

УДК 66.047.3.049.6

Антиоксидантная активность растительного сырья в процессах замораживания и вакуумного обезвоживания*

Д-р техн. наук Г. В. СЕМЕНОВ¹, канд. техн. наук Е. В. БУДАНЦЕВ²,
канд. техн. наук И. С. КРАСНОВА

¹sgv47@yandex.ru, ²konfsushka2008@rambler.ru

Московский государственный университет пищевых производств
125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, 11

В работе представлены изменения массовой доли витамина С и антиоксидантной активности яблочного пюре при замораживании и процессах влагоудаления при различных уровнях вакуума. Показано, что наибольшее снижение этих показателей, на уровне 18–20%, происходит на этапе интенсивного испарения влаги в вакууме. На следующих этапах происходит замедление процесса. Проведена сравнительная оценка массовой доли витамина С и антиоксидантной активности у образцов, высушенных разными вариантами обезвоживания: сублимационная сушка, вакуумная сушка и совмещение этих режимов. Показано, что при совмещенном процессе влагоудаления значения показателей остаются примерно на том же уровне, что и у образца, высушенного сублимационной сушкой. Проведенные эксперименты подтвердили, что вакуумное обезвоживание растительного сырья в условиях совмещения процессов традиционной сублимационной сушки и вакуумной сушки позволяет одновременно сократить затраты электроэнергии и получить продукт с высокими показателями качества.

Ключевые слова: вакуумная сублимационная сушка, вакуумное обезвоживание, сублимация, витамин С, антиоксидантная активность, термолабильные материалы.

Antioxidant activity of fruit raw material during freezing and vacuum dehydration

D. Sc. G. V. SEMENOV¹, Ph. D. E. V. BUDANTSEV²,
Ph. D. I. S. KRASNOVA

¹sgv47@yandex.ru, ²konfsushka2008@rambler.ru

Moscow State University of Food Production
125080, Russia, Moscow, Volokolamsk Highway 11

The paper deals with the changes in the mass fraction of vitamin C and antioxidant activity of apple puree during freezing and dehydration at different vacuum levels. The greatest reduction of the parameters in question (18–20%) is shown to occur in intense evaporation at vacuum. Then the process is decreasing. A comparative evaluation of vitamin C mass fraction and the antioxidant activity of the samples dried by different variants of dehydration (freeze drying, vacuum drying and the combination of these modes) is made. In the combined process of dehydration indicator values are shown to remain approximately at the same level as those of the sample dried by freeze-drying. The experiments have confirmed that the vacuum dehydration of fruit raw material by combination of traditional freeze-drying and vacuum drying processes allows both to reduce power consumption and to obtain a high quality product.

Keywords: vacuum freeze drying, vacuum dehydration, sublimation, vitamin C, antioxidant activity, temperature-sensitive materials.

Вакуумная сублимационная сушка является сегодня общепризнанной технологией достижения высокого уровня сохранности нативных свойств термолабильных материалов — пищевых продуктов, ферментов, экстрактов лекарственных трав и т. д. Однако при всех достоинствах, основным ее недостатком является длительность процесса (12–20 ч в зависимости от вида сырья) и относительно высокие энергозатраты. Перспективным направлением повышения эффективности процесса вакуумного обезвоживания является использование в рамках единого технологического цикла совмещенных процессов влагоудаления [1]. В принципе, возможны следующие комбинации:

— удаление 30–40% влаги испарением в вакууме при давлениях 4000–7000 Па, затем понижение давления и самозамораживание, далее удаление влаги до заданной конечной влажности продукта фазовым переходом «лед-пар»;

— удаление основной части влаги сублимацией, повышение давления, досушка в вакууме при давлениях выше тройной точки воды;

— удаление примерно половины влаги в вакууме (испарением, либо сублимацией), затем тепловая досушка при атмосферном давлении.

Как показали проведенные нами многочисленные эксперименты, для достижения рационального сочетания энергозатрат и уровня качества высушенных пищевых продуктов предпочтителен первый вариант.

