



УДК 664.681

DOI:10.31677/2311-0651-2022-38-4-9-14

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ВЫЖИМОК КАРТОФЕЛЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ СУШКИ

В.В. Бахарев, доктор химических наук, доцент

М.С. Воронина, кандидат технических наук, доцент

А.Н. Гуляева, ассистент, аспирант

И.Ю. Ищенко, студент

Самарский государственный технический университет

E-mail: nikol163@bk.ru

Ключевые слова: картофель, сушка, дегидратор, ИК-сушка, шкаф, процесс, температура.

Реферат. Сушка – это один из процессов, используемых в пищевой промышленности для сохранения и поддержания качества пищевых продуктов в течение определенного периода времени. Сушка, представляющая собой процесс удаления большей части влаги, содержащейся в пище, является самым старым методом консервирования, применяемым с древних времен. Удаление влаги из пищевых материалов предотвращает рост и воспроизводство микроорганизмов, замедляет действие ферментов и сводит к минимуму многие физические и химические реакции. В настоящее время процесс сушки продукта осуществляется различными методами, такими как сушка на солнце, контактная, конвективная, радиационная, диэлектрическая, вакуумная, сублимационная и осмотическая. Эффективность сушки картофеля зависит от содержания сухого вещества в процентах от исходного. Картофель является вторым по величине производимым и потребляемым продуктом во всем мире: 1,3 млрд человек потребляют его в качестве основной продовольственной культуры (более 50 кг на человека в год). Органолептические характеристики картофеля, такие как вкус, цвет и аромат клубней, изменяются во время варки, в основном из-за изменений в составе клубней. Содержание сухого вещества (СВ) является одним из основных качественных показателей картофеля наряду с крахмалом, редуцирующими сахарами и белками. Они являются одним из первых факторов, определяющих качество клубней, и влияют на конечный выход продуктов из обработанных клубней. Целью исследования является изучение содержания в картофеле сухих веществ при различных видах сушки: в сушильном шкафу, в инфракрасной сушилке, в дегидраторе – и выявить оптимальное оборудование для высушивания картофеля при 60 °C до содержания влаги 10 %. Температура сушки картофеля была одинакова для всех видов оборудования и равнялась 60 °C.

EXPERIMENTAL STUDY OF THE BEHAVIOR OF POTATO SQUEEZE DURING DIFFERENT TYPES OF DRYING

V.V. Bakharev, Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor

M.S. Voronina, Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor

A.N. Gulyaeva, Assistant, Ph.D. Student

I.Iu. Ischenko, Student

Samara State Technical University

Keywords: potatoes, drying, dehydrator, infrared drying, drying closet, process, temperature.

Abstract. *Drying is one of the processes used in the food industry to preserve and maintain food quality for a certain period. Drying, which removes most moisture in food, has been the oldest canning method since ancient times. Removing water from food materials prevents the growth and reproduction of microorganisms, slows enzymes, and minimizes many physical and chemical reactions. Various methods, such as solar drying, contact drying, convection drying, radiation drying, dielectric drying, vacuum drying, freeze drying, and osmotic drying, currently carry out the product drying process. The drying efficiency of potatoes depends on the dry matter content in percent of the original. The potato is the second most produced and consumed product globally, with 1.3 billion people consuming it as their primary food crop (more than 50 kg per person per year). The organoleptic characteristics of potatoes, such as taste, color, and aroma, change during cooking, mainly due to changes in the composition of the tubers. Dry matter (D.M.) content is one of the leading quality indicators of potatoes, along with starch, reducing sugars and proteins. Therefore, they are one of the first factors determining the quality of tubers and affect the final yield of products from processed tubers. The study aims to study the content of dry matter in potatoes in different types of drying: in a drying cabinet, in an infrared dryer, and in a dehydrator; and to identify the optimal equipment for drying potatoes at 60°C to the moisture content of 10%. Potato drying temperature was the same for all types of equipment and was equal to 60°C.*

Картофель – одна из основных сельскохозяйственных культур, занимающая второе место после зерна в нашей стране и в мире по потреблению и промышленной переработке. Картофель является основным продуктом питания для многих людей и занимает высокую долю в экономическом балансе многих стран, считаясь вторым хлебом.

В пищевой промышленности используется для получения картофельной муки, хлопьев, обезвоженного картофеля, из которого делают пюре и чипсы. Картофель используется также в производстве крахмала, спирта и химической промышленности [1].

