

УДК 663.674

**Евдокимов Иван Алексеевич, Куликова Ирина Кирилловна,
Гордиенко Людмила Александровна, Асланова Марина Назировна,
Метель Владимир Сергеевич**

ОЦЕНКА ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ КИСЛОМОЛОЧНОГО МОРОЖЕНОГО С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ БЕЛКА

В статье рассмотрен вопрос оптимизации рецептов мороженого. Оптимизация заключалась в расчете и подборе белковых компонентов и их доз, которые гарантируют соответствие готового продукта общепринятому эталону. Были использованы две белковые добавки: микропартикулят сычужных белков и сычужный казеин.

Ключевые слова: пищевые производства, кисломолочные продукты, белковые компоненты, продукты ультрафильтрации молочного сырья, мороженое, рецептура.

**Ivan Evdokimov, Irina Kulikova, Ludmila Gordienko, Marina Aslanova,
Vladimir Metel**

EVALUATION OF THE NUTRITIVE VALUE OF FERMENTED ICE CREAM WITH HIGH PROTEIN DOSE

In the article the question of icecream receipts optimization was described. The optimization included a calculation and adjustment of the protein additives and its doses which guarantee compliance the final product nutritive value to the accepted standard. Two protein additives were used: whey protein microparticulate and rennet casein in the receipts.

Key words: food manufacturing, dairy products, protein components, products ultrafiltration of raw milk, ice cream, recipes.

Белковая недостаточность является одной из важнейших проблем питания. В последние годы все большее внимание уделяется получению новых видов белкового сырья, за счет использования компонентов растительного происхождения. Развитие получили новые направления биотехнологии – получение генетически модифицированных трансгенных продуктов с повышенным содержанием белка. Результаты геной инженерии интенсивно внедряются во всем мире, особенно в странах Европы и США. Однако имеются исследования, подтверждающие, что употребление в пищу ГМП может спровоцировать ряд заболеваний, в том числе пищевую аллергию и онкологические заболевания [1, 2].

Важнейшим показателем пищевой ценности продуктов питания и сырья является биологическая ценность их белковых компонентов, которая во многом характеризуется содержанием в нем незаменимых аминокислот.

Аминокислоты – карбоновые (жирные) кислоты, класс органических соединений, содержащих одну или две аминогруппы. В ходе эволюции человек утратил способность синтезировать почти половину из двадцати аминокислот, входящих в состав белков. К их числу относятся те аминокислоты, синтез которых включает много стадий и требует большого количества ферментов, кодируемых многими генами. Следовательно, те аминокислоты, синтез которых сложен и неэкономичен для организма, очевидно, выгоднее получать с пищей. Такие аминокислоты называют незаменимыми и к ним относятся валин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин, триптофан и фенилаланин [3].

Незаменимые аминокислоты, которые организм человека получает с пищей, могут быть использованы для биосинтеза белковых макромолекул и полипептидов. Также незаменимые аминокислоты могут выступать в качестве предшественников для биосинтеза заменимых аминокислот или, подвергаясь биологическому окислению, удовлетворяют энергетические потребности организма, однако эти направления являются нерациональными [4, 5].

В этой связи особый интерес представляет разработка новых видов продуктов широкого потребления, обладающих повышенной биологической и энергетической ценностью, за счет того что поступающие в организм человека незаменимые аминокислоты использовались бы непосредственно для анаболических нужд. Поэтому моделируемое многокомпонентное молочное мороженое должно характеризоваться максимально приближенным к эталону нутриентным составом [6].

Если белок содержит все незаменимые аминокислоты в необходимых пропорциях и легко подвергается действию протеаз, то биологическая ценность такого белка условно принимается за 100, и он считается полноценным (эталон) [3].

Таким образом, целью исследования являлась количественная оценка биологической ценности белка в продукте, которая характеризовала бы рациональность использования незаменимых аминокислот в организме.

При этом задача оптимизации рецептур мороженого заключалась в подборе компонентов и определении их соотношений, которые обеспечивают максимальное приближение массовых долей нутриентов к принятому эталону.

Для реализации поставленной цели и сравнения пищевой ценности низкожирного мороженого с белковыми добавками в качестве объектов для исследований были выбраны смеси с различными белковыми молочными добавками.

Образец № 1 (контрольный), при производстве которого использовали молоко коровье, молоко обезжиренное, стабилизатор, сахар-песок. Особенностью смесей (образец № 2–4) являлось дополнительное обогащение белком молочного происхождения в количестве $(3 \pm 0,1)\%$ (табл. 1).

