

Научная статья

УДК 635.657

doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-148-154

Влияние геометрии тары на аминокислотный состав белка нута при СВЧ-обработке

Валентина Николаевна Храмова¹, Дмитрий Игоревич Сурков^{✉2}

Волгоградский государственный технический университет, проспект имени Ленина, 28, Волгоград, Россия, 400005

¹hramova_vn@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7630-7672>

^{✉2}surkov.dmitr@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2946-5915>

Аннотация. Нут – богатый источник питательных веществ, не получивший широкого применения ввиду наличия у него специфического бобового привкуса и антипитательных веществ. Эту проблему можно решить с помощью тепловой обработки, в том числе с использованием СВЧ. На эффективность такой обработки влияют не только параметры воздействия микроволнового излучения – частота магнетрона, выходная мощность, продолжительность, но и геометрия тары. Данная статья посвящена изучению влияния различных геометрических форм полипропиленовой тары на массовые доли влаги, белка и аминокислотный состав нута. Для исследования отобраны зерна нута сорта «Волжанин-50», выращенные в Волгоградской области в 2023 году, часть из которых обработана микроволновым излучением (400 Вт в течение 3 минут) в емкостях, имеющих форму прямоугольного параллелепипеда с квадратным основанием и цилиндрическую форму. В контрольном (сырых) и опытных (обработанных СВЧ) образцах семян нута исследованы массовые доли влаги и белка, аминокислотный состав. Микроволновая обработка зерен нута привела к уменьшению массовой доли влаги (в среднем в 3 раза), белка и суммарного содержания аминокислот (в цилиндрической таре – на 28,7 и 24,6%; в ёмкости в форме прямоугольного параллелепипеда – на 21,6 и 18,6% соответственно), но позволила устранить нежелательный бобовый привкус. Результаты работы могут найти применение при проектировании новых термостойких полипропиленовых упаковочных материалов, предназначенных для эффективного доведения пищевой продукции до кулинарной готовности с сохранением наибольшего количества питательных веществ.

Ключевые слова: нут, микроволновое излучение, аминокислотный состав, СВЧ-обработка, геометрия тары

Для цитирования: Храмова В. Н., Сурков Д. И. Влияние геометрии тары на аминокислотный состав белка нута при СВЧ-обработке // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 2(48). С. 148–154. doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-148-154

Original article

Influence of container geometry on amino acid composition of chickpea protein during microwave treatment

Valentina N. Khramova¹, Dmitry I. Surkov^{✉2}

Volgograd State Technical University, 28 Lenin Avenue, Volgograd, Russia, 400005

¹hramova_vn@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7630-7672>

^{✉2}surkov.dmitr@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2946-5915>

Abstract. Chickpeas are a rich source of nutrients that have not been widely used due to their specific bean flavor and anti-nutritional substances. This problem can be solved by heat treatment, including the use of microwave. The effectiveness of such treatment is influenced not only by the parameters of exposure to microwave radiation – the frequency of the magnetron, the output power, the duration, but also the geometry of the container. This article is devoted to the study of the influence of various geometric shapes of polypropylene containers on the mass fractions of moisture, protein and amino acid composition of chickpeas. For the study, we selected chickpeas of the Volzhanin-50 variety grown in the Volgograd region in 2023, some of which were treated with microwave radiation (400 W for 3 minutes) in containers shaped like a rectangular parallelepiped with a square base and a cylindrical shape. The mass fractions of moisture and protein, as well as the amino acid composition, were studied in the control (raw) and experimental (microwave-treated) chickpea seed samples. Microwave processing of chickpeas led to an approximately threefold reduction in moisture content, as well as a decrease in protein and total amino acid levels (by 28.7 and 24.6% in cylindrical containers, and by 21.6 and 18.6% in rectangular parallelepiped containers, respectively), while eliminating the undesirable beany flavor. The results of this study can be applied in the development of heat-resistant polypropylene packaging materials designed to enable efficient cooking of food products while preserving their nutritional value.

