

Н.П. Минатов Московский технологический институт мясной и молочной промышленности, Москва, СССР

Прочно утверждающиеся в настоящее время подходы к созданию технологий новых видов пищевых продуктов, в максимальной степени удовлетворяющих по своей пищевой ценности физиологические нормы, соответствующие конкретным профессионально-возрастным группам населения, предопределили интенсивное развитие исследований, которые могут быть объединены понятием "проектирование" /2/ потребительских свойств продуктов питания. Одной из серьезных задач в области такого проектирования является количественная оценка соответствия содержания отдельных незаменимых аминокислот и их суммарной сбалансированности в белке нового продукта или его компонентов по отношению к некоторому статистически обоснованному эталону. Вопрос, связанный с количественным выражением соответствия содержания отдельных незаменимых аминокислот эталону, достаточно просто решается с помощью расчета аминокислотных скоров C_j , представляющих собой частное от деления содержания A_j , j -ой аминокислоты в белке оцениваемого объекта на содержание S_j , j -ой аминокислоты в эталоне. A_j и S_j имеют размерность г/100г белка C_j — доли единицы или проценты.

В Институте питания АМН СССР под руководством доктора медицинских наук Шатерникова В.А. разработаны графические методы расчета аминокислотных скоров бинарных белковых композиций, позволяющие подобрать количественные соотношения компонентов, обеспечивающие либо отсутствие лимита в содержании незаменимых аминокислот, либо его минимум. Разработаны также и численные методы /6/ расчета аминокислотных скоров многокомпонентных белково-содержащих систем, учитывающие такие факторы, как массовая доля каждого белково-содержащего компонента в системе, содержание в нем белка и содержание в

этом белке незаменимых аминокислот. Вместе с тем, следует отметить, что и графических и численных методов расчета аминокислотных скоров сложных белковых систем дает лишь весьма условное представление об их сбалансированности и возможности утилизации организмом.

В соответствии с развитием /7, 10/ наукой о питании представлениями, для образования организмом человека необходимых ему белковых элементов, потребляемые в составе пищи белки должны обеспечивать его вполне определенными взаимосбалансированными количествами незаменимых аминокислот. Для среднестатистического субъекта эти требования удовлетворяются так называемым идеальным белком, состав которого обоснован ЧАО/ВОЗ.

В реальных ситуациях белок продуктов питания существенно отличается по содержанию отдельных незаменимых аминокислот от эталона ЧАО/ВОЗ как в сторону избытка, так и в сторону недостатка. Однако в любом случае возможность их утилизации организмом предопределена минимальным скором C_{min} какой-то одной из них и численно может быть охарактеризована значениями показателей d_j утилитарности содержания j -ой аминокислоты в белке продукта:

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

На основании этого показателя несложно рассчитать количества \tilde{A}_j , j -ой незаменимой аминокислоты, которое может быть утилизировано организмом:

$$\tilde{A}_j = A_j d_j, \quad \text{г/100г белка} \quad (2)$$

Численной характеристикой, достаточно полно отражающей сбалансированность незаменимых аминокислот по отношению к выбранному эталону, может служить коэффициент утилитарности аминокислотного состава белка, для расчета которого предлагается следующая формула:

$$U = \frac{\sum_{j=1}^n (A_j d_j)}{\sum_{j=1}^n A_j} \quad (3)$$

Из анализа формулы (1) следует, что в наименее выгодном положении, с позиции возможной утилизации организмом, в составе белка пищевого продукта находится незаменимые аминокислоты, скоры которых соответствуют максимуму или наиболее близки к нему. Общее количество незаменимых аминокислот, которое из-за их взаимнесбалансированности по отношению к статистически обоснованному эталону не должно быть утилизировано организмом, отнесенное к 100 г содержащего их белка, легко рассчитать по формуле:

$$B_n = \sum_{j=1}^n \{A_j (1 - d_j)\}, \quad (4)$$

где B_n — показатель "избыточности содержания" незаменимых аминокислот, г/100г белка.

Еще более информативным показателем сбалансированности состава незаменимых аминокислот в белке оцениваемого мясoproдукта или его компонентов является выраженный в граммах показатель "сопоставимой избыточности",

$$B_e = B_n / C_{min}$$

(5)

характеризующий суммарную массу не утилизируемых незаменимых аминокислот в таком количестве белка продукта, которое эквивалентно по их потенциально утилизируемому содержанию 100 г белка-эталоны.