Таблица 1

Исследуемые образцы смесей для мороженого

№ исследуемых образцов	Наименование белковой добавки	Характеристика смеси
Образец № 1	Контрольный образец, без добавления белка	Массовая доля жира – 3 % Массовая доля белковой добавки – 0 %
Образец № 2	Казеин	Массовая доля жира – 3 % Массовая доля казеина – 2 %
Образец № 3	Микропартикулят сывороточных белков	Массовая доля жира – 3 % Массовая доля МПСБ – 2 %

В качестве белковой добавки для образца № 2 использовали казеин [10]. В качестве белковой добавки для образца № 3 использовали микропартикулят сывороточных белков (МПСБ) – многофункциональный белковый молочный продукт, в основе получения которого лежит технология получения КСБ [7, 8, 9]. Согласно заявленным производителем свойствам, благодаря сбалансированному аминокислотному составу МПСБ способствует повышению биологической ценности продукта, влияет на физико-химические показатели смеси для мороженого и на показатели готового продукта [10].

Для дальнейшего определения аминокислотного состава полученных образцов их подвергали процессу, схожему по своему действию с процессом сублимационной сушки в лабораторных условиях. Для этого полученные образцы подвергались глубокой заморозке при температуре минус $(50 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 24 ч. После замороженные образцы термостатировали при температуре $(60 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 5 суток.

Для оценки биологической ценности рассматриваемых образцов был изучен их аминокислотный состав. Испытания проводились на аминокислотном анализаторе ААА 400 фирмы ИНГОС (Чехия), согласно ГОСТ 13496.22-90 и ГОСТ 13496.21-87. Содержание незаменимых аминокислот в 100 г мороженого и эталона представлено в таблице 2.

Таблица 2

Содержание незаменимых аминокислот в исследуемых образцах мороженого и в эталоне идеального белка

Наименование незаменимых аминокислот	Идеальный белок (эталон)	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3
Валин (вал)	5,0	1,85	2,91	2,19
Изолейцин (илей)	4,0	1,34	2,21	2,04
Лейцин (лей)	7,0	2,92	4,41	3,95
Лизин (лиз)	5,5	1,90	2,89	2,25
Треонин (тре)	4,0	1,37	1,94	2,32
Триптофан (три)	1,0	1,90	1,20	0,50
Метионин + цистеин (мет+цис)	3,5	4,30	3,05	3,20
Фенилаланин + тирозин (фен + тир)	6,0	3,07	4,99	3,08

Учет биологической ценности белковых компонентов ведется по принципу, разработанному академиками Н. Н. Липатовым (мл) и И. А. Роговым, основанному, в свою очередь, на развитии принципа Митчелла – Блока, согласно которому каждая незаменимая аминокислота из всей совокупности аминокислот, поступающих в организм, может использоваться на анаболические нужды только пропорционально незаменимой аминокислоте, имеющей минимальный скор.

С учетом данного принципа был рассчитан ряд показателей, которые позволяют оценивать аминокислотный состав и его сбалансированность в моделируемом продукте: коэффициент утилитарности незаменимой аминокислоты U , коэффициент рациональности аминокислотного состава $\sigma\tau$ и показатель сопоставимой избыточности $\sigma\epsilon$ [1, 2, 3].

Для оценки взаимосбалансированности незаменимых аминокислот необходимо рассчитать аминокислотный скор исследуемых образцов для каждой незаменимой аминокислоты.

$$C_j = A_j / A_{\text{э}j} \cdot 100 \%, \quad (1)$$

где A_j – массовая доля j -й незаменимой аминокислоты в продукте, г/100 г белка; $A_{\text{э}j}$ – массовая доля j -й незаменимой аминокислоты, соответствующая физиологически необходимой норме (эталону), г/100 г белка.

Результаты расчётов аминокислотных скоров незаменимых аминокислот в исследуемых образцах мороженого, представлены в таблице 3.

Таблица 3

Значение аминокислотного сора незаменимых аминокислот в исследуемых образцах мороженого

Наименование незаменимых аминокислот	Аминокислотный скор незаменимых аминокислот в образцах, C_j , %		
	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3
Валин (вал)	37,0	58,2	43,8
Изолейцин (илей)	33,5	55,3	51,0
Лейцин (лей)	41,7	63,0	56,4
Лизин (лиз)	34,5	52,5	40,9
Треонин (тре)	34,3	48,5	58,0
Триптофан (три)	190,0	120,0	50,0
Метионин + цистеин (мет + цис)	122,8	87,1	91,4
Фенилаланин + тирозин (фен + тир)	51,1	83,2	51,3

Согласно полученным данным, лимитирующими аминокислотами в образце № 1 является изолейцин (33,5 %), в образце № 2 – треонин (48,5 %), в образце № 3 – лизин (40,9 %).