Клубень богат различными питательными веществами, включая витамины и минералы [2, 3]:

Вода, %	78,6	Mg, мг%	23
Белки, %	2,0	P, мг%	58
Жиры, %	0,4	Fe, мг%	0,90
Углеводы, %	16,3	Каротин, мкг%	20
Пищевые волокна, %	1,4	B ₁ , мг%	0,12
Зола, %	1,1	B ₂ , мг%	0,07
Na, мг%	5	PP, мг%	1,3
K, мг%	568	C, мг%	20
Ca, мг%	10	Энергетическая ценность, ккал	77

При переработке картофеля на картофеле- и крахмалопродукты отходы образуются при мойке, инспекции, очистке от кожуры, доочистке, резке, бланшировании, варке, жарке, тушении. Отходы получают в виде некондиционных клубней, кожуры, мезги, сока, кусочков картофеля в виде срезов с клубней, полуклейстеризованных очисток после пароводотермической обработки картофеля. Количество их зависит от качества сырья и применяемого способа очистки (механический, термический и химический). Основная масса отходов образуется при очистке картофеля. При механическом способе очистки картофеля образуется более 40 % отходов, при тепловом – до 70 % [4]. Картофельные выжимки – это полуфабрикат для изготовления сухого

порошкообразного пюре и чипсов. В эксперименте рассмотрена возможность сушки выжимок для дальнейшего хранения или переработки.

Обезвоживание, или сушка, представляет собой технологическую операцию, основанную на снижении содержания воды, т.е. содержания влаги, при которой достигается стабильность в процессе хранения пищевых продуктов. Что касается овощей, сушка снижает естественное содержание воды до уровня, который препятствует активности и развитию микроорганизмов, без разрушения тканей [5]. Механизм сушки определяется некоторыми теплофизическими процессами, которые происходят во внутренней структуре продукта, подвергающейся дегидратации (диффузия, термодиффузия), и одновременной передачей тепла и массы в пограничном слое, разделяющем термодинамический агент на твердой поверхности, называемый сушильным агентом [6].

Процесс сушки зависит от нескольких факторов: температуры сушильного агента, расхода сушильного агента, относительной влажности воздуха, а также от параметров продукта, подлежащего сушке (влажность, форма) [7]. Самый простой и распространенный метод сушки – конвективная сушка – осуществляется в присутствии горячего газа, который передает тепло частицам продукта, который предназначен для улавливания водяного пара, образующегося при обработке воды в газовой фазе. Тепломассоперенос во время сушки определяется параметрами сушильного агента (скорость, температура, относительная влажность) и соотношением между влажностью и продуктом [8].

Целью исследования является изучение содержания в картофеле сухих веществ при различных видах сушки: в сушильном шкафу, в инфракрасной сушилке, в дегидрататоре – и выявить оптимальное оборудование для высушивания картофеля при 60 °С до содержания влаги 10 %.

Объект исследования – выжимки картофеля, полученные по следующей схеме: мойка → очистка → мойка → прессование → замачивание на 12 ч (для удаления крахмала) → отжим.

В качестве сушильных агрегатов были выбраны следующие виды оборудования: сушильный шкаф, дегидрататор и ИК-сушилка.

Температура сушки была выбрана 60 °С, т.к. при данной температуре сохраняется максимум питательных веществ (например, витамины С и группы В).

Теплопередача внутри сушильных установок достигается за счет конвекции, а в качестве теплоносителя используется воздух, нагретый за счет электрического сопротивления [9]. Нагретый воздух циркулирует снизу вверх поверх изделия. Сушилки оснащены термостатами, которые контролируют нагрев и поддерживают постоянную температуру [10].

Для получения высушенного продукта были выполнены следующие операции:

1. Сортировка и мойка картофеля.
2. Очистка.
3. Получение выжимок из картофеля (измельчение, трехкратное промывание водой температурой 25 °С).
4. Сушка выжимок в сушильных аппаратах.

Для установления оптимальных параметров технологического процесса измерения производили каждый рабочий час, отслеживая значения следующих параметров: температура в зоне сушки, изменение содержания сухих веществ.

Основной целью исследования было выявление оптимального режима высушивания выжимок картофеля. На рис. 1 приведены графики, характеризующие зависимость содержания сухих веществ от времени сушки с применением различных режимов.

