



МЛНЧ-2015

Международные Лыковские научные чтения



ВЕБ-КОНФЕРЕНЦИЯ

**Первые Международные Лыковские научные чтения,
посвящённые 105-летию академика А.В. Лыкова**

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СУШКИ
И ТЕРМОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ
В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
И АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ**

22 - 23 СЕНТЯБРЯ 2015 ГОДА

*Веб-конференция «Первые Международные Лыковские научные чтения,
посвящённые 105-летию академика А.В. Лыкова – МЛНЧ-2015» прово-
дится при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных
исследований - проект № 15-08-20703-г*

Москва 2015

УДК 687
ББК 37.23
А43

Председатель Оргкомитета
Председатель Комитета РосСНИО
по проблемам сушки и термовлажностной обработки материалов,
д.т.н., профессор Рудобащта Станислав Павлович

Заместители Председателя Оргкомитета
член-корр. НАН Р. Беларусь, д.т.н., профессор
Павлюкевич Николай Владимирович,
академик РААСН, д.т.н., профессор
Федосов Сергей Викторович

Учёный секретарь Оргкомитета
учёный секретарь Комитета РосСНИО по проблемам сушки и термовлажностной обра-
ботки материалов, к.т.н., профессор Кошелева Мария Константиновна

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СУШКИ И ТЕРМОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТ-
КИ МАТЕРИАЛОВ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И АГ-
РОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ** [Текст]: сборник научных статей Первых
Международных Лыковских научных чтений (22-23 сентября 2015 года) / РГАУ-МСХА
имени К.А. Тимирязева, ЗАО «Университетская книга», Курск, 2015., 485 с.

ISBN 978-5-9907009-4-9

В сборник включены научные статьи российских и зарубежных учёных, представ-
ленные на вебинаре, в которых рассматриваются вопросы теории и математического
моделирования процессов сушки и термовлажностной обработки различных материа-
лов, проблемы сушки и термовлажностной обработки материалов в химической, пище-
вой, текстильной и лёгкой промышленности, в строительной индустрии, древесины,
вопросы экологической и производственной безопасности при проведении рассматри-
ваемых процессов, методы и средства контроля и управления данными процессами.

Материалы сборника предназначены для преподавателей вузов, аспирантов, научно-
технических и инженерно-технических работников различных отраслей промышленно-
сти и агропромышленного комплекса.

ISBN 978-5-9907009-4-9

УДК 687
ББК 37.23

© Российский государственный
аграрный университет – МСХА
имени К.А. Тимирязева, 2015
© ЗАО «Университетская книга», 2015
© Авторы статей, 2015

**ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ СУШКИ ЗЕРНА АМАРАНТА
STUDY OF THE KINETICS OF DRYING OF GRAIN AMARANTH**

Георгий Н. Станкевич*, Н.А. Валентюк
Georgy N. Stankevich*, N.A. Valentyuk****

**Одесская национальная академия пищевых технологий, Украина, Одесса,
(e-mail: georg-st@mail.ru).*

***Одесская национальная академия пищевых технологий, Украина, Одесса,
(e-mail: naval100@mail.ru).*

Odessa National Academy of Food Technologies Ukraine Odessa

Аннотация: Проведено исследование кинетики процесса конвективной сушки зерна амаранта при использовании различных режимов. Предложенные режимы конвективной сушки обеспечивают снижение влажности зерна амаранта и позволяют сохранить его качество до последующей целевой переработки.

Abstract: The convection drying kinetics of amaranth grain has been investigated using various modes. The proposed convection drying modes provide for dehumidifying of the amaranth grain and allow you to keep the quality up to the subsequent target processing.

Ключевые слова: зерно, амарант, сушка, кинетика сушки, обработка.

Keywords: grain, amaranth, drying, drying kinetic, processing.

Введение. Одной из основных задач, обеспечивающих развитие пищевой промышленности, является производство продуктов питания высокого качества, обеспечивающих удовлетворение потребительского спроса, как на внутреннем, так и на внешнем рынках. К прогрессивным направлениям развития пищевой и перерабатывающей промышленности относится использование для производства пищевой продукции нетрадиционных видов сырья. К одному из таких, нетрадиционных для Украины видов сырья относится зерно амаранта.

Амарант является зерновой культурой, которую применяют в различных отраслях народного хозяйства (пищевой, медицине, животноводстве) многих стран мира. Особенностью амаранта является то, что в его химический состав, по сравнению с традиционно культивируемыми и выращиваемыми в Украине зерновыми культурами, входит сравнительно большое количество энергетически и биологически ценных веществ, соотношение и состав которых формирует уникальные особенности и высокие потребительские свойства продуктов переработки амаранта, например, богатое скваленом амарантовое масло [1].

Природно-климатические условия Украины и ботанические особенности данной культуры, такие как неравномерность созревания семян в метелках, поздний и растянутый период созревания, обуславливают довольно высокую (20...22 %) влажность амаранта в период уборки урожая. Наличие в химическом составе зерна данной культуры 4...7 % высокоценного масла обуславливает допустимую влажность при хранении не более 10 %. Для снижения влажности свежесобранного зерна амаранта необходимо применять щадящие режимы сушки для сохранения уникального, сбалансированного по аминокислотному составу белка [2].

