

Обоснование нетрадиционного белоксодержащего сырья для конструирования рецептур молочного шоколада с повышенной биологической ценностью

Н. В. Линовская, Э. В. Мазукабзова*, О. С. Руденко, Т. В. Савенкова

**Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности – филиал
Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, г. Москва, Россия;
e-mail: ryabkovaella@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2884-6767>*

Информация о статье Реферат

Поступила в редакцию
07.07.2020

Ключевые слова:

молочный шоколад,
нетрадиционное сырье,
аминокислотный скор,
белок,
биологическая ценность

Молочный шоколад пользуется особой популярностью у различных возрастных групп населения. Для него характерно невысокое содержание белков при большом количестве жиров и углеводов, что определяет пищевую несбалансированность продукта. В условиях дефицита полноценных животных белков подбор качественных белоксодержащих ингредиентов для производства продуктов питания весьма актуален. Цель работы – изучение белковой адекватности различных компонентов молочного шоколада для повышения его биологической ценности. Биологическую ценность белков оценивали методом аминокислотных шкал, основанном на определении аминокислотного (химического) сора. Установлено, что лимитирующей биологическую ценность аминокислотой для классических белоксодержащих сырьевых компонентов молочного шоколада (какао-продукты и молоко сухое) является метионин + цистеин. Для конструирования рецептур шоколада с повышенной биологической ценностью целесообразно использование белоксодержащего сырья (концентрат сывороточного белка, овсяная мука и т. д.), позволяющего компенсировать лимитирующие аминокислоты. Рассчитан показатель утилитарности аминокислот белков сырьевых компонентов молочного шоколада. На основе данного показателя установлен коэффициент утилитарности аминокислотного состава сырья, характеризующий сбалансированность незаменимых аминокислот. Определена биологическая ценность белка и коэффициент разбалансированности аминокислотного состава. Отмечено, что аминокислотный состав концентратов молочного и сывороточного белка наиболее сбалансирован по сравнению с аминокислотным составом традиционных белоксодержащих сырьевых компонентов молочного шоколада. Лимитирующей кислотой концентрата сывороточного белка является валин, что делает его использование в производстве шоколадных изделий более привлекательным по сравнению с концентратом молочного белка (лимитирующая аминокислота – метионин + цистеин). В группе растительного нетрадиционного сырья наилучшими показателями биологической ценности характеризуются мука овсяная и мука гречневая. Аминокислотная адекватность овсяной муки сопоставима с качественными белковыми показателями какао-продуктов (лимитирующая аминокислота – лизин). Для гречневой муки характерна наименьшая разбалансированность аминокислотного состава, что отличает белки данного сырья наиболее высокой степенью усвояемости по сравнению с белками всех изученных белоксодержащих компонентов молочного шоколада.

Для цитирования

Линовская Н. В. и др. Обоснование нетрадиционного белоксодержащего сырья для конструирования рецептур молочного шоколада с повышенной биологической ценностью. Вестник МГТУ. 2020. Т. 23, № 3. С. 205–213. DOI: 10.21443/1560-9278-2020-23-3-205-213.

Justification of unconventional protein-containing raw materials for the construction of milk chocolate formulas with increased biological value

Nataliya V. Linovskaya, Ella V. Mazukabzova*, Oksana S. Rudenko, Tatyana V. Savenkova

**Scientific Research Institute of Confectionery Industry – Branch of V. M. Gorbatova Federal Research Center
for Food Systems of RAS, Moscow, Russia;*

e-mail: ryabkovaella@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2884-6767>

Article info

Received
07.07.2020

Key words:

milk chocolate,
unconventional raw
materials,
amino acids score,
protein,
biological value

Abstract

Milk chocolate is particularly popular with different age groups. It is characterized by low protein content with a large amount of fats and carbohydrates determining the food imbalance of the product. In conditions of high-grade animal proteins deficiency the selection of high-quality protein-containing ingredients for food production is very relevant. The aim of this work is to study the protein adequacy of various components of milk chocolate to enhance its biological value. The amino acid scale method has been used to assess the biological value of proteins; it is based on the determination of amino acid (chemical) score. It has been found that the limiting biological value amino acid for classical white raw ingredients of milk chocolate (cocoa products and milk powder) is methionine + cysteine. For constructing chocolate formulas with increased biological value it is advisable to use protein-containing raw materials (whey protein concentrate, oat flour, etc.) to compensate for the limiting amino acids. The indicator of amino acids utilitarianity of proteins of raw milk chocolate components has been calculated. On the basis of the utilitarian index we have established the coefficient of utilitarianity of the amino acid composition of the raw materials characterizing essential amino acids' balance. We have determined the biological value of protein and the amino acid composition imbalance coefficient. It has been found that the amino acid composition of milk and whey protein concentrates is most balanced compared to the amino acid composition of traditional protein-containing raw components of milk chocolate. The limiting acid of whey protein concentrate is valine, which makes its use in the manufacture of chocolate products more attractive compared to milk protein concentrate (the limiting amino acid is methionine + cysteine). In the group of vegetable non-conventional raw materials oat and buckwheat flour are characterized by the best indicators of biological value. The amino acid adequacy of oat flour is comparable to the qualitative protein indicators of cocoa products, the limiting amino acid is lysine. Buckwheat flour is characterized by the smallest imbalance in amino acid composition, which distinguishes the proteins of this raw material with the highest degree of digestibility compared with the proteins of all the studied protein-containing components of milk chocolate.

