – филиал ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», п. Измайлово, д. 22, Ленинский р-н, Московская обл., Российская Федерация, 142718, e-mail: gnumiipspt@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2292-8649>

Смирнов Станислав Олегович, кандидат техн. наук, зам. директора по научной работе, Научно-исследовательский институт пищевого концентрата промышленности и специальной пищевой технологии – филиал ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», п. Измайлово, д. 22, Ленинский р-н, Московская обл., Российская Федерация, 142718, e-mail: gnumiipspt@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8073-1238>

Information about the authors

✉ **Anna V. Budova**, leading engineer, Department of children's and dietary nutrition, Research Institute of Food-concentrate Industry and Special Food Technology – Branch «Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety», 22, Izmailovo, Leninsky district, Moscow region, Russian Federation, 142718, e-mail: gnumiipspt@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4951-2897>, e-mail: budova.anna@gmail.com

Sergey A. Urubkov, PhD in Engineering, senior researcher, Department of children's and dietary nutrition, Research Institute of Food-concentrate Industry and Special Food Technology – Branch «Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety», 22, Izmailovo, Leninsky district, Moscow region, Russian Federation, 142718, e-mail: gnumiipspt@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2292-8649>

Stanislav O. Smirnov, PhD in Engineering, Deputy Director, Research Institute of Food-concentrate Industry and Special Food Technology – Branch «Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety», 22, Izmailovo, Leninsky district, Moscow region, Russian Federation, 142718, e-mail: gnumiipspt@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8073-1238>

✉ – Для контактов / Corresponding author