

ПАРАМЕТРЫ И СВОЙСТВА ЗЕРНА КАК ОБЪЕКТА СУШКИ

Манасян С.К., Манасян Д.С.

*Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия
ООО «НовоТех», Красноярск, Россия*

*Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда содействия
развития малых форм предприятий в научно–технической сфере*

*The article deals with the grain characteristics that should be taken into
account in the process of drying.*

Сушка зерна является сложным технологическим процессом, в котором важную роль играют явления тепло – и массообмена, развивающиеся как в сушильной камере, так и внутри самого зерна. В структурном отношении единичное зерно представляет собой анизотропное коллоидное капиллярно–пористое тело со сложным строением его анатомических частей.

Периферический слой эндосперма – алейроновый слой, прилегающий к семейной оболочке, также обладает высокой гидрофильностью. Чем больше толщина алейронового слоя, тем в большем количестве зерно поглощает влагу. Эндосперм пшеничного зерна представляет собой плотное квазикапиллярно–пористое тело. Влага удерживается в микрокапиллярах эндосперма. Зародыш зерна отличается наибольшей сложностью строения. Он состоит из живых клеток, особенно чувствительных к нагреву.

Химический состав зерна сложен. Он состоит из белков, углеводов, жиров минеральных веществ, клетчатки и воды. Химические вещества в теле зерновки распределены неравномерно (алеяроновый слой содержит много белка и жира, эндосперм включает в себя основное количество углеводов в виде крахмала и запасные белки, в зародыше содержится много белков и большое количество жира).

В сушильных камерах зерно сушится в различных типовых слоях (от плотного неподвижного до кипящего) с разными параметрами. Многие свойства единичного зерна и зернового слоя различаются между собой.

Необходимо продолжить и шире развить исследования в области технологии сушки зерна и в первую очередь изучение зерна как объекта сушки:

– массообменные характеристики и сорбционные свойства зерна и его составных частей – оболочек и эндосперма;

– неоднородность зерновой массы по размерам, выполненности, влажности, плотности, химическому составу и др., а также наличие зерен с механическими повреждениями, семян сорных и других культурных растений, органических и минеральных примесей;

– гигроскопичность зерна (способность к сорбции и десорбции в разных условиях), доля содержания активной влаги и влаги других форм (по энергии связи);

- физические свойства зерновой массы: скважистость, насыпная плотность, сыпучесть, самосортирование, гидравлическое сопротивление;
- теплофизические свойства: удельная теплоемкость, теплопроводность и температуропроводность.

Процесс тепловой сушки зерна заключается в переводе влаги, находящейся в зерне, в парообразное состояние и удалении образующегося пара во внешнюю окружающую среду. Для понимания механизма процесса сушки важно знать состояние влаги в зерне и взаимодействие ее с сухим скелетом зерна.

Специфические свойства зерна, как объекта сушки, в значительной мере обусловлены особым состоянием воды, содержащейся в зерне, и механизмом взаимодействия ее с веществами зерна. В зерне нет свободной воды. Она более или менее прочно связана с тканями зерна и его клетками или находится в виде водного раствора той или иной концентрации и состава. Вода в зерне не только важная составная часть, но и активный агент, принимающий участие в биохимических процессах, постоянно совершающихся в зерне.

Тепловые свойства зерна определяются его теплофизическими характеристиками: удельной теплоемкостью, теплопроводностью и температуропроводностью, определяющих развитие процессов переноса (определяемых теплопроводностью λ) и накопления (определяемых объемной теплопроводностью $c_v \rho$) тепла в различных участках зернового слоя. От численного соотношения этих двух процессов зависят скорость изменения температуры и теплового потока на каждом участке зернового слоя, скорость распространения температурной волны, глубина проникания тепловой зоны, затраты теплоты на нагрев зерна. Совокупное влияние их на общий процесс учитывается температуропроводностью $\alpha = \lambda / c_v \rho$, которая характеризует способность зерна пропускать температурную волну, ее определение необходимо для выполнения расчетов процессов нагрева, сушки и охлаждения.

Теплофизические характеристики единичного зерна зависят от его влажности и температуры, а характеристики зернового слоя, кроме того, от формы и размера зерен, плотности их укладки.

Удельная теплоемкость единичных зерновок и зернового слоя практически одинакова, поскольку масса воздуха в межзерновом пространстве слоя пренебрежительно мала в сравнении с массой зерна. Она зависит от его влажности и температуры зерна. С увеличением влажности удельная теплоемкость зерна возрастает. Удельная теплоемкость сухого вещества зерна составляет 1,55 кДж/(кг·К), что в 2,7 раз меньше, чем у воды.

Теплопроводность единичного зерна и зерновой массы существенно различны. Если теплопроводность единичного зерна составляет около 0,3 Вт/(м·К), то теплопроводность зернового слоя в 2,5–3 раза ниже. Низкая теплопроводность зернового слоя соизмерима с теплопроводностью теплоизоляционных материалов. Вследствие плохой теплопроводности теплота в зерновой массе задерживается, в основном, в тонком слое, непосредственно контактирующем с горячими поверхностями сушилки. Зерно в этом слое может

быстро перегреться, а качество его ухудшиться. Теплопроводность зернового слоя с повышением влажности зерна вначале увеличивается, а затем снижается.

Для определения теплофизических коэффициентов известны различные экспериментальные методы, в т.ч. зондовые (стационарного и нестационарного теплового потока) и бесконтактные (оптические). Методика с использованием цилиндрического зонда, разработанного совместно с СЗНИИМЭСХ (А.М. Валге, В.Н. Бровцын, А.Ф. Эрк) нами была описана ранее [1].

Результаты опытов показали, что для псевдооживленного слоя зерна теплопроводность пшеницы изменяется в диапазоне 0,15...0,25 Вт/(м·К) при изменении влажности от 12 до 35% и температуры от 10 до 50⁰С, возрастая с увеличением влажности и, особенно, температуры. Данный показатель для овса на всем диапазоне изменения был ниже, чем пшеницы (на 0,01...0,05 Вт/(м·К), причем меньшее расхождение отмечено на малых и больших температурах зерна, 10 и 50⁰С, а большее, – при 25-30⁰С). Таким образом, теплопроводность псевдооживленного слоя пшеницы незначительно отличается от теплопроводности единичного зерна, особенно при приближении к предельно допустимой температуре нагрева.

При обосновании режимов сушки, кроме вышеуказанного, оказывающего влияние на протекание тепловых и влагообменных процессов, необходимо учитывать:

- различие в строении и химическом составе разных анатомических частей зерна предопределяет неравномерность распределение влаги в зерновке, что, в свою очередь, влияет на скорость обезвоживания и нагрева составных частей зерна;

- последовательность удаления в процессе сушки влаги различных видов и форм связи;

- изменение теплофизические характеристики зерновых слоев в зависимости от влажности и температуры.

Литература

1. Цугленок, Н.В. Методика определения теплофизических свойств зернового материала [Текст] / Н.В. Цугленок, С.К. Манасян, Н.В. Демский, Н.Н. Конусов // Вестник КрасГАУ, № 4. – Красноярск, 2007. – С. 131–133.