For citation

Linovskaya, N. V. et al. 2020. Justification of unconventional protein-containing raw materials for the construction of milk chocolate formulas with increased biological value. *Vestnik of MSTU*, 23(3), pp. 205–213. (In Russ.) DOI: 10.21443/1560-9278-2020-23-3-205-213.

Введение

Питание человека – основной фактор, определяющий физическое и умственное развитие человека, сопротивляемость организма негативным воздействиям, его трудоспособность, продолжительность жизни и т. п. (Рогов и др., 2007; Нельсон и др., 2017). Анализ структуры питания населения России свидетельствует о том, что в ежедневном рационе большинства жителей присутствуют кондитерские изделия, причем шоколадная продукция составляет более 30 % от общего объема потребляемых кондитерских изделий. Наибольшей популярностью среди потребителей пользуется молочный шоколад, характеризующийся разнообразием рецептур. С учетом концепции государственной политики в области здорового питания и необходимости увеличения белка в рационе питания потребителей расширение ассортимента и улучшение качества шоколадных изделий за счет использования современных нетрадиционных белоксодержащих ингредиентов является чрезвычайно важной задачей.

В соответствии с ГОСТ 31721-2012 "Шоколад. Общие технические условия"¹ молочный шоколад представляет собой кондитерское изделие, получаемое на основе какао-продуктов, сахара, молока и/или продуктов его переработки, в составе которого не менее 25 % общего сухого остатка какао-продуктов, не менее 2,5 % сухого обезжиренного остатка какао-продуктов, не менее 12 % сухих веществ молока и/или продуктов его переработки, не менее 2,5 % молочного жира и не менее 25 % общего жира.

Анализ унифицированной рецептуры молочного шоколада (табл. 1) показал, что при несбалансированном составе продукт обладает высокой энергетической ценностью: содержит большое количество добавленного сахара – 44,5 %, жира – 34,1 %, вместе с тем белка – 6,3 %.

Таблица 1. Унифицированная рецептура молочного шоколада
Table 1. Unified milk chocolate formulation

Наименование сырьевого компонента	Содержание компонента в продукте, %
Сахар	44,5
Какао тертое	13,5
Масло какао	18,9
Молоко сухое	10,1
Сливки сухие	12,7
Лецитин	0,3
ИТОГО	100
Массовая доля, %:	
– добавленного сахара	44,5
– жира	34,1
– сухого обезжиренного остатка какао	6,2
– сухого остатка молока	15,0
– молочного жира	7,8
– белка	6,3

Белок является одним из важнейших компонентов пищи человека, строительным материалом клеток, входит в состав их мембран и межклеточного вещества. Альбумины и глобулины, составляющие до 90 % белка, необходимы организму для синтеза гемоглобина и гормонов, плазмы крови. Если жиры и углеводы в той или иной степени взаимозаменяемы, то белки компенсировать чем-либо невозможно (Рогов и др., 2007).

Норма потребления белка согласно данным ФАО/ВОЗ для взрослого человека составляет 12–15 % от общей калорийности суточного рациона (90–100 г), в том числе 60–70 % белка животного происхождения. Однако 95 % населения земного шара испытывает белковый дефицит (Рогов и др., 2007).

Пищевая ценность белков определяется их усвояемостью и составом незаменимых аминокислот. Для взрослых людей необходимое суточное потребление незаменимых аминокислот (рис. 1) варьируется от 1 г (для триптофана) до 5–6 г (для лейцина и лизина) (Рогов и др., 2007).

Белки, содержащие в своем составе все необходимые аминокислоты, считаются полноценными. Белки, в которых отсутствует одна или несколько незаменимых аминокислот, являются неполноценными. Чаще всего встречается качественное белковое голодание, связанное с нарушением соотношения аминокислот. Недостаток в пище одной незаменимой аминокислоты ведет к неполному усвоению других аминокислот (Рогов и др., 2007; Нельсон и др., 2017).

¹ ГОСТ 31721-2012. Шоколад. Общие технические условия. М., 2013.

По современным представлениям под биологической ценностью белков понимается зависящая от их аминокислотного состава степень задержки азота в организме или эффективность его утилизации для поддержания азотистого равновесия у взрослых (Рогов и др., 2007; Нельсон и др., 2017).

