

МРНТИ 65.63.33

Ж.К. Имангалиева¹ – основной автор, | ©
Н.К. Ибрагимов², М.К. Кожახиева³, А.Б. Есенова⁴



^{1,3}PhD, ст. преподаватель, ²Канд., техн. наук, ⁴Магистр, лектор

ORCID

¹<https://orcid.org/0000-0003-3419-7852> ²<https://orcid.org/0000-0001-9607-823X>

³<https://orcid.org/0000-0001-5767-5154> ⁴<https://orcid.org/0000-0002-6101-1446>



^{1,3,4}Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан



²Государственный университет имени Шакарима, г. Семей, Казахстан



¹i.zhadra@mail.ru

<https://doi.org/10.55956/YUXY9855>

ОПТИМИЗАЦИЯ ВИТАМИННОГО СОСТАВА В ТВОРОЖНЫХ ПРОДУКТАХ

Аннотация. Исследование посвящено разработке оптимальной рецептуры творожной массы с использованием информационных технологий и методов линейного программирования. Была рассмотрена методика расчета характеристик продукта на основе материального баланса и оптимизации себестоимости. Выявлено, что применение программного обеспечения «Минимакс» и модуля «Витамакс» позволяет эффективно оптимизировать рецептуры и моделировать витаминный состав продуктов. Установлено, что создание функциональных рецептур многокомпонентных продуктов позволяет рационально использовать сырье и расширить ассортимент продукции. В результате исследования разработана рецептура творожной массы с оптимальными питательными характеристиками и сниженной себестоимостью.

Ключевые слова: творожные продукты, витаминный состав, сбалансированность, питательная ценность, оптимизация.



Имангалиева, Ж.К. Оптимизация витаминного состава в творожных продуктах [Текст] / Ж.К. Имангалиева, Н.К. Ибрагимов, М.О. Кожახиева, А.Б. Есенова // Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №3(85). – С.40-46. <https://doi.org/10.55956/YUXY9855>

Введение. Проблема оптимизации состава пищевых продуктов представляет собой актуальную задачу в современной науке и практике производства. Несмотря на значительные достижения в области пищевых технологий, существует постоянная потребность в разработке новых методов и подходов к формированию рецептур, которые бы удовлетворяли требованиям потребителей и одновременно обеспечивали оптимальное сочетание пищевых и питательных характеристик продуктов.

Исследования, направленные на оптимизацию витаминного состава творожных продуктов, становятся особенно важными. Творог, как ценный источник белка и микроэлементов, является популярным продуктом в рационе многих людей, особенно детей и подростков. Однако, с точки зрения научного и практического аспекта, до сих пор существует необходимость в

дальнейших исследованиях по оптимизации его состава с учетом содержания витаминов и минералов.

С целью обоснования актуальности исследования, важно отметить, что в настоящее время существует ограниченное количество исследований, посвященных оптимизации витаминного состава творожных продуктов. Несмотря на значимость этой проблемы с точки зрения общественного здоровья и потребительских предпочтений, имеющиеся научные данные остаются недостаточными для формирования комплексного подхода к созданию оптимальных рецептур таких продуктов.

В мире современной пищевой промышленности повышается интерес к созданию продуктов, обладающих не только отличным вкусом, но и высокой питательной ценностью. Важным аспектом здорового питания витаминного состава в творожных продуктах и приведем примеры применения этой методологии в практике.

Условия и методы исследований. Методика расчета характеристик творожной массы базируется на применении линейных уравнений материального баланса для каждого химического элемента, а также на алгоритме определения массовой доли витаминов, соответствующих суточной потребности выбранной группы населения. Решение таких задач основывается на принципе сохранения массы веществ.

В математике для решения подобных задач используется линейное программирование (ЛП), которое включает метод симплекса. Обычно задача ЛП формулируется в стандартной форме следующим образом:

$$\max(\min) F(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{j=1}^n c_j x_j, \quad (1)$$

$$\sum a_{ij} x_j \leq b_j, i = 1, 2, \dots, n, x_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n. \quad (2)$$

В работе в качестве критерия оптимизации (функционала) была выбрана массовая доля витамина С в творожной массе, как одна из характеристик, определяющая пищевую ценность продукта. Целевая функция для выполнения оптимизации, исходя из условия максимума содержания витамина С, запишется в следующем виде [1-3]:

$$C = \sum_{i=1}^n C_i \cdot x_i \rightarrow \max \quad (3)$$

где: $x_i = (x_1, x_2, \dots, x_8)$ – вектор неизвестных искомым; C_i – массовая доля витамина i -го ингредиента, мг / (мг %).