В данном исследовании показано изменение показателей качества высушенных яблок сорта «Антоновка обыкновенная» при первом варианте сушке по таким показателям, как массовая доля витамина С и интегральная антиоксидантная активность и дана сравнительная оценка выбранных показателей при разных режимах сушки. Выбор сорта яблок обусловлен высоким

*Работа выполнена в рамках гранта № 14.577.21.0044
При финансовой поддержке Минобрнауки (уникальный идентификатор проекта RFMEFI577X0044)

содержанием витамина С. Яблоки разделили на 6 порций для определения показателей на различных этапах влагоудаления. Каждую порцию последовательно измельчали на блендере до пюреобразного состояния и помещали на противни слоем толщиной $(4\div 6) \cdot 10^{-3}$ м. Вакуумное обезвоживание осуществляли с помощью созданной нами лабораторной установки [2]. Изменение массы в ходе обезвоживания регистрировали тензосенсорами с электронным блоком.

В исходном продукте, после замораживания, а затем на разных этапах влагоудаления: в начале, середине и окончании этапа вакуумной сушки, при завершении этапа самозамораживания, через два часа после этапа сублимации и после окончания процесса определяли массовую долю витамина С титрометрическим методом и интегральную антиоксидантную активность методом кулонометрического титрования на приборе «Эксперт-006» по МВИ 01-44538054-07. Поэтапная схема эксперимента на примере определения массовой доли витамина С показана на рис. 1. При достижении каждой промежуточной стадии контроля процесс обезвоживания останавливали, продукт вынимали и определяли показатели. Эксперименты проводили в 3–5 кратной повторности.

Наиболее интенсивное снижение массовой доли витамина С происходило на этапе испарения в вакууме (рис. 2).

Параллельно определяли интегральную антиоксидантную активность (рис. 3). Результаты исследования показали, что наибольшее снижение данного показателя также происходит на этапе интенсивного испарения влаги в вакууме.

Следовательно, в каждом конкретном случае необходимо решать вопрос выбора соотношения между длительностью высокоинтенсивного этапа вакуумного испарения, длительностью последующих процессов и изменением уровня качества.

Далее проводили сравнительную оценку влияния трех циклов обезвоживания: вакуумная сушка при давлении 1300–2500 Па (Образец №1); сублимационная сушка при давлении 30–60 Па (Образец №2) и совмещенные эти два процесса в рамках одного цикла (Образец №3) на снижение массовой доли витамина С и интегральной антиоксидантной активности (рис. 4).

Сопоставление уровня сохранности витамина С и интегральной антиоксидантной активности свидетельствует о том, что сушка в совмещенном режиме влагоудаления и сублимационная сушка обеспечивают применительно к исследуемому продукту получение приблизительно близких результатов.

Аналогичные эксперименты выполнены нами с использованием пюре красной смородины, киви, груши, хурмы. Описанные выше закономерности изменения уровня сохранности витамина С и антиоксидантной активности сохранились.

Проведенные эксперименты показали, что вакуумное обезвоживание растительного сырья в условиях совмещения процессов традиционной сублимационной сушки и вакуумной сушки позволяет одновременно сократить затраты электроэнергии и получить продукт с показателями качества близкими к сублимационной сушке.

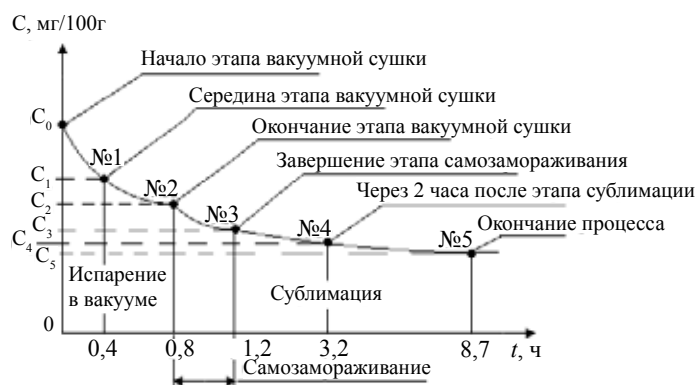


Рис. 1. Схема проведения эксперимента по определению массовой доли витамина С

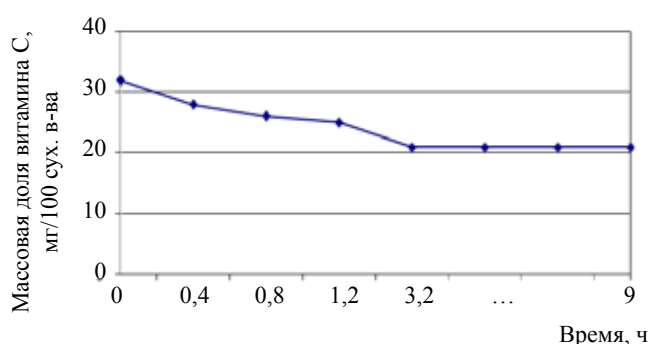


Рис. 2. Поэтапное изменение массовой доли витамина С в соответствии с измерениями, согласно рис. 1

