

УДК 664.956.2

**РАСЧЕТ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА СУШКИ  
СОЛЕНО-ВЯЛЕННЫХ РЫБОПРОДУКТОВ****В. В. Ткаченко**

При создании специализированного оборудования для производства любого продукта, в том числе солено-вяленой икры минтая, необходимо знание всех исходных параметров, обеспечивающих оптимальный режим процесса и соответственно оптимальный режим работы оборудования и его производительность. Отличительной особенностью аппаратного оформления данного технологического процесса является кассетный способ сушки и возможность изменения температуры и влажности воздушной смеси за счет применения системы вентиляторов и кондиционеров. Для решения этой задачи были проведены исследования продолжительности процесса обезвоживания икры минтая для получения продукта необходимой влажности.

Ранее мы рассмотрели возможность анализа кинетики сушки икры минтая с помощью обобщенной кривой сушки, что позволяет сократить объем экспериментальных работ, а также значительно уменьшить графическую и аналитическую их обработку [1]. Полученные эмпирические зависимости позволяют рассчитать продолжительность процесса сушки, если известны начальная скорость сушки для выбранного режима или ее зависимость от потенциала сушки. При отсутствии этих данных продолжительность процесса сушки может быть определена графическим методом [2].

Для этого кривую сушки строили в безразмерных координатах: безразмерное влагосодержание

$$\frac{I - I_k}{I_n - I_k}$$

и безразмерное время

$$\frac{\tau}{\tau_k}$$

где  $I$ ,  $I_k$  и  $I_n$  — соответственно текущее, конечное и начальное влагосодержание;  $\tau$  и  $\tau_k$  — соответственно текущее время и продолжительность сушки при изменении влажности от  $I_n$  до  $I_k$ .

На рис. 1 показаны кривые сушки икры минтая, весенней воблы и клипфиска с различным начальным влагосодержанием, построенные в безразмерных координатах.

Как видно из рис. 1, экспериментальные точки кривых сушки, полученные при разных режимах, укладываются на одной кривой, общей для данного вида продукта. Следовательно, обобщенную кривую сушки можно построить только по одной кривой, полученной в результате проведения опыта при любых режимах сушки рыбопродуктов.

Полученные обобщенные кривые позволяют произвести графический расчет продолжительности сушки. Чтобы найти  $\tau_k$ , необходимо провести опыт и определить только одно значение текущего влагосодержания  $I$ , соответствующее времени  $\tau$ , прошедшему от начала сушки. По полученному  $I$  определяли относительное влагосодержание и по его величине из обобщенной кривой находили время в относительных единицах  $\frac{\tau}{\tau_k} = n$ . Затем вычисляли продолжительность процесса до требуемого

конечного влагосодержания  $I_k$

$$\tau_k = \frac{\tau}{n}.$$

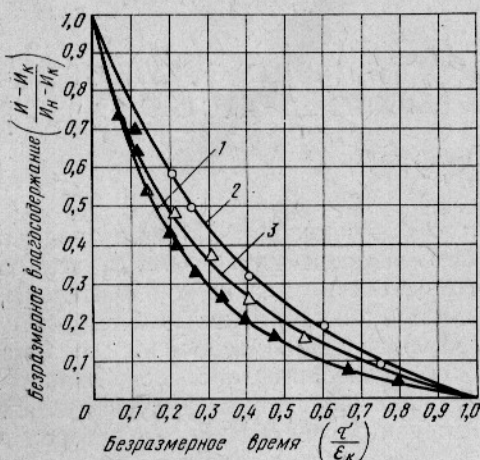


Рис. 1. Обобщенные кривые сушки:

1 — икры минтая; 2 — воблы весенней (по данным В. Н. Подсевалова и С. И. Гакичко); 3 — клип-фиска (по данным В. Н. Подсевалова и С. И. Гакичко).

Предложенный метод [2] использовали также для расчета длительности процесса сушки солено-вяленой икры минтая до любого заданного влагосодержания  $I_{k1} > I_k$ .

В этом случае находили безразмерное влагосодержание, соответствующее  $I_{k1}$ , по которому из обобщенной кривой определяли относительную величину времени

$$\frac{\tau_1}{\tau_k} = n_1,$$

откуда  $\tau_1 = n\tau_k$ ,

где  $\tau_k = \frac{\tau}{n}$ .

Если начальное влагосодержание высушиваемого продукта  $I_{n1}$  отличается от  $I_n$ , при котором построена обобщенная кривая сушки, то опытную точку необходимо выбирать в пределах первого периода сушки при влажности, меньшей  $I_n$ .

По  $I_{n1}$ ,  $I$  и  $\tau_2$  ( $I$  получают из опыта в первом периоде, оно соответствует времени  $\tau$ ) вычисляют скорость сушки  $N$  в первом периоде

$$N = \frac{I_{n1} - I_n}{\tau}.$$

В дальнейшем вычисляют продолжительность сушки от  $I_{n1}$  до  $I_n$

$$\tau_{n1} = \frac{I_{n1} - I_n}{N},$$

где  $\tau_{n1}$  может быть как положительной, так и отрицательной величиной.

