

Анализ современных технологий использования вакуумного и микроволнового воздействия при обезвоживании пищевой продукции

И.Р. Шегельман, А.С. Васильев, Ю.В. Суханов,

Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск

Аннотация: дан анализ использования современных технологий, основанных на использовании физических явлений, а именно вакуумного и микроволнового воздействия при обезвоживании пищевой продукции. На основе обобщения и анализа исследований отечественных и зарубежных ученых показано, что данные технологии перспективны для такого растительного сырья как фрукты и овощи, а их эффективность зависит от характеристик обогащаемого сырья.

Ключевые слова: вакуум, микроволновое воздействие, обезвоживание пищевых продуктов, сушка.

Анализ свидетельствует о том, что в последние годы в России и за рубежом активизированы исследования в области совершенствования технологий в различных отраслях промышленности на основе использования инновационного потенциала современных достижений науки и техники [1, 2]. Это положение в полной мере относится к совершенствованию технологий в пищевой промышленности. Ниже дан анализ использования технологий вакуумного и микроволнового воздействия при обезвоживании пищевой продукции.

Вакуумная пропитка – это процесс обогащения пищевых продуктов, характеризующийся переносом массы между внешним раствором пропитки и пищевой матрицей в результате воздействия вакуума [3, 4]. При этом тип продукта обуславливает технологию предварительной обработки [5]. Не случайно в последние годы расширяется применение технологий низкотемпературного приготовления продуктов питания в вакууме [6], который используется, например, [7] при разработке блюд для космонавтов. В работе [8] доказана перспективность комбинированного способа обезвоживания с применением терморadiационного (инфракрасного) и вакуумного воздействия для производства высококачественных кисломолочных напитков и сформулирована теория такого обезвоживания.

В работе [9] изучены эффекты импульсных электрических полей на вакуумную сушку картофельной ткани при давлении ниже атмосферного, равном 30 кПа, что соответствует температуре кипения воды $\sim 70^{\circ}\text{C}$ и различных температурах 40, 50, 60 и 70°C . Обработка позволила уменьшить время высыхания на 22–27 $^{\circ}\text{C}$.

В исследовании [10] дана оценка влияния комбинации ультразвука и вакуума на кинетику сушки папайи при 60°C и использовались четыре метода: ультразвуковая и с вакуумным усилителем, вакуумная сушка, с ультразвуковым усилением сушка и контрольная (без ультразвука и вакуума) сушка. Установлено, что ультразвуковая обработка ускорила процесс вакуумной сушки папайи и минимизировала потерю изучаемых биологически активных соединений и цвета продуктов.

В работе [11] показаны преимущества технологии, сочетающей микроволновую и вакуумную дегидратацию, которая при обработке овощей обеспечивает длительное холодильное хранение с сохраняем в них биологически активные веществ.

В работе [12] показана перспективность технологии двухстадийного вакуум-выпаривания поликомпонентных овощных смесей для сохранения в них термолабильных веществ.

Исследования процесса сушки в вакуум-аппарате с СВЧ-энергоподводом [13] показали высокую пищевую и энергетическую ценность у высушенных в вакуум-аппарате с СВЧ-энергоподводом плодов смородины черной.

В работе [14] применили вакуумную сушку для пропитывания риса соком красной свеклы. Результаты показывают, что функциональные свойства риса можно эффективно улучшить с помощью технологии вакуумной сушки.

Анализ по характеристикам сушки, растворению, физико-химическим свойствам и антиоксидантной способности [15] показал, что микроволново-вакуумная сушка эффективна для сушки экстракта шлемника обыкновенного (*Scutellaria*).

Выполнена оценка [16] сублимационной сушки в сочетании с микроволновой вакуумной сушкой (FD-MVD) для функциональных снеков из окры. FD-MVD использует четыре различных типа сушки: сушка горячим воздухом, сублимационная сушка, микроволновая вакуумная сушка и сушка горячим воздухом в сочетании с микроволновой вакуумной сушки. Анализ физико-химических показателей и показателей эффективности сушки показал эффективность FD-MVD.