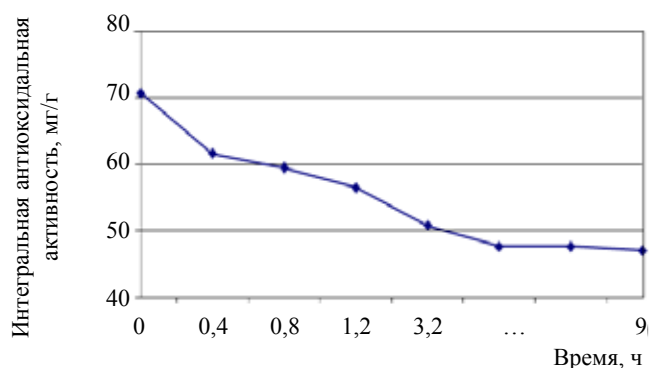


Рис. 3. Поэтапное изменение интегральной антиоксидантной активности в соответствии с измерениями, согласно рис. 1

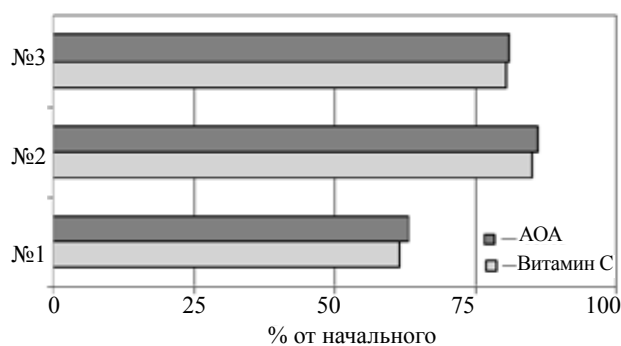


Рис. 4. Снижение массовой доли витамина С и антиоксидантной активности при разных режимах влагоудаления

