

ОСОБЕННОСТИ СУШКИ АЙВЫ И ЯБЛОК

В.Н.МАМИН

*Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2;
электронная почта: tamin-vl@mail.ru*

Приведены результаты лабораторных исследований кинетических закономерностей при сушке айвы и яблок. Получены значения критических влагосодержаний, скоростей сушки и коэффициентов внешнего массообмена, а также зависимости для определения сопротивления внутренней диффузии и продолжительности процесса сушки, необходимых для анализа работы и инженерных расчетов современных сушилок.

Ключевые слова: кинетика сушки, айва, яблоки, инженерный расчет.

Сушеные фрукты находят широкое применение в производстве различных пищевых продуктов и могут быть использованы как в непосредственном виде, так и в виде добавок.

Качество сушеных фруктов и, в частности, содержание в них витаминов и ферментов зависит от температурного режима проведения процесса, который меняется при сушке. Очевидно, что в течение всего процесса сушки при обеспечении всех остальных технологических параметров и производительности, следует стремиться к понижению температурного режима сушки. Для этого необходимо знание кинетических закономерностей при сушке фруктов.

Фрукты сушат до 8-25% остаточной влажности. При этом значительно уменьшается объем продукта, а если его подпрессовать, то он может уменьшиться в 75 раз, масса уменьшается в 5-10 раз и более. Такие продукты хранятся в условиях равновесной влажности и герметически укупоренными.

В данной работе исследовали кинетику сушки яблок и айвы.

Эксперимент проводили в циркуляционной сушилке. Где воздух подаётся вентилятором в электрический калорифер, нагревается и поступает в сушильную камеру. Для регулирования скорости воздуха, сбрасывания части отработанного и подачи свежего воздуха, служат специальные заслонки.

Предварительно нарезанные полукольцами плоды яблок и айвы укладывали в сетчатые короба, которые устанавливали на подвижную раму, расположенную внутри сушильной камеры и связанную с одной из чашек циферблатных весов.

После начала сушки по секундомеру отмечали время через каждые 5 граммов убыли массы материала. Опыт заканчивали тогда, когда практически прекращалась убыль массы материала, т.е. достигалось состояние материала, близкое к равновесному. Одновременно определяли количество сухих веществ в образце исследуемого материала.

По полученным данным были построены графики кривых сушки $U=f(\tau)$ соответственно для яблок и айвы. Из представленных графиков видно, что в яблоке начальное количество влаги выше на $\approx 15\%$, чем у айвы.

Начальный период сушки характеризует прогрев материала, когда влагосодержание изменяется незначительно. За ним следует период постоянной скорости сушки, где влагосодержание материала интенсивно уменьшается по линейному закону, температура материала остаётся постоянной и равной t_m . В этот период сушки испаряется свободная влага, поэтому давление пара над материалом (P_m) будет постоянным и равным давлению насыщенного пара (P_n) при t_m . В период постоянной скорости сушки интенсивность процесса определяется только режимом сушки и параметрами сушильного агента и не зависит от влагосодержания и физико-химических свойств материала. Этот период продолжается до наступления критического влагосодержания $U_{кр}$. Для яблока $U_{кр}=365\%$, для айвы $U_{кр}=440\%$.

Затем скорость сушки падает, температура материала постепенно увеличивается, приближаясь к температуре воздуха.

В период падающей скорости удаляется связанная влага. Постепенное уменьшение скорости сушки объясняется увеличением энергии связи с материалом и уменьшением разности давления пара (P_n) у поверхности материала и парциального давления пара P_n в воздухе.

Скорость сушки можно определить с помощью кривой сушки методом графического дифференцирования. Она численно равна тангенсу угла наклона касательной, проведенной к кривой в точке для данного влагосодержания ($N = \operatorname{tg} \alpha$). На графике эта зависимость выражена в виде кривой скорости сушки.

Период удаления свободной влаги проходил до достижения критического влагосодержания материала. Определено, что при скорости воздуха $W = 7 \text{ м/с}$ скорость сушки в первом периоде составляла для яблок и айвы $N = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/кг}\cdot\text{с}$.

Соответственно были определены коэффициенты внешнего массообмена для яблок $\beta = 0,85 \cdot 10^{-6} \text{ кг/кг}\cdot\text{с}\cdot\text{Па}$ и для айвы $\beta = 0,78 \cdot 10^{-6} \text{ кг/кг}\cdot\text{с}\cdot\text{Па}$.

Следует отметить также, что у яблок свободной влаги больше, чем у айвы.

На основании полученных данных было подсчитано относительное сопротивление внутренней диффузии для второго периода.

$$R = \frac{q_{m1}}{q_{m2}} = \frac{\beta_m (P_m - P_n)}{\alpha_m (U_n - U_p)} \times \frac{760}{B} = \frac{N_1}{\left(\frac{dU}{d\tau}\right)^2} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} x}$$

где q_{m1} - интенсивность испарения влаги в I периоде (N_1)

q_{m2} - интенсивность испарения влаги в II периоде (N_2)

β_m и α_m - соответственно, коэффициенты испарения в I и II периоде.

Сопротивление внутренней диффузии (R) показывает, во сколько раз скорость диффузии в высушиваемом материале меньше, чем в слое воздуха у поверхности материала при одинаковых условиях (температуре и давлении).

Из построенных графиков зависимости $R = f(U)$ (в пределе от критических до равновесных), полученные кривые удовлетворительно описываются степенной функцией.

$$R = \frac{A}{(U - U_p)^n} + \gamma, \text{ где } A = 156; n = 0,8; \gamma = 1,7$$

В результате обработки экспериментальных данных было определено, что продолжительность сушки для яблок и айвы хорошо описывается уравнением:

$$\tau = \frac{1}{N} \left[(U_1 - U_k) + 2,3 \text{ Alg} \frac{U_k - U_p}{U_2 - U_p} + \beta (U_k - U_2) \right],$$

где коэффициенты A и β определяют по формулам

$$A = e - fE \frac{F}{M_c}; \quad \beta = c \cdot E \frac{F}{M_c} - d$$

где $e=1420$; $f=85$; $d=1,1$; $c=0,11$ – коэффициенты для яблок и айвы, нарезанных кольцами;

$E=t-t_m$ – потенциал сушки; $F, \text{ м}^2$ – поверхность материала;

M_c – масса сухого материала.

Полученные значения сопротивлений внутренней диффузии при сушке яблок и айвы позволяют определить интенсивность испарения влаги во втором периоде процесса сушки, и могут быть использованы при анализе работы, разработке температурного режима, а также при проектировании современных сушилок.

THE PECULIARITIES OF QUINCE AND APPLE DRYING

V.N.MAMIN

*Kuban State Technological Universit,
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072;
e-mail: mamin-vl@mail.ru*

The results of kinetic law occurrences Laboratory investigations in the process of quince and apple drying are given, values of critical moisture content, drying speeds and coefficients of external mass exchange are received and besides the correlations for the definition of internal diffusion resistance and the duration of drying process necessary for the analysis of the work and engineer calculations of modern driers are obtained.

Key words: kinetic drying, Quince, Apple, engineer calculations.