Целью работы было исследование закономерностей кинетики конвективной сушки и нагрева зерна амаранта для обоснования рациональных режимов его сушки и хранения.

Объектом исследования было зерно амаранта сорта «Ультра» урожая 2014 г., выращенное в хозяйствах Одесской обл. Конвективную сушку амаранта нагретым воздухом проводили на экспериментальных стендах кафедры технологии хранения зерна ОНАПТ с использованием общеизвестных методов исследования [3]. Для проведения

исследования использовали два образца с исходной влажностью 14,6 % и 19,5 %. Амарант сушили при температуре сушильного агента t равной 50 и 60 °С. Толщина слоя зерна амаранта была принята 0,1 м, скорость сушильного агента 0,6 м/с, что соответствует условиям работы шахтных сушилок.

Результаты и их обсуждение. Математическое описание кинетики процесса сушки проводили на основании экспериментальных кривых сушки и температурных кривых нагрева зерна, которые аппроксимировали уравнениями соответственно

$$w = \frac{a + ct + et^2}{1 + bt + dt^2}, \quad \theta = \theta_0 + \frac{\tau}{m + nt}, \quad (1)$$

где w – текущее влагосодержание амаранта, %;
 t – продолжительность сушки, мин.;
 θ, θ_0 – текущая и начальная температура зерна амаранта, °С;
 a – коэффициент, численно равный начальному влагосодержанию зерна w_0 , %;
 b, c, d, e, m, n – коэффициенты, значения которых зависят от режимов обработки зерна амаранта и определяются методом наименьших квадратов (табл. 1).

Таблица 1 – Значения кинетических коэффициентов для описания кривых сушки и нагрева зерна амаранта

Коэффициенты	Значения коэффициентов при исходной влажности w_0 и температуре t сушильного агента:			
	$w_0 = 19,50\%$		$w_0 = 14,60\%$	
	$t = 60^\circ\text{C}$	$t = 50^\circ\text{C}$	$t = 60^\circ\text{C}$	$t = 50^\circ\text{C}$
Кривые сушки:				
a	24,224	24,224	17,096	17,096
b	-0,04492	-0,03286	-0,07019	-0,05145
c	-1,06731	-0,78431	-1,19999	-0,86055
d	0,001735	0,001033	0,00325	0,002474
e	0,023983	0,013362	0,040975	0,02881
Кривые нагрева:				
m	0,255083	0,453937	0,29945	0,301517
n	0,02357	0,028665	0,02281	0,024579

Результаты аппроксимации экспериментальных данных, выполненные на ЭВМ по разработанным в ОНАПТ программам, показали хорошую сходимость рассчитанных по предложенным уравнениям кинетики (1) значений с экспериментальными данными конвективной сушки зерна амаранта.

На рис. 1 приведены рассчитанные по уравнениям (1) кривые сушки и температурные кривые нагрева зерна амаранта исходной влажностью 19,5 % и 14,6 % (влагосодержание амаранта соответственно равно 17,10 и 24,22 %). Как видно из полученных результатов, при исследованных режимах сушки по достижении кондиционной влажности амаранта, необходимой для надежного хранения, его нагрев не превышал 50 °С. Исследования также показали, что количество сквалена, определенное с использованием хроматос-спектрометра, снизилось незначительно, а количество омыляемых веществ (линоленовой, линоленовой, олеиновой, пальмитиновой и стеариновой кислот) осталось неизменным.

Выводы. Проведенные исследования, анализ кинетики процесса сушки и качества просушенного амаранта показали, что конвективная сушки свежесобранного зерна амаранта при температурах сушильного агента 50... 60 °С в условиях шахтных зерносушилок позволяет обеспечить его кондиционную влажность и сохранить потребительские свойства.

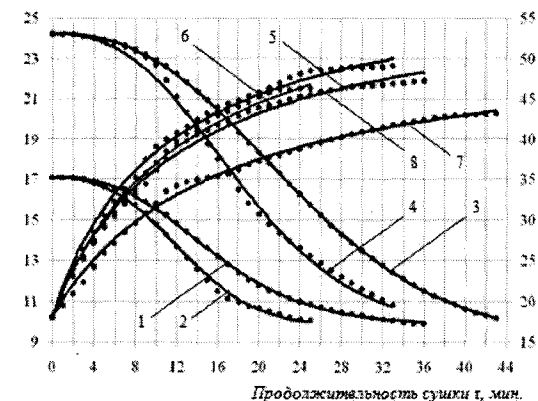


Рисунок 1 – Кривые сушки (1–4) и нагрева (5–8) зерна амаранта с начальной влажностью 17,10 % (1, 2, 5, 6) и 24,22 % (3, 4, 7, 8) при сушке с температурой сушильного агента 50 °С (1, 3, 5, 7) и 60 °С (2, 4, 6, 8)

Список литературы

1. Высочина Г.И. Амарант (*amaranthus l*): химический состав и перспективы использования (обзор) // Химия растительного сырья. – 2013. – №2. – С. 5–14.
2. Станкевич Г.М., Страхова Т.В., Анатазевич В.І. Сушіння зерна: Підручник. - Київ: Либідь, 1997. – 352 с.
3. Сушіння зерна: Лабораторні роботи / Г.М. Станкевич [і др.]. – М.: Колос, 1997. – 136 с.