Список литературы

References

1. Дакуорт Р. В. Вода в пищевых продуктах./Пер. с англ. — М: Пищевая промышленность, 1980. 376 с.
2. Магомедов Г. О, Магомедов М. Г., Астрединова В. В., Литвинова А. А. Технология концентрирования фруктов и овощей. // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2012. №4. С. 86–89.
3. Патент РФ №2357166 С1, F26B 5/06. Устройство для вакуумной сушки термолабильных материалов/Семенов Г. В., Шабетник Г. Д., Глухман В. Н., Буданцев Е. В., Булкин М. С. — Заявл. 19.12.2007. Оpubl. 27.05.2009. Бюл. № 15.
4. Патент РФ №2490914 С1. Способ вакуумного обезвоживания белого мяса птицы в условиях сочетания процессов вакуумного испарения и сублимации в едином цикле/Титов Е. И., Семёнов Г. В., Иванченкова Т. А., Булкин М. С., Буданцев Е. В., Римарева Л. В. — Заявл. 27.12.2011. Оpubl. 25.07.2013.
5. Поповский В. Г. и др. Сублимационная сушка пищевых продуктов растительного происхождения. 1975. 336 с.
6. Семёнов Г. В., Булкин М. С., Черский В. В. Отечественное экспериментальное оборудование для исследований процессов вакуумного обезвоживания. // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2014. № 1.
7. Семёнов Г. В. Вакуумная сублимационная сушка. — М.: ДеЛи плюс, 2013. 264 с.
8. Семёнов Г. В., Краснова И. С., Максимов А. А., Евдокунина Е. А. Микроструктура и вязкость сублимированного овощного купажированного напитка. // Глобальный научный потенциал. 2012. № 18. С. 158–160.
9. Семёнов Г. В., Краснова И. С., Коробейникова Т. В. Влияние различных термических воздействий на антиоксидантную активность фруктов. // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2013. № 4. С. 13–15.
10. Семёнов Г. В., Краснова И. С., Лаврова А. В. Сушка термолабильных продуктов в вакууме — инновационная технология XXI века. // Пищевая индустрия. 2014. № 2. С. 56–61.
11. Семёнов Г. В., Орешина М. Н. Ультратонкое диспергирование, замораживание и сублимационная сушка многокомпонентных пищевых систем. — М.: МГУПБ, 2010. 197 с.
12. Слободяник И. П., Селезнева Е. А., Голошапов О. И. Выбор оптимальных параметров сушки фруктов и овощей. // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 1995. № 3–4. С. 59–61.
13. Krasnova I. S., Semenov G. V., Bulkin M. S., Evdokunina E. A. Preservation of heat-sensitive components in foodstuffs for people in emergency situations. // Prospects of science. 2011. No 25. pp. 219–221.
14. Филиппов В. И. Кременевская М. И., Куцакова В. Е. Холодильная технология пищевых продуктов: Учебник для ВУЗов: в 3 частях. Технологические основы. Часть II. — СПб.: ГИОРД, 2008. 2008. 576 с.
1. Dakuort R. B. Water in foodstuff. Moscow. 1980. 376 p. (in Russian)
2. Magomedov G. O, Magomedov M. G., Astredinova V. V., Litvinova A. A. Technology of concoction of fruit and vegetables. *Vestnik Voronezhskogo gosudarst-vennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii*. 2012. No 4. p. 86–89. (in Russian)
3. Patent RF №2357166 S1, F26B 5/06. The device for vacuum drying of thermolabile materials. Semenov G. V., Shabetnik G. D., Glukhman V. N., Budantsev E. V., Bulkin M. S. — Zayavl. 19.12.2007. Opubl. 27.05.2009. Byul. № 15. (in Russian)
4. Patent RF №2490914 S1. Method of vacuum dehydration of white fowl in the conditions of a combination of processes of vacuum evaporation and sublimation in a uniform cycle. Titov E. I., Semenov G. V., Ivanchenkova T. A., Bulkin M. S., Budantsev E. V., Rimareva L. V. — Zayavl. 27.12.2011. Opubl. 25.07.2013. (in Russian)
5. Popovsky V. G., etc. Sublimation drying of foodstuff of a phyto genesis. 1975. 336 p. (in Russian)
6. Semenov G. V., Bulkin M. S., Cherskii V. V. Domestic experimental equipment for researches of processes of vacuum dehydration. *Nauchnyi zhurnal NIU ITMO. Seriya «Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv»*. 2014. No 1. (in Russian)
7. Semenov G. V. Vacuum sublimation drying. Moscow. 2013. 264 p. (in Russian)
8. Semenov G. V., Krasnova I. S., Maksimov A. A., Evdokunina E. A. Microstructure and viscosity of the sublimated vegetable blended drink. *Global'nyi nauchnyi potentsial*. 2012. No 18. p. 158–160. (in Russian)
9. Semenov G. V., Krasnova I. S., Korobeinikova T. V. Influence of different thermal impacts on antioxidant activity of fruit. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Pishhevaya tekhnologiya*. 2013. No 4. p. 13–15. (in Russian)
10. Semenov G. V., Krasnova I. S., Lavrova A. V. Drying of thermolabile products in vacuum — innovative technology of the XXI century. *Pishhevaya industriya*. 2014. No 2. p. 56–61. (in Russian)
11. Semenov G. V., Oreshina M. N. Ultrathin dispersion, freezing and sublimation drying of multicomponent food systems. Moscow. 2010. 197 p. (in Russian)
12. Slobodyanik I. P., Selezneva E. A., Goloshapov O. I. Choice of optimum parameters of drying of fruit and vegetables. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Pishhevaya tekhnologiya*. 1995. No 3–4. p. 59–61. (in Russian)
13. Krasnova I. S., Semenov G. V., Bulkin M. S., Evdokunina E. A. Preservation of heat-sensitive components in foodstuffs for people in emergency situations. *Prospects of science*. 2011. No 25. pp. 219–221.
14. Phillipov V. I. Kremenevskaya M. I., Kutsakova V. E. Refrigerating technology of foodstuff: The textbook in 3 parts. Technological bases. Part II. — St. Petersburg. 2008. 576 p. (in Russian)