Для создания рецептуры творожной массы «Радуга» применялся матричный метод проектирования рецептурной смеси. Одним из основных методов повышения прибыльности производства является снижение себестоимости производимой продукции. В качестве компонентов для рецептуры использовались различные ингредиенты, представленные в информационной матрице данных.

Для решения задачи использовался табличный редактор Microsoft Excel с помощью стандартной надстройки «Поиск решения», что позволяет

эффективно оптимизировать рецептуру. На основе информационной матрицы была сформирована система линейных балансовых уравнений.

Результаты исследований и их обсуждение. Рецептурная смесь должна содержать определенное количество жира, белка и углеводов в 100 г продукта. Функция цели заключается в минимизации себестоимости. Решение системы линейных балансовых уравнений представлено в таблице 1 с минимальной себестоимостью.

Программное обеспечение «МИНИМАКС» позволяет рассчитывать рецептуры многокомпонентных продуктов с заданным составом. Матричный метод решения рецептурных задач отличается простотой и информативностью. Использование линейного программирования и современных информационных технологий при проектировании продуктов позволяет эффективно использовать дорогостоящее сырье и расширить ассортимент продукции.

Таблица 1

Информационная матрица данных для оптимизации рецептуры

Ингредиенты	X	Масса, кг	Массовая доля, %				Цена, тг/кг
			жира	белка	углеводов	воды	
Творог 5%	X ₁	80,00	5,00	21,00	3,00	81,00	1200,00
Сахар песок	X ₂	4,95	0,00	0,00	99,80	0,10	700,00
Сливки 10% жирности	X ₃	15,00	10,00	2,70	4,50	82,80	1300,00
Наполнитель (мякоть тыквы)	X ₄	15,00	1,00	0,10	4,40	90,30	400,00
Наполнитель (мякоть моркови)	X ₅	0,00	1,30	0,10	9,60	88,00	180,00
Наполнитель (миндаль)	X ₆	0,00	61,00	15,00	9,40	0,00	5200,00
Наполнитель (фундук)	X ₇	0,00	40,40	18,60	13,00	0,00	4000,00
Итого, кг		100,00					

Использовали в рецептурных расчетах табличный редактор Microsoft Excel. Стандартная надстройка «Поиск решения» процессора электронных таблиц «MS Excel» позволяет эффективно решать рецептурные задачи, а представление результатов в виде таблиц обеспечивают удобную для учета и отчетности информацию.

На основании информационной матрицы (табл. 1) сформирована система линейных балансовых уравнений (табл. 2).

Таблица 2

Система балансовых уравнений и ограничений

Баланс по:	Уравнения и ограничения:
Жиру	$0,09X_1 + X_2 + 0,01X_3 + 0,001X_4 = 7,3$
Белку	$0,14X_1 + X_2 + 0,027X_3 + 0,01X_4 = 9,52$
Углеводам	$0,028X_1 + 0,045X_2 + 0,529X_3 + 0,131X_4 = 8,14$
Воде	$0,65X_1 + 0,01X_2 + 0,828X_3 + 0,90X_4 = 74,84$
Масса, кг.	$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 = 100,00$

Рецептурная смесь творожной массы должна содержать в 100 г: жира не менее – 8 г, белка не менее – 10,0 г, углеводов не менее – 8 г.

Функция цели – минимальная себестоимость запишется в виде:

$$1200X_1 + 700X_2 + 1300X_3 + 400X_4 \rightarrow \min (\max)$$

Система линейных балансовых уравнений решается в компьютерной системе Excel. С учетом принятых обозначений, рецептура творожной массы с минимальной и максимальной себестоимостью приведена в таблице 3.

Модульное программное обеспечение «МИНИМАКС» позволяет рассчитывать рецептуру многокомпонентной программы с заданным составом. Разработанный матричный метод решения рецептуры многокомпонентных пищевых продуктов отличается простотой и высокой информативностью [2].

Создание функциональных рецептов многокомпонентных пищевых продуктов показывает, что эффективность компьютерного моделирования может быть успешно достигнута при использовании теории линейного программирования (симплекс-метода) и решения поставленных задач с применением современных информационных технологий [1,2].

