

**Научная статья**  
**УДК 664.8.047**

## К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА СУШКИ СЕМЯН ТЫКВЫ

**Алексей Иванович Купреенко, Хафиз Мубариз-оглы Исаев,**  
**Роман Александрович Фролов, Артур Александрович Грибанов**  
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

**Аннотация.** Влажность сырых семян тыквы после их выпуска составляет около 40 %. Такие семена не хранятся, поэтому их сначала подсушивают в течение 2...3 часов на солнце или под навесом на решетах, а затем досушивают с помощью активного вентилирования при температуре воздуха 18...30 °C до влажности 6,5...7,0 %, но не более 10 %. Если сушка семян проходила ускоренным методом при более высокой температуре, то на кожуре семян появляются трещинки, что впоследствии снижает их всхожесть. Недопустима и длительная сушка семян при 10...15 °C, так как вызывает развитие на поверхности семян патогенной микрофлоры. Для сушки семян тыквы рационально использование барабанных гелиосушилок, обеспечивающих требуемый режим энергоэффективной и экологичной сушки. Представлены результаты определения продолжительности процесса сушки семян тыквы в лабораторных условиях. Приведены кривые сушки и скорости сушки семян. Отклонение фактического от расчетного значения времени сушки для рассматриваемого случая равно 0,18 ч. Незначительное расхождение фактического и расчетного значения времени сушки свидетельствует об адекватности использования предложенного выражения для прогнозирования времени сушки. Полученные результаты могут быть использованы при разработке технологии сушки семян тыквы в барабанных гелиосушилках. При средней урожайности тыквы 250 ц/га количество семян составит 1 % или 250 кг/га. В переводе на объем сушильного барабана, с учетом объемной массы семян тыквы 347 кг/м<sup>3</sup>, это составит 0,72 м<sup>3</sup>/га. Учитывая коэффициент заполнения сушильного барабана равный 0,75, требуемый объем сушильного барабана в расчете одномоментной сушки всей партии семян с одного гектара составит 0,96 м<sup>3</sup>/га. Таким образом, при наличии 1 га посевов тыквы, требуемый объем сушильного барабана составит 0,96 м<sup>3</sup>. При диаметре сушильного барабана 0,7 м требуемая его ширина составит 2,5 м.

**Ключевые слова:** семена тыквы, продолжительность сушки, барабанная гелиосушилка.

**Для цитирования:** К определению продолжительности процесса сушки семян тыквы / А.И. Купреенко, Х.М. Исаев, Р.А. Фролов, А.А. Грибанов // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 4 (104). С. 74-77.

### Original article

#### TO DETERMINE THE DURATION OF THE DRYING PROCESS OF PUMPKIN SEEDS

**Alexey I. Kupreenko, Hafiz M. Isaev, Roman A. Frolov, Artur A. Gribanov**  
Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

**Abstract.** The moisture content of raw pumpkin seeds after their release is about 40%. Such seeds are not stored, so they are first dried for 2-3 hours in the sun or under a canopy on sieves, and then dried using active ventilation at an air temperature of 18 ... 30 °C to a humidity of 6.5 ... 7.0%, but not more than 10%. If the seeds were dried using an accelerated method at a higher temperature, cracks appear on the seed peel, which subsequently reduces their germination. Prolonged drying of seeds at 10 ... 15 °C is also unacceptable, as it causes the development of pathogenic microflora on the seed surface. For drying pumpkin seeds, it is rational to use drum solar dryers that provide the required mode of energy-efficient and environmentally friendly drying. The results of determining the duration of the drying process of pumpkin seeds in the laboratory conditions have been presented. The drying curves and seed drying speed have been provided. The deviation of the actual and the calculated values of the drying time for the case under consideration is 0.18 hours. A slight discrepancy between the actual and calculated values of the drying time indicates the adequacy of using the proposed expression to predict the drying time. The results obtained can be used in the development of technology for drying pumpkin seeds in the drum solar dryers. With an average pumpkin yields of 250 kg/ha, the amount of seeds will be 1% or 250 kg/ha. In terms of the volume of the drying drum, taking into account the volume weight of pumpkin seeds of 347 kg/m<sup>3</sup>, this will amount to 0.72 m<sup>3</sup>/ha. Taking into account the filling factor of the drying drum equal to 0.75, the required volume of the drying drum in the calculation of simultaneous drying of the entire batch of the seeds from one hectare will be 0.96 m<sup>3</sup>/ha. Thus, if there is 1 ha of pumpkin sowings, the required volume of the drying drum will be 0.96 m<sup>3</sup>. With a diameter of 0.7 m of the drying drum, its required width will be 2.5 m.

