

УДК 510.645:637.045:613.2

Определение биологической ценности белков в рационах лечебно-профилактического назначения

Ж.А. Крутовой, канд. техн. наук, профессор, **Н.И. Мячикова**, канд. техн. наук, доцент, **А.В. Запаренко**, аспирант, **Л.А. Касилова**, канд. техн. наук, доцент, **В.Н. Сорокопудов**, д-р с.-х. наук, профессор

Белгородский государственный национальный исследовательский институт

Одна из актуальных проблем, возникающих при создании рецептур новых блюд и рационов питания, – проблема обеспечения высокого уровня пищевой и биологической ценности. Особое внимание уделяется обеспечению пищевых продуктов эссенциальными нутриентами: аминокислотами, витаминами и минеральными веществами.

Биологическая ценность белков определяется известными химическими, биологическими и расчетными методами. С помощью химических методов экспериментально устанавливается содержание разных аминокислот в уже готовом продукте, а не на этапе проектирования рецептуры нового продукта.

Существующий расчетный метод [1] состоит в расчете скоров незаменимых аминокислот отдельных ингредиентов или определении аминокислотного состава пищевых продуктов [2], исходя из определения аминокислотного скоры. Данный метод [2], чрезвычайно сложный, не формализованный и не позволяет быстро (оперативно) анализировать биологическую ценность большого количества рационов, которые еще только создаются, только проектируются и, следовательно, могут корректироваться. Необходимость в этом может существовать и, как показывают исследования, часто существует. Указанное обстоятельство особенно важно при разработке рационов питания с предварительно заданными свойствами, например лечебными.

В процессе создания систем питания лечебно-профилактического назначения возникает необходимость оперативного определения скоров восьми – десяти незаменимых аминокислот для большого количества рационов разового потребления (РРП) разных видов (для завтраков, обедов, ужинов и т. п.). В связи со

Ключевые слова: формализация; аминокислотный скор; рационы разового потребления; биологическая ценность.

Key words: formalization; aminokislota; it is fast; diets of single consumption; biological value.

сказанным актуальными становятся проблемы формализации указанной процедуры определения биологической ценности белка в РРП и исследование перспектив быстрого выполнения массовых расчетов аминокислотных скоров с использованием персональных компьютеров.

Аминокислотные скоры, характеризующие содержание конкретных незаменимых аминокислот в белке какой-либо смеси (комбинации) ингредиентов, являются линейными функциями аналогичных скоров отдельных ингредиентов [3].

На сегодняшний день активно проектируются рецептуры различных блюд, а также рационов питания, в частности лечебно-профилактического действия [4, 5]. В связи с этим возникает необходимость выполнения предварительного (до создания окончательной версии блюда или рациона), быстрого анализа биологической ценности рецептур будущих блюд или рационов питания, т. е. анализа еще на этапе проектирования будущей продукции. Цели этого анализа – создание условий, определение направлений для активного вмешательства в процесс проектирования рационов. При выполнении анализа биологической ценности белков создаваемых рационов питания могут пригодиться ранее определенные нами линейные зависимости скоров.

Цель и задачи нашего исследования – разработать метод формали-

зованного определения биологической ценности белков в большой совокупности рационов разового потребления разных видов (для завтраков, обедов, ужинов и т. п.), в частности, рационов, предназначенных для профилактики и лечения заболеваний, которые возникают на фоне дефицита кальция. Цель создания метода: быстро, нетрудоемко и прозрачно выполнять расчеты скоров незаменимых аминокислот больших совокупностей разных рационов питания и пищевых продуктов не только созданных, но и тех, которые только проектируются.

На предыдущих этапах исследования нами создан ряд РРП, предназначенных для профилактики и лечения заболеваний, возникающих на фоне дефицита кальция. В процессе разработки РРП создавали математическую модель оптимизации содержания ингредиентов в нем. В моделях учитывали основные физиологические соотношения между содержанием кальция, жира, фосфора и магния в рационе, технологические ограничения на содержание ингредиентов, а также физиологические условия обогащения рациона значительным количеством нутриентов, которые влияют на метаболизм костной ткани и др.

Задачи оптимизации РРП решали симплексным методом с использованием пакета MathCAD.

Вместе с тем пока что остался не исследованным ряд вопросов: какими будут пищевая и биологическая ценность проектируемых рационов питания? В частности, какой будет биологическая ценность белков в будущих РРП?