В работе [17] процесс вакуум-выпарки предлагается интенсифицировать за счет равномерности подвода энергии и использования микроволновых технологий.

Технология, интегрирующая применения ультразвука и вакуумной дегидратации, сократила продолжительность сушки на 41-53 % и улучшила качество морковных ломтиков [18]. Потенциал регидратации, питательная ценность продукции (сохранение β -каротина и аскорбиновой кислоты), цветовые и текстурные свойства высушенных по прогрессивной технологии ломтиков превосходят высушенные в вакууме морковные ломтики.

В микроволновом вакуумном дегидрататоре используются микроволны, которые попадают внутрь пищи, в результате чего вода в ней испаряется. Водяной пар выводится в воздушных потоках [19]. Этот метод обеспечивает равномерную сушку и позволяет быстрее завершить процесс. Поскольку давление воздуха поддерживается очень низким, температура кипения воды составляет менее 40 ° C, температура, при которой на ткани клетки начинают влиять тепло. Это означает, что продукты можно высушить без повреждений. Компания, которая выпустила первый в мире коммерческий микроволново-

вакуумный дегидратор – Seiko Engineering. В 2006 году она начала работу над микроволновым дегидратором, чтобы сократить требуемое время и снизить эксплуатационные расходы на процесс сушки. В 2012 году компания произвела коммерческий дегидратор пищевых продуктов, используя этот метод. Компания работает по дальнейшему совершенствованию устройства, таком, как функции для предотвращения чрезмерного высыхания и пищевые лотки для автоматического обмена.

Технологии вакуумной пропитки и микроволнового воздействия перспективны для обогащения пористых пищевых продуктов, таких как, фрукты и овощи, а увеличение срока годности вследствие обезвоживания обработанных этими технологиями продуктов является важным преимуществом для пищевой промышленности.

Анализ показывает весьма широкий диапазон применения технологий вакуумной пропитки и микроволнового воздействия при производстве пищевых продуктов в России и за рубежом. К решению этой проблеме привлечено внимание многих отечественных и зарубежных специалистов. Эффективность технологий вакуумного и микроволнового воздействия значительно зависит от обогащаемого сырья, большая часть авторов сходится во мнении, что данные технологии рационально применять для такого растительного сырья как фрукты и овощи. Эффективность данного метода для других видов растительного сырья необходимо проверять экспериментально.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки в рамках реализации проекта «Исследование и разработка сквозной технологии производства функциональных пищевых продуктов для обеспечения пищевой безопасности северных территорий РФ», выполняемого ПетрГУ совместно с Торговым домом «Ярмарка» (идентификатор проекта – RFMEFI57717X0264).

Литература

1. Кудрявцев П.Г., Фиговский О.Л. Нанокompозитные органоминеральные гибридные материалы // Инженерный вестник Дона. 2014. №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2476.
2. Фиговский О.Л., Кудрявцев Н.П., Ольховик Е.О. Устройство для измерения магнитных характеристик ферромагнитных материалов при объемном напряженном состоянии // Инженерный вестник Дона. 2016. № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2016/3740.
3. Verma V.C. 2017. Vacuum impregnation: Emerging technology for osmotic dehydration and value addition in fruits and vegetables, *Journal of Postharvest Technology*. Vol. 5 (4), pp. 1-9.
4. Fito P., Chiralt, A., Betoret, M., Gras, M.C., Martinez-Monzo, J., Andres, A. and Vidal, D. 2001. Vacuum impregnation and osmotic dehydration in matrix engineering. Application in functional fresh food development. *Journal of Food Engineering*. Vol. 49, pp. 175-183.
5. Andrés A., Salvatori, D., Albors, A., Chiralt, A. and Fito, P. (2001) Vacuum impregnation viability of some fruits and vegetables. In: P. Fito, A. Chiralt, J.M. Barat, W.E.L. Spiess and D. Behnililan (eds), *Osmotic Dehydration and Vacuum Impregnation. Applications in Food Industries*. Food Preservation Technology Series, Technomic Publishers, Lancaster, Pennsylvania, pp. 53–60.
6. Фофанова Т.С. Технология су-вид – некоторые аспекты качества и микробиологической безопасности / Т.С. Фофанова // Теория и практика переработки мяса. 2018. Т. 3. №. 1. С. 59-68.
7. Павлова Л.П., Лукьянова Л.В., Евстигнеева Н.И., Абдулина С.Х. Разработка новых блюд с грибами и овощами для космонавтов. *Пищевая промышленность*. 2015. № 12. С. 40-42.

