

**ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ
ЧЕДДЕРИЗОВАННОЙ СЫРНОЙ МАССЫ
НА ПЕРЕХОД ЖИРА В РАССОЛ ПРИ ПЛАВЛЕНИИ**

Е. А. Чеботарев, С. А. Чеботарев*, А. Н. Лапицкий

*Воронежский государственный университет

Получена математическая модель, позволяющая определить влияние размеров кусков чеддеризованной сырной массы на величину жирности циркулирующего рассола, используемого при плавлении сырной массы. Результат позволяет оптимизировать процесс разрезки с целью снижения перехода жира в рассол.

The mathematical model is received, allowing to determine influence of the sizes of pieces cheddarized cheese mass on size of fat content of the circulating pickle used at fusion of cheese weight. The result allows to optimize process of a cutting with the purpose of reduction of transition of fat in a pickle.

Одним из существенных факторов, влияющих на процесс перехода жира из чеддеризованной сырной массы в рассол при его плавлении, является степень её измельчения при загрузке в аппарат для плавления [1].

Будем считать, что распределение жировых шариков в сырной массе с достаточной степенью вероятности аналогично распределению этих дисперсных частиц в молоке, поскольку выполняемые при выработке сырного зерна операции вряд ли можно рассматривать как факторы, заметно изменяющие дисперсный состав жира нормализованной смеси.

Кроме того, будем считать, что сырная масса сразу же после разрезки имеет форму параллелепипеда с размерами граней в соответствие с условиями разрезки.

Плоскостями разреза сырной массы будем считать грани параллелепипеда, а также предположим, что в рассол из частиц сырной массы будут переходить все жировые шарики, попавшие в эти плоскости.

Учитывая возможность «вымывания» жировых шариков из сырной

массы, будем считать, что жировой шарик каждого размерного класса будет переходить в рассол, находясь в элементарном слое, толщина которого равна диаметру жирового шарика. Последнее условие соответствует приему, используемому при решении вероятностных задач [2] и было апробировано при создании математической модели перехода жира в молочную сыворотку [3].

Дальнейшие рассуждения могут быть сведены к следующему.

Жирность сырной массы можно определить по формуле:

$$Ж_{см} = \frac{M_{жс}}{M_{см}} \cdot 100, \% , (1)$$

где $M_{жс}$ – количество жира, кг;

$M_{см}$ – количество сырной массы, кг.

Из этой формулы:

$$M_{жс} = \frac{Ж_{см} M_{см}}{100} . (2)$$

В таком случае количество жира, заключенного в один кусок сырной массы, можно определить по формуле:

$$M_{жс1} = \frac{Ж_{см}}{100} \cdot a \cdot b \cdot c \cdot \rho_{см} , (3)$$

где a, b, c – размеры сторон параллелограмма (кусочка сырной массы), м;

$\rho_{см}$ – плотность сырной массы, кг/м³.

С другой стороны, зная счетное распределение жировых шариков в сырной массе по размерным классам можно записать:

$$M_{жс1} = K_{жси} \frac{\pi \sum_{i=1}^n n_i d_i^3}{6} \rho_{жс} , (4)$$

где $K_{жси}$ – коэффициент, учитывающий фактическое числа жировых шариков по отношению к их счетному распределению, 1/%;

n_i – количество жировых шариков i -го размерного класса;

d_i – средний диаметр жировых шариков i -го размерного класса;

$\rho_{жс}$ – плотность молочного жира, кг/м³.

Из формул (3) и (4) получим:

$$K_{жси} = \frac{6 \mathcal{J}_{см} a \cdot b \cdot c \cdot \rho_{см}}{100 \rho_{жс} \pi \sum_{i=1}^m n_i d_i^3}. \quad (5)$$

Количество жировых шариков (N_i) диаметром d_i , находящихся в элементарном слое толщиной d_i на поверхности кусочка сырной массы, можно определить, пользуясь следующим соотношением:

$$N_i = K_{жси} n_i \frac{V_i}{V_0}, \quad (6)$$

где V_i – величина элементарного объема толщиной d_i на поверхности кусочка сырной массы, м³;

V_0 – объем куска сырной массы, м³.