Keywords: chickpea, microwave radiation, microwave treatment, amino acid composition, geometry of container

For citation: Khramova V.N., Surkov D.I. Influence of container geometry on amino acid composition of chickpea protein during microwave treatment. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2025;2(48):148–154. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-148-154

Введение. Нут – альтернативный источник белка, массовая доля которого изменяется в широком интервале в зависимости от сорта, региона произрастания и погодных условий. Обычно семена нута содержат от 18 до 32% протеинов [1]. Применение нута в технологии пищевых продуктов позволяет создать функциональные пищевые продукты с высоким содержанием белка, что важно в решении проблемы белковой недостаточности в рационе человека.

Однако применение семян нута в качестве функционального ингредиента ограничено из-за наличия у них бобового привкуса, который ухудшает органолептический профиль продуктов питания, в состав которых входит нутовое сырьё. Существует несколько способов, позволяющих уменьшить нежелательные последствия, вызванные применением семян нута в пищевых технологиях (замачивание и тепловая обработка).

Микроволновая обработка как подвид тепловой обработки является альтернативным способом устранения бобового привкуса зерен нута. С помощью микроволн возможно не только снизить микробную обсемененность [2], но и устранить ещё один серьёзный недостаток у бобового сырья – наличие антипи-

тательных веществ (ингибиторы протеаз, сапонины, фитиновая кислота и полифенольные соединения). В ряде исследований [3–6] установлено, что применение СВЧ-обработки может привести к уменьшению содержания этих антинутриентов и повысить усвояемость белков нута. Кроме того, изучение влияния СВЧ на химический состав зерен нута имеет большое значение.

Качество микроволновой обработки зависит не только от выходной мощности, частоты магнетрона и длительности воздействия, но и от физических свойств сырья и тары, так как микроволны проникают внутрь продуктов с разным химическим составом и внутрь ёмкостей с разной геометрией с неодинаковой интенсивностью [7].

Таким образом, изучение влияния СВЧ-обработки и геометрии тары на белки нута и их аминокислотный состав является актуальным, так как это позволяет более эффективно проводить технологические операции и сохранить больше питательных веществ для дальнейшего их использования в обогащенных продуктах питания.

Цель исследования – изучить влияние СВЧ-обработки и геометрии тары на белки и аминокислотный состав зерен нута.

Материалы, методы и объекты исследования. Объектами исследований являлись семена нута сорта «Волжанин-50», выращенные в 2023 г. в Волгоградской области. Отбор проб и подготовка образцов проведена в лаборатории кафедры «Технологии пищевых производств» (ВолгГТУ), а анализы проведены в комплексной аналитической лаборатории ФГБНУ «Поволжский НИИММП» (Волгоград). Массовую долю влаги определили методом высушивания до постоянной массы по ГОСТ 13586.5-2015. Массовая доля белка определена по методике из ГОСТ 10846-91. Аминокислотный состав белка семян нута получен с помощью системы капиллярного электрофореза Капель-105М по методике измерения массовой доли аминокислот (М-04-94-2021). Расчет показателей качественных характеристик белка проведен по методике, предложенной академиком Н. Н. Липатовым.

Подготовку опытных образцов семян нута проводили следующим образом: нут (масса 50 г) равномерно насыпали в контейнер с пергаментом, повторяющим геометрию дна ёмкости. Тару с образцами подвергали СВЧ-обработке (частота 2450 МГц, выходная мощность 400 Вт, длительность 3 мин), затем контейнер вынимали из печи и остужали до комнатной температуры (25°C). При таком

режиме микроволновой обработки в нуте зерне исчезает нежелательный бобовый привкус. Контрольные образцы семян нута исследовали без предварительной СВЧ-обработки.

В качестве контейнеров использовали полипропиленовую тару объемом 1 л и толщиной стенки 1 мм. Опытным образцам присвоили названия в соответствии с геометрией тары, в которой проводили микроволновую обработку. Для опытного образца «параллелепипед» использован пластиковый контейнер с размерами 130×130×60 мм, а для «цилиндра» 140×140×100 мм.

Такие размеры выбраны не случайно, так как требовалась тара с примерно одинаковой площадью дна для заполнения семенами в один слой с толщиной, равной одному зерну, которое имело калибр 7,5 мм. Кроме того, контейнеры соответствовали требованиям ГОСТ Р 50962-96 и имели гладкую поверхность без расширений, скошенных углов и других изменений в геометрии, которые могли оказать дополнительное влияние на растительное сырьё при СВЧ-обработке.