8. Буянова Е.О. Разработка технологии концентрированных кисломолочных продуктов с применением вакуум - радиационного обезвоживания: Автореф. дисс. ... д-ра техн. наук. Кемерово, 2011. 20 с.
 9. Ricardo L., M. Jade, V. Link, G. Bruno, A.M. Carciofi, J.B. Laurindo. Microwave vacuum drying and multi-flash drying of pumpkin slices. *Journal of Food Engineering*. 2018. Vol. 232. Pp. 1-10.
 10. Júnior Vieira da Silva? L. Lins de Melo, R.A. Batista de Medeiros, Z.M. Pimenta Barros, P.M. Azoubel. Influence of ultrasound and vacuum assisted drying on papaya quality parameters. *LWT*. 2018. Vol. 97. Pp. 317-322.
 11. Лебедева К.Н. Технология микроволновой вакуумной частичной дегидратации и замораживания овощей: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. СПб., 2007. 16 с.
 12. Трушечкин А.В. Научное обеспечение процесса двухстадийного вакуум-выпаривания поликомпонентных овощных смесей и разработка оборудования для его реализации: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Воронеж, 2013. 266 с.
 13. Виниченко С.А. Разработка и научное обеспечение процесса сушки плодов смородины черной в вакуум-аппарате с СВЧ-энергоподводом: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Воронеж, 2014. 20 с.
 14. B. Meengern, S. Ju. Lee, J. Choachamnan, W. Boonsupthip. Penetration of juice into rice through vacuum drying. *Food Science and Technology*. 2014. Vol. 57, Issue 2. Pp. 640-647.
 15. Y. Li, Y. Qi, Z. Wu, Y. Wang, X. Wang, F. Wang, M. Yang. Comparative study of microwave-vacuum and vacuum drying on the drying characteristics, dissolution, physicochemical properties, and antioxidant capacity of *Scutellaria* extract powder. *Powder Technology*. 2017. Vol. 317. 2017. Pp. 430-437.
-

16. N. Jiang, C. Liu, D. Li, Z. Zhang, C. Liu, D. Wang, L. Niu, M. Zhang. Evaluation of freeze-drying combined with microwave vacuum drying for functional okra snacks: Antioxidant properties, sensory quality, and energy consumption. *Food Science and Technology*. 2017. Vol. 82. Pp. 216-226.
17. Бурдо О.Г., Ружицкая Н.В., Резниченко Т.А., Резниченко Д.Н. Моделирование процесса концентрирования пищевых растворов в микроволновом вакуум-выпарном аппарате. *Научные труды Одесской национальной академии пищевых технологий*. 2017. Т. 81. № 1. С. 153-157.
18. Z.-G. Chen, X.-Y. Guo, T. Wu. A novel dehydration technique for carrot slices implementing ultrasound and vacuum drying methods. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2016. Vol. 30. Pp. 28-34.
19. Microwave-Vacuum Dehydrator Saves Time and Energy. – URL: japan.go.jp/_src/291981/newyear16_26-27.pdf

