

ЛИТЕРАТУРА

1. Павловская, Л. М. Перспективные направления научных исследований процессов консервирования овощей и фруктов: производство ферментированных продуктов / Л. М. Павловская, С. Н. Голубева // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2017. — №1. — С.63-68.
2. Анализ мирового рынка замороженных овощей 2012-2016 гг. / ООО «Бизнес Стат» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://businessstat.ru/russia/food/fruit_and_vegetables/frozen_fruit_and_vegetables/?yclid=1707058626798556044. — Дата доступа: 04.04.2017.

Рукопись статьи поступила в редакцию 06.06.2017

L. M. Paulouskaya, N. V. Fedorova-Hudz

SCIENTIFIC AND PRACTICAL ASPECTS OF CANNING VEGETABLES AND FRUITS

The main ways of preserving of food products in relate to modern consumption trends is considered in this article. Scientific approaches to solve of technological issues are indicated. Ways of improving the production of canned products in Belarus are suggested.

Keywords: methods of preservation, fermentation, vacuum packing of vegetables, frost, sterilization.

УДК 51-74+641.1

Приведены результаты исследований по созданию на основе математического моделирования универсальных комплексных обогащающих смесей для пищевых продуктов, отличающихся повышенным содержанием минеральных веществ и витаминов, а также повышенной биологической ценностью. Разработана математическая модель, которая позволяет подобрать оптимальное количество компонентов в обогащающих смесях при задаваемых условиях.

Ключевые слова: комплексные обогащающие смеси, математическая модель, отруби пшеничные, пшеничные зародышевые хлопья.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТАВА НАТУРАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСНЫХ ОБОГАЩАЮЩИХ СМЕСЕЙ

УО «Белорусский государственный экономический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь

*Е.В. Коляда, кандидат технических наук,
доцент кафедры товароведения продовольственных товаров*

Производство полноценной и здоровой пищи во все времена было одной из важнейших задач, стоящих перед человечеством. Проблема сбалансированного рационального питания остается актуальной и сегодня. По объективным и субъективным причинам в рационе питания населения Республики Беларусь отмечается несбалансированность по основным пищевым веществам — белкам, углеводам, минеральным элементам, витаминам и пищевым волокнам, а также нерациональное их соотношение. Несбалансированность пищевого рациона и сложная экологическая обстановка являются серьезными факторами ухудшения здоровья населения.

Одним из путей решения проблемы улучшения качества жизни, поддержания здоровья, работоспособности и долголетия людей является создание обогащенных продуктов питания.

Сегодня покупатели все больше отдают предпочтение продуктам питания природного происхождения и востребованными становятся продукты, обладающие высокой пищевой и энер-

гетической ценностью и содержащие оптимальное количество всех основных пищевых веществ.

Однако традиционные технологии производства пищевых продуктов приводят к заметному снижению их пищевой и биологической ценности, что вызывает в рационе питания человека дефицит ряда незаменимых компонентов питания. Перспективным направлением решения задачи стабильного обеспечения населения продуктами хорошего качества и высокой пищевой ценности является их обогащение природными компонентами, натуральными добавками. При этом полученный обогащенный пищевой продукт должен обладать всем комплексом функциональных свойств для данного типа продукции, сохраняющих и улучшающих здоровье человека в течение всего срока годности продукта [1].

Пищевые добавки природного происхождения в составе продуктов питания при систематическом употреблении обеспечивают организм энергией и регулируют физиологические функции. В большинстве случаев добавки вносятся для улучшения органолептических свойств продуктов, поэтому потребность в них особенно возросла в связи с увеличением спроса на более питательные пищевые продукты.

Разработка натуральных пищевых добавок, в том числе комплексных (многокомпонентных) смесей, позволит создать обогащенные продукты питания, с повышенным содержанием основных пищевых и биологически активных компонентов при наиболее полном сохранении полезных природных свойств сырья, обеспечить полноценное питание, профилактику многих заболеваний и адаптацию человека к воздействию неблагоприятных факторов внешней среды. Такие продукты являются объектами инновационной деятельности и могут быть выделены в отдельный товарный класс.

Цель представленного исследования – создание универсальных комплексных обогащающих смесей для пищевых продуктов, имеющих повышенные биологическую ценность и содержание минеральных веществ и витаминов.

Установлено, что натуральные комплексные обогащающие смеси имеют более сбалансированный состав, чем отдельные пищевые компоненты. Проведен ряд экспериментов по проектированию на основе математического моделирования комплексных обогащающих смесей с направленным химическим составом, регулируемым в соответствии с современными физиологическими нормами питания. Основываясь на принципах формирования состава обогащающих смесей, используемых в производстве пищевых продуктов, при разработке описываемых обогащающих смесей подобрали и изучили возможные монокомпоненты, их состав, взаимозаменяемость, достигаемый при использовании технологический эффект.