Пройлюстрируем результаты использования сформулированных выше показателей для количественной оценки сбалансированности аминокислотного состава конкретных источников пищевого белка на примере сырья и продуктов, названия которых перечислены в табл. 1. Необходимые для выполнения расчетов по формулам (1-5) сведения об их аминокислотных составах заимствованы из литературных источников, ссылки на которые приведены в этой же таблице.

Таблица 1

Объект	Содержание аминокислоты, г/100г белка								
	Ily	Leu	Lys	Met + Cys	Phe + Tie	Tse	Tep	Val	
Говядина	797/4,80	8,10	8,00	4,00	8,00	4,80	1,10	5,00	
Свинина	797/5,80	9,00	9,90	4,40	8,80	5,10	1,20	6,20	
Конина	711/6,30	8,40	8,50	5,30	8,40	4,80	1,80	5,40	
Баранина	711/4,80	7,40	7,60	3,60	7,10	4,90	1,30	5,40	
Печень	717/5,00	9,10	7,50	3,50	8,00	4,70	1,60	6,50	
Кровь	737/0,90	13,20	9,70	2,60	10,70	4,80	1,40	8,70	
Плазма	3,53	12,10	8,59	2,51	11,81	4,61	1,51	8,97	
Соевый изолят	787/4,90	8,10	6,30	2,60	9,40	3,70	1,38	4,90	
Казейнат	737/6,60	10,10	8,20	3,70	5,80	4,50	1,50	7,40	
Мука пшен.	757/5,80	15,00	3,20	5,70	11,30	3,90	1,00	5,80	
Трудинка с/к	710/4,64	6,49	5,21	3,15	5,87	3,47	1,59	7,10	
Корейка с/к	710/3,95	7,23	7,65	3,70	6,27	4,42	1,52	6,30	

Объект	2	3	4	5	6	7	8	9
Окорок вареный	710/3,74	6,71	7,62	3,16	6,23	4,13	1,74	5,70
Колбасы:								
Минская п/к	/10/ 4,97	7,27	7,23	2,83	6,91	3,56	1,06	6,90
Любительская с/к/10/	4,38	7,71	7,33	3,02	6,84	3,42	1,08	9,00
Московская с/к	/10/ 4,66	7,21	7,10	3,75	5,84	3,63	1,08	7,90
Белок-эталон								
1. ФАО/ВОЗ								
2. Для детей	757/4,00	7,00	5,50	3,50	6,00	4,00	1,00	5,00
3. Для мужчин	757/4,10	6,80	4,80	3,50	4,10	2,70	1,00	4,20
4. Для женщин	757/2,90	3,80	3,20	3,50	7,10	1,90	1,00	4,10

В таблице 2 представлены рассчитанные с помощью микрокалькулятора значения коэффициента Z и показателя B_e . Стояние при них индексы соответствуют порядковому номеру, присвоенному в таблице 1 белку-эталону, по отношению к которому определены коэффициенты утилитарности и показателя "сопоставимой избыточности" содержания незаменимых аминокислот в белке оцениваемых объектов. Из анализа данных этой таблицы следует, что наиболее сбалансированным по отношению к эталону ФАО/ВОЗ сырьем является баранина, затем идут свинина и говядина, наименее сбалансированы кровь и пшеничная мука. Среди готовых продуктов наименее сбалансированным по аминокислотному составу белком обладает Любительская колбаса. По отношению к потребностям детей наиболее сбалансированным сырьем является конина, продуктом - сирокочечная колбаса Московская. Для мужчин и женщин аналогичными парами будут соответственно: говядина и окорек вареный; конина и колбаса сирокочечная Московская. Из данных этой таблицы следует также, что показатель "избыточности содержания" незаменимых аминокислот позволяет в ряде случаев уточнить вышеприведенную оценку и считать более сбалансированным белки других видов сырья или продуктов. Например, при выборе между кониной и говядиной, как сырьем для производства детского питания, показатель B_e склоняет чашу весов в сторону говядины. Подобная переоценка ценностей происходит и при выборе между кониной и бара-

ниной для производства мясopодуктов, рекомендуемых мужчинам. То же самое и при сравнении свиной и баранины, как сырья для производства специализированных продуктов "мужского" питания.

