

SUMMARY

S.A. Konovalov, N.B. Gavrilova, A.P. Scocov

Complex analysis of milk materials use at dairy products industry of Omsk region

On basis of complex analysis of milk materials for dairy production we specified current standards and developed new standards of raw materials consumption with account for adaptation of state-of-the-art technology at operating enterprise of Omsk region. The results of research work are used for factor definition of milk products conversion into unpasteurized milk.

Key words: milk materials, whole-milk products, production registration, rate of use, conversion factor.

УДК 663.764

П.А. Лисин, О.Н. Мусина, И.В. Кистер, Н.Л. Чернопольская

МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ СБАЛАНСИРОВАННОСТИ АМИНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Аминокислоты являются важной составляющей продуктов питания. Они служат «кирпичиками», из которых состоят белки. Дефицит белка в организме приводит к нарушению его нормальной работы – потере памяти и ослаблению умственных возможностей, снижению сопротивляемости организма. Эффективность использования белка организмом человека определяется двумя основными параметрами: сбалансированностью по содержанию незаменимых аминокислот и отношению к белковому эталону. Кроме того, эффективностью обмена и утилизацией белка организмом человека.

Творожный продукт с ягодными компонентами, спроектированный с помощью авторской программы «АМИНОСКОР», отвечает функциональным требованиям, предъявляемым к эталонному продукту для выбранной возрастной школьной группы.

Разработанная методика компьютерного моделирования многокомпонентных пищевых продуктов позволяет целенаправленно и оперативно разрабатывать продукты со сбалансированным аминокислотным составом.

Ключевые слова: аминокислоты, творожный продукт, многокомпонентный пищевой продукт, компьютерное моделирование.

Введение

В результате дефицита белка в организме нарушается его нормальная работа – происходит потеря памяти и ослабление умственных возможностей, снижение сопротивляемости организма. В то же время избыток белка в организме приводит к перегрузке работы органов, в первую очередь это относится к функционированию печени и почек. Минимальная суточная потребность взрослого человека в полноценном белке составляет 30–40 г в сутки.

Ценность белка для организма человека определена двумя основными параметрами: его сбалансированностью по содержанию незаменимых аминокислот и отношению к белковому эталону, кроме того, эффективностью обмена и утилизацией белка организмом человека.

В работах отечественных и зарубежных ученых отмечено, что достижение уровня сбалансированности состава пищевых продуктов возможно только за счет их многокомпонентности [1, 2, 4, 5]. Создание многокомпонентных продуктов продиктовано возможностью регулирования химического состава продуктов в соответствии с современными требованиями науки о питании. Для моделируемых многокомпонентных молочных продуктов должно быть характерно максимальное приближение к эталону нутриентным составом.

К общим методам оценки аминокислотного состава следует отнести методику сравнения сбалансированности аминокислотных шкал исследуемого и эталонного белков.

Объекты исследования

Развитие систем оценки сбалансированности белка привело к разработке целого комплекса математических зависимостей, отражающих отдельные качественные оценки нутриентной сбалансированности многокомпонентных пищевых продуктов [1, 2, 3, 4].

Авторы разработали методологию моделирования продуктов питания функционального назначения с использованием современных математических информационных технологий. На примере разработки рецептуры многокомпонентного творожного продукта проведена оценка сбалансированности по аминокислотному составу.

Результаты исследований и их анализ

В соответствии с фундаментальным *законом Либиха* функционирование живых организмов определяется тем незаменимым веществом, которое присутствует в наименьшем количестве; данное вещество лимитирующее. Следует иметь в виду, что в продукте (или рационе) должна содержаться строго определенная норма пищевого нутриента – витамина, макро-микроэлемента и аминокислоты. При нижедопустимой норме данного элемента или его существенном превышении говорят о несбалансированности продукта (или рациона). В каждом из приемов пищи должно содержаться достаточное количество незаменимых аминокислот для нормального течения процессов синтеза белка в оптимальных концентрациях и соотношениях. Зависимость функционирования организма от количества незаменимых аминокислот используется при определении биологической ценности белков. Отсутствие в пище даже одной незаменимой аминокислоты приводит к неполному усвоению других.

При выборе номенклатуры рецептурных компонентов исходили из положения: при моделировании необходимым условием является наличие в творожной композиции всех незаменимых аминокислот в физиологически обоснованном количестве, с учетом определенной возрастной группы населения [3, 4].

При такой постановке задачи оптимизация рецептур продуктов заключается в подборе компонентов и определении их соотношений, обеспечивающих максимальное приближение массовых долей нутриентов к принятым эталонам. В этом случае решение оптимизационных задач предполагает наличие априорной информации о массовых долях в рецептурной композиции аминокислот. К сожалению, в литературных источниках отсутствуют данные по аминокислотному составу ягодных компонентов [5, 6].

