

УДК 66.047.3.049.6

## **Антиоксидантная активность растительного сырья в процессах замораживания и вакуумного обезвоживания**

*Д-р техн. наук Семенов Г.В.* [svg@eandex.ru](mailto:svg@eandex.ru), *канд. техн. наук Буданцев Е.В.,*

*канд. техн. наук Краснова И.С.*

*Московский государственный университет пищевых производств*

*125080, Москва, Волоколамское шоссе, 11*

**Работа выполнена в рамках гранта №14.577.21.0044**

*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 совмещённом процессе влагоудаления значения показателей остаются примерно на том же уровне, что и у образца, высушенного сублимационной сушкой.*

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

---

## **Antioxidant activity of vegetable raw materials in processes of freezing and vacuum dehydration**

*D.Sc. Semenov G.V., Ph.D. Budantsev E.V.,*

*Ph.D. Krasnova I.S.*

*Moscow State University of food productions*

*125080, Moscow, Volokolamskoye Highway, 11*

*In work changes of a mass fraction of vitamin C and antioxidant activity of apple puree during the freezing and processes of dehumidification at various levels of vacuum are presented. It is shown that the greatest decrease in these indicators, at the level of 18-20%, happens at a stage of intensive evaporation of moisture in vacuum. At the following stages there is a process delay. The comparative assessment of a mass fraction of vitamin C and antioxidant activity at the samples which are dried up by different options of dehydration is carried out: sublimation drying, vacuum drying and combination of these modes. It is shown that at the combined process of dehumidification of value of indicators remain approximately at the same level, as with the sample which is dried up by sublimation drying.*

*Keywords:* vacuum sublimation drying, vacuum dehydration, sublimation, vitamin C, antioxidant activity, thermolabile materials.

---

Вакуумная сублимационная сушка является сегодня общепризнанной технологией достижения высокого уровня сохранности нативных свойств термолabileльных материалов – пищевых продуктов, ферментов, экстрактов лекарственных трав и т.д. Однако при всех её достоинствах основным её недостатком является длительность процесса (12-20 часов в зависимости от вида сырья) и относительно высокие энергозатраты. Перспективным направлением повышения эффективности процесса вакуумного обезвоживания является использование в рамках единого технологического цикла совмещённых 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 «лёд-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 проведённые 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 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 тензовесами 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 представлена на рисунке 1. При достижении каждой промежуточной стадии контроля процесс обезвоживания останавливали, продукт вынимали и определяли показатели. Эксперименты проводили в 3-5 кратной повторности.

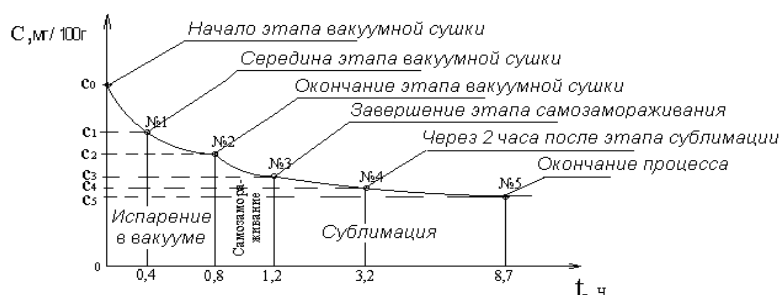
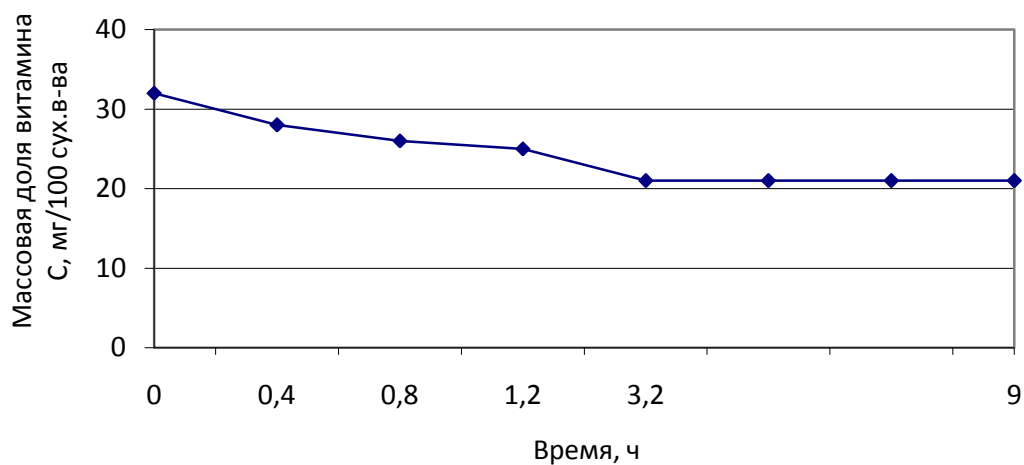