Биологическая ценность белков, как известно, определяется, в первую очередь, путем вычисления и анализа скоров незаменимых аминокислот пищевых продуктов. Поскольку процедура вычисления скоров, изложенная в [2], достаточно трудоемка, а совокупность РРП, которая подлежит исследованию, велика, для поиска ответов на поставленные вопросы целесообразно воспользоваться результатами исследований [3]. При участии одного из авторов данной статьи [3] доказано следующее утверждение: скоры незаменимых аминокислот (НАК) смеси (композиции) являются линейными комбинациями соответствующих скоров НАК ингредиентов. Причем коэффициенты линейных комбинаций совпадают для скоров всех восьми – десяти незаменимых аминокислот.

Поскольку каждый РРП представляет собой некоторую совокупность

Таблица 1

Определение коэффициентов у_i линейных зависимостей скоров

Ингредиент	Масса i-го ингредиента, г (z _i)	Массовая доля i-го ингредиента в рационе (x _i)	Содержание белка в 1 г i-го ингредиента, г (β _i)	Произведение (x _i β _i)	Коэффициент (y _i)
Крупа перловая	40	0,114	0,093	0,0106	0,1710
Яйца куриные	30	0,085	0,127	0,0109	0,1751
Кунжут	1	0,003	0,194	0,0006	0,0089
Сыр «Чеддер»	15	0,043	0,249	0,0106	0,1717
Масло сливочное	20	0,057	0,013	0,0007	0,0119
Хлеб пшеничный	35	0,100	0,076	0,0076	0,1222
Огурцы свежие	60	0,171	0,008	0,0014	0,0221
Какао-порошок	10	0,028	0,242	0,0069	0,1112
Молоко коровье	140	0,399	0,032	0,0128	0,2059
Итого	351			0,0620	1,0000

ингредиентов, которые входят в его состав в определенных количествах, то его можно рассматривать как композицию ингредиентов, и как следствие, для определения скоров незаменимых аминокислот РРП воспользоваться следующей формулой [3]:

$$C_j^{ppn} = \sum_{i=1}^n y_i \cdot C_{ij}, j = 1, m, \quad (1)$$

или в матричной форме

$$C^{ppn} = C^{ингред} Y, \quad (1')$$

где

$$C^{ppn} = \begin{pmatrix} C_1^{ppn} \\ C_2^{ppn} \\ \vdots \\ C_m^{ppn} \end{pmatrix}, \quad (2)$$

$$C^{ингред} = \begin{pmatrix} C_{11} & C_{21} & \dots & C_{n1} \\ C_{12} & C_{22} & \dots & C_{n2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{1j} & C_{2j} & \dots & C_{nj} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{1m} & C_{2m} & \dots & C_{nm} \end{pmatrix}, \quad (3)$$

$$Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix}, \quad (4)$$

где C^{ppn}, C^{ингред} – соответственно матрицы скоров незаменимых аминокислот РРП и ингредиентов, которые входят в рацион; Y – матрица коэффициентов, характеризующих влияние скоров незаменимых аминокислот белков ингредиентов на соответствующие скоры РРП.

Здесь принято: C_j^{ppn} – скор незаменимой аминокислоты j-го вида (валина, изолейцина и т. д.) в рационе; C_{ij} – скор НАК j-го вида в i-ом ингредиенте; y_i – коэффициент, который характеризует влияние сора какой-либо аминокислоты i-го ингредиента на скор этой же аминокислоты рациона; n – количество ингредиентов в рационе; m – количество незаменимых аминокислот.

Коэффициенты y_i вычисляются по формуле [3]:

$$y_i = \frac{x_i \cdot \beta_i}{\sum_{i=1}^n x_i \cdot \beta_i}, i = 1, 2, \dots, n, \quad (5)$$

$$\text{или } y_i = \frac{z_i \cdot \beta_i}{\sum_{i=1}^n z_i \cdot \beta_i}, \quad (5')$$

$$\text{где } x_i = \frac{z_i}{\sum_{i=1}^n z_i}, \quad (6)$$

Таблица 2
Матрица скоров незаменимых аминокислот ингредиентов исследуемого рациона