Таблица 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Говядина	0,826	0,787	0,691	0,564	7,60	9,23	13,46	19,03	
Свиная	0,830	0,746	0,655	0,533	7,01	12,76	17,32	23,17	
Копченая	0,798	0,791	0,686	0,563	9,82	10,16	16,23	16,14	
Баранина	0,879	0,782	0,650	0,525	5,07	10,01	14,70	19,53	
Печень	0,733	0,633	0,599	0,470	9,70	14,50	18,30	24,20	
Кровь	0,156	0,132	0,163	0,159	43,90	45,15	43,50	43,70	
Плазма	0,530	0,459	0,403	0,317	22,87	26,31	29,04	33,30	
Соевый изолят	0,648	0,561	0,493	0,387	14,54	18,10	20,93	25,31	
Казеинат натрия	0,723	0,690	0,463	0,475	13,00	14,32	25,42	25,07	
Мука шлепичная	0,405	0,402	0,530	0,499	30,75	30,90	24,30	25,50	
Грудинка с/к	0,324	0,740	0,567	0,510	6,69	9,84	16,42	18,57	
Корейка с/к	0,336	0,730	0,590	0,550	5,50	10,99	16,35	18,32	
Окорок вареный	0,333	0,722	0,616	0,497	6,53	10,33	14,99	19,62	
Колобасы									
Минская п/к	0,720	0,625	0,549	0,430	11,39	15,31	18,42	23,34	
Любительская с/к	0,719	0,629	0,553	0,434	12,00	15,36	19,14	24,23	
Посковская с/к	0,793	0,803	0,517	0,559	8,50	8,09	18,63	18,15	

Рассмотрим теперь случай, когда известны набор компонентов, входящих в рецептуру проектируемого мясopодукта, содержания в каждой из них белка и незаменимых аминокислот и необходимо оценить различные варианты соотношений этих компонентов с позиций сбалансированности аминокислотного состава белка их композиции. Выполнение такой оценки связано либо с экспериментальным определением аминокислотных составов композиций, соответствующих различным соотношениям компонентов, с помощью хроматографического метода, либо с моделированием этих составов с помощью математических методов. Второй путь представляется значительно более оперативным и в максимальной степени соответствующим цели проектирования. В конкретных ситуациях, обусловленных технологической необходимостью переработки одних видов белковосодержащего сырья и ограниченностью возможности использования других, представляет интерес моделирование аминокислотного состава белка многокомпонентной рецептурной композиции, в которой содержание одних компонентов постоянно, а содержания других уменьшаются за счет их замены третьими. Формально это соответствует тому, что в рецептурный набор может входить n компонентов, из которых e — основных постоянных, $m-e$ — основных заменяемых и $n-m$ — дополнительных заменяющих.

Алгебраическое выражение, удобное для моделирования аминокислотного состава многокомпонентного мясopодукта на основании априорных сведений о входящих в него ингредиентах, имеет следующий вид

$$A_j = \sum_{i=1}^m x_i \sum_{c=1}^n x_{ic} p_{ic} a_{ij} + \left(\sum_{i=1}^m x_i - Y \right) \sum_{i=1}^m x_i p_{ic} a_{ij} + Y \sum_{i=1}^m x_i \sum_{c=1}^n x_{ic} p_{ic} a_{ij} \quad (6)$$

где x_i — содержание i -ого компонента в рецептуре, при этом $\sum_{i=1}^m x_i = 1$ и $\sum_{c=1}^n x_{ic} = 1$
 p_{ic} — содержание белка в i -ом компоненте рецептурной композиции, %
 a_{ij} — содержание j -ой аминокислоты в i -ом компоненте, г/100г белка.
 Y — уровень замены, доля единицы.

Для иллюстрации возможностей и целесообразности использования изложенных выше методов в конкретных ситуациях смоделируем изменения сбалансированности аминокислотного состава белка трех рецептурных композиций гипотетических мясopодуктов, в качестве ингредиентов которых могут быть использованы следующие виды сырья, аминокислотные составы которых соответствуют данным таблицы 1: говядина с содержанием белка $P_1 = 18,1\%$; свиная — $P_2 = 13,7\%$; печень — $P_3 = 17,3\%$; кровь — $P_4 = 17,2\%$; гидратированный изолят белка сои — $P_5 = 13,0\%$; гидратированный казеинат натрия — $P_6 = 13,0\%$; гидратированная шлепичная мука — $P_7 = 13,0\%$. Для первой композиции в качестве основного постоянного компонента выступает говядина, содержание которой в рецептурной смеси $x_1 = 0,1$. Основ-

ным заменяемым компонентом является свинина, для которой $x_2 = 0,5$. Дополнительный заменяющий компонент - гидратированный казеинат натрия, которому соответствует $x_3 = 1$. При этом $l = 1, m = 2, n = 3$, а уровень замены y изменяется в пределах от 0 до 0,5 с шагом 0,125.

Для второй композиции основным постоянным компонентом является печень - $x_1 = 0,5$. Основные заменяемые компоненты в этом случае: кровь - $x_2 = 0,2$ и гидратированный соевый изолят - $x_3 = 0,3$. Дополнительные заменяющие компоненты: гидратированный казеинат натрия - $x_4 = 0,5$ и гидратированная пшеничная мука - $x_5 = 0,5$. y принимает значения: 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; $l = 1; m = 3$ и $n = 5$.