Для проектирования комплексных обогащающих смесей с заданными свойствами использовали метод компьютерного моделирования рецептур новых продуктов, применяя инструмент «Поиск решения», программное обеспечение Microsoft Excel. Изменяя виды и количество вводимых компонентов и, соответственно, соотношение элементов химического состава, можно регулировать свойства конечных продуктов.

На основе критерия оптимизации выбираются оптимальные значения проектируемого состава комплексных обогащающих смесей с учетом заданных ограничений. Такими ограничениями являлись значения биологической ценности белков для комплексных обогащающих смесей, а также максимальные значения минерального состава и витаминов.

В соответствии с существующей международной практикой установлено, что содержание вносимых обогащающих компонентов в продуктах питания должно находиться на уровне, обеспечивающем поступление со средней суточной порцией этого продукта не менее 10 % рекомендуемого среднего суточного потребления человеком незаменимых веществ.

Это требование основано на данных о том, что реальный дефицит пищевых веществ, в том числе белков, минеральных веществ и витаминов, в обычном рационе современного человека находится в пределах 10-50 % от их регламентируемого уровня потребления. Обогащенный таким образом продукт позволяет эффективно восполнить имеющийся дефицит, а остальные 50-90 % необходимых пищевых веществ поступают с другими входящими в рацион продуктами, обычными или обогащенными [2, 3].

Проведены исследования по изучению возможности создания комплексных обогащающих смесей на зерновой основе с повышенным содержанием минеральных веществ и витаминов, а также с повышенной биологической ценностью белков. При этом использовались основные научные принципы и подходы к обогащению пищевых продуктов, разработанные отечественной и зарубежной наукой [4].

Априорной составляющей для всех обогащающих компонентов была ориентация на универсальность применения (в возможных границах относительности этого понятия) для пищевых продуктов. В связи с этим при проектировании рецептур комплексных обогащающих смесей, а также исследовании отдельных компонентов учитывалась не просто количественная характеристика содержания аминокислот, а их взаимосбалансированность, которая позволила прогнозировать эффективность их использования в организме, а, следовательно, и эффективность предлагаемых комплексных обогащающих смесей и их технологий.

При проектировании аминокислотного состава важным является не только содержание аминокислот, но и степень сбалансированности незаменимых аминокислот идеального белка. Разрабатываемые комплексные обогащающие смеси оптимизировались по следующим критериям: белковый профиль (аминокислотный состав и скоры аминокислот, максимальная степень утилизации аминокислот); по показателю пластического использования белка, биологической ценности и по коэффициенту эффективности белка, а также применялись критерии соответствия суточной потребности человека в минеральных элементах и витаминах.

На основании полученных данных разработан состав комплексных обогащающих смесей с учетом следующих требований:

1. Основное сырье должно быть относительно доступным и недорогим (в разработанных комплексных обогащающих смесях в качестве основного обязательного сырья используются пшеничные отруби и пшеничные зародышевые хлопья);
2. Использование несложных способов подготовки и обработки сырья для достижения порошкообразного состояния;
3. Обеспечение в комплексных обогащающих смесях оптимального аминокислотного состава белков, минерального состава и витаминов;
4. Приемлемые органолептические характеристики обогащающих компонентов, позволяющие их использование в производстве пищевых продуктов.

Моделирование и расчет основных критериев оптимизации состава проектируемых комплексных обогащающих смесей осуществляли посредством алгоритма (рис. 1).

На основе проведенных исследований был сформирован банк исходных данных химического, аминокислотного, минерального и витаминного состава обогащающих компонентов: пшеничных отрубей (ПО), пшеничных зародышевых хлопьев (ПЗХ), пивной дробины (ПД), сухой пшеничной клейковины (СПК), морковного жома (МЖ) и свекловичного жома (СЖ), сухого обезжиренного молока (СОМ). Затем проведена оценка различных вариантов соотношений обогащающих компонентов, входящих в состав комплексных обогащающих смесей.

По результатам исследований были разработаны следующие составы обогащающих смесей:

- ♦ отруби пшеничные и (или) пшеничные зародышевые хлопья (в различных соотношениях);
- ♦ отруби пшеничные и компоненты (пивная дробина и (или) сухая пшеничная клейковина и (или) свекловичный жом и (или) морковный жом и (или) сухое обезжиренное молоко);
- ♦ пшеничные зародышевые хлопья и компоненты (пивная дробина и (или) сухая пшеничная клейковина и (или) свекловичный жом и (или) морковный жом и (или) сухое обезжиренное молоко).

