

Научная статья

УДК 664

EDN KGGTVS

**Математическое моделирование
технологии получения соево-грибной пасты**

Надежда Юрьевна Корнева¹, аспирант, научный сотрудник
Екатерина Ивановна Решетник², доктор технических наук, профессор
Оксана Викторовна Литвиненко³, кандидат ветеринарных наук

^{1, 2} Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

^{1, 3} Всероссийский научно-исследовательский институт сои

Амурская область, Благовещенск, Россия

¹ knju@vniisoi.ru, ² soia-28@yandex.ru, ³ lov@vniisoi.ru

Аннотация. Статья посвящена изучению процесса получения соево-грибной пасты путем термокислотной коагуляции соево-грибной дисперсной системы водным раствором аскорбиновой кислоты. С помощью методов математического моделирования обоснованы оптимальные параметры технологического процесса получения соево-грибной пасты. Установлено, что массовая доля водного раствора аскорбиновой кислоты составляет 13,5 %; концентрация водного раствора аскорбиновой кислоты – 5,0 %, а продолжительность формирования сгустка – 5,1 минут.

Ключевые слова: соево-грибная паста, технология, математическое моделирование

Для цитирования: Корнева Н. Ю., Решетник Е. И., Литвиненко О. В. Математическое моделирование технологии получения соево-грибной пасты // Инновации в пищевой промышленности: образование, наука, производство : материалы VI всерос. (нац.) науч.-практ. конф. (Благовещенск, 20 февраля 2024 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2024. С. 15–22.

Original article

**Mathematical modeling
of soy-mushroom paste production technology**

Nadezhda Yu. Korneva¹, Postgraduate Student, Researcher
Ekaterina I. Reshetnik², Doctor of Technical Sciences, Professor
Oksana V. Litvinenko³, Candidate of Veterinary Sciences

^{1, 2} Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

^{1, 3} All-Russian Scientific Research Institute of Soybean

Amur region, Blagoveshchensk, Russia

¹ knju@vniisoi.ru, ² soia-28@yandex.ru, ³ lov@vniisoi.ru

Abstract. The article is devoted to the study of the process of obtaining soy-mushroom paste by thermic acid coagulation of the soy-mushroom dispersed system with an aqueous solution of ascorbic acid. Using mathematical modeling methods, the optimal parameters of the technological process for obtaining soy-mushroom paste are substantiated. It was found that the mass fraction of an aqueous solution of ascorbic acid is 13.5%; the concentration of an aqueous solution of ascorbic acid is 5.0%, and the duration of clot formation is 5.1 minutes.

Keywords: soy-mushroom paste, technology, mathematical modeling

For citation: Korneva N. Yu., Reshetnik E. I., Litvinenko O. V. Mathematical modeling of soy-mushroom paste production technology. Proceedings from Innovations in the food industry: education, science, production: *VI Vserossiyskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya – VI All-Russian (National) Scientific and Practical Conference*. (PP. 15–22), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2024 (in Russ.).

Введение. Производство продуктов питания, полезных для здоровья человека, является одним из важнейших направлений развития современной пищевой промышленности. В основе технологических решений, направленных на производство продуктов здорового питания, лежат принципы пищевой комбинаторики, в том числе использование сырья с известными и доказанными эффективными свойствами [1–3].

Наиболее популярным сырьем для получения комбинированных продуктов питания является соя. В состав соевого зерна входят: комплементарный белок, жир с эссенциальными жирными кислотами (ω -3 и ω -6), пищевые волокна, витамины группы В (в том числе биотин и холин), минеральные легкоусвояемые соли (К, Са, Si, Mg и др.); фосфолипиды, изофлавоноиды и ферменты [4, 5].

Лесные грибы являются натуральными природными источниками минеральных веществ (Fe, Р, Са, К и Se), витаминов (В₁, В₂, С, РР, Е), клетчатки, гликогена и других биологически активных веществ. Кроме того, они хорошо сочетаются с соей [6, 7]. Для дополнительного обогащения продуктов витаминами и придания им антиоксидантных свойств в пищевой промышленности

используют аскорбиновую кислоту [8].