Коэффициент утилитарности a_j j -й незаменимой аминокислоты, показывающий, какая часть j -й незаменимой кислоты используется на анаболические нужды, рассчитывается по формуле

$$a_j = C_{\min} / C_j, \text{ доли ед.} \quad (2)$$

где C_{\min} – минимальный скор незаменимых аминокислот оцениваемого белка по отношению к физиологически необходимой норме (эталону), % или доли ед.; C_j – скор j -й незаменимой аминокислоты по отношению к физиологически необходимой норме (эталону), % или доли ед.

Наиболее рациональным направлением использования незаменимых аминокислот является биосинтез белковых макромолекул, т. е. под коэффициентом утилитарности понимают возможность усвоения каждой аминокислоты [6]. Значения коэффициента утилитарности незаменимых аминокислот в образцах мороженого представлены в таблице 4.

Таблица 4

Значение коэффициента утилитарности незаменимых аминокислот в исследуемых образцах мороженого

Наименование незаменимых аминокислот	Коэффициент утилитарности a_j j -й незаменимой аминокислоты, доли ед.		
	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3
Валин (вал)	0,91	0,83	0,93
Изолейцин (илей)	1	0,88	0,80
Лейцин (лей)	0,80	0,77	0,72
Лизин (лиз)	0,97	0,92	1
Треонин (тре)	0,98	1	0,71
Триптофан (три)	0,18	0,40	0,82
Метионин + цистеин (мет + цис)	0,27	0,56	0,45
Фенилаланин + тирозин (фен + тир)	0,65	0,58	0,80

Полученные значения показывают, что образец № 3, содержащий МПСБ, имеет наиболее высокий коэффициент утилитарности, чем контроль и образец № 2, содержащий казеин. Таким образом, усвоение каждой незаменимой аминокислоты в белке образца № 3 является более рациональным, т. е. они наиболее полно расходуются на анаболические нужды (биосинтез макромолекул). В образце № 1 на биосинтез белковых макромолекул полностью утилизируется изолейцин, в образце № 2 – треонин, в образце № 3 – лизин.

Коэффициент утилитарности аминокислотного состава U характеризует сбалансированность незаменимых аминокислот по отношению к физиологически необходимой норме (эталону). В идеале показатель U , должен быть равен или приближаться к единице

$$U = \sum_{j=1}^k (A_j a_j) / \sum_{j=1}^k A_j = C \min \sum_{j=1}^k A_j a_j / \sum_{j=1}^k A_j, \text{ доли ед.} \quad (3)$$

Значения коэффициента утилитарности аминокислотного состава исследуемых образцов мороженого представлены в таблице 5.

Показатель U в образцах с белковыми добавками казеина и МПСБ выше, чем в контрольном образце, при этом значение в образце № 3 является наивысшим и равняется 0,75. Следовательно, сбалансированность незаменимых аминокислот смеси с добавлением МПСБ (образец № 3) наилучшая.

Показатель «избыточного содержания» незаменимых аминокислот σ_m , характеризует количество незаменимых аминокислот, которые не используются на анаболические нужды.

$$\sigma m = \sum_{j=1}^k (A_j(1 - a_j)) = \sum_{j=1}^k (A_j - C \min A_j), \text{ г/100 г белка} \quad (4)$$

Полученные значения «избыточного содержания» незаменимых аминокислот σm исследуемых образцов мороженого представлены в таблице 5.

Чем ниже значение σm , тем больше количество незаменимых аминокислот расходуется на анаболические нужды, т. е. наиболее рационально используются организмом [4]. В исследуемых нами образцах наименьшее значение «избыточного содержания» незаменимых аминокислот σm , было в образце № 3. Таким образом, в образце № 3, содержащем МПСБ, 4,8 г белка не расходуется на анаболические нужды.

Показатель «сопоставимой избыточности» содержания незаменимых аминокислот σc характеризует суммарную массу незаменимых аминокислот, не используемых на анаболические цели, в таком количестве белка оцениваемого продукта, которое эквивалентно по их потенциально утилизируемому содержанию 100 г белка-эталона, рассчитывается по формуле

$$\sigma c = \sum_{j=1}^k (A_j - C \min A_j) / C \min , \text{ г / 100 г белка} \quad (5)$$

Данные расчетов показателя сопоставимой избыточности содержания незаменимых аминокислот σc представлены в таблице 5. Чем ниже значение «сопоставимой избыточности» содержания незаменимых аминокислот σc , тем лучше сбалансированы незаменимые аминокислоты, и тем рациональнее они могут быть использованы организмом [5, 6].