При учете биологической ценности белковых компонентов в научных исследованиях наиболее широкое распространение получили показатели и критерии, разработанные академиком Н.Н. Липатовым (мл) и И.А. Роговым, основанные на развитии *принципа Митчелла – Блока*. Используя данный принцип, сформулирован ряд показателей, которые позволяют оценивать аминокислотный состав и его сбалансированность в моделируемом продукте [1, 2, 3]. К широко применяемым относят: коэффициент утилитарности незаменимой аминокислоты, коэффициент рациональности аминокислотного состава, показатель сопоставимой избыточности и индекс незаменимых аминокислот.

Коэффициент утилитарности j-й незаменимой аминокислоты (КУНА), доли ед., рассчитывается по формуле

$$\alpha_j = C_{\min} / C_j, \quad (1)$$

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.

$$C_j = \frac{A_j}{A_{эj}}, \quad (2)$$

где A_j – массовая доля *j-й* незаменимой аминокислоты в продукте, г/100 г белка;

$A_{эj}$ – массовая доля j -й незаменимой аминокислоты, соответствующая физиологически необходимой норме (эталону), г/100 г белка.

Коэффициент сбалансированности (разбалансированности) аминокислотного состава (КСАС) – U , численно характеризующий сбалансированность незаменимых аминокислот по отношению к физиологически необходимой норме (эталону), доли ед., рассчитывается по формуле [1]

$$U = C_{\min} \sum_{j=1}^n A_{эj} / \sum_{j=1}^n A_j \quad (3)$$

Коэффициент разбалансированности аминокислотного состава (КРАС) – R , численно характеризующий разбалансированность незаменимых аминокислот по отношению к физиологически необходимой норме (эталону), доли ед. по формуле

$$R = \left(\sum_{j=1}^n A_j - C_{\min} \sum_{j=1}^n A_{эj} \right) / \sum_{j=1}^n A_j \quad (4)$$

где R – показатель, характеризующий суммарную массу незаменимых аминокислот, не использованных на анаболические цели, в таком количестве белка оцениваемого продукта, которое эквивалентно их потенциально утилизируемому содержанию, 100 г белка-эталона.

Показатель «сопоставимой избыточности» – σ (ПСИ) – содержания незаменимых аминокислот, характеризующий суммарную массу незаменимых аминокислот, не используемых на анаболические цели, в количестве белка оцениваемого продукта, эквивалентном их потенциально утилизируемому содержанию 100 г белка-эталона, устанавливаются по формуле [1]

$$\sigma = \frac{\sum_{j=1}^k (A_j - C_{\min} \cdot A_{эj})}{C_{\min}} \quad (5)$$

Учитывая отклонение значений аминокислотного состава в продукте от эталонных, необходимо определить уровень данных отклонений. Для этого предлагается использовать показатель – коэффициент отклонения значений аминокислотного состава от эталонных (*КОАС*) – относительную величину, характеризующую суммарную относительную величину отклонений значений незаменимых аминокислот от соответствующих эталонных. *КОАС* рассчитывается по формуле

$$КОАС = \sum_{j=1}^n \frac{|A_j - A_{эj}|}{A_{эj}} \quad (6)$$

Качественная оценка сравниваемых белков с помощью приведенных формализованных показателей заключается в том, что чем выше значения U или меньше значения R и *КОАС* (в идеале $U = 1$; $R = 0$, *КОАС* = 0), тем лучше сбалансированы незаменимые аминокислоты и тем рациональнее они могут быть использованы организмом.

Другой метод определения биологической ценности белков заключается в определении *индекса незаменимых аминокислот (ИНАК)*. Его преимущество в учете количества всех незаменимых кислот в продукте. *ИНАК* рассчитывается по формуле

$$ИНАК = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n \left(\frac{A_j}{A_{эj}} \right)} \quad (7)$$

К показателям биологической ценности продуктов питания также относят:

- отношение содержания незаменимых аминокислот (НАК) и общего азота белка (ОАБ) в 100 г белка, выраженное в граммах незаменимых аминокислот на 1 г азота, у белков с высокой биологической ценностью отношение НАК/ОАБ составляет не менее 2,5;

- количество (сумма) незаменимых аминокислот в 100 г белка должно быть не менее 40.

В качестве примера проведем качественную оценку сбалансированности аминокислот в многокомпонентном творожном продукте, сравнив расчетные данные с эталонными значениями незаменимых аминокислот, учитывая возрастную школьную группу от 10 до 12 лет. В табл. 1 приведена рецептура творожного продукта с ягодными наполнителями Сибирского региона.