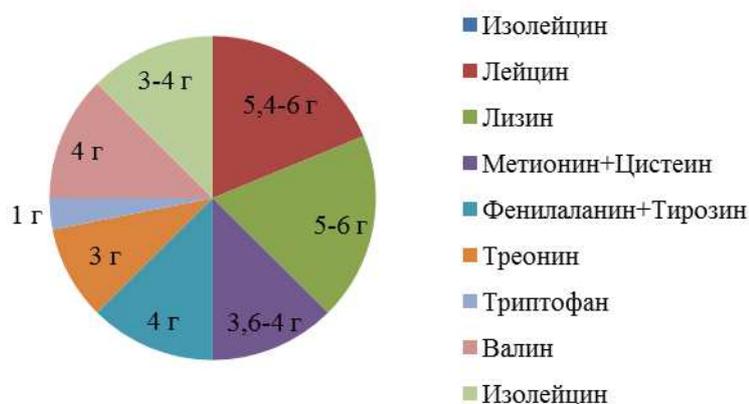


Рис. 1. Суточная потребность взрослого человека в незаменимых аминокислотах г/100 г белка
Fig. 1. Daily requirement of an adult in essential amino acids g/100 g protein

Для определения биологической ценности белков наибольшее распространение получили методы аминокислотных шкал, основанные на использовании аминокислотного (химического) сора. При этом аминокислотный сора продукта сравнивают с аминокислотным сора "идеального" белка, полностью удовлетворяющего потребности организма (Рогов и др., 2007; Лисицын и др., 2016; Никитина и др., 2014а; 2014б; Ткешелашвили и др., 2019). С учетом аминокислотного сора, массовая доля полноценного белка в кондитерских изделиях значительно снижается для некоторых групп (рис. 2).

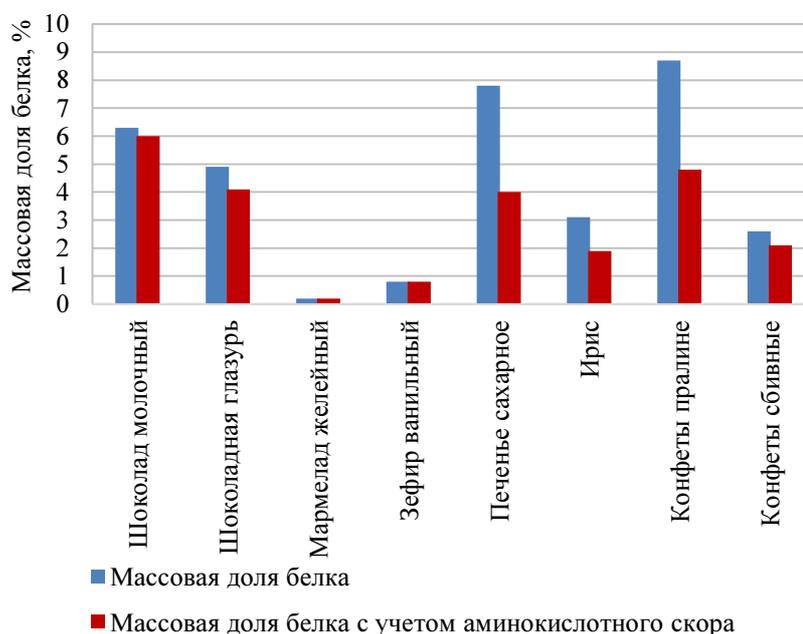


Рис. 2. Содержание белка в кондитерских изделиях
Fig. 2. Protein content in confectionery products

Растительные белки из-за отсутствия в их составе многих незаменимых аминокислот не могут полностью заменить животные. Однако рациональное питание подразумевает сочетание животных и растительных продуктов, улучшающее сбалансированность аминокислот. Кроме того, растительные белки оказывают влияние на органолептические показатели готового продукта: цвет, вкус и текстуру. В работах российских и зарубежных ученых отмечено, что достижение уровня сбалансированности состава пищевых продуктов

возможно только за счет их многокомпонентности (Ткешелашвили и др., 2019; Савченко и др., 2017; Крылова и др., 2018; Горлов и др., 2014; Acevedo-Pacheco et al., 2016; Jimoh et al., 2018).

В состав молочного шоколада входят белоксодержащие компоненты как животного (сухие молочные продукты), так и растительного (какао-продукты) происхождения. Биологическая ценность шоколада определяется аминокислотным составом белоксодержащих компонентов, входящих в его состав. Традиционными ингредиентами молочного шоколада являются какао тертое, какао-порошок, молоко сухое и сливки сухие с содержанием белка в них от 13,5 до 26,3 %.

Цель исследования – изучение белковой адекватности различных компонентов молочного шоколада для повышения его биологической ценности.