Учитывая, что $V_i = 2d_i(ab + bc + ac)$ и $V_0 = a \cdot b \cdot c$, получим:

$$N_i = K_{жси} n_i \frac{2d_i(ab + bc + ac)}{a \cdot b \cdot c}. \quad (7)$$

Суммарное количество жировых шариков, находящихся в элементарных объемах на поверхности кусочка сырной массы, будет равно:

$$N = 2K_{жси} \frac{(ab + bc + ac) \sum_{i=1}^m n_i d_i}{a \cdot b \cdot c}, \quad (8)$$

а их масса

$$\begin{aligned} M_{жси} &= 2K_{жси} \frac{(ab + bc + ac) \sum_{i=1}^m n_i d_i}{a \cdot b \cdot c} \cdot \frac{\pi \sum_{i=1}^m d_i^3}{6} \cdot \rho_{жс} = \\ &= \frac{2 \mathcal{J}_{см} \rho_{см}}{100 \sum_{i=1}^m n_i d_i^3} (ab + bc + ac) \sum_{i=1}^m n_i d_i \cdot \sum_{i=1}^m d_i^3. \quad (9) \end{aligned}$$

Зависимость жирности рассола от времени определяется формулой:

$$\mathcal{J}_p = \frac{100 M_{жш} \Pi_{см}}{60 \cdot a \cdot b \cdot c \cdot \rho_{см} V_p} \tau, \% \quad (10)$$

где $\Pi_{см}$ – производительность аппарата по сырной массе, кг/с;

V_p – количество циркулирующего рассола, кг;

τ – продолжительность процесса плавления, мин.

Из формул (9) и (10) получаем:

$$\mathcal{J}_p = \frac{2 \mathcal{J}_{см} \Pi_{см} \tau}{60 \cdot a \cdot b \cdot c \sum_{i=1}^m n_i d_i^3 V_p} (ab + bc + ac) \sum_{i=1}^m n_i d_i \cdot \sum_{l=1}^m d_l^3 \quad (11)$$

Количество циркулирующего рассола изменяется в сторону возрастания за счет перехода в него сыворотки, выделяющейся из сырной массы.

Можно считать, что изменение идет пропорционально количеству обработанной сырной массы.

Как показали исследования, проведенные на МСЗ «Кугультинский», за период около 100 мин количество рассола увеличилось приблизительно от 320 до 370 кг. Это позволяет считать изменение количества рассола по формуле:

$$V_p = 0,5 \tau + 320. \quad (12)$$

В таком случае формулу (11) можно привести к виду:

$$\mathcal{J}_p = \frac{K_o \cdot (ab + bc + ac) \cdot \tau}{a \cdot b \cdot c (0,5 \tau + 320)}, \quad (13)$$

где $K_o = \frac{2 \mathcal{J}_{см} \Pi_{см}}{\sum_{i=1}^m n_i d_i^3} \sum_{i=1}^m n_i d_i \cdot \sum_{l=1}^m d_l^3$.

Используя распределение жировых шариков в молоке по размерным классам [4], получим:

$$K_o = 0,189 \cdot 10^{-3} \cdot \mathcal{J}_{см} \cdot \Pi_{см}, \text{ кг} \cdot \text{м} \cdot \%/\text{мин},$$

а формула (13) примет вид:

$$Ж_p = \frac{0,189 \cdot 10^{-3} \cdot Ж_{см} \cdot \Pi_{см} \cdot (ab + bc + ac) \cdot \tau}{a \cdot b \cdot c (0,5 \tau + 320)}. \quad (14)$$

Примем содержание жира в сырной массе $Ж_{см} = 20$ %, а производительность плавителя по сырной массе $\Pi_{см} = 12$ кг/мин.

Размеры а и b регламентируются размерами загрузочного бункера и составляют 0,1 м. Размер с зависит от частоты вращения ножа и может изменяться в некоторых пределах.

Зависимость предполагаемой жирности рассола от размера куска и продолжительности работы плавителя показана на рисунке.

Сравнение расчетных результатов с экспериментальными данными позволяет сделать вывод о том, что измельчение чеддеризованной сырной массы перед плавлением формирует более половины количества жира, переходящего из сырной массы в рассол. Важно также то, что, изменяя размеры кусков в сторону увеличения размера с, можно снизить переход жира.