Результаты исследования. В таблице 1 приведены данные определения массовых долей белка и влаги семян нута. Результаты даны для образцов, полученных до и после СВЧ-обработки.

Таблица 1. Массовые доли белка и влаги семян нута, %
Table 1. Mass fraction of protein and moisture content of chickpea seeds, %

Наименование показателя	Контрольный образец	Опытные образцы	
		«параллелепипед»	«цилиндр»
Массовая доля белка, %	20,44±0,96	16,03±0,76	14,57±0,70
Массовая доля влаги, %	7,24±0,14	2,56±0,20	2,23±0,09

Установлено, что массовая доля влаги в зернах нута после СВЧ-обработки изменилась с 7,24 до 2,23–2,56% (в среднем снизилась в 3 раза), а массовая доля белка уменьшилась на 28,7% у обработанного бобового сырья в цилиндрической таре и на 21,6% – в параллелепипедной по сравнению с контрольным образцом. Причина более сильного снижения массовой доли белка нута, обработанного в цилиндрическом контейнере, заключается в том, что в такой таре происходит более равномерное распределение электромагнитного поля и тепла [8, 9]. Поэтому, с одной сторо-

ны, это может привести к более серьезным изменениям в химическом составе зерен нута, а с другой стороны – позволяет подобрать такие режимы микроволновой обработки, которые будут эффективнее с точки зрения не только сокращения потерь питательных веществ, но и минимизации времени воздействия микроволн и затрат электроэнергии на СВЧ-обработку сырья.

В связи уменьшением массовой доли белка в опытных образцах произошли похожие изменения в аминокислотном составе белков семян нута (табл. 2).

Таблица 2. Аминокислотный состав белков семян нута, мг/100 г сырья
Table 2. Amino acid composition of chickpea seeds protein, mg/100 g raw material

Наименование аминокислоты	Контрольный образец	Опытные образцы	
		«параллелепипед»	«цилиндр»
Незаменимые аминокислоты			
Валин	1032	964	966
Лейцин и изолейцин	3579	3399	3078
Лизин	2261	1717	1431
Метионин	162	134	133
Треонин	1132	920	1010
Триптофан	871	630	647
Фенилаланин	1985	1866	1231
Итого:	11022	9630	8496
Частично заменимые аминокислоты			
Аргинин	2145	2066	1528
Гистидин	22	14	26
Итого:	2167	2080	1554
Заменимые аминокислоты			
Аланин	1313	843	1082
Глицин	1404	1228	1172
Пролин	1417	1102	1078
Серин	1825	983	1194
Тирозин	816	408	505
Цистеин	38	6	5
Итого:	6813	4570	5036
Всего:	20002	16280	15086

Установлено изменение количества аминокислот в опытных образцах по сравнению с контрольным. Снижение суммарного содержания аминокислот у опытных образцов нута, обработанных в контейнерах в форме цилиндра и параллелепипеда, составило 24,6 и 18,6% соответственно.

На основе данных об аминокислотном составе рассчитан аминокислотный скор белков семян нута. Результаты расчета приведены в таблице 3.

При рассмотрении влияния геометрии тары на семена нута при СВЧ-обработке установлено, что аминокислотный скор белков опытных образцов нута претерпевает изменения. Обнаружено, что происходит увеличение этого показателя у валина (на 19,1 и 31,3%),

лейцина с изолейцином (на 21,1 и 20,7%) и уменьшение у лизина (на 3,2 и 11,2%), метионина с цистеином (на 8,8 и 3,2%) у образцов, обработанных в контейнерах в форме цилиндра и параллелепипеда соответственно.

Отдельно стоит отметить, что у опытного образца «параллелепипед» зафиксировано уменьшение аминокислотного сора триптофана на 7,8%, а в образце «цилиндр» – фенилаланина с тирозином на 13,1%. Такие изменения показателей аминокислотного сора белка семян нута опытных образцов связаны напрямую с заметным уменьшением массовой доли белка и относительно небольшим снижением содержания аминокислот, которые участвуют в расчетах аминокислотного сора.