Проектирование поликомпонентных продуктов позволяет рационально использовать дорогостоящее сырье, расширить ассортимент продуктов.

Таблица 3

Рецептура творожной массы с минимальной себестоимостью

Ингредиенты	X	Масса, кг	Массовая доля, %				Цена, тг/кг
			жира	белка	углеводов	воды	
Творог 9%	X ₁	65,00	9,00	14,00	2,80	65,00	1200,00
Сахар песок	X ₂	12,50	0,00	0,00	99,80	0,10	700,00
Сливки 10 % жирности	X ₃	7,50	10,00	2,70	4,50	82,80	1300,00
Наполнитель (мякоть тыквы)	X ₄	15,00	1,00	0,10	4,40	90,30	400,00
Наполнитель (мякоть моркови)	X ₅	0,00	1,30	0,10	9,60	88,00	180,00
Наполнитель (миндаль)	X ₆	0,00	61,00	15,00	9,40	0,00	5200,00
Наполнитель (фундук)	X ₇	0,00	40,40	18,60	13,00	0,00	4000,00
Итого, кг		100,00					
Суточная потребность школьников (7-11 лет), г			79,0	77,0	335,0		
% соответствия суточной потребности			8,54	11,79	19,36		
Стандарт продукта			6,8	9,3	15,3	70,7	
Функция цели		13130,0					
Балансовые уравнения			6,75	9,32	15,29	68,64	

Для оперативного моделирования витаминного состава поликомпонентного продукта использовалась модульная компьютерная программа «Витамакс». Проектирование многокомпонентной творожной массы осуществлялось с учетом потребностей детей в возрасте от 10 до 12 лет. При использовании функции «Поиск решений» в программе, целевая функция была установлена на максимальное значение массовой доли витамина С. После ввода всех необходимых параметров и нажатия кнопки

«Выполнить», результаты расчета рецептуры творожной массы отображались на экране. Для визуализации витаминного состава рецептурной смеси была построена соответствующая диаграмма (рис. 1).

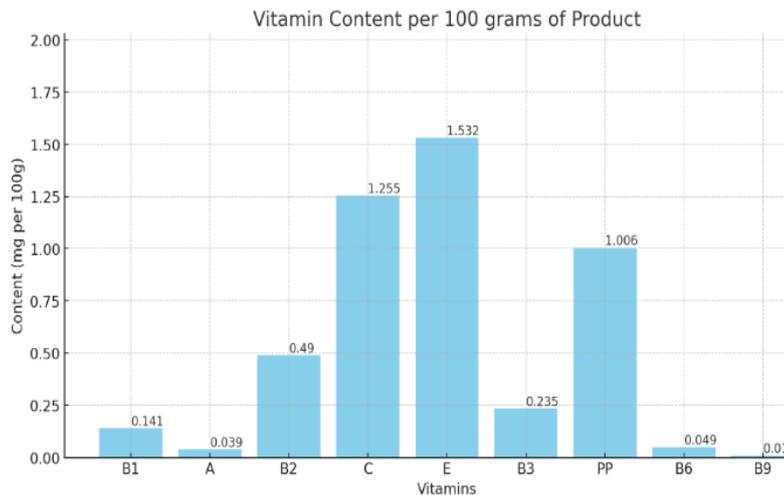


Рис. 1. Витиаграмма рецептуры творожной массы «Радуга»

Исследование результатов расчета витаминного состава творожной массы (см. табл. 1) показало, что использованные ингредиенты – измельченный творог с 5% жирности в объеме 85% и 15% пюре тыквы – привели к получению рецептурного состава творожной массы с высоким содержанием витамина С (1,255) и РР (1,006 мг %) при суточной потребности в 8,38 мг %. Был достигнут оптимизированный витаминный состав. Однако следует отметить низкое содержание в разрабатываемом продукте витаминов А, В6, В1 и В9.