При создании комбинированных продуктов питания с заданными свойствами актуальным является использование современных методов моделирования рецептур и технологий в пищевой индустрии.

Целью исследований являлось изучение процесса и математическое обоснование параметров производства соево-грибной пасты.

Объекты и методы исследований. Исследования проводили в лаборатории переработки сельскохозяйственной продукции Всероссийского научно-исследовательского института сои. Объектами исследований являлись: зерно сои сорта Сентябринка селекции Всероссийского НИИ сои; смесь сушеных лесных грибов, состоящая из белых грибов и подосиновиков; аскорбиновая кислота в виде водного раствора, а также процесс получения соево-грибной пасты.

Математическую обработку экспериментальных данных проводили с использованием табличного процессора Microsoft Excel; математическое моделирование и определение трехфакторных зависимостей результатов исследований – с использованием программного обеспечения SigmaPlot 12.0 [9, 10].

Технология производства соево-грибной пасты заключалась в получении соево-грибной дисперсной системы путем совместного измельчения и экстракции предварительно подготовленных зерна сои и смеси грибов в соотношении 1:1 при гидромодуле 1:6; которую в дальнейшем подвергали термокислотной коагуляции водным раствором аскорбиновой кислоты и последующему прессованию до образования соево-грибной массы влажностью 72–75 % [6, 11].

Результаты исследований. При обосновании параметров получения соево-грибной пасты был изучен процесс коагуляции соево-грибной дисперсной системы раствором аскорбиновой кислоты. В ходе исследований установлено, что качество соево-грибной пасты зависело от следующих факторов: массовой

доли коагулянта (M_k , %); концентрации аскорбиновой кислоты (K , %); продолжительности коагуляции (τ , мин). За критерий оптимизации была принята температура коагуляции соево-грибной дисперсной системы (t , °C). Обозначения и уровни варьирования факторов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Факторы и уровни их варьирования

Уровни	Обозначения	Факторы		
		M_k , % (X_1)	K , % (X_2)	τ , мин. (X_3)
Интервал варьирования	E	2,5	2,0	1,0
Верхний уровень	+1	15,0	7,0	6,0
Основной уровень	0	12,5	5,0	5,0
Нижний уровень	-1	10,0	3,0	1,0

После реализации эксперимента по стандартной матрице ортогонального центрально-композиционного плана и в результате регрессионного анализа получили следующую математическую модель процесса получения соево-грибной пасты (1):

$$Y = 182,303 - 8,295 \cdot M_k - 3,622 \cdot K - 19,313 \cdot \tau - 0,125 \cdot M_k \cdot K + 0,413 \cdot K \cdot \tau + 0,330 \cdot M_k^2 + 0,264 \cdot K^2 + 1,725 \cdot \tau^2 \rightarrow opt \quad (1)$$

Проверку адекватности полученного уравнения регрессии результатам опыта проводили с использованием F-критерия Фишера. Установлено, что $F_{\text{факт}} = 7,89 > F_T = 2,69$, следовательно, уравнение адекватно описывает выявленную зависимость.

Данную математическую модель исследовали на экстремум посредством ее трехмерной графической интерпретации (рис. 1–3). Это позволило наглядно представить влияние трех факторов на процесс структурообразования в соево-грибной дисперсной системе.

Закключение. Таким образом, решив задачу, установили, что для процесса получения соево-грибной пасты, представляющей собой однородную, мелкодисперсную пастообразную массу светло-коричневого цвета, с прият-

ным умеренно выраженным грибным привкусом и запахом, оптимальными являются параметры:

- 1) массовая доля водного раствора аскорбиновой кислоты – 13,5 %;
- 2) концентрация водного раствора аскорбиновой кислоты – 5,0 %;
- 3) продолжительность формирования сгустка – 5,1 минут.