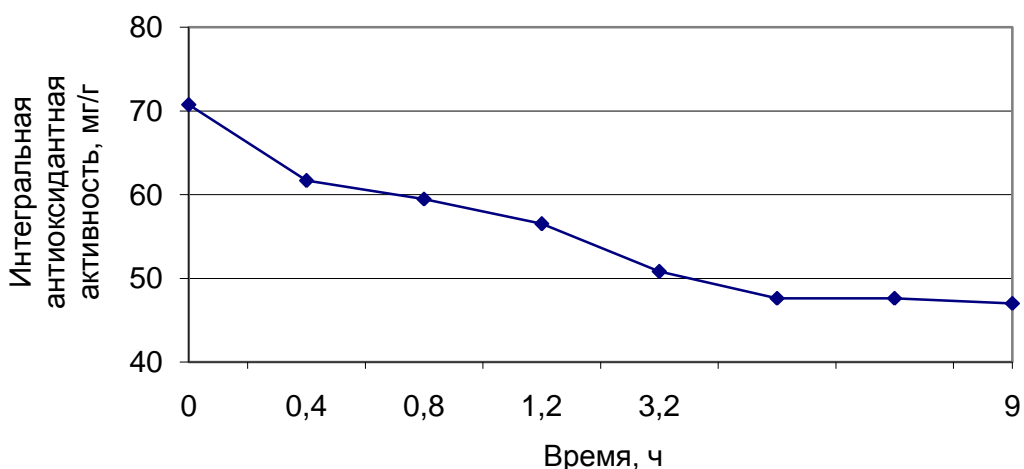
Рис. 1. Схема проведения эксперимента по определению массовой доли витамина С

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



**Рис. 2. Поэтапное изменение массовой доли витамина С в соответствии с измерениями согласно рисунку 1**

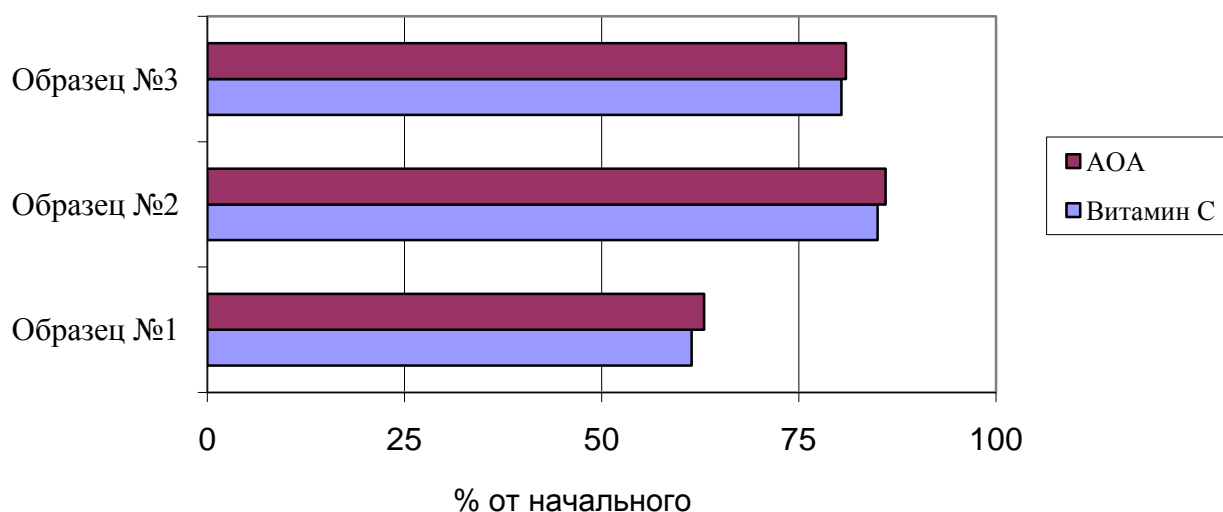
Параллельно определяли интегральную антиоксидантную активность (рисунок 3). Результаты исследования показали, что наибольшее снижение данного показателя также происходит на этапе интенсивного испарения влаги в вакууме.



**Рис. 3. Поэтапное изменение интегральной антиоксидантной активности в соответствии с измерениями согласно рисунку 1**

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 трёх циклов обезвоживания: вакуумная сушка при давлении 1300-2500 Па (Образец №1); сублимационная сушка при давлении 30-60 Па (Образец №2) и совмещённые эти два процесса в рамках одного цикла (Образец №3) на снижение массовой доли витамина С и интегральной антиоксидантной активности (рисунок 4).



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

Сопоставление уровня сохранности витамина С и интегральной антиоксидантной активности свидетельствует о том, что сушка в совмещённом 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.

Проведённые 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.

### Список литературы

1. Патент РФ № 2357166 С1, F26В 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. Оpubл. 27.05.2009. Бюл.№15.
2. Семёнов Г.В. Вакуумная сублимационная сушка.- М.: ДеЛи плюс, 2013 – 264 с.

### References

1. Patent Russian Federation No. 2357166 C1, 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. Bul. №15.
2. Semyonov G. V. Vacuum sublimation drying. - M.: Put plus, 2013 – 264 p.