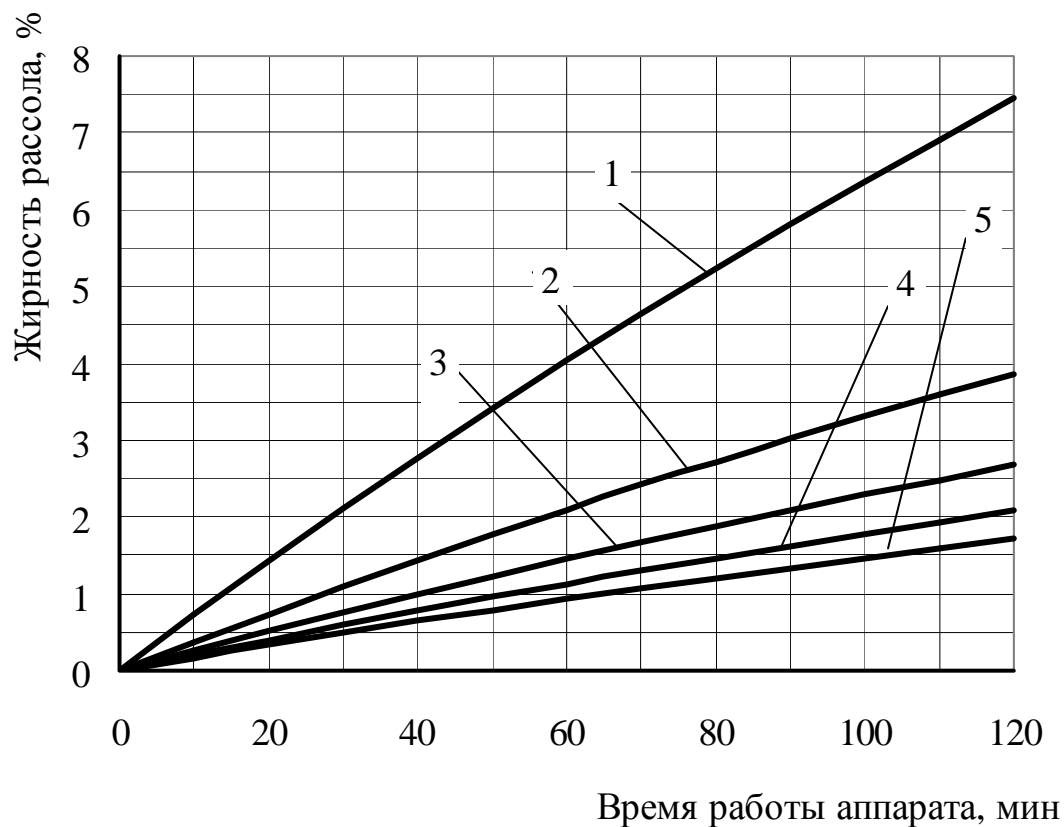


Рисунок – Предполагаемое изменение жирности циркулирующего рассола от времени плавления чеддеризованной сырной массы: 1 – $c = 0,002$ м; 2 – $c = 0,004$ м; 3 – $c = 0,006$ м; 4 – $c = 0,008$ м; 5 – $c = 0,010$ м.

Литература

1. Чеботарев Е. А., Чеботарева Т. Е., Лапицкий А. Н. Факторная модель процесса плавления чеддеризованной сырной массы в циркулирующем рассоле // Материалы II Международной научно-технической конференции «Прогрессивные технологии и оборудование для пищевой промышленности». Воронеж, 2004.
2. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высшая школа, 1998. – 479 с.
3. Чеботарев Е. А., Санжаровский С. А., Чеботарев А. С. Формирование дисперсной системы «молочный жир-плазма» в подсырной сыворотке // Сб. научн. трудов СевКавГТУ. Серия «Продовольствие», Ставрополь, 2001. – С. 70 – 74.
4. Рогов А. И., Горбатов А. В., Свинцов В. Я. Дисперсные системы мясных и молочных продуктов. – М.: Агропромиздат, 1990. – 320 с.