Материалы и методы

Объектами исследования являлись какао-продукты, молоко сухое, концентрат молочного белка, концентрат сывороточного белка, мука гречневая, мука овсяная, мука гороховая.

Для оценки биологической ценности белков использовали метод аминокислотных шкал (Рогов и др., 2007). Метод основан на определении аминокислотного (химического) сора.

Аминокислотный сор – AC_i – рассчитывали по формуле

$$AC_i = \frac{Ak_i}{Ak_c} \times 100, \quad (1)$$

где Ak_i – содержание незаменимой аминокислоты в 1 г исследуемого белка, мг; Ak_c – содержание той же аминокислоты в 1 г "идеального" белка, мг; 100 – коэффициент пересчета, %.

Показатель утилитарности аминокислот белков определяли по формуле

$$a_j = \frac{AC_{\min}}{AC_j}, \quad (2)$$

где AC_{\min} – минимальный сор незаменимых аминокислот оцениваемого белка по отношению к эталону, % или доли единицы; AC_j – сор j -й незаменимой аминокислоты по отношению к ее массовой доле в эталоне, % или доли единицы.

Коэффициент утилитарности аминокислотного состава рассчитывали по формуле

$$U = \frac{\sum_{j=1}^k (A_j a_j)}{\sum_{j=1}^k A_j}, \quad (3)$$

где a_j – утилитарность содержания j -й аминокислоты в белке продукта; A_j – массовая доля j -й аминокислоты, г на 100 г белка.

Биологическую ценность белка определяли по формуле

$$БЦ = 100 - КРАС, \quad (4)$$

где КРАС – коэффициент разбалансированности аминокислотного состава, численно характеризующий разбалансированность незаменимых аминокислот по отношению к физиологически необходимой норме (эталону), доли единиц

$$КРАС = \frac{\sum_{j=1}^k A_j - \sum_{j=1}^k (A_j a_j)}{\sum_{j=1}^k A_j}. \quad (5)$$

Показатель сопоставимой избыточности (σ_c) рассчитывали по формуле

$$\sigma_c = \frac{\sigma_m}{\sigma_{\min}}, \quad (6)$$

где σ_m – показатель избыточного содержания незаменимых аминокислот, г; σ_{\min} – минимальный из соров незаменимых аминокислот белка по отношению к эталону, %.

Общее количество незаменимых аминокислот, которое из-за несбалансированности по отношению к эталону не может быть утилизировано организмом, отнесенное к 100 г белка, можно рассчитать по формуле

$$\sigma_n = \sum_{j=1}^k \{A_j \times (100 - a_j)\}. \quad (7)$$

Математическую обработку данных проводили в программе Excel 2010.

Информационной базой для исследования послужили справочные материалы по химическому составу, приведенные в справочниках² (Нельсон и др., 2017; Скурихин и др., 2007; Химический..., 2006; Кузнецова и др., 2006), рецептуры шоколада типовые³.

Исследования выполнены на базе Всероссийского научно-исследовательского института кондитерской промышленности – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН.

Результаты и обсуждение

В процессе исследования был проанализирован аминокислотный состав и рассчитан по формуле (1) аминокислотный скор классических белоксодержащих компонентов молочного шоколада, а также нетрадиционных ингредиентов: концентратов молочного и сывороточного белка, различных видов муки с целью оценки возможности их использования в производстве шоколадной продукции с повышенной биологической ценностью (табл. 2).

Таблица 2. Содержание незаменимых аминокислот в сырьевых компонентах молочного шоколада и нетрадиционном белоксодержащем сырье и их аминокислотный скор
Table 2. Content of essential amino acids in raw milk chocolate and non-traditional protein containing raw materials and their amino acid score

Незаменимые аминокислоты	Содержание аминокислоты, г на 100 г белка сырьевого компонента / аминокислотный скор							
	"Идеальный" белок по шкале ФАО/ВОЗ	Традиционные сырьевые компоненты молочного шоколада		Нетрадиционные сырьевые компоненты молочного шоколада				
		Какао тертое / какао-порошок	Молоко сухое	Концентрат молочного белка	Концентрат сывороточного белка	Мука гречневая	Мука овсяная	Мука гороховая
Валин (Val)	5,0	6,0/120	6,7/134	6,0/120	5,1/102	5,2/104	6,2/124	4,9/98
Изолейцин (Ile)	4,0	3,9/97,5	6,1/150	5,0/125	5,5/137,5	3,7/92,5	4,6/115	5,3/132,5
Лейцин (Leu)	7,0	6,1/87,1	9,8/140	9,3/132,9	12,3/175,7	6,3/90	8,7/124,3	8,0/114,3
Лизин (Lys)	5,5	5,0/90,9	7,9/143,6	8,0/145,5	9,4/170,9	5,1/92,7	3,9/70,9	7,6/138,2
Метионин+цистеин (Met+Cys)	3,5	2,2/62,9	3,4/97,1	3,3/94,3	4,0/114,3	3,0/85,7	4,6/131,4	2,2/62,9
Треонин (Thr)	4,0	4/100	4,5/112,5	4,2/105,5	5,2/130,0	3,8/95	3,1/77,5	4,1/102,5
Триптофан (Trp)	1,0	1,5/150	1,4/140	1,3/130	2,9/290	1,4/140	2,1/210	1,3/130,5
Фенилаланин+тирозин (Phe+Tyr)	6,0	8,6/143,3	9,7/161,7	9,8/163,3	6,5/108,3	5,8/96,7	9,3/155	8,3/138,3
Лимитирующая аминокислота	–	Met+Cys	Met+Cys	Met+Cys	Val	Met+Cys	Lys	Met+Cys