В составе комплексных обогащающих смесей вариативными компонентами были набор и количество добавок, которые задавались в компьютерной программе как необходимые для выполнения.

Описание проектирования.

Обозначим: x_j – количество j -го вида продукта в составе смеси.

Так как в дальнейшем необходимо будет учитывать целое количество процентов, то зададим пределы изменения данного параметра от 0 до 100.

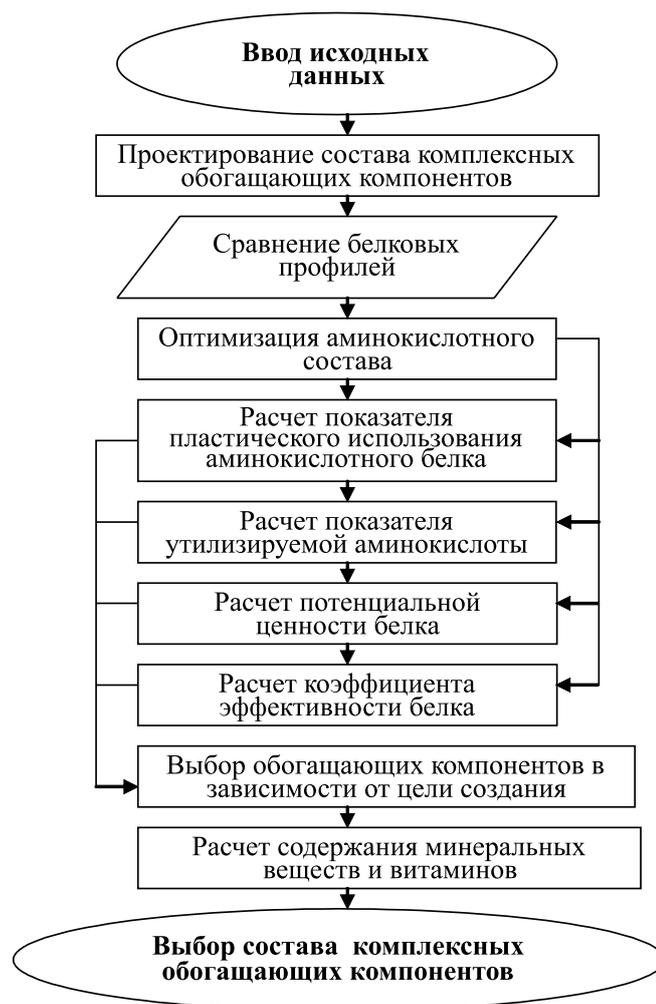


Рис. 1. Алгоритм моделирования оптимального состава комплексных обогащающих смесей

Входные параметры проектирования:

a_{ij} – количество i -го минерального вещества, витамина в единице j -го продукта, $i = 1, \dots, m$; $j = 1, \dots, n$.

A_i^{\min}, A_i^{\max} – минимальные и максимальные нормы содержания минеральных веществ, витаминов в составе смеси.

b_{kj} – количество k -ой аминокислоты в единице j -го продукта $k = 1, \dots, K; j = 1, \dots, n$.

B_k – идеальное содержание k -ой аминокислоты в составе смеси;

Δ_k^+, Δ_k^- – допустимое увеличение и уменьшение содержания k -ой аминокислоты, выраженное в процентах.

При построении оптимизационной модели за целевую функцию примем достижение оптимального количества аминокислот белка до 36 (формула 1).

$$f = C - \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \min, \quad (1)$$

где C – идеальный белок, 36; c_j – содержание аминокислот в j -ом продукте.

Ограничения будут описывать допустимое содержание минеральных веществ, витаминов и аминокислот (формулы 2; 3; 4; 5; 6):

$$\sum_{j=1}^n \frac{a_{ij} \cdot x_j}{100} \leq A_i^{\max}, \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n \frac{a_{ij} \cdot x_j}{100} \geq A_i^{\min} \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^n \frac{b_{kj} \cdot x_j}{100} \leq B_k (1 + \Delta_k^+) \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^n \frac{b_{kj} \cdot x_j}{100} \geq B_k (1 - \Delta_k^-) \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^n x_j = 100, \quad (6)$$

$$x_j \geq 0.$$

Для более удобного практического применения введем дополнительное условие целочисленности переменных: x_j – целое, $j = 1, \dots, n$.