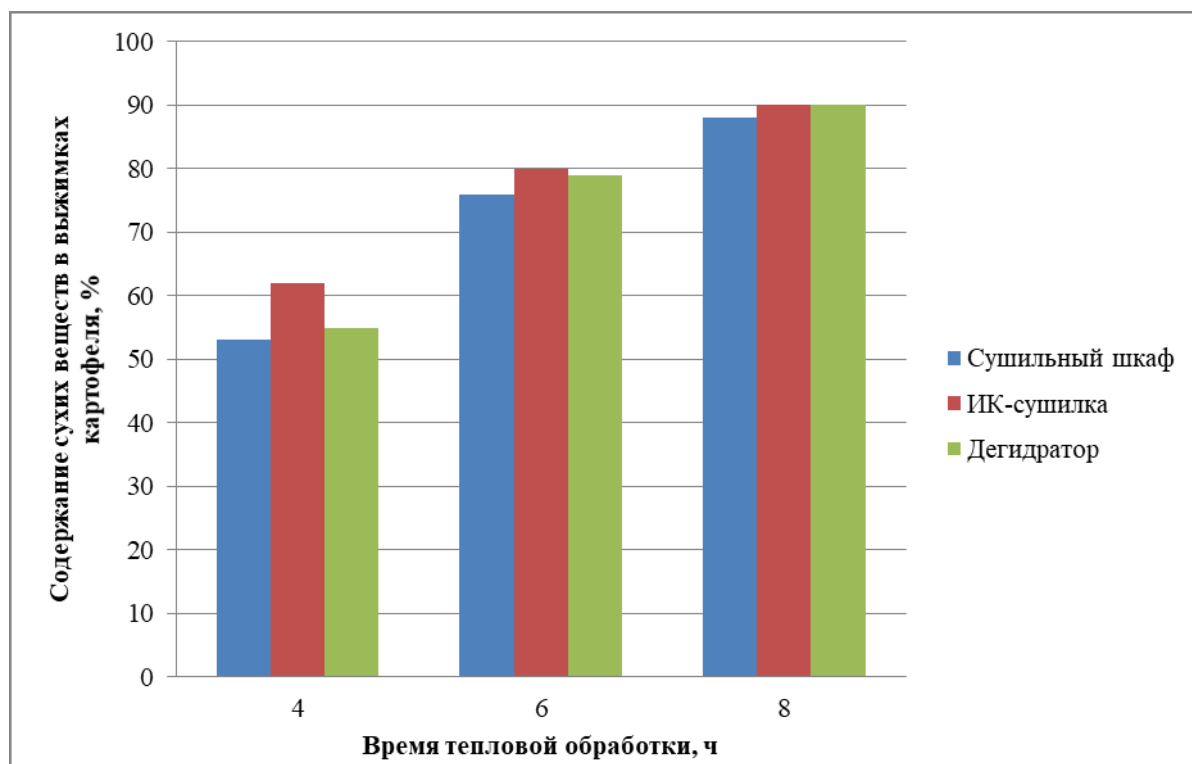


Рис. 1. Зависимость содержания сухих веществ в выжимках картофеля от времени сушки на различном оборудовании
Fig. 1. Dependence of the dry matter content of potato pomace on the drying time on different equipment

Из графиков видно, что максимальное количество сухих веществ достигается при тепловой обработке на протяжении 8 ч. В ИК-сушилке и дегидраторе этот показатель достиг уровня 90 %, в сушильном шкафу – 87 %.

По завершении сушки были сделаны фотографии с помощью микроскопа Techshow G1200 (рис. 2–4).



Рис. 2. Картофельные выжимки, высушенные в дегидраторе
Fig. 2. Potato pomace dried in a dehydrator



Рис. 3. Картофельные выжимки, высушенные в ИК-сушилке
Fig. 3. Potato pomace dried in an infrared dryer



Рис. 4. Картофельные выжимки, высушенные в сушильном шкафу
Fig. 4. Potato pomace dried in a drying closet

При высушивании происходит изменение цвета картофеля. Он темнеет в результате перегруппировки Амадори (начальной стадии реакции Майяра), которая приводит к образованию меланоидинов – темноокрашенных продуктов.

Таким образом, экспериментально установлено, что максимальное количество сухих веществ достигается при тепловой обработке на протяжении 8 ч, в ИК-сушилке и дегидрататоре этот показатель достиг уровня 90 %, в сушильном шкафу – 87 %.