Таблица 3. Аминокислотный скор белка семян нута, %
Table 3. Amino acid score of chickpea seeds, %

Наименование аминокислоты	Контрольный образец	Опытные образцы	
		«параллелепипед»	«цилиндр»
Валин	100,98	120,27	132,60
Лейцин и изолейцин	159,18	192,76	192,05
Лизин	201,12	194,75	178,57
Метионин и цистеин	27,96	25,49	27,06
Треонин	138,45	143,48	173,30
Триптофан	426,13	393,01	444,06
Фенилаланин и тирозин	228,39	236,43	198,58

Таким образом, полученные сведения о совместном влиянии геометрии тары и микроволнового излучения на зерна нута могут найти применение при проектировании новых термостойких полипропиленовых упаковочных материалов, предназначенных для эффективного доведения пищевой продукции до кулинарной готовности.

Выводы. При СВЧ-обработке семян нута в цилиндрическом контейнере происходит уменьшение массовых долей влаги, белка и суммарного содержания аминокислот интенсивнее, чем при использовании контейнера в форме прямоугольного параллелепипеда с квадратным основанием.

Кроме того, полученные сведения о химическом составе зерен нута, обработанных в таре с разной геометрией, могут найти применение при проектировании новых термостойких полипропиленовых упаковочных материалов, предназначенных для доведения пищевой продукции на основе нутового сырья до кулинарной готовности, а также для установления более эффективных режимов, способствующих устранению бобового привкуса, сокращению потерь аминокислот, белков, уменьшению продолжительности микроволнового воздействия и затрат электроэнергии при СВЧ-обработке зерен нута.

Список литературы

1. Нут – культура перспективная для биологизированных технологий возделывания в Центральном федеральном округе Российской Федерации / В. И. Старцев, Е. Н. Закабунина, А. П. Глинушкин, Л. В. Старцева // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2020. № 33(38). С. 30–38. EDN: RMDQBR
2. Влияние микроволновой обработки на структуру и микробную обсеменённость нута / В. Н. Храмова, Д. И. Сурков, И. В. Владимцева, А. И. Богданов // Пищевая промышленность. 2023. № 11. С. 76–79. DOI: 10.52653/PPI.2023.11.11.016. EDN: NVRGBW
3. Новый метод снижения содержания антипитательных веществ в бобовых культурах / И. Ф. Горлов, И. А. Семенова, А. А. Мосолов [и др.] // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 3. С. 71–73. DOI: 10.31208/2618-7353-2019-8-74-81. EDN: XUJTHF
4. Jogihalli P, Singh L., Sharanagat V. S. Effect of microwave roasting parameters on functional and antioxidant properties of chickpea (*Cicer arietinum*) // LWT – Food Science and Technology. 2017. Vol. 79. Pp. 223–233. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.01.047>.
5. Kumar Y., Sharanagat V. S., Singh L., Mani S. Effect of germination and roasting on the proximate composition, total phenolics, and functional properties of black chickpea (*Cicer arietinum*) // Legume Science. 2019. Vol. 2. Art. 20. DOI: <https://doi.org/10.1002/leg3.20>.
6. Fan X., Ly X., Meng L., Ai M., Li C., Teng F., Feng Z. Effect of microwave sterilization on maturation time and quality of low-salt sufu // Food Science & Nutrition. 2019. Vol. 8. Art. 1346. DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.1346>.

7. Maher A., Russly A. R., Shuhami M., Dzulkifly H. Evaluation of electric and magnetic fields distribution and SAR induced in 3D models of water containers by radiofrequency radiation using FDTD and FEM simulation techniques // *Simulation Techniques*. 2024. Art. 2147. DOI: 10.48550/arXiv.1410.2147.
8. Zhang S., Su T., Zhang S. Shape Effect on the Temperature Field during Microwave Heating Process // *Journal of Food Quality*. 2018. Vol. 1. P. 9169875. DOI: 10.1155/2018/9169875.
9. Jung S., Lee M. G., Yoon W. B. Effects of Container Design on the Temperature and Moisture Content Distribution in Pork Patties during Microwave Heating: Experiment and Numerical Simulation // *Processes*. 2022. Vol. 10. No. 11. P. 2382. DOI: 10.3390/pr10112382