Как следует из расчетов, неусвояемость незаменимых аминокислот в образцах мороженого по сравнению с белком-эталонном в образце № 1 составляет 9,67 %, в образце № 2 – 13,7 %, в образце № 3 – 11,7 %. Следовательно, наиболее рационально используются аминокислоты в образце № 3, по сравнению с образцом № 2, содержащим казеин и контрольным образцом № 1.

Таблица 5

Результаты оценки взаимосбалансированности незаменимых аминокислот в исследуемых образцах мороженого

Наименование образца	Показатель						
	$C_{\min}, \%$	$\Sigma \text{НАК}, \text{ г/100 г белка}$	$\Sigma \text{Э}, \text{ г/100 г белка}$	$U \Sigma \text{НАК}, \text{ г/100 г белка}$	U, доли ед.	$\sigma m, \text{ г/100 г белка}$	$\sigma c, \text{ г/100 г белка}$
Образец № 1	33,5	18,65	36	12,06	0,65	6,59	19,67
Образец № 2	44,8	23,6	36	17,46	0,74	6,14	13,7
Образец № 3	40,9	19,73	36	14,72	0,75	4,8	11,7

Для биосинтеза белковых веществ помимо взаимосбалансированности компонентов незаменимых аминокислот требуется определенное количество заменимых. При этом, если организм не получает требуемого количества заменимых аминокислот, они могут быть синтезированы из незаменимых аминокислот. В другом случае в продукте из-за недостатка или избытка незаменимых аминокислот по отношению к заменимым они могут выступать и как энергетический материал [6].

Таким образом, для оценки сбалансированности аминокислотного состава пищевого белка, входящего в состав мороженого, необходимо знать соотношение между заменимыми и незаменимыми аминокислотами.

Согласно методике, оценивающей соотношение между незаменимыми и заменимыми аминокислотами, в исследуемых образцах мороженого наблюдается следующая закономерность [1, 2, 3]:

$$U < 1 \quad (6)$$

$$\sum \text{НАК} < \sum \text{Э} \quad (7)$$

$$C_{\min} < 1 \quad (8)$$

Согласно полученной закономерности распределение незаменимых аминокислот происходит на энергетическим нужды организма и описывается следующим уравнениями:

$$\sum^{\text{ЭГ}} \text{НАК} = (1 - U) \sum \text{НАК} \quad (9)$$

$$R_C = U \quad (10)$$

$$R_B = 1, \quad (11)$$

где $\sum^{\text{ЭГ}} \text{НАК}$ – массовая доля незаменимых аминокислот, которая является энергетическим материалом; R_C – коэффициент рациональности использования незаменимых аминокислот; R_B – коэффициент рациональности использования взаимосбалансированной части незаменимых аминокислот.

Результаты расчётов представлены в таблице 6.

Таблица 6

**Количественная оценка распределения незаменимых аминокислот
в исследуемых образцах мороженого**

Наименование образца	Показатель		
	$\sum^{\text{ЭГ}} \text{НАК}$	R_C	R_B
Образец № 1	6,53	0,65	1
Образец № 2	6,14	0,74	1
Образец № 3	4,88	0,75	1

Таким образом, оценка качества белка рассматриваемых образцов выявила явное преимущество образца № 3, содержащего МПСБ, характеризующегося полноценностью и хорошей сбалансированностью аминокислотного состава общего белка, благодаря содержанию в нем всех незаменимых аминокислот, что выгодно отличает его от образцов № 1 и № 2.

Кроме того, основываясь на количественной оценке распределения незаменимых аминокислот с позиции рационального их использования, наиболее предпочтительным является образец мороженого № 3, изготовленный с применением МПСБ. В данном образце, по сравнению с другими, наибольшее число незаменимых аминокислот используется на анаболические нужды, без затрат на биосинтез заменимых аминокислот им компенсацию энергозатрат организма.

Таким образом, на основании изучения сбалансированности состава мороженого с добавлением белковых компонентов и оценки его пищевой ценности, для дальнейшего проведения исследований по разработке нового вида мороженого был выбран образец мороженого, содержащий МПСБ.