При этом температура, при которой происходит процесс структурообразования, составляет 67,2 °С.

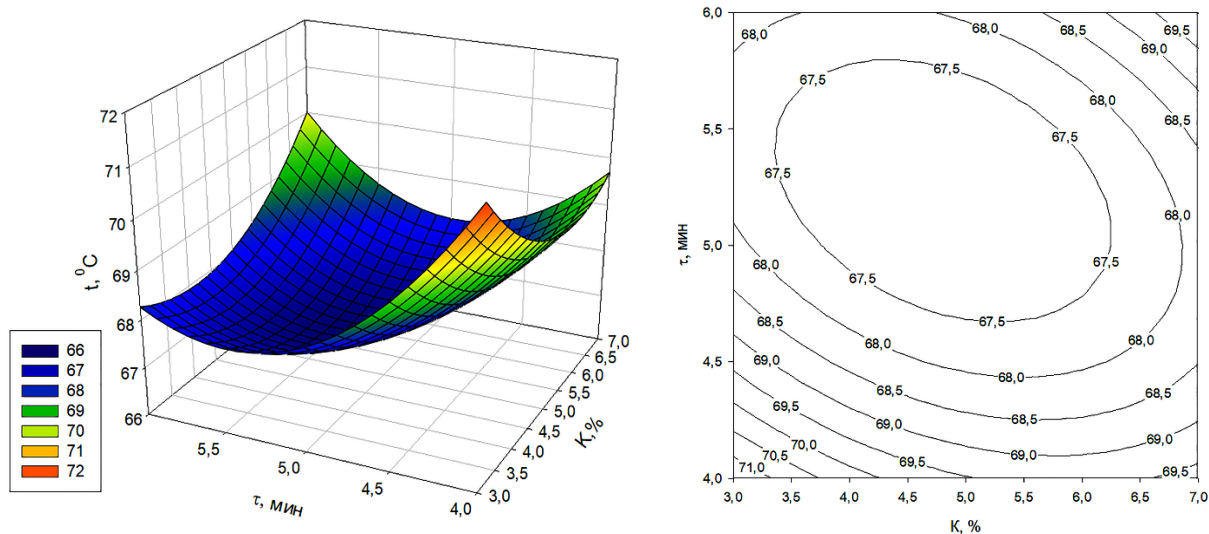


Рисунок 1 – Поверхность отклика $Y = f(M_k = 12,5 \%; K; \tau)$ и ее сечения

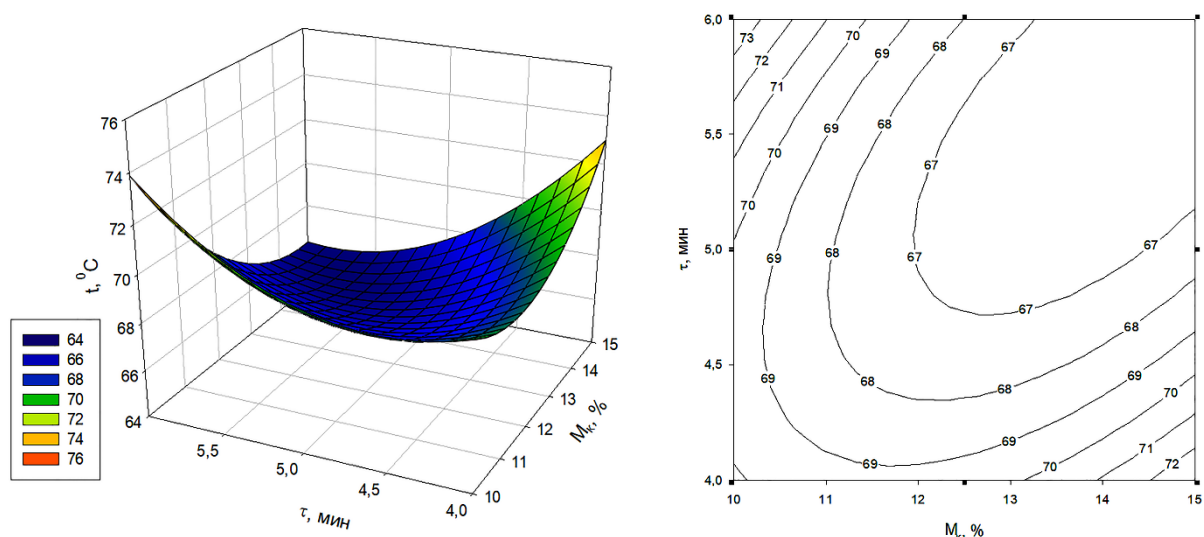


Рисунок 2 – Поверхность отклика $Y = f(M_k; K = 5 \%; \tau)$ и ее сечения

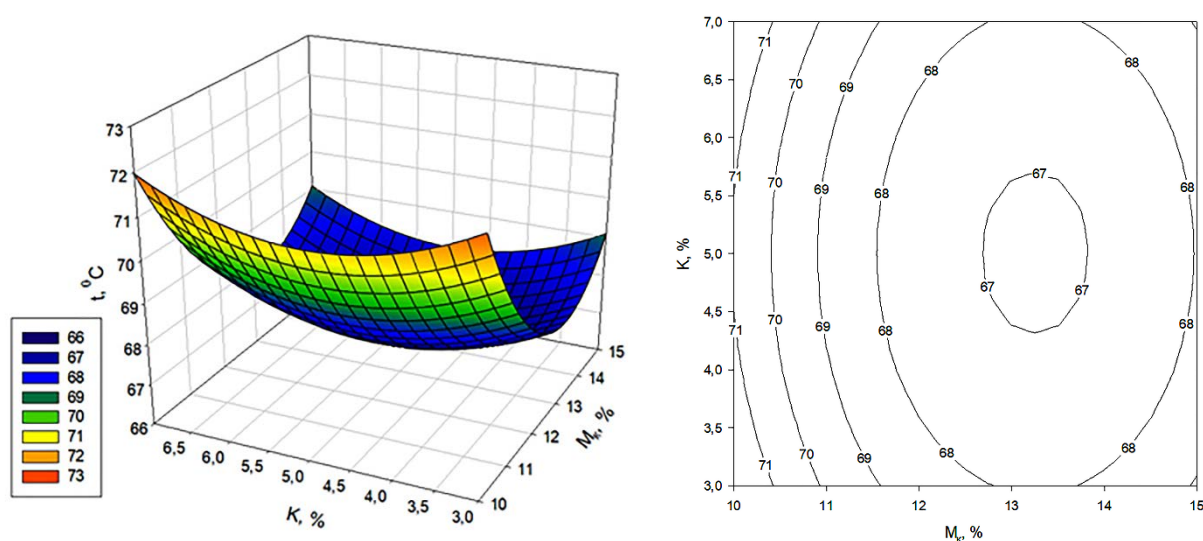


Рисунок 3 – Поверхность отклика $Y = f(M_k; K; \tau = 5 \text{ мин.})$ и ее сечения

Список источников

1. Скрипко О. В. Научные основы создания белково-витаминных концентратов на основе сои и их использование в технологии функциональных продуктов питания : монография. Благовещенск : Амурский государственный университет, 2020. 112 с.
2. Решетник Е. И., Уточкина Е. А. Практические аспекты проектирования функциональных продуктов питания : монография. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2012. 97 с.
3. Фролова Н. А., Шкрабтак Н. В., Гужель Ю. А., Праскова Ю. А. Функциональные продукты питания : монография. Благовещенск : Амурский государственный университет, 2021. 125 с.
4. Соя: химический состав и использование / под ред. В. М. Лукомца. Майкоп : Полиграф-ЮГ, 2012. 432 с.
5. Гапонова Л. В., Логвинова Т. Т., Першикова А. В., Решетник Е. И. Соя в лечебно-профилактическом и детском питании // Молочная промышленность. 1999. № 5. С. 25–27.
6. Скрипко О. В. Технологические подходы к приготовлению функциональных белково-витаминных продуктов на основе сои // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 6. С. 84–92.
7. Николаева М. А., Бакайтис В. И., Рязанова О. А. Влияние химического состава на пищевую ценность свежих грибов // Индустрия питания. 2021. Т. 6.