References

1. Startsev V. I., Zakabunina E. N., Glinushkin A. P., Startseva L. V. Chickpeas is a promising crop for biologized cultivation technologies in the central federal district of the Russian Federation. *Herald of Russian state agrarian correspondence university*. 2020;33(38):30–38. (In Russ). EDN: RMDQBR
2. Khramova V. N., Surkov D. I., Vladimtseva I. V., Bogdanov A. I. Effect of microwave treatment on the structure and microbial contamination of chickpeas. *Food processing industry* 2023;(11):76–79. (In Russ). DOI: 10.52653/PPI.2023.11.11.016. EDN: NVRGBW
3. Gorlov I. F., Semenova I. A., Mosolov A. A. [et al.]. The new method of decreasing antinutrient in bean cultures. *Vestnik of the Russian agricultural science*. 2018;(3):71–73. (In Russ). DOI: 10.31208/2618-7353-2019-8-74-81. EDN: XUJTHF
4. Jogihalli P, Singh L., Sharanagat V. S. Effect of microwave roasting parameters on functional and antioxidant properties of chickpea (*Cicer arietinum*). *LWT – Food Science and Technology*. 2017;79:223–233. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.01.047>
5. Kumar Y., Sharanagat V.S., Singh L., Mani S. Effect of germination and roasting on the proximate composition, total phenolics, and functional properties of black chickpea (*Cicer arietinum*). *Legume Science*. 2019;2:20. DOI: <https://doi.org/10.1002/leg3.20>
6. Fan X., Ly X., Meng L., Ai M., Li C., Teng F., Feng Z. Effect of microwave sterilization on maturation time and quality of low-salt sufu. *Food Science & Nutrition*. 2019;8:1346. DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.1346>
7. Maher A., Russly A. R., Shuhami M., Dzulkifly H. Evaluation of electric and magnetic fields distribution and SAR induced in 3D models of water containers by radiofrequency radiation using FDTD and FEM simulation techniques. *Simulation Techniques*. 2024;2147. DOI: <http://dx.doi.org/10.48550/arXiv.1410.2147>
8. Zhang S., Su T., Zhang S. Shape Effect on the Temperature Field during Microwave Heating Process. *Journal of Food Quality*. 2018;1:9169875. DOI: 10.1155/2018/9169875.
9. Jung S., Lee M. G., Yoon W. B. Effects of Container Design on the Temperature and Moisture Content Distribution in Pork Patties during Microwave Heating: Experiment and Numerical Simulation. *Processes*. 2022. Vol. 10. No. 11. P. 2382. DOI: 10.3390/pr10112382

Сведения об авторах

Храмова Валентина Николаевна – доктор биологических наук, профессор, декан факультета технологии пищевых производств, профессор кафедры технологии пищевых производств, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет», SPIN-код: 5483-6255, Scopus ID: 57190736311, Researcher ID N-8038-2015

Сурков Дмитрий Игоревич – кандидат технических наук, ассистент кафедры процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет», SPIN-код: 3510-4090, Scopus ID: 57222570986, Researcher ID: MSZ-8252-2025

Information about the authors

Valentina N. Khramova – Doctor of Biological Sciences, Dean of the Faculty of Food Technology, Professor of the Department of Food Technology, Volgograd State Technical University, SPIN-code: 5483-6255, Scopus ID: 57190736311, Researcher ID: N-8038-2015

Dmitry I. Surkov – Candidate of Technical Sciences, Assistant of the Department of Processes and Apparatus of Chemical and Food Technologies, Volgograd State Technical University, SPIN-code: 3510-4090, Scopus ID: 57222570986, Researcher ID: MSZ-8252-2025

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 02.04.2025;
одобрена после рецензирования 23.04.2025;
принята к публикации 30.04.2025.*

*The article was submitted 02.04.2025;
approved after reviewing 23.04.2025;
accepted for publication 30.04.2025.*