Литература

1. Анализ качества молока по аминокислотному и витаминному составу / В. А. Чиркин, Н. И. Шумской, К. К. Полянский // Молочная промышленность. 2012. № 4. С. 45–46.
2. Пищевая химия / А. П. Нечаев, С. Е. Траубенберг, А. А. Кочеткова и др. СПб.: ГИОРД, 2001. 592 с.
3. Биохимия / под ред. Е. С. Северина. 3-е изд., испр. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2005. 784 с.
4. Липатов Н. Н. Принципы и методы проектирования рецептур пищевых продуктов, балансирующих рационы питания // Известия вузов. Пищевая технология. 1990. № 6. С. 5–10.
5. Липатов Н. Н., Юдина С. Б. Формализованный критерий аминокислотной сбалансированности белков геродиетических продуктов: сб. трудов I Международной конференции «Научные и практические аспекты совершенствования качества продуктов детского и геродиетического питания». М.: Пищепромиздат, 1997. С. 140–141.
6. Оценка рациональности аминокислотного состава белка пищевого сырья продуктов питания: метод. указания к лабораторной работе / И. А. Евдокимов, В. В. Костина; под ред. С. Е. Виноградской. Ставрополь: СевКавГТУ, 2000. 18 с.

7. Дымов О. В. Технологические аспекты использования микропартикулятов сывороточных белков при производстве молочных продуктов // Молочная промышленность. 2014. № 6. С. 18–21.
8. Muditha Dissanayake, Alan L. Kelly and Todor Vasiljevic Gelling Properties of Microparticulated Whey Proteins // J. Agric. Food Chem. 2010. 58 (11). P. 6825–6832.
9. Храмов А. Г. Белковые продукты из молочной сыворотки // Переработка молока. 2011. № 1. С. 18–21.
10. Выживаемость молочнокислых микроорганизмов в низкожирном пробиотическом мороженом / И. А. Евдокимов, И. К. Куликова, М. Н. Асланова, Д. Н. Володин, М. С. Золоторева // Молочная промышленность. 2014. № 10. 72 с.

УДК 550.388.2

**Пашинцев Владимир Петрович, Султанов Александр Сергеевич,
Песков Марк Владимирович, Топорков Кирилл Игоревич**

МЕТОДИКА СЕЛЕКЦИИ МЕЛКОМАСШТАБНЫХ ИОНОСФЕРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ В РЯДАХ ВАРИАЦИЙ ПОЛНОГО ЭЛЕКТРОННОГО СОДЕРЖАНИЯ

В статье рассматривается методика селекции мелкомасштабных ионосферных неоднородностей по накопленным данным о вариации полного электронного содержания, полученным методом трансionoсферного зондирования с использованием двухчастотного приемника GPS / ГЛОНАСС. Базируется на использовании метода скользящих окон для переменных временных интервалов в рядах значений полного электронного содержания ионосферы.

Ключевые слова: мелкомасштабные ионосферные возмущения, системы спутниковой связи, ионосфера, методика селекции, зона Френеля, фазовая неоднозначность.

**Vladimir Pashintsev, Alexander Sultanov, Mark Peskov, Kirill Toporkov
METHOD OF SMALL-SCALE IONOSPHERIC IRREGULARITIES
SELECTION ON TOTAL ELECTRONIC CONTENT DATA VARIATIONS**

In article provides methodic of small-scale ionosphere irregularities selection based on accumulated data about total electronic content, given via transionospheric monitoring with multi-phased GNSS receiver. Based on the method of sliding windows for variable time intervals in the ranks of the values of total electron content of the ionosphere.

Key words: small-scale ionosphere irregularities, systems of satellite communication, ionosphere, methodic of selection, Fresnel zone, phase undetermined.

Известно [1–4], что наиболее существенное влияние на снижение точности позиционирования в спутниковых радионавигационных системах (СРНС) оказывают флуктуации фазы и амплитуды принимаемых сигналов (т. н. замирания, или мерцания), вызванные рассеянием (дифракцией) радиоволн на мелкомасштабных неоднородностях ионосферы. В связи с этим возникает задача организации мониторинга текущего состояния ионосферы с учетом мелкомасштабных неоднородностей, который позволит оперативно адаптировать параметры используемых сигналов и навигационной аппаратуры пользователей СРНС к постоянно изменяющимся условиям трансionoсферного распространения радиоволн.

В настоящее время для мониторинга состояния ионосферы и исследования ионосферных возмущений широко используется метод трансionoсферного зондирования, основанный на просвечивании ионосферы радиосигналами, излучаемыми на двух несущих частотах (f_1 , f_2) с космических аппаратов (КА) СРНС (GPS и ГЛОНАСС).