№ 3. С. 84–92.

8. Жариков К. М., Нафиков А. В., Астафьев Б. В. Аскорбиновая кислота в профилактике профессиональных заболеваний // Бюллетень медицинских интернет-конференций. 2019. Т. 9. № 5. С. 200.

9. Максимов В. Н. Многофакторный эксперимент в биологии. М. : Издательство Московского университета, 1980. 280 с.

10. Лисин П. А., Воронова Т. Д., Молибога Е. А. Методология проектирования продуктов питания с заданными свойствами и составом : учебное пособие. Омск : Омский государственный аграрный университет, 2015. 142 с.

11. Патент № 2610181 Российская Федерация. Способ получения соевогрибных функциональных продуктов : № 2015133878 : заявл. 12.08.2015 : опубл. 08.02.2017 / Скрипко О. В., Литвиненко О. В., Корнева Н. Ю. Бюл. № 4. 8 с.

References

1. Skripko O. V. *Scientific basis for the creation of soy-based protein-vitamin concentrates and their use in the technology of functional foods*, Blagoveshchensk, Amurskij gosudarstvennyj universitet, 2020, 112 p. (in Russ.).

2. Reshetnik E. I., Utochkina E. A. *Practical aspects of designing functional foods: monograph*, Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2012, 97 p. (in Russ.).

3. Frolova N. A., Shkrabtak N. V., Guzhel' Yu. A., Praskova Yu. A. *Functional foods: monograph*, Blagoveshchensk, Amurskij gosudarstvennyj universitet, 2021, 125 p. (in Russ.).

4. Lukomets V. M. (Eds.). *Soybean: chemical composition and use*, Majkop, Poligraf-YUG, 2012, 432 p. (in Russ.).

5. Gaponova L. V., Logvinova T. T., Pershikova A. V., Reshetnik E. I. Soy in therapeutic and preventive and baby food. *Molochnaya promyshlennost'*, 1999;5: 25–27 (in Russ.).

6. Skripko O. V. Technological approaches to the preparation of soy-based functional protein-vitamin products. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2017;31;6:84–92 (in Russ.).

7. Nikolaeva M. A., Bakaytis V. I., Ryazanova O. A. The influence of chemical composition on the nutritional value of fresh mushrooms. *Industriya pitaniya*,

2021;6;3:84–92 (in Russ.).

8. Zharikov K. M., Nafikov A. V., Astafyev B. V. Ascorbic acid in the prevention of occupational diseases. *Byulleten' medicinskih internet-konferenci*, 2019;9;5:200 (in Russ.).

9. Maksimov V. N. *Multifactorial experiment in biology*, Moscow, Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta, 1980, 280 p. (in Russ.).

10. Lisin P. A., Voronova T. D., Moliboga E. A. *Methodology for designing food products with specified properties and composition: textbook*, Omsk, Omskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2015, 142 p. (in Russ.).

11. Skripko O. V., Litvinenko O. V., Korneva N. Yu. Method for obtaining soybean-mushroom functional products. *Patent RF, No. 2610181 patents.google.com* 2017 Retrieved from https://yandex.ru/patents/doc/RU2680698C1_20190225 (Accessed 15 September 2023) (in Russ.).

© Корнева Н. Ю., Решетник Е. И., Литвиненко О. В., 2024

Статья поступила в редакцию 22.01.2024; одобрена после рецензирования 06.02.2024; принята к публикации 19.03.2024.

The article was submitted 22.01.2024; approved after reviewing 06.02.2024; accepted for publication 19.03.2024.