Тогда продолжительность сушки от  $I_n$  до  $I$  определяют как

$$\tau = \tau_2 - n.$$

По обобщенной кривой сушки находим

$$\frac{\tau}{\tau_k} = n,$$

откуда

$$\tau_k = \frac{\tau}{n}.$$

Тогда искомая продолжительность сушки будет следующей:

$$\tau_{k2} = \tau_k + \tau_{n1}.$$

Предложенный метод [2] может быть использован для вычисления требуемой скорости сушки в первом периоде, если задано время сушки от какого-либо влагосодержания до  $I_k$  и по определенной скорости сушки можно выбрать требуемый режим сушки.

Рассчитывали продолжительность конвективной сушки икры минтая с начальным влагосодержанием  $I=233\%$  до влагосодержания  $I=42\%$  по результатам опыта, представленного на рис. 2.

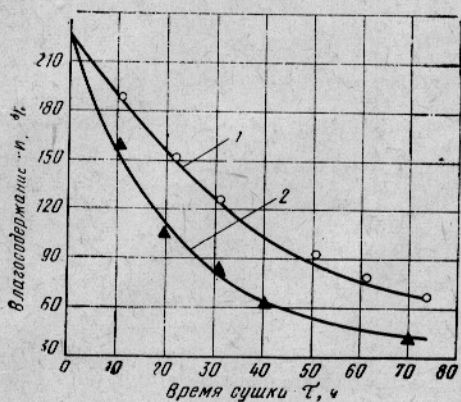


Рис. 2. Кривые сушки икры минтая: 1 —  $t=29^\circ\text{C}$ ;  $\phi=60\%$ ;  $v=1,5$  м/с; 2 —  $t=29^\circ\text{C}$ ;  $\phi=45\%$ ;  $v=1,5$  м/с.

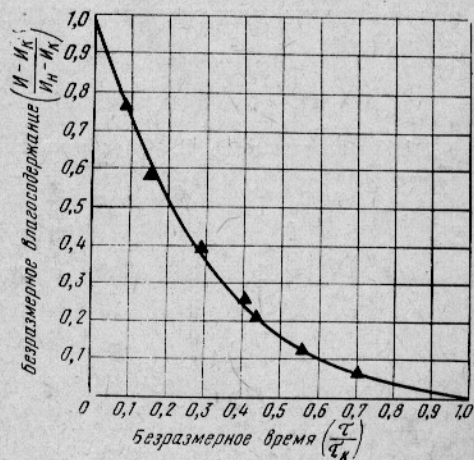


Рис. 3. Обобщенная кривая сушки икры минтая.

Кривая сушки 1 получена при сушке с температурой воздуха  $t=29^\circ\text{C}$ ; относительной влажности  $\phi=60\%$  и скорости его движения  $v=1,5$  м/с.

По данным эксперимента (кривая 2 на рис. 2) строили обобщенную кривую (рис. 3), при этом  $I_n=233\%$ ,  $I_k=42\%$ ;  $\tau_k=72$  ч. На кривой сушки 1 (см. рис. 2) выбирали любую точку, например, точку, для которой  $I=175\%$  и  $\tau=13,5$  ч.

Расчет производили в следующем порядке.

На кривой сушки 1 (см. рис. 2) выбираем точку в пределах первого периода, например, точку, для которой  $I=175\%$  и время  $\tau=13,5$  ч.

Определяем относительную величину влагосодержания

$$\frac{I - I_k}{I_n - I_k} = \frac{175 - 42}{233 - 42} = 0,697.$$

По обобщенной кривой сушки (см. рис. 3) находим, что данному влагосодержанию соответствует  $\frac{\tau}{\tau_k} = 0,11$ ,

откуда

$$\tau_k = \frac{\tau}{0,11} = \frac{13,5}{0,11} = 122,5 \text{ ч.}$$

Для того чтобы проверить правильность полученного результата, определим продолжительность сушки до влагосодержания  $I=70\%$ .

В этом случае безразмерное влагосодержание

$$\frac{I - I_k}{I_n - I_k} = \frac{70 - 42}{233 - 42} = \frac{28}{191} = 0,147.$$



Данному влагосодержанию соответствует время (в относительных величинах)  $\frac{\tau}{\tau_k} = 0,52$ , откуда  $\tau = 0,52 \cdot \tau_k = 0,52 \cdot 122,5 = 63,7$  ч.

Из опытной кривой сушки 1 (см. рис. 2) видно, что продолжительность сушки до этой влажности равна 65 ч. Погрешность, составляющая 2%, может быть объяснена неточностью графического построения.

Таким образом, данный метод расчета по обобщенной кривой и одной опытной точке, полученной при каком-либо режиме, можно использовать также для расчета длительности процесса сушки других рыбопродуктов.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ткаченко В. В. Обработка рыбы и морепродуктов. Экспресс-информация. Серия 3, вып. 9, 1974, М., ЦНИИТЭИРХ, с. 80—82.
2. Красников В. В., Данилов В. А. Химическая переработка древесины, М., 1966. 80 с.

#### *Estimation of the drying time for cured fish products*

V. V. Tkachenko

#### SUMMARY

The analysis of the kinetics of drying eggs of walleye pollock on the basis of a correlative drying curve results in a smaller scope of experimental efforts and easier graphic and analytical treatment of data. The empirical relationships obtained make it possible to estimate drying time if the initial rate of drying or its dependence on the drying potential is known. In case such information is lacking drying time may be determined in graphic representation by plotting a drying curve in dimensionless coordinates.