Данная система образует математическую модель задачи, которая позволит подобрать оптимальную структуру смеси обогащающих компонентов при вышеуказанных условиях. В данную модель можно вводить дополнительно условия по ограничению доли определенных продуктов. Таким образом, варьируя дополнительные условия и значения правых частей ограничений, можно получить набор составов, каждый из которых будет удовлетворять определенным условиям.

На базе имеющейся научно-технической информации, обширных статистических данных и на основании вышеизложенного, нами определена дозировка отдельных компонентов в составе комплексных обогащающих компонентов, обязательным составным компонентом которых являются пшеничные отруби и пшеничные зародышевые хлопья. Для определения соотношения компонентов в комплексных обогащающих смесях использовали программу Microsoft Excel, которая позволила выйти на оптимальные соотношения компонентов, обеспечивая при этом содержание незаменимых веществ, максимально приближенное к рекомендуемым нормам их потребления. Состав разработанных комплексных смесей приведен в табл. 1.

Таблица 1. Состав компонентов комплексных обогащающих смесей

Вариант	Содержание обогатительных компонентов, % массы общего состава						
	ПО	ПЗХ	ПД	СПК	СЖ	МЖ	СОМ
1	29,576	70,424	–	–	–	–	–
2	28,337	27,690	20,050	23,923	–	–	–
3	10,880	41,541	17,020	10,559	–	–	20,0
4	41,090	–	24,766	20,450	–	–	13,694
5	35,005	–	19,980	20,662	–	14,371	9,982
6	–	41,400	14,242	21,930	5,0	–	17,428
7	–	37,469	29,555	24,093	–	–	8,883
8	–	25,650	42,004	18,656	–	–	13,69

Как указывалось выше, при проектировании аминокислотного состава важным является не только содержание аминокислот, но и степень сбалансированности незаменимых аминокислот идеального белка. Разрабатываемые комплексные обогащающие смеси оптимизировались по следующим критериям: белковый профиль (аминокислотный состав и скорости аминокислот, максимальная степень утилизации аминокислот); по показателю пластического использования белка, биологической ценности и по коэффициенту эффективности белка, а также применялись критерии соответствия суточной потребности человека в минеральных элементах и витаминах.

Белковая часть в исследуемых компонентах играет роль стимулятора регенерации тканей в организме человека, поэтому при разработке смесей уделялось внимание гармонизации бел-

ковых профилей и повышению эффективности белков. Была проведена оценка аминокислотной сбалансированности и биологической ценности составленных компонентов. Определение оптимальной дозировки слагаемых ингредиентов смесей проводили расчетным путём.

Допустим, n – количество ингредиентов, m – число аминокислот или комбинаций аминокислот, входящих в стандарт $(f_1, f_2, f_3, \dots, f_n)$ – вектор, элементы которого равны содержанию аминокислот в идеальном белке (в г на 100 г белка). Допустим, матрица A характеризует аминокислотный состав рецептурных ингредиентов: ее элементы A_{ij} равны количеству j -й аминокислоты (г на 100 г) в i -м ингредиенте ($i = 1, 2, 3, \dots, n; j = 1, 2, 3, \dots, m$), а вектор $(p_1, p_2, p_3, \dots, p_n)$ соответствует содержанию белка в ингредиентах, выраженному в виде массовой доли. Допустим, $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ – рецептурный вектор долей ингредиентов в готовом продукте. Тогда аминокислотный состав готовых смесей можно определить по формуле:

$$(a_1, a_2, a_3, \dots, a_m)' = A(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \quad (\text{или})$$

$$a_i = x_1 A_{1j} + x_2 A_{2j} + \dots + x_n A_{nj} \quad (\text{уравнение материального баланса}). \quad (7)$$

Содержание белка определяли по формуле:

$$p = x_1 p_1 + x_2 p_2 + \dots + x_n p_n. \quad (8)$$

Тогда содержание аминокислот в г на 100 г белка проектируемых смесей равно:

$$y = \frac{a_j}{p} = \frac{x_1 A_{1j} + x_2 A_{2j} + x_3 A_{3j} + \dots + x_n A_{nj}}{x_1 p_1 + x_2 p_2 + x_3 p_3 + \dots + x_n p_n}. \quad (9)$$

Соответствующие аминокислотные скоры определяются по формуле 1. Лимитирующий скор AC_{\min} равен минимуму:

$$AC_{\min} = \min(AC_1, AC_2, AC_3, \dots, AC_m). \quad (10)$$

Соответствующая ему аминокислота или комбинация аминокислот – лимитирующая.

