

## ИССЛЕДОВАНИЕ УСАДКИ ПАСТООБРАЗНЫХ СЕЛЬХОЗПРОДУКТОВ ПРИ ИХ СОЛНЕЧНОЙ СУШКЕ

*Приведены результаты исследований по исследованию усадки ряда видов пастообразных сельхозпродуктов при их солнечной сушке. Установлено, что усадка продуктов при их сушке в пастообразном виде больше, чем при их сушке в обычном виде и происходит как за счет уменьшения объема скелета, так и объемов воды и воздуха в продуктах.*

*Ключевые слова: усадка продуктов, пастообразные сельхозпродукты, уменьшение объема, воздушно-солнечная сушка.*

### RESEARCH SHRINKAGE OF AGRICULTURAL PASTY IN SOLAR DRYING

*The results of studies in researching of the shrinkage number of species paste of agricultural products in their solar drying. It is found that shrinkage when drying products in paste form more than drying them in conventional manner and occurs both by reducing the volume of the skeleton and the volumes of air and water in the products.*

*Keywords: product shrinkage, pasty agricultural products, volume reduction, air and sun drying.*

Неизбежным явлением при сушке сельхозпродуктов различными способами, в том числе и солнечной сушке, является их усадка – уменьшение их объема продуктов в результате удаления из них влаги /1-3/. Уменьшение размеров каркасов продуктов в свою очередь оказывает влияние на кинетику сушки продукта. Уменьшаются диаметры капилляров, наполненные водой, меняются их геометрические формы, что несомненно влияет на гидродинамическое сопротивление капилляров, следовательно, на скорость испарения влаги из продукта.

Нами проведены ряд экспериментов по исследованию усадки различных видов сельхозпродуктов, предварительно превращенных в пастообразную массу при их солнечной сушке. Конечной целью исследований являлось разработка технологии получения сухих продуктов с низкой остаточной влажностью, позволяющих превращать их в порошок механическим измельчением. Предварительно высушиваемые продукты превращались в равномерную пастообразную массу в бытовом измельчителе. При этом часть воды в виде сока, вышедшей из разрушенных капилляров выделялась от пастообразного продукта. Перед погружением в поддоны вся масса тщательно перемешивалась до полного поглощения выделившейся воды пастообразным продуктом.

Для сушки продукты в пастообразном виде клались в специальные поддоны из пищевой стали размерами 350x375 мм и высотой бортиков в  $7\pm 0,5$  мм. Толщина материала поддонов составлял 0,5 мм. Таким образом, начальная толщина продуктов составлял  $7\pm 0,5$  мм. Это достигалось выравниванием толщины продуктов с верхней частью бортика поддона. На части продуктов накладывались нагревательные элементы в виде прямоугольных корыт высотой борта в 5 мм, изготовленных из пищевой стали толщиной 1 мм. Верхняя часть этих элементов, обращенная к Солнцу, покрывались черным печным лаком со средним коэффициентом поглощения 93-94 %. Нагревательный элемент представлял собой корыто прямоугольной формы сторонами 330 мм и шириной 30 мм, изготовленный из пищевой стали толщиной 1 мм, с плоским дном и бортиками высотой 5

мм. На одной стороне корыта имеется линейный отросток шириной в 10 мм для затенения продукта от прямого попадания солнечных лучей. Вес нагревательного элемента составлял 125г. Площадь его контакта с продуктом составлял 99 см<sup>2</sup>. Таким образом, давление нагревательного элемента на пастообразный продукт составлял 1,26 г/см<sup>2</sup>. При наложении нагревательных элементов на продукты они погружаются в продукты на 0,6-1,8 мм в зависимости от их мягкости. Меньше всего нагревательные элементы углубляются в пастообразные продукты с толстой кожурой, а также в морковь и грушу, имеющие волокнистую структуру твердого скелета. Больше всего нагревательные элементы углубляются в мягкие, очищенные от кожуры продукты (арбуз, томаты, персик).