Для третьей композиции основной постоянный компонент - говядина, которой соответствует $x_1 = 0,4$. Основные заменяемые компоненты: свинина - $x_2 = 0,4$ и печень - $x_3 = 0,2$. Дополнительные заменяющие: кровь - $x_4 = 0,35$ и гидратированная мука - $x_5 = 0,65$; y изменяется от 0 до 0,4 с шагом 0,1; $l = 1; m = 3$ и $n = 5$.

Таблица 3

Вариант исходной рец.	Первый		Второй		Третий		Результаты моделирования приведены в таблице 3. Из их анализа следует, что наибольшее влияние на сбалансированность аминокислотного состава белка, замена одних компонентов другой оказывает во второй рецептурной смеси. Для этой композиции увеличение уровня замены крови и соевого изолята казеинатом натрия и муки сопровождается возрастанием U_2 и U_3 , при этом U_2 достигает экстремума при $y = 0,1$; а U_3 увеличивается вплоть до $y = 0,5$. Максимальный $U_2 = 0,834$ соответствует первой композиции при соотношении говядина:свинина:гидратированный казеинат натрия, равном 0,5:0,25:0,25.
	y	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	
	0	0,125	0,250	0,375	0,50		
	U_1	0,855	0,888	0,894	0,880	0,867	
	U_2	0,768	0,787	0,775	0,763	0,751	
	y	0	0,100	0,200	0,300	0,400	0,500
	U_1	0,689	0,730	0,769	0,808	0,845	0,834
	U_3	0,524	0,555	0,586	0,615	0,644	0,669
	y	0	0,100	0,200	0,300	0,400	
	U_1	0,885	0,888	0,887	0,887	0,847	
	U_4	0,534	0,538	0,542	0,546	0,549	

Выводы

1. Предложена методика и система показателей, позволяющая осуществить количественную оценку сбалансированности аминокислотного состава белка. Из анализа математических выражений для расчета этих показателей следует, что возможны такие ситуации, когда при проектировании рецептур новых видов мясопродуктов предпочтение должно быть отдано варианту по суммарному содержанию незаменимых аминокислот в единице

белка, уступающему всем остальным.
2. Выведено математическое уравнение для расчета аминокислотного состава белковых композиций, учитывающее специфику проектирования многокомпонентных рецептурных смесей и лежащее в основе моделирования их аминокислотной сбалансированности. Показано, что выбор наиболее выгодного с биологических позиций, варианта может быть осуществлен только в результате такого моделирования.

Литература

1. Березная Л.И. Исследование пищевой ценности белковых добавок, полученных на основе крови убойных животных и молока и продуктов с их применением - Автореф. канд. дис. Киев, 1978.
2. Бражников А.М., Рогов И.А. О возможности проектирования комбинированных мясопродуктов. - Мясная индустрия СССР, 1984, №5, с. 23-25.
3. Висмар-Цедерсен Е. Использование крови животных в качестве добавок при производстве мясных продуктов. - Доклад фирмы "АТЛАС", Копенгаген, 1980.
4. Влияние компонентов структурированных белковых продуктов на качество колбасных фаршей/Рогов И.А., Липатов И.И., Титов В.И., Владимов А.В. и др. - Мясная индустрия СССР, 1982, №2, с. 29-32.
5. Кротович В.Л., Токарева Р.Р. Проблема пищевой полноценности хлеба - М., Наука, 1973, 28 сс.
6. Моделирование и оптимизация аминокислотного состава многокомпонентных мясных систем/Липатов И.И., Рогов И.А., Владимов А.В., Мамиконян М.Л. и др. XX Европейский конгресс научных работников мясной промышленности, Бристоль, 1981, р. 300.
7. Несмеянов А.И., Великов В.М. Миска будущего, М., Педагогика, 1979, -127 с.
8. Преспект фирмы "РОЛСТОН-ШУРНА".
9. Салаватуллина Р.М., Любченко Б.И. Использование растительных белков в колбасном производстве - ЦИТИЭ/Миссопром СССР Мясная промышленность (обзорная информация) 1982, -25 сс.
10. Аминокислотный состав пищевых продуктов - под ред. Нестерина М.М. М., Пищевая промышленность, 1979, -241 с.
11. Зосебесов М.А. Разработка технологии формованной солено-вареной баранины с применением коагуляционных воздействий и ферментного препарата матайлона - Мад. дис., М., 1980, 175 сс.