Лимитирующими аминокислотами для спроектированных вариантов смесей на основе пшеничных отрубей и пшеничных зародышевых хлопьев определены изолейцин (в смесях, в составе которых пшеничные отруби составляют до 35 %, пшеничные зародышевые хлопья до 41 %) и лизин (в смесях, в составе которых пшеничные отруби составляют до 30% и пшеничные зародышевые хлопья до 35 %); а также для вариантов смесей на основе пшеничных зародышевых хлопьев с компонентами сухой пшеничной клейковины (до 6%) и сухим обезжиренным молоком (до 4%).

Изучив аминокислотный состав исходных компонентов и разработанных на их основе комплексных обогащающих смесей, определили биологическую ценность последних. Учитывая тот факт, что общепризнанного мнения относительно характера перевариваемости белков различного происхождения сегодня не существует, особое внимание было уделено изучению анаболической эффективности новых смесей.

Для выполнения в организме пластической функции белки пищи должны состоять из взаимосбалансированных количеств незаменимых аминокислот. Однако определение эффективности белка базируется не только на расчетах аминокислотного скоры, так как скор показывает предел использования азота данного вида белка для пластических целей. Избыток других содержащихся в белке аминокислот может быть использован в качестве источника неспецифического азота или на энергетические нужды организма, т.е. утилизироваться.

Показатель скоры C_j , оценивающий качество белка с точки зрения конкретной эссенциальной аминокислоты, весьма важен, но не лишен ограничений. Он является дифференциальным, т.е. оценивает одну аминокислоту относительно ее эталона, тогда как важен и интегральный показатель, характеризующий качество белка в целом. Поэтому показатель скоры не является показателем биологической ценности белка и между этими показателями необходима взаимосвязь.

Таким образом, разработана математическая модель, которая позволяет подобрать оптимальное количество обогащающих компонентов при задаваемых условиях. Разработан состав обогащающих смесей на зерновой основе. Установлено, что содержание отдельных компонентов

можно варьировать, включая в состав комплексных обогащающих смесей: пшеничных отрубей, пшеничных зародышевых хлопьев до 70 %; пивной дробины, сухой пшеничной клейковины до 30 и 24 % соответственно; морковного жома, сухого обезжиренного молока до 14 %; свекловичного жома – до 5 % от общей массы смесей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ рынка многокомпонентных смесей для производства хлебобулочных изделий / О. Стабровская [и др.] // Хлебопродукты. – 2011. – № 1. – С. 46–47.
2. Глазкова, И. В. Оптимизация рационов питания с использованием компьютерных технологий / И. В. Глазкова, Ю. А. Ивашкин // Пищевая промышленность. – 2010. – № 6. – С. 61–63.
3. Обоснование уровня обогащения пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами / В. М. Коденцова [и др.] // Вопросы питания. – 2010. – Т. 79. – С. 23–33.
4. Методические рекомендации по обогащению витаминно-минеральными комплексами массовых сортов хлебобулочных изделий, вырабатываемых по национальным стандартам (2.3.2.2571–10) // Хлебопекарное производство. – 2010. – № 8. – С. 30–47.

Рукопись статьи поступила в редакцию 06.08.2017

E. V. Kolyada

MATHEMATICAL MODELING OF THE COMPOSITION OF NATURAL COMPLEX ENRICHMENT MIXTURES

The results of research of creation of universal optimized complex enriched mixtures on the basis of math modeling with increased content of minerals and vitamins and increased biological value of proteins for foodstuffs are conducted. Mathematical model, which allows to select optimal number of components in the enriched mixtures in the given conditions, is worked out.

Keywords: complex enriching mixtures, mathematical model, wheat bran, wheat germinal flakes.

УДК 664.85.014:634.723.1

Работа посвящена исследованию сортов смородины черной. Приведены результаты изучения химического состава ягод и продуктов переработки. Установлены изменения содержания титруемых кислот, витамина С, пектиновых и фенольных веществ, сохранение окраски в процессе переработки ягод.

Ключевые слова: черная смородина, химические показатели, титруемые кислоты, пектиновые вещества, фенольные вещества.

ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ ПРИ РАЗНЫХ СПОСОБАХ КОНСЕРВИРОВАНИЯ

**РУП «Институт плодоводства», аг. Самохваловичи,
Минский район, Республика Беларусь**

М.Г. Максименко, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

В садах Республики Беларусь наиболее распространенной ягодной культурой является смородина черная. Она характеризуется пластичностью, скороплодностью, пригодностью к механизированной уборке, быстрой окупаемостью вложенных средств. Ягоды и продукты переработки из смородины черной отличаются высоким содержанием многих ценных биологически активных веществ. По содержанию витамина С они уступают только шиповнику и актинидии