Были определены лимитирующие биологическую ценность аминокислоты, скор которых имеет наименьшее значение. Выявлено, что для классических белоксодержащих сырьевых компонентов молочного шоколада (какао-продукты и молоко сухое) лимитирующей аминокислотой является метионин + цистеин.

Для конструирования рецептур шоколада с повышенной биологической ценностью целесообразно использование белоксодержащего сырья, позволяющего компенсировать лимитирующие аминокислоты. Для нетрадиционных ингредиентов молочного шоколада характерна вариация вида лимитирующей

² Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Nutrient Data Laboratory. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 28. Version Current: September, 2015.

³ Рецептуры на шоколад и какао-порошок. URL: <https://kondidoc.com/handbooks/16>.

аминокислоты: в концентрате молочного белка (КМБ), в гречневой и гороховой муке – метионин + цистеин, в концентрате сывороточного белка (КСБ) – валин, в овсяной муке – лизин.

С целью определения возможности утилизации аминокислот организмом человека, которая предопределена минимальным скором одной из них, рассчитали по формуле (2) показатель утилитарности аминокислот белков классических и нетрадиционных сырьевых компонентов молочного шоколада (рис. 3).

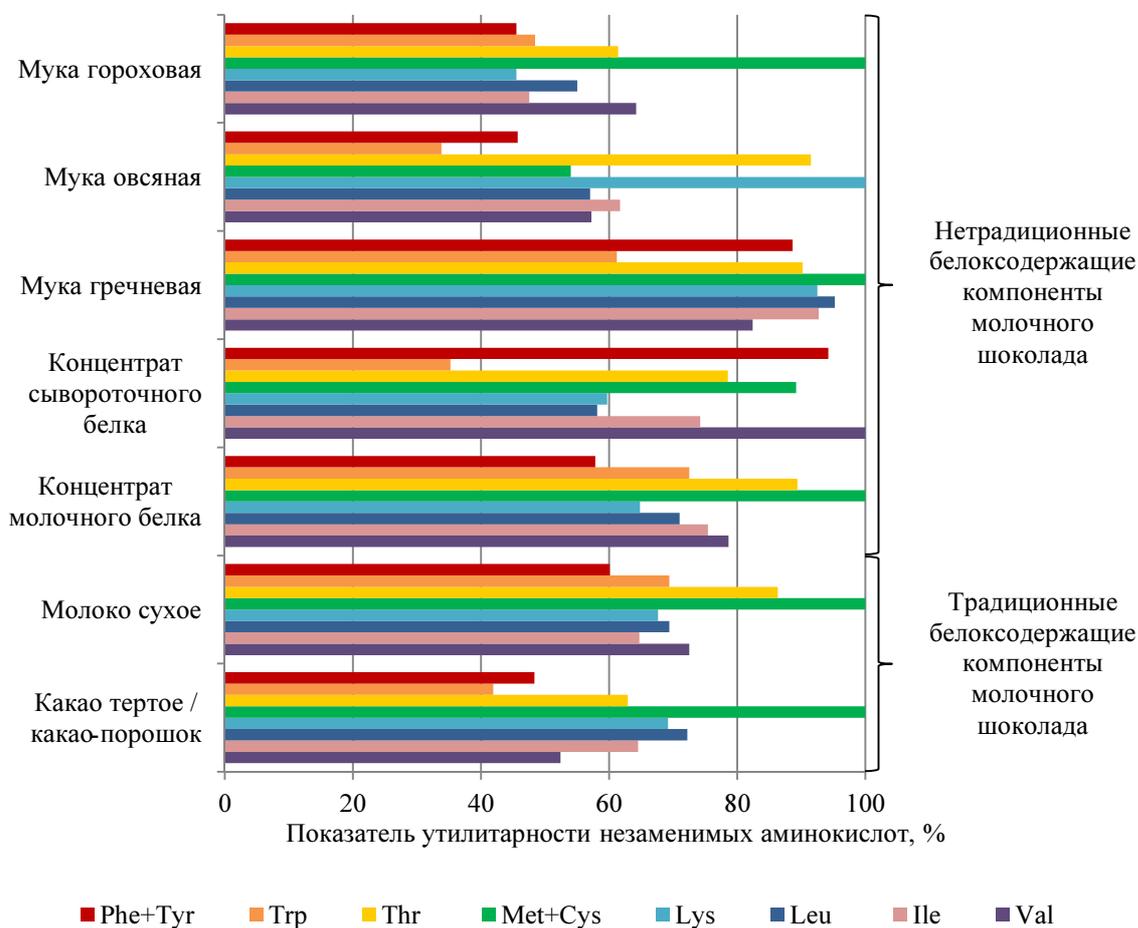


Рис. 3. Показатель утилитарности аминокислотного состава белоксодержащих ингредиентов молочного шоколада

Fig. 3. Utility indicator of the amino acid composition of protein-containing milk chocolate ingredients

Показатель утилитарности аминокислот какао тертого и какао-порошка показал несбалансированность аминокислотного состава по отношению к физиологически необходимой норме. По некоторым аминокислотам он составил менее 50 %, а именно: показатель утилитарности для триптофана составил 41,9 %, для фенилаланина + тирозина – 48,3 %. Оценка данного показателя нетрадиционных сырьевых компонентов подтвердила, что показатель утилитарности по триптофану для муки гречневой составил 61,2 %, для концентрата молочного белка – 72,5 %, т. е. выше, чем для молока сухого. Показатель утилитарности по паре аминокислот фенилаланин + тирозин составил более 90 % для концентрата сывороточного белка и почти 90 % – для муки гречневой. Таким образом, сбалансировать аминокислотный состав белка молочного шоколада позволит добавление в его состав нетрадиционных белоксодержащих компонентов, таких как концентрат сывороточного и молочного белков, муки гречневой.