**Keywords:** pumpkin seeds, drying time, drum solar dryer.

**For citation:** To determine the duration of the drying process pumpkin seeds / A.I. Kupreenko A.I., H.M. Isaev, R.A. Frolov., A.A. Gribanov // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024. 4 (104). 74-77.

**Введение.** В среднем выход семян с плодов тыквы составляет 1 % от массы урожая. Влажность сырых семян тыквы после их выпуска составляет около 40 %. Такие семена не хранятся, поэтому их сначала подсушивают в течение 2...3 часов на солнце или под навесом на решетах, а затем

досушивают с помощью активного вентилирования при температуре воздуха 18...30 °С до влажности 6,5...7,0 %, но не более 10 %.

Если сушка семян проходила ускоренным методом при более высокой температуре, то на кожуре семян появляются трещинки, что впоследствии снижает их всхожесть. Недопустима и длительная сушка семян при 10...15 °С, так как вызывает развитие на поверхности семян патогенной микрофлоры.

Для сушки семян тыквы рационально использование барабанных гелиосушилок, обеспечивающих требуемый режим энергоэффективной и экологичной сушки (Гелиосушилка: пат. 71744 Рос. Федерация / Купреенко А.И., Исаев Х.М., Тихий В.А., Байдаков Е.М. опубл. 20.03.2008. Бюл. № 8.) [1,3,4]. Однако для определения соответствующих конструктивно-режимных параметров гелиосушилки необходимо определить закономерности процесса сушки семян тыквы.

**Материалы и методы.** Одним из важнейших свойств семян является их влажность, определяемая весовым способом путем высушивания в сушильном шкафу и последующем взвешивании (основной метод) или при помощи влагомеров.

В данном случае влажность семян определяли с помощью сушки в сушильном шкафу. Перед этим произвели отвешивание пробы семян в количестве 200 г. (рис. 1).

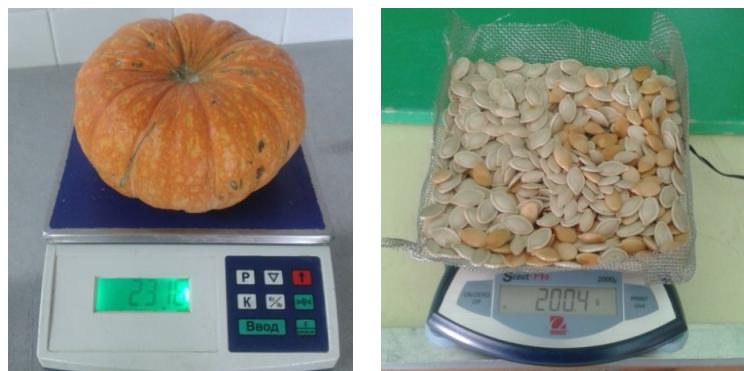


Рисунок 1 - Отмеривание пробы семян

Навеска была помещена в сушильный шкаф (рис. 2) и высушивалась при периодическом взвешивании через каждые 15 минут до прекращения убыли массы навески.



Рисунок 2 - Размещение навески в сушильном шкафу

Использовали стандартную методику сушки с замерами через каждые 5 минут убыли влаги до момента стабилизации высушиваемой массы в течение 20 минут.

Для расчета продолжительности сушки на практике распространен метод А.В. Лыкова, предложившего производить расчет с использованием коэффициента скорости сушки  $K_c$  [2, 4]. Он предложил оценивать в периоде постоянной скорости сушки продолжительность сушки по выражению:

$$\tau_1 = \frac{\omega_{3,n} - \omega_{kp1}}{N}, \quad (1)$$

где  $\omega_{3,n}$  - влажность зерна начальная, %;

$\omega_{kp1}$  - первая критическая влажность, %;

$N$  - скорость сушки, %/ч.

Для периода, когда скорость сушки убывает, уравнение кривой скорости сушки имеет вид:

$$N = \frac{d\omega}{d\tau} K_c (\omega_{k,n} - \omega_p), \quad (2)$$

где  $K_c$  - коэффициент скорости сушки первого периода, предложенный А.В. Лыковым;

$\omega_{k,n}$  - влажность материала в начале второго периода сушки, %.