References

1. Kudryavcev P.G., Figovskij O.L. *Inzhenernyj vestnik Dona (Rus)*, 2014. №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2476.
 2. Figovskij O.L., Kudryavcev N.P., Ol'hovik E.O. *Inzhenernyj vestnik Dona (Rus)*, 2016. №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2016/3740.
 3. Verma V.C. 2017. *Journal of Postharvest Technology*. Vol. 5 (4), pp. 1-9.
 4. Fito P., Chiralt, A., Betoret, M., Gras, M.C., Martinez-Monzo, J., Andres, A. and Vidal, D. 2001 *Journal of Food Engineering*. Vol. 49, pp. 175-183.
 5. Andrés A., Salvatori, D., Albors, A., Chiralt, A. and Fito, P. (2001) *Food Preservation Technology Series*, Technomic Publishers, Lancaster, Pennsylvania, pp. 53–60.
 6. Fofanova T.S. *Teoriya i praktika pererabotki myasa*. 2018. V. 3. №. 1. pp. 59-68.
-

7. Pavlova L.P., Luk'yanova L.V., Evstigneeva N.I., Abdulina S.H. Pishchevaya promyshlennost'. 2015. № 12. pp. 40-42.
 8. Buyanova E.O. Razrabotka tehnologii koncentrirovannykh kislomolochnykh produktov s primeneniem vakuuma - radiacionnogo obezvozhivaniya [Development of technology of concentrated fermented milk products with the use of vacuum - radiation dewatering]. Avtoref. diss. ... d-ra tekhn. nauk. Kemerovo, 2011. 20 p.
 9. Ricardo L., M. Jade, V. Link, G. Bruno, A.M. Carciofi, J.B. Journal of Food Engineering. 2018. Vol. 232. pp. 1-10.
 10. Júnior Vieira da Silva? L. Lins de Melo, R.A. LWT. 2018. Vol. 97. pp. 317-322.
 11. Lebedeva K.N. Tehnologija mikrovolnovoi vakuumnoi chastichnoi degidratacii i zamorazhivaniya ovoshei [The technology of microwave vacuum partial dehydration and freezing of vegetables]. Avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk. SPb., 2007. 16 p.
 12. Trushechkin A.V. Nauchnoe obespechenie processa dvuhstadiinogo vakuuma-vyparivaniya polikomponentnykh ovoshnykh smesei i razrabotka oborudovaniya dlja ego realizacii [Scientific support of the process of two-stage vacuum evaporation of polycomponent vegetable mixtures and the development of equipment for its implementation]. Avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk. Voronezh, 2013. 266 p.
 13. Vinichenko S.A. Razrabotka i nauchnoe obespechenie processa sushki plodov smorodiny chernoi v vakuum-apparate s SVCH-yenergopodvodom [Development and scientific support of the process of drying black currant fruits in a vacuum apparatus with a microwave energy supply]. Avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk. Voronezh, 2014. 20 p.
 14. B. Meengern, S.Ju. Lee, J. Choachamnan, W. Food Science and Technology. 2014. Vol. 57, Issue 2. pp. 640-647.
-



15. Y. Li, Y. Qi, Z. Wu, Y. Wang, X. Wang, F. Wang, M. Yang. Powder Technology. 2017. Vol. 317. 2017. Pp. 430-437.
16. N. Jiang, C. Liu, D. Li, Z. Zhang, C. Liu, D. Wang, L. Niu, M. Zhang. Food Science and Technology. 2017. Vol. 82. pp. 216-226.
17. Burdo O.G., Ruzhickaya N.V., Reznichenko T.A., Reznichenko D.N. Odesskoj nacional'noj akademii pishchevyh tekhnologij. 2017. V. 81. №1. pp. 153-157.
18. Z.-G. Chen, X.-Y. Guo, T. Wu. Ultrasonics Sonochemistry. 2016. Vol. 30. pp. 28-34.
19. Microwave-Vacuum Dehydrator Saves Time and Energy. URL: japan.go.jp/_src/291981/newyear16_26-27.pdf