Для качественной оценки сбалансированности незаменимых аминокислот в сравниваемых белках рассчитали коэффициент утилитарности аминокислотного состава по формуле (3), используя показатель утилитарности. Для анализа средней величины избытка аминокислотного сора незаменимых аминокислот, неиспользуемых на пластические нужды организма, определили по формуле (5) коэффициент разбалансированности аминокислотного состава (КРАС). Это позволило оценить биологическую ценность (БЦ) белка каждого сырьевого компонента по формуле (4). Для оценки суммарной массы избытка незаменимых аминокислот, которые не используются для синтеза белка, а служат источником энергии в процессе метаболизма, рассчитали по формуле (6) показатель сопоставимой избыточности (σ_c , г) (табл. 3).

Таблица 3. Показатели качества белка сырьевых компонентов молочного шоколада
Table 3. Quality indicators of protein raw materials of milk chocolate

Показатели	Традиционные сырьевые компоненты		Нетрадиционные сырьевые компоненты				
	Какао тертое/ какао-порошок	Молоко сухое	Концентрат молочного белка	Концентрат сывороточного белка	Мука гречневая	Мука овсяная	Мука гороховая
U , доли ед.	0,68	0,71	0,72	0,72	0,91	0,61	0,55
КРАС, доли ед.	0,32	0,29	0,28	0,28	0,09	0,39	0,45
σ_c , г	22,8	15,0	13,7	13,9	3,6	23,9	30,2
БЦ, %	68	71	72	72	91	61	55

Коэффициент утилитарности аминокислотного состава концентрата молочного и сывороточного белка составил 0,72, белка муки гречневой – 0,91, что достаточно полно отражает сбалансированность незаменимых аминокислот по отношению к эталону, так как чем выше значение коэффициента утилитарности (в идеале $U = 1$), тем рациональнее могут быть использованы незаменимые аминокислоты организмом. В то же время утилитарность белка овсяной и гороховой муки значительно ниже единицы, следовательно, незаменимые аминокислоты используются менее рационально по сравнению с концентратом молочного и сывороточного белков и белком гречневой муки.

Коэффициент разбалансированности аминокислотного состава был минимален у муки гречневой и равен 0,09. При этом показатель сопоставимой избыточности также имел наименьшее значение среди исследованных сырьевых компонентов и составил 3,6 г. Поэтому биологическая ценность гречневой муки максимальна среди проанализированных видов белоксодержащего сырья.

Заключение

Проведенные исследования позволили установить, что аминокислотный состав концентратов молочного и сывороточного белков ($U = 0,72$, БЦ = 72 %) наиболее сбалансирован по сравнению с аминокислотным составом традиционных белоксодержащих сырьевых компонентов молочного шоколада. Так как в концентрате сывороточного белка лимитирующей аминокислотой является валин, а не метионин + цистеин, это делает его использование в производстве шоколадных изделий более привлекательным по сравнению с концентратом молочного белка.