$\omega_p$  - равновесная влажность, %.

$$K_c = \frac{N}{\omega_{k,n} - \omega_p}. \quad (3)$$

Таким образом, во втором периоде сушки кривая ее скорости аппроксимируется прямой линией.

Интегрируя выражения (2) в пределах от  $\omega_{3,n}$  до  $\omega_{3,k}$  (конечная влажность материала), а также, учитывая выражение (1) и то, что  $\omega_{kp1} = \omega_{k,n}$  получим общую продолжительность сушки:

$$\tau_{\text{суш}} = \tau_1 + \tau_2 = \frac{1}{N} \left[ \omega_{3,n} - \omega_{k,n} + 2,3 \cdot (\omega_{k,n} - \omega_p) \cdot \lg \frac{\omega_{k,n} - \omega_p}{\omega_{3,n} - \omega_p} \right] \quad (4)$$

Значения коэффициентов  $N_{k,n}$  и влажности  $\omega_{k,n}$  определяются на основании результатов экспериментальных исследований.

**Результаты и их обсуждение.** Результаты лабораторных исследований процесса сушки семян тыквы представлены в табл. 1.

Таблица 1 - Результаты лабораторных исследований процесса сушки

№ п/п	Время сушки, мин	Масса навески, г	Влажность семян, %	№ п/п	Время сушки, мин	Масса навески, г	Влажность семян, %
1	0	200,9	38,7	24	115	127,2	2,5
2	5	193,2	36,3	25	120	126,7	2,1
3	10	184,5	33,3	26	125	126,2	1,9
4	15	175,5	29,9	27	130	125,8	1,7
5	20	168,2	26,8	28	135	125,5	1,4
6	25	161,6	23,8	29	140	125,2	1,3
7	30	156,3	21,2	30	145	124,9	1,1
8	35	151,7	18,9	31	150	124,7	1,0
9	40	147,7	16,7	32	155	124,5	0,8
10	45	144,2	14,6	33	160	124,3	0,6
11	50	141,6	13,1	34	165	124,1	0,6
12	55	139,2	11,6	35	170	123,9	0,5
13	60	137,1	10,2	36	175	123,8	0,4
14	65	135,4	9,1	37	180	123,7	0,3
15	70	133,9	8,1	38	185	123,6	0,2
16	75	132,6	7,2	39	190	123,5	0,2
17	80	131,4	6,3	40	195	123,4	0,1
18	85	130,3	5,5	41	200	123,3	0,1
19	90	129,4	4,9	42	205	123,2	0,1
20	95	128,6	4,3	43	210	123,1	0,0
21	100	127,8	3,7	44	215	123,1	0,0
22	105	127,2	3,2	45	220	123,1	0,0
23	110	126,7	2,8	46	225	123,1	0,0

По данным таблицы 1 построена кривая сушки семян тыквы (рис. 3).

На основании графического дифференцирования кривой сушки (рис. 3) получили данные для построения кривой скорости сушки (рис. 4).

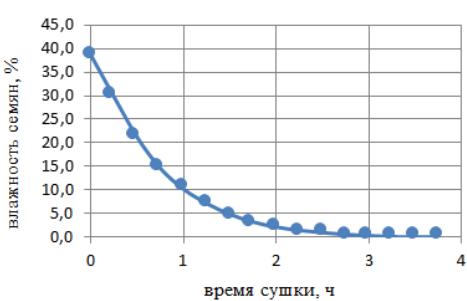


Рисунок 3 - Кривая сушки

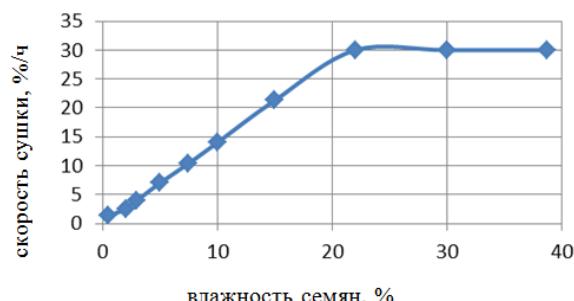


Рисунок 4 - Кривая скорости сушки

Анализ характера кривых показывает, что семена тыквы относятся к капилярно-пористым телам. Кривая скорости сушки имеет выраженные участки постоянной и убывающей скорости сушки, а также характерные точки перегиба, которые используются при прогнозировании времени сушки.

