

УДК 664.8.375:635

**ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОТОКОВ ЭНЕРГИИ
ПРОЦЕССА ЗАМОРАЖИВАНИЯ ОВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ****Постол Ю.О., к.т.н.,****e-mail: postol-melitopol@yandex.ua****Стручаев Н.И., к.т.н.***Таврический государственный агротехнологический университет*

Постановка проблемы. Обеспечение населения овощной продукцией на протяжении всего года является одной из