В группе растительного нетрадиционного сырья наилучшие формализованные показатели биологической ценности имели мука овсяная ($U = 0,61$, БЦ = 61 %) и мука гречневая ($U = 0,91$, БЦ = 91 %).

Аминокислотная адекватность овсяной муки тождественна качественным белковым показателям какао-продуктов (КРАС = 0,39 и 0,32 соответственно). Однако вследствие различия данных ингредиентов по химическому скору (лимитирующая кислота овсяной муки – лизин), использование овсяных белков наряду с белками какао в производстве шоколадной продукции весьма перспективно.

Необходимо отметить, что для гречневой муки характерна наименьшая разбалансированность аминокислотного состава (КРАС = 0,09), следовательно, белки данного сырья отличаются наиболее высокой степенью усвояемости по сравнению с белками всех изученных белоксодержащих компонентов молочного шоколада.

В ходе исследования также было установлено, что использование концентрата сывороточного белка в производстве молочного шоколада с целью повышения его биологической ценности является весьма целесообразным, поскольку коэффициент утилитарности его аминокислотного состава – 0,72 при биологической ценности 72 %. Это позволяет сбалансировать аминокислотный состав за счет того, что лимитирующей аминокислотой является валин, а не метионин + цистеин. Кроме того, белки овса и гречихи – перспективные компоненты для расширения традиционного ассортимента молочного шоколада при условии соблюдения требований к составу продукта согласно нормативной документации.

Библиографический список

- Горлов И. Ф., Нелепов Ю. Н., Сложенкина М. И., Коровина Е. Ю. [и др.]. Разработка новых функциональных продуктов на основе использования пророщенного нута // Все о мясе. 2014. № 1. С. 28–31.
- Крылова Э. Н., Савенкова Т. В., Руденко О. С., Маврина Е. Н. Использование молочного белка в производстве жележных изделий // Техника и технология пищевых производств. 2018. Т. 48, № 3. С. 58–64. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-58-64>.
- Кузнецова В. В., Шилер Г. Г. Использование сухих молочных компонентов в пищевой промышленности : справочник. СПб. : Гиорд, 2006. 474 с.

- Лисицын А. Б., Никитина М. А., Сусь Е. Б. Оценка качества белка с использованием компьютерных технологий // Пищевая промышленность. 2016. № 1. С. 26–29.
- Нельсон Д., Кокс М. Основы биохимии Ленинджера : в 3 т. М. : Лаб. знаний, 2017. Т. 1 : Основы биохимии, строение и катализ. 694 с.
- Никитина М. А., Сусь Е. Б. Компьютерная система расчета нутриентной адекватности // Мясная индустрия. 2014а. № 12. С. 25–27.
- Никитина М. А., Сусь Е. Б., Завгороднева Д. В. Информационные технологии в разработке многокомпонентных мясных продуктов с учетом биологической ценности // Все о мясе. 2014б. № 4. С. 48–51.
- Рогов И. А., Антипова Л. В., Дунченко Н. И. Химия пищи. М. : Колос, 2007. 384 с.
- Савченко И. В., Скорбина Е. А. Обогащение хлебобулочных изделий растительным белком [Электронный ресурс] // Перспективы производства продуктов питания нового поколения : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвященной памяти Сапрыгина Г. П. Омск, 13–14 марта 2017 г. Омск : ФГБОУ ВО Омский ГАУ. С. 421–423.
- Скурихин И. М., Тутельян В. А. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания: справочник. М. : ДеЛи принт, 2007. 275 с.
- Ткешелашвили М. Е., Бобожонова Г. А., Сорокина А. В. Разработка кондитерских изделий, обогащенных белком // Хранение и переработка сельхозсырья. 2019. № 1. С. 57–65.
- Химический состав и энергетическая ценность пищевых продуктов : справочник МакКанса и Уиддоусона / под общ. ред. А. К. Батурина. СПб. : Профессия, 2006. 415 с.
- Acevedo-Pacheco L., Serna-Saldivar S. O. *In vivo* protein quality of selected cereal-based staple foods enriched with soybean proteins // Food & Nutrition Research. 2016. Vol. 60. P. 31382. DOI: <http://dx.doi.org/10.3402/fnr.v60.31382>.
- Jimoh M. O., Afolayan A. J., Lewu F. B. Suitability of *Amaranthus* species for alleviating human dietary deficiencies // South African Journal of Botany. 2018. Vol. 115. P. 65–73. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.01.004>.