Ингредиенты	Масса, кг	Массовая доля, %			Цена, руб/кг	Содержание, мг			Энерг. ценность, ккал			
		жир	белки	углевод		жир	белки	углевод				
Творог 9%	x1	65	3,20	5,00	8,50	83,30	1200,00	2,08	3,25	5,53	54,13	82,44
Сладкое пюре	x2	5	10,00	2,70	4,50	82,80	70,00	0,50	0,14	0,23	2,14	8,88
Сливки 10% жирности	x3	15	0,60	36,10	52,90	10,40	1300,00	0,09	5,42	7,94	1,56	82,23
яйцо-пашот (мякоть тыквы)	x4	15	86,40	13,70	13,10	4,80	400,00	10,26	2,06	1,97	0,72	107,93
яйцо-пашот (мякоть моркови)	x5	0	60,00	16,20	11,10	3,80	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
яйцо-пашот (миндаль)	x6	0	61,00	15,00	9,4	0,00	8200,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
яйцо-пашот (фундук)	x7	0	40,40	18,60	15,00	0,00	4000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Итого, кг		79,0	79,0	77,0	335,0							
Суточная потребность школь.воз (7-11 лет)			16,37	13,74	19,81							
% соответствия суточной потребности			12,9	10,9	60,6			12,9	10,9	18,7	60,6	
Функция цели			12,93	10,86	15,85	60,87	103850,00					218,48
Балансовые уравнения			1,0	0,8	1,2							218,48
Составит Ж.Б.У			1	1	4							913,24
% соответствия соотношения между Ж.Б.У в продуктах стандарта			100,0	84,0	30,3							

Ингредиенты	X	кг	Содержание витаминов, мг/100 грамм продукта (мг%)								
			B1	A	B2	C	B3	PP	B9		
Творог 9%	x1	65	0,04	0,03	0,20	0,60	0,00	0,30	0,20	0,08	0,00
Сладкое пюре	x2	5	0,30	0,20	0,10	0,50	0,30	0,30	0,06	0,01	0,01
Сливки 10% жирности	x3	15	0,30	0,06	1,80	4,00	3,20	0,02	1,20	0,01	0,05
яйцо-пашот (мякоть тыквы)	x4	15	0,36	0,04	0,90	0,90	4,33	0,70	4,37	0,00	0,01

Рис. 2. Результаты расчета рецептурной смеси в программе Excel на творожную массу «Радуга»

Таким образом, изложенные выше методики и расчеты предоставляют разработчикам возможность создавать продукты питания сложного

сырьевого состава. Применение табличного редактора Microsoft Excel позволяет оптимизировать процесс проектирования рецептур многокомпонентных продуктов на стадии выбора ингредиентов, что даёт возможность моделировать биологическую ценность белковой составляющей конечного продукта [4].

Закключение. Оптимизация витаминного состава в творожных продуктах является важным шагом на пути к созданию функциональных молочных продуктов, которые удовлетворяют растущий потребительский спрос на питательные и полезные для здоровья продукты. Обогащение творожных изделий витаминами, такими как А, D, Е и группы В, значительно улучшает их питательную ценность, способствуя укреплению здоровья населения и снижению дефицита жизненно важных микронутриентов.

Процесс оптимизации содержания витаминов требует междисциплинарного подхода, который включает в себя элементы пищевой науки, диетологии и технологических инноваций. Важно правильно подобрать источники витаминов – как синтетические, так и натуральные, которые будут стабильны и биодоступны как во время хранения, так и при потреблении. Более того, уровень обогащения должен быть тщательно выверен, чтобы витамины не только сохранили свою эффективность, но и не повлияли негативно на органолептические характеристики продукта, такие как вкус, текстура и цвет, которые играют ключевую роль в принятии продукта потребителями.

Ключевой аспект процесса оптимизации заключается в обеспечении стабильности продукта как в физическом плане, так и по содержанию питательных веществ на протяжении всего срока хранения. Витамины могут быть чувствительны к различным методам обработки и условиям хранения, поэтому важно обеспечить их сохранность для того, чтобы потребители получали заявленные преимущества для здоровья. Это требует проведения всесторонних испытаний для определения оптимальных условий производства и хранения, позволяющих поддерживать высокое качество и стабильность витаминов в творожных продуктах.

Исследование показало, что применение современных информационных технологий и линейного программирования позволяет существенно улучшить рецептуры многокомпонентных творожных продуктов. Использование модуля «Витамакс» в сочетании с программой «Минимакс» доказало свою эффективность в разработке функциональных рецептур с оптимизированным витаминным составом.