На основании перегибов кривой скорости второго периода сушки определяем два критических значения влажности, используемых для прогнозирования времени по уравнению (4):

$$\omega_{\text{к.п1}} = 21\%, \quad \omega_{\text{к.п2}} = 3\%.$$

Тогда

$$\tau_{\text{суш}} = \frac{1}{30,0} \left[ 38,7 - 21,0 + 2,3 \cdot (21,0 - 3,0) \cdot \lg \frac{21,0 - 3,0}{7,0 - 3,0} \right] = 1,48 \text{ ч.}$$

Отклонение фактического от расчетного значения времени сушки для рассматриваемого случая равно 0,18 ч.

Незначительное расхождение фактического и расчетного значения времени сушки свидетельствует об адекватности использования выражения (4) для прогнозирования времени сушки.

**Выводы.** Таким образом, полученные результаты могут быть использованы при разработке технологии сушки семян тыквы в барабанных гелиосушилках.

При средней урожайности тыквы 250 ц/га количество семян составит 1 % или 250 кг/га. В переводе на объем сушильного барабана, с учетом объемной массы семян тыквы 347 кг/м<sup>3</sup>, это составит 0,72 м<sup>3</sup>/га.

Учитывая коэффициент заполнения сушильного барабана равный 0,75, требуемый объем сушильного барабана в расчете одномоментной сушки всей партии семян с одного гектара составит 0,72/0,75 = 0,96 м<sup>3</sup>/га.

Таким образом, при наличии 1 га посевов тыквы требуемый объем сушильного барабана составит 0,96 м<sup>3</sup>. При диаметре сушильного барабана 0,7 м требуемая его ширина составит 2,5 м.

#### Список источников

1. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Байдаков Е.М. Результаты испытания барабанной гелиосушилки зерна // Вестник Брянской ГСХА. 2009. № 5. С. 69-73.
2. Купреенко А.И., Исаев Х.М.О., Исаев С.Х. Применение гелиоустановок для сушки семян сельскохозяйственных культур // Современные тенденции развития аграрной науки: сборник научных трудов международной научно-практической конференции. Брянск, 2022. С. 278-286.
3. Купреенко А.И., Исаев Х.М.О., Исаев С.Х. Расчет продолжительности процесса сушки яблок в сушилке аэродинамического нагрева // Современные тенденции развития аграрной науки: сборник научных трудов международной научно-практической конференции. Брянск, 2022. С. 325-332.
4. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Михайличенко С.М. Развитие сектора энергетики в России на основе возобновляемых источников энергии // Вестник Брянской ГСХА. 2021. № 3 (85). С. 55-60.
5. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Исаев С.Х. Определение продолжительности сушки яблок в сушилке аэродинамического нагрева // Техника и технологии в сельскохозяйственном производстве: сб. науч. тр. межд. науч.-практ. конф. Уссурийск, 2021. С. 73-78.
6. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Ченин А.Н. Применение гелиосушилок зерна в условиях Брянской области: теория и результаты: монография. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2020. 174 с.

#### Информация об авторах:

**А.И.Купреенко** – доктор технических наук, профессор кафедры технологического оборудования животноводства и перерабатывающих производств, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ

**Х.М.Исаев** – заведующий кафедрой технологического оборудования животноводства и перерабатывающих производств, кандидат экономических наук, доцент, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ

**Р.А. Фролов** - магистрант, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

**А.А. Грибанов** - магистрант, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

#### Information about the authors:

**A.I. Kupreenko** - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technological Equipment of Animal Husbandry and Processing Industries, Bryansk State Agrarian University.

**H.M. Isaev** - Head of the Department of Technological Equipment of Animal Husbandry and Processing Industries, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Bryansk State Agrarian University.

**R.A. Frolov** - Undergraduate Student, Bryansk State Agrarian University.

**A.A. Gribanov** - Undergraduate Student, Bryansk State Agrarian University.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за plagiat. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

**Статья поступила в редакцию 17.01.2024; одобрена после рецензирования 25.07.2024, принята к публикации 31.07.2024.**

**The article was submitted 17.01.2024; approved after reviewing 25.07.2024; accepted for publication 31.07.2024.**

© Купреенко А.И.. Исаев Х.М., Фролов Р.А., Грибанов А.А.