References

- Gorlov, I. F., Nelepov, Yu. N., Slozhenkina, M. I., Korovina, E. Yu. et al. 2014. Development of new functional products based on the use of sprouted chickpeas. *Vsyo o myase*, 1, pp. 28–31. (In Russ.)
- Krylova, E. N., Savenkova, T. V., Rudenko, O. S., Mavrina, E. N. 2018. The use of milk protein in the manufacture of jelly products. *Food processing: Techniques and Technology*, 3(48), pp. 58–64. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-58-64>. (In Russ.)
- Kuznetsova, V. V., Shiler, G. G. 2006. The use of dry dairy ingredients in the food industry : Handbook. Saint Petersburg. (In Russ.)
- Lisitsyn, A. B., Nikitina, M. A., Sus', E. B. 2016. Evaluation of protein quality using computer technology. *Food Industry*, 1, pp. 26–29. (In Russ.)
- Nel'son, D., Koks, M. 2017. Leninger principles of biochemistry. In 3 vols. V. 1: Fundamentals of biochemistry, structure and catalysis. Moscow. (In Russ.)
- Nikitina, M. A., Sus', E. B. 2014a. Computer system for calculating nutrient adequacy. *Meat Industry*, 12, pp. 25–27. (In Russ.)
- Nikitina, M. A., Sus', E. B., Zavgorodneva, D. V. 2014b. Information technologies in the development of multicomponent meat products taking into account the biological value. *Vsyo o myase*, 4, pp. 48–51. (In Russ.)
- Rogov, I. A., Antipova, L. V., Dunchenko, N. I. 2007. Chemistry of food. Moscow. (In Russ.)
- Savchenko, I. V., Skorбина, E. A. 2017. Protein fortification of bakery products. [Electronic resource]. Proceedings of the All-Russian scientific-practical conf. with int. participation dedicated to the memory of G. P. Saprygin *Prospects for the production of new generation food*, March 13–14, 2017, Omsk, pp. 421–423. (In Russ.)
- Skurikhin, I. M., Tutel'yan, V. A. 2007. Tables of the chemical composition and calorie content of Russian food. Handbook. Moscow. (In Russ.)
- Tkeshelashvili, M. E., Bobozhonova, G. A., Sorokina, A. V. 2019. Development of protein-fortified confectionery. *Storage and Processing of Farm Products*, 1, pp. 57–65. (In Russ.)
- Chemical composition and energy value of food. Handbook of McCans and Widdowson. 2006. Ed. A. K. Baturin. Saint Petersburg. (In Russ.)
- Acevedo-Pacheco, L., Serna-Saldivar, S. O. 2016. *In vivo* protein quality of selected cereal-based staple foods enriched with soybean proteins. *Food & Nutrition Research*, 60, pp. 31382. DOI: <http://dx.doi.org/10.3402/fnr.v60.31382>.
- Jimoh, M. O., Afolayan, A. J., Lewu, F. B. 2018. Suitability of *Amaranthus* species for alleviating human dietary deficiencies. *South African Journal of Botany*, 115, pp. 65–73. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.01.004>.

Сведения об авторах

Линовская Наталия Владимировна – ул. Электrozаводская, 20/3, г. Москва, Россия, 107023; Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, канд. техн. наук; e-mail: choclab@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9238-8991>

Nataliya V. Linovskaya – 20/3 Electrozavodskaya Str., Moscow, Russia, 107023; Scientific Research Institute of Confectionery Industry – Branch of V. M. Gorbatoва Federal Research Center for Food Systems of RAS, Cand. Sci. (Engineering); e-mail: choclab@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9238-8991>

Мазукабзова Элла Витальевна – ул. Электrozаводская, 20/3, г. Москва, Россия, 107023; Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, аспирант; e-mail: ryabkovaella@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2884-6767>

Елла V. Mazukabzova – 20/3 Electrozavodskaya Str., Moscow, Russia, 107023; Scientific Research Institute of Confectionery Industry – Branch of V. M. Gorbatoва Federal Research Center for Food Systems of RAS, Ph.D. Student; e-mail: ryabkovaella@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2884-6767>

Руденко Оксана Сергеевна – ул. Электrozаводская, 20/3, г. Москва, Россия, 107023; Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, канд. техн. наук; e-mail: oxana0910@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2436-4100>

Oksana S. Rudenko – 20/3 Electrozavodskaya Str., Moscow, Russia, 107023; Scientific Research Institute of Confectionery Industry – Branch of V. M. Gorbatoва Federal Research Center for Food Systems of RAS, Cand. Sci. (Engineering); e-mail: oxana0910@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2436-4100>

Савенкова Татьяна Валентиновна – ул. Электrozаводская, 20/3, г. Москва, Россия, 107023; Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, д-р техн. наук; e-mail: savtv@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4254-7931>

Tatyana V. Savenkova – 20/3 Electrozavodskaya Str., Moscow, Russia, 107023; Scientific Research Institute of Confectionery Industry – Branch of V. M. Gorbatoва Federal Research Center for Food Systems of RAS, Dr Sci. (Engineering), Chief Researcher; e-mail: savtv@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4254-7931>