При большем весе нагревательного элемента или при его вдавливании в продукт жидкость из пастообразного продукта выделяется в отдельную фазу, что недопустимо. Продукт должен сохнуть вместе с собственным соком. Сушка пастеризованных продуктов проводилась в солнечной сушильной установке конвективного типа (ССУ) и параллельно, открытым воздухом (воздушно-солнечная сушка – ВСС). ССУ содержит воздушнонагревательный коллектор с площадью приемной поверхности 780x1280 мм и камеру сушки с такой же поверхностью приемника солнечного излучения. Под стеклянным покрытием камеры сушки на расстоянии в 30 мм от него расположен теплоприемник – зачерненный с обеих сторон металлический лист толщиной 0,7 мм. Под таким теплоприемником располагаются 6 поддонов с продуктами.

Эксперименты проводились в следующих вариациях:

1. Воздушно-солнечная сушка пастеризованного продукта в поддоне (П);
2. Воздушно-солнечная сушка пастеризованного продукта в поддоне с нагревательным элементом (П+НЭ);
3. Сушка пастеризованного продукта в ССУ в поддоне (П);
4. Сушка пастеризованного продукта в ССУ поддоне с нагревательным элементом (П+НЭ).

Результаты экспериментов, проведенных в июле-августе месяце 2014 г. приведены в табл.1.

Таблица 1

Усадка продуктов в процессе их сушки ( $\delta_0 = 7 \pm 0,5 \text{ мм}$ )

| № п.п. | Вид пастеризованного продукта | ВСС       |           |            | ССУ       |           |            |
|--------|-------------------------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|------------|
|        |                               | П мм/%    | П+НЭ мм   | П/(П+НЭ) % | П, мм/%   | П+НЭ мм   | П/(П+НЭ) % |
| 1      | Урюк-1                        | 1,77/25,3 | 1,70/24,3 | 3,9        | 1,86/26,5 | 1,78/25,4 | 4,3        |
| 2      | Урюк-2                        | 2,02/28,8 | 1,94/27,7 | 3,9        | 2,16/30,8 | 2,07/29,6 | 4,1        |
| 3      | Черешня                       | 2,53/36,1 | 2,48/35,4 | 2,0        | 2,72/38,8 | 2,64/37,7 | 2,9        |
| 4      | Вишня                         | 2,47/35,3 | 2,41/34,4 | 2,4        | 2,55/36,4 | 2,48/35,4 | 2,7        |
| 5      | Яблоко                        | 2,13/30,4 | 2,04/29,1 | 4,2        | 2,21/31,6 | 2,17/31,0 | 3,1        |
| 6      | Груша                         | 2,32/33,1 | 2,27/32,4 | 2,1        | 2,37/33,8 | 2,31/33,0 | 1,6        |
| 7      | Персик                        | 1,64/23,4 | 1,56/22,3 | 4,8        | 1,73/24,7 | 1,67/23,8 | 3,4        |
| 8      | Слива                         | 2,20/31,4 | 2,14/30,5 | 2,7        | 2,37/33,8 | 2,29/32,7 | 3,3        |
| 9      | Виноград                      | 2,66/38,0 | 2,56/36,5 | 3,7        | 2,75/39,2 | 2,66/38,0 | 3,2        |
| 10     | Дыня                          | 2,45/35,0 | 2,37/33,8 | 3,2        | 2,50/35,7 | 2,41/34,4 | 3,6        |
| 11     | Арбуз                         | 1,23/17,6 | 1,19/17,0 | 3,2        | 1,28/18,2 | 1,24/17,7 | 3,1        |
| 12     | Томаты                        | 1,54/22,0 | 1,48/21,1 | 3,9        | 1,61/23,0 | 1,53/21,8 | 4,9        |
| 13     | Морковь                       | 2,28/32,6 | 2,21/31,5 | 3,0        | 2,38/34,0 | 2,33/33,3 | 2,1        |