Таблица 1

Рецептура многокомпонентного творожного продукта

Ингредиент	x	Масса, кг	Массовая доля, %				Цена, руб./кг
			жира	белка	углеводов	воды	
Творог жирный	x ₁	75,0	18,0	14,0	2,8	65,2	90,0
Сливки 20%-ные	x ₂	21,6	20,0	2,7	4,5	82,0	45,0
Брусника	x ₃	0,0	0,5	0,7	8,2	86,0	100,0
Черника	x ₄	2,3	0,6	1,1	7,6	86,0	120,0
Голубика	x ₅	0,0	0,5	1,0	6,6	87,7	100,0
Клюква	x ₆	0,0	0,2	0,5	3,7	88,9	100,0
Ванилин	x ₇	0,05	0,0	0,0	0,0	0,0	240,0
Сахар	x ₈	1,0	0	0,0	99,8	0,1	30,0
<i>Итого, кг</i>		100,00					
Творожный продукт			17,8	11,1	4,2	68,6	
Функционал		Себестоимость, руб./100 кг					8044,50
Соотношение Ж:Б:У			1,0	0,6	0,2		
Стандарт Ж:Б:У			1	1	4		
Суточная норма питания школьников (10–12 лет), г			79,0	77,0	335,0		
Процент соответствия суточной норме питания			22,6	14,4	1,3		

Для оперативного расчета перечисленных показателей авторами разработана компьютерная программа «АМИНОСКОР», с ее помощью осуществлено моделирование рецептурного состава многокомпонентного продукта на творожной основе с ягодными ингредиентами. Перечень сырьевых ингредиентов и рецептура творожного продукта указаны в табл. 1, где также приведена стоимость каждого ингредиента и себестоимость 100 кг творожного продукта. В табл. 2 представлена информационная матрица аминокислотного состава многокомпонентного творожного продукта с черникой и показатели, характеризующие сбалансированность его аминокислотного состава. Матрица исходных данных содержит информацию об аминокислотном составе сырья. Многокомпонентный творожный продукт предназначен для питания детей от 10 до 12 лет, в связи с чем конструирование осуществлялось с учетом требований ФАО/ВОЗ к аминокислотному скору для указанной возрастной группы. Конкретная возрастная группа взята в качестве примера для иллюстрации работоспособности компьютерной программы. По результатам программы получены данные, содержащие количественные значения рецептурных компонентов моделируемого творожного продукта, сбалансированного по аминокислотному скору [5, 6].

Коэффициент утилитарности незаменимой аминокислоты (КУНА) оценивали по сумме метионина + цистина, равной

$$\alpha_j = C_{\min} / C_j = 1,36.$$

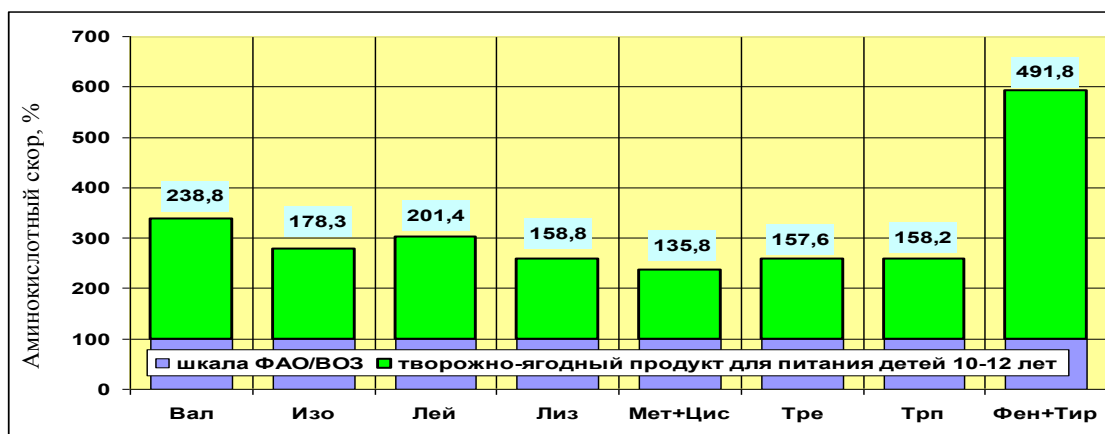
О результативности работы программы «АМИНОСКОР» свидетельствует аминокислотный состав моделируемого творожного продукта, где визуализировано соответствие проекта требованиям ФАО/ВОЗ по незаменимым аминокислотам (рисунок).