Список литературы

1. Лисин, П.А. Компьютерные технологии в рецептурных расчетах молочных продуктов [Текст] / П.А. Лисин. – М.: ДеЛи принт, 2007. – 104 с.
2. Имангалиева, Ж.К. Совершенствование стадии измельчения в технологии творожных продуктов [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Ж.К. Имангалиева. – ФГБОУВО «Кемеровский государственный университет», 2018.
3. Ходырева, О.Е. Совершенствование технологии обогащенных творожных изделий с использованием пасты из топинамбура [Текст]: дис. ... канд. техн. наук 05.18.04 / О.Е. Ходырева. – Воронеж, 2017. – 160 с.
4. Shlisky J., Bloom D.E., Beaudreault A.R., Tucker K.L., Keller H.H., Freund-Levi Y., Fielding R.A., Cheng F.W., Jensen G.L., Wu D., Meydani S.N. Nutritional considerations for healthy aging and reduction in age-related chronic disease // Adv.Nutr., 2017. Vol 8, No. 1. P. 17-26.

Материал поступил в редакцию 29.05.24.

Ж.К. Имангалиева¹, Н.К. Ибрагимов², М.О. Кожახиева¹, А.Б. Есенова¹

¹Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан

²Шәкәрім атындағы Семей мемлекеттік университеті, Семей қ., Қазақстан

СҮЗБЕ ӨНІМДЕРІНДЕГІ ВИТАМИНДІК ҚҰРАМЫН ОПТИМИЗАЦИЯЛАУ

Аңдатпа. Зерттеу ақпараттық технологиялар мен сызықтық бағдарламалау әдістерін қолдана отырып, сүзбе массасының оңтайлы формуласын жасауға бағытталған. Материалдық теңгерім мен шығындарды оңтайландыру негізінде өнімнің сипаттамаларын есептеу әдістемесі қарастырылды. «Минимакс» бағдарламалық жасақтамасын және «Витамакс» модулін қолдану формулаларды тиімді оңтайландыруға және өнімдердің витаминдік құрамын модельдеуге мүмкіндік беретіні анықталды. Көп компонентті өнімдердің функционалды формулаларын құру шикізатты ұтымды пайдалануға, өнім ассортиментін кеңейтуге мүмкіндік беретіні анықталды. Зерттеу нәтижесінде оңтайлы қоректік сипаттамалары бар және өзіндік құны төмендетілген сүзбе массасының рецептурасы жасалды.

Тірек сөздер: сүзбе өнімдері, витаминдік құрамы, тепе-теңдік, тағамдық құндылығы, оптимизациялау.

Zh.K. Imangalieva¹, N.K. Ibragimov², M.O. Kozhakhieva¹, A.B. Yesenova¹

¹Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

²Shakarim University of Semey, Semey, Kazakhstan

OPTIMIZATION OF VITAMIN COMPOSITION IN CURD PRODUCTS

Abstract. The research is devoted to the development of an optimal recipe for curd mass using information technology and linear programming methods. The method of calculating product characteristics based on the material balance and cost optimization was considered. It was revealed that the use of the “Minimax” software and the “Vitamax” module makes it possible to effectively optimize formulations and simulate the vitamin composition of products. It has been established that the creation of functional formulations of multicomponent products makes it possible to rationally use raw materials and expand the product range. As a result of the research, a formulation of curd mass with optimal nutritional characteristics and reduced cost has been developed.

Keywords: cottage cheese products, vitamin composition, balance, nutritional value, optimization.

References

1. Lisin, P.A. Komp'yuternyye tekhnologii v retsepturnykh raschetakh molochnykh produktov [Computer technologies in recipe calculations of dairy products]. – Moscow: DeLi print, 2007. – 104 p., [in Russian].
2. Imangaliyeva, Zh.K. Sovershenstvovaniye stadii izmel'cheniya v tekhnologii tvorozhnykh produktov [Improving the grinding stage in the technology of curd products]: dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences. – Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kemerovo State University”, 2018, [in Russian].
3. Khodyreva, O.Ye. Sovershenstvovaniye tekhnologii obogashchennykh tvorozhnykh izdeliy s ispol'zovaniyem pasty iz topinambura [Improving the technology of fortified curd products using Jerusalem artichoke paste]: dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences 05.18.04. – Voronezh, 2017. – 160 p., [in Russian].
4. Shlisky J., Bloom D.E., Beaudreault A.R., Tucker K.L., Keller H.H., Freund-Levi Y., Fielding R.A, Cheng F.W., Jensen G.L., Wu D., Meydani S.N. Nutritional considerations for healthy aging and reduction in age-related chronic disease // Adv.Nutr., 2017. Vol 8, No. 1. P. 17-26