Высушивание выжимок картофеля необходимо для дальнейшей переработки и транспортирования. Этот продукт можно использовать для дальнейшего извлечения веществ: пищевых волокон, крахмала и т.д.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Experimental study of drying behaviour of potato* / Ionuț Veleşcu, Ioan Țenu, Petru Cârlescu, Vasile Dobre // *Lucrări Științifice*. – 2013. – Vol. 56 (1), seria Agronomie.
2. *Studies on Quality of Potato Flour Blends with Rice Flour for Making Extruded Noodles* / L. Wang, J. Guo, R. Wang, C. Shen // *Cereal Chemistry*. – 2016. – Vol. 93 (6). – CCHEM-05-16-014. – DOI:10.1094/CCHEM-05-16-0147-R
3. *Химический состав российских пищевых продуктов: справочник* / под ред. член-корр. МАИ, проф. И.М. Скурихина и акад. РАМН, проф. В.А. Тутельяна. – М.: ДеЛи принт, 2002. – 236 с.
4. *Использование отходов перерабатывающих отраслей в животноводстве: науч.-аналит. обзор*. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. – 96 с.
5. *Effects of different pretreatment methods on the drying characteristics and quality of potatoes* / Xiangfeng Sun, Xin Jin, Nan Fu, Xiaodong Chen // *Food Sci Nutr*. – 2020. – N 8. – P. 5767–5775.
6. *Muhammad Naeem, Mehmet Emin Caliskan. Comparison of methods for dry matter content determination in potato using multi-environments field data and stability statistics* // *Turk. J. Field. Crops*. – 2020. – Vol. 25 (2). – P. 197–207. – DOI: 10.17557/tjfc.742244
7. *Effect of Drying Methods on Properties of Potato Flour and Noodles Made with Potato Flour* / H. Bao, J. Zhou, J. Yu, S. Wang // *Foods*. – 2021. – Vol. 10. – P. 1115. – <https://doi.org/10.3390/foods10051115>
8. Акулич А.В., Темрук А.В. Сушка плодовоовощного сырья с использованием ИК-излучения // *Пищевая промышленность*. – 2009. – № 9. – С. 12–13.
9. Калашиников Г.В., Назарет'ян Д.В. Безотходная технология производства сухого картофельного пюре // *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. – 2015. – № 3. – С. 50–54. – <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2015-3-50-54>
10. Остриков А.Н., Калашиников Г.В., Шевцов С.А. Основные закономерности тепло- и массообмена в процессе сушки пищевого растительного сырья перегретым паром // *Известия вузов. Пищевая технология*. – 2014. – № 4. – С. 87–93.

REFERENCES

1. Ionuț Veleşcu, Ioan Țenu, Petru Cârlescu, Vasile Dobre, *Experimental study of drying behaviour of potato*, *Lucrări Științifice*, 2013, Vol. 56 (1), seria Agronomie.
2. Wang L., Guo J., Wang R., Shen C. *Studies on Quality of Potato Flour Blends with Rice Flour for Making Extruded Noodles*, *Cereal Chemistry*, 2016, Vol. 93 (6), CCHEM-05-16-014, DOI:10.1094/CCHEM-05-16-0147-R
3. *Himicheskij sostav rossijskih pishchevyh produktov: spravocnik* (Chemical composition of Russian food products: reference), Moscow: DeLi print, 2002, 236 p.
4. *Ispol'zovanie othodov pererabatyvayushchih otraslej v zhivotnovodstve: nauch.-analit. obzor* (Use of waste from processing industries in animal husbandry: a scientific and analytical review), Moscow: FGBNU "Rosinformagrotekh", 2011, 96 p.
5. Xiangfeng Sun, Xin Jin, Nan Fu, Xiaodong Chen. *Effects of different pretreatment methods on the drying characteristics and quality of potatoes*, *Food Sci Nutr*, 2020, No. 8, pp. 5767–5775.
6. Muhammad Naeem, Mehmet Emin Caliskan. *Comparison of methods for dry matter content determination in potato using multi-environments field data and stability statistics*, *Turk. J. Field. Crops*, 2020, Vol. 25 (2), pp. 197–207, DOI: 10.17557/tjfc.742244
7. Bao H., Zhou J., Yu J., Wang S. *Effect of Drying Methods on Properties of Potato Flour and Noodles Made with Potato Flour*, *Foods*, 2021, Vol. 10, pp. 1115, <https://doi.org/10.3390/foods10051115>
8. Akulich A.V., Temruk A.V. *Pishchevaya promyshlennost'*, 2009, No. 9, pp. 12–13. (In Russ.)
9. Kalashnikov G.V., Nazaret'yan D.V. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernyh tekhnologij*, 2015, No. 3, pp. 50–54, <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2015-3-50-54> (In Russ.)
10. Ostrikov A.N., Kalashnikov G.V., Shevcov S.A. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*, 2014, No. 4, pp. 87–93. (In Russ.)