Как видно из табл. 1, при воздушно-солнечной сушке продуктов в поддонах их толщина уменьшается до 17,6 (арбуз) и до 38,0 % (виноград) от первоначальной толщины. Продукты, имеющие достаточно толстые кожуры (виноград, черешня, вишня, слива а также

дыня уменьшаются в толщине от 33 до 35%. Более мягкие, не имеющие толстую кожуру продукты садятся больше (арбуз, томаты, персик). Их конечная толщина от первоначальной составляет от 17,6% до 22,0%. Вес нагревательного элемента незначительно влияет на усадку продуктов. Разница в усадке продуктов без нагревательного элемента и с нагревательным элементом составляет всего от 2% до 4,8% при воздушно-солнечной сушке и от 1,6 до 4,9% при сушке в солнечной сушильной установке.

Если сравнить усадку продуктов, высушенных в естественном виде или разделенных на дольки, то усадка в случае пастообразных продуктов почти в полтора - два раза больше [1,2]. Это объясняется разрушением скелета продуктов при их измельчении и превращении в пастообразную массу. Полученные после сушки продукты на поддонах с нагревательными элементами имели остаточные влажности от 4 до 8%, что позволило их превращать в порошок простым механическим измельчением в кофемолке. После сушки наблюдается также уменьшение ширины и длины пастообразного продукта на 8-10 мм от борта поддона.

Необходимо отметить, что сушка продуктов до остаточной влажности 4-8% в течение одного светового дня с максимальной плотностью солнечного излучения в 800-900Вт/м<sup>2</sup> (июнь-июль-август месяцы) удастся при их сушке под нагревательным элементом.

На открытом воздухе в поддонах без нагревательного элемента большинство продуктов полностью не высушиваются. Сушка урюка, например, длится 7-9 дней, винограда – 10-12 дней, дыня-7-8 дней, персик- 8-10 дней и т.д. В СУУ, продукты в поддонах без нагревательного элемента высушиваются в течение 2-3 дней.

Известно [2], что объем продукта  $V$  состоит из объема сухого скелета  $V_c$ , объема влаги  $V_v$  и объема воздушных пор  $V_{vp}$ :

$$V = V_c + V_v + V_{vp} \quad (1)$$

Примем, что объем сухого скелета продукта в процессе сушки остается неизменным, т.е.

$$V_c = \text{const} \quad (2)$$

Объем влаги в продукте уменьшается на величину испаренной влаги, т.е.

$$dV_v = \varepsilon_v dt \quad (3)$$

где  $\varepsilon_v$  – средняя скорость испарения влаги с продукта,  $dt$  время сушки.

Согласно общепринятым представлениям, объем воздушного пространства в продукте  $V_{vp}$  меняется в результате действия двух противоположных тенденций: первая – увеличение объема  $V_{vp}$  в результате продукта (уменьшения диаметра и длины капилляров) в процессе сушки. Сравнение результатов наших экспериментов с результатами сушки естественных и разделенных на дольки продуктов показывает, что усадка продуктов при их сушке в пастеризованном виде в 1,5-2 раза больше. Это, по-видимому, объясняется разрушением скелета продуктов и их уплотнением уже на этапе их измельчения. Следовательно, при сушке пастеризованного продукта идет уменьшение всех трех составляющих объема продукта –  $V_c$ ,  $V_v$  и  $V_{vp}$ .

### Литература

1. Исманжанов А.И., Клычев Ш.И. Солнечные сушильные установки и комплексы. Расчет и проектирование. Бишкек, Илим, 2011, 131 с.
2. Мирзаев М.М., Кузнецов В.В., Бороздин В.В., Хоупов В.В. Воздушно-солнечная сушка плодов и винограда. -М.: Колос, 1965, -255с.
3. Умаров Г.Г., Мирзияев Ш.М., Юсупбеков О.Н. Гелиосушка сельхозпродуктов. – Ташкент, Фан, 1994,-152 с.