Таблица 2

Информационная матрица аминокислотного состава многокомпонентного творожного продукта с черникой

Ингредиент	Масса, кг	Массовая доля белка, %	Содержание незаменимых аминокислот, г/100 г белка							
			Вал	Изо	Лей	Лиз	Мет	Тре	Трп	Фен
Творог жирный	75,00	14,0	5,99	4,93	9,16	7,20	2,74	4,64	1,51	5,44
Сливки 20%-ные	21,62	2,7	6,85	6,00	9,22	7,33	2,30	4,33	1,33	4,59
Черника	2,33	1,1	0	0	0	0	0	0	0	0
Содержание белка в творожном продукте, %		11,11	Вал	Изо	Лей	Лиз	Мет + Цис	Тре	Трп	Фен + Тир
Содержание незаменимых аминокислот в творожном продукте, г/100 г белка			5,97	4,99	8,86	6,99	2,99	4,41	1,42	10,82
Содержание незаменимых аминокислот в белке согласно требованиям ФАО / ВОЗ для детей в возрасте от 10 до 12 лет (эталон)			2,5	2,8	4,4	4,4	2,2	2,8	0,9	2,2
Аминокислотный скор, доли			2,388	1,783	2,014	1,588	1,358	1,576	1,582	4,918
Суммарное содержание эталонных АК			22,20							
Суммарное содержание расчетных АК			46,46							
Коэффициент утилитарности аминокислоты (метионин + цистин)			1,36							
Коэффициент сбалансированности аминокислотного состава (КСАС)			0,65							
Коэффициент разбалансированности аминокислотного состава (КРАС)			0,35							
Показатель сопоставимой избыточности			12,02							
Индекс незаменимых аминокислот (ИНАК)			1,97							
Коэффициент отклонения аминокислотного состава от эталонных значений (КОАС)			9,21							
Коэффициент отношения аминокислот: метионин / триптофан			1,81							

*М + Ц – метионин + цистин; Ф + Т – фенилаланин + тирозин.



Аминограмма многокомпонентного творожного продукта

Творожный продукт с черникой, спроектированный с помощью авторской программы «АМИНОСКОР», отвечает функциональным требованиям, предъявляемым к эталонному продукту для выбранной возрастной школьной группы.

Вывод

Предложенная методика компьютерного моделирования поликомпонентных пищевых продуктов позволяет целенаправленно и оперативно разрабатывать продукты со сбалансиро-

ванным аминокислотным составом. Методология может быть использована в высших учебных заведениях при подготовке бакалавров, магистров и аспирантов, в научных исследованиях, а также в производственной деятельности инженера-технолога при разработке технологии продуктов функционального назначения нового поколения.

Список литературы

1. *Липатов, Н.Н.* Формализованный анализ amino- и жирокислотной сбалансированности сырья, перспективного для проектирования продуктов детского питания с задаваемой пищевой адекватностью / Н.Н. Липатов, Г.Ю. Сажинов, О.Н. Башкиров // *Хранение и переработка сельхозсырья*, 2001. – № 8. – С. 11–14.
2. *Лисин, П.А.* Компьютерные технологии в рецептурных расчетах молочных продуктов / П.А. Лисин. – М. : ДеЛиПринт, 2007. – 102 с.
3. *Лисин, П.А.* Программный модуль «Минимум-максимум» / П.А. Лисин, О.Н. Мусина ; регистр. № 20106112628, от 15.04.2010. Роспатент РФ.
4. С. № 2010616153. Программный модуль «Идеальный белок» / П.А. Лисин, О.Н. Мусина. – Заявка 2010613138 от 02.06.2010 ; зарегистр. в Реестре программ для ЭВМ 17.09.2010. Роспатент РФ.
5. *Скурихин, И.М.* Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания : справочник / И.М. Скурихин, В.А. Тутельям. – М. : ДеЛиПринт, 2008. – 150 с.
6. *Экспертная система оптимизации состава продуктов и рационов питания : монография / Е.И. Титов [и др.].* – М. : МГУПБ, 2009. – 129 с.

SUMMARY

P.A. Lisin, O.N. Mussina, I.V. Kister, N.L. Chernopolskaya

Evaluation of sound amino acid composition of multifoed

Amino acids are an important component of food. They serve as “building blocks” that make up proteins. Protein deficiency in the body leads to disruption of its normal operation-loss of memory and mental relaxation opportunities, reduce the body's resistance. The effectiveness of the use of protein by the body is determined by two parameters: its balance on the content of essential amino acids and protein relative to the standard, as well as the efficiency of the exchange and utilization of protein by the body.

Cheese product with berry components designed by the author of the “AMINOSKOR” meets the functional requirements to the reference product for selected age groups of school.

The developed method of computer simulation of multi-component food products allows purposefully and efficiently develop products with a balanced amino acid composition.

Key words: amino acids, curd product, multi-component food product, a computation modeling.