Незаменимая аминокислота	Ингредиент								
	крупа перловая	яйца куриные	кунжут	сыр «Чеддер»	масло сливочное	хлеб пшеничный	огурцы свежие	какао-порошок	молоко коровье
Валин	96,77	121,57	96,19	92,37	4,62	92,11	75,00	103,14	119,38
Изолейцин	123,66	117,52	106,19	101,41	28,85	105,26	62,50	88,53	147,66
Лейцин	75,27	121,60	103,68	94,61	93,41	110,90	53,57	91,50	144,64
Лизин	58,65	129,28	54,64	120,48	2,80	45,45	68,18	78,89	148,30
Метионин+ цистеин	89,09	161,30	135,64	93,52	340,66	97,74	71,43	95,04	101,79
Треонин	56,45	120,08	104,25	94,08	288,46	75,66	62,50	95,45	119,53
Триптофан	107,53	160,63	161,34	321,29	146,15	92,11	125,00	128,93	156,25
Фенилаланин+ тирозин	132,62	148,03	144,93	179,38	250,00	122,81	83,33	135,40	184,90

где z_i – содержание (г) i-го ингредиента в рационе питания; x_i – массовая доля i-го ингредиента в рационе; β_i – содержание белка (г) в 1 г i-го ингредиента.

Отметим одно чрезвычайно важное обстоятельство: совокупность коэффициентов y₁, y₂, ... y_n одна и та же для определения скоров разных аминокислот рациона. Указанные коэффициенты удовлетворяют очевидному соотношению:

$$\sum_{i=1}^n y_i = 1. \quad (7)$$

Из формул (1) и (1') следует, что процедуру определения скоров незаменимых аминокислот РРП условно можно разделить на три этапа:

вычисление элементов матрицы коэффициентов (Y) линейной зависимости скоров НАК рациона питания от скоров НАК ингредиентов:

$$Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix};$$

определение элементов матрицы скоров НАК ингредиентов рациона:

$$C^{ингред} = \begin{pmatrix} C_{11} & C_{21} & \dots & C_{n1} \\ C_{12} & C_{22} & \dots & C_{n2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{1j} & C_{2j} & \dots & C_{nj} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{1m} & C_{2m} & \dots & C_{nm} \end{pmatrix};$$

определение (путем умножения двух матриц) элементов матрицы C^{ppn} скоров всей совокупности НАК:

$$C^{ppn} = C^{ингред} Y, \quad \text{где } C^{ppn} = \begin{pmatrix} C_1^{ppn} \\ C_2^{ppn} \\ \vdots \\ C_m^{ppn} \end{pmatrix}.$$

Процедуру определения скоров незаменимых аминокислот РРП проиллюстрируем на примере одного из рационов разового потребления для вторых завтраков. Все расчеты предложенным методом выполняем с использованием табл. 1–2.

В табл. 2 представлены вычисления скоров восьми НАК для девяти ингредиентов, входящих в состав РРП и содержащих белок, по пред-

Таблица 3

Традиционная схема вычисления скоров НАК (на примере валина)

Ингредиент	Масса ингредиента, г	Содержание белка в 1 г i-го ингредиента, г	Произведение массы ингредиентов на содержание белка	Содержание валина в 1 г i-го ингредиента, г	Произведение массы ингредиентов на содержание валина
Крупа перловая	40	0,093	3,720	0,00450	0,18000
Яйца куриные	30	0,127	3,810	0,00772	0,23160
Кунжут	1	0,194	0,194	0,00933	0,00933
Сыр «Чеддер»	15	0,249	3,735	0,01150	0,17250
Масло сливочное	20	0,013	0,260	0,00003	0,00060
Хлеб пшеничный	35	0,076	2,660	0,00350	0,12250
Огурцы свежие	60	0,008	0,480	0,00030	0,01800
Какао-порошок	10	0,242	2,420	0,01248	0,12480
Молоко коровье	140	0,032	4,480	0,00191	0,26740
Итого			21,759		1,12673

Таблица 4

Скоры незаменимых аминокислот, вычисленные по традиционной методике

НАК	Скор, %	НАК	Скор, %
Валин	103,56	Метионин+цистеин	109,86
Изолейцин	114,91	Треонин	97,06
Лейцин	107,14	Триптофан	165,37
Лизин	100,23	Фенилаланин+тирозин	153,64

ложенному методу с использованием средств автоматизации расчетов.

Элементы C_{ij} матрицы $C_{ингредиент}$ рассчитывают по формуле [3]:

$$C_{ij} = \frac{a_{ij}}{\beta_i \cdot W_j} \cdot 100, \quad (8)$$

где a_{ij} , $j = 1, m$ – масса (г) НАК j -го вида в 1 г i -го ингредиента; W_j – содержание (масса) НАК j -го вида (г) в 1 г идеального белка.

Матрица C^{ppp} скоров незаменимых аминокислот рациона питания определяется по формуле (1) как произведение матрицы $C_{ингредиент}$ на матрицу Y и имеет вид

$$C^{ppp} = \begin{pmatrix} 103,56 \\ 114,91 \\ 107,14 \\ 100,23 \\ 109,86 \\ 97,06 \\ 165,37 \\ 153,64 \end{pmatrix}$$

В табл. 3 в качестве примера представлена традиционная схема вычисления скоров незаменимых аминокислот, а именно – валина.

В соответствии с [2] аминокислотные скоры вычисляются по формуле:

$$AC = \frac{T}{B} \cdot 100, \quad (9)$$

где AC – аминокислотный скор, %; T – содержание аминокислоты (г) в 1 г исследуемого белка; B – содержа-

ние этой же аминокислоты (г) в 1 г идеального белка.

Для определения величины T расчетным путем необходимо произвести ряд действий, представленных в табл. 3.

Вычисляем значение T :

$$T = 1,12673 / 21,759 = 0,051782.$$

Аминокислотный скор валина в представленном рационе

$$AC = 0,051782 / 0,05 \cdot 100 = 103,56 \%$$

Таким образом, традиционный подход для определения аминокислотных скоров рациона требует выполнения достаточно громоздких расчетов: для того, чтобы получить значения скоров остальных НАК исследуемого белка, необходимо восемь раз повторить процедуру, представленную в табл. 3. Результаты таких вычислений показаны в табл. 4.

В результате сравнения двух методов вычисления скоров НАК становится очевидным, что предложенный метод отличается: оперативностью и компактностью при существенном уменьшении объемов расчетов; достижением результата за минимальное количество шагов и существенным упрощением расчетов; возможностью гибко и оперативно реагировать на изменения исходных условий задачи.

При этом результаты расчетов совпадают.

Таким образом, в результате выполненного исследования создан формализованный метод определения скоров незаменимых аминокислот как для любых проектов рационов питания, так и, естественно, проектов рецептур блюд.

Предложенный метод, во-первых, позволяет быстро и нетрудоемко выполнять одновременный расчет ско-

ров всей совокупности незаменимых аминокислот. Во-вторых, создает предпосылки как для разработки соответствующей программы, так и вычисления скоров НАК больших совокупностей РПП с использованием ПК. Необходимость в указанных вычислениях возникает при проектировании долговременных систем питания лечебно-профилактического назначения. В-третьих, при изъятии какого-либо ингредиента (ингредиентов) из создаваемого рациона питания или добавлении дополнительного (дополнительных) ингредиента нет необходимости всю процедуру вычислений повторять в полном объеме. В матрице $C_{ингредиент}$ размерностью $m \times n$, где n может быть порядка 10–15 и больше элементов, необходимо только один или несколько столбцов изъять (заменить на новые), а остальные – оставить без изменений, что чрезвычайно важно. Указанное обстоятельство существенно (в разы) упрощает расчет элементов новой матрицы $C_{ингредиент}$ и, как следствие, – скоров всей совокупности незаменимых аминокислот нового рациона питания.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Основи фізіології харчування*: підручник / Н.В. Дуденко [та ін.]. – Харків: Торнадо, 2003. – 407 с.
2. *Павлоцкая, Л.Ф.* Пищевая, биологическая ценность и безопасность сырья и продуктов его переработки / Л.Ф. Павлоцкая, Н.В. Дуденко, В.В. Евлаш. – К.: Фирма «ИНКОС», 2007. – 287 с.
3. *Дослідження залежності скорів незамінних амінокислот суміші від аналогічних скорів її інгредієнтів* / Ж.А. Крутовий [та ін.] // Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічне обґрунтування у підприємствах харчування. Економічні проблеми торгівлі: зб. наук. пр. – Харків: Изд-во «ХДАТОХ», 2002.
4. *Математичне моделювання раціонів харчування, що містять збалансований кальцій* / В.М. Михайлов [та ін.] // Обладнання та технології харчових виробництв: темат. зб. наук. праць. – Донецьк: Изд-во Донецького нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського, 2011. – С. 105–110.
5. *Крутовий, Ж.А.* Оптимізація вмісту інгредієнтів у раціонах одноразового споживання з високим вмістом кальцію / Ж.А. Крутовий, Н.В. Манжос, Г.В. Запаренко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. праць. – Харків: Изд-во ХДУХТ, 2011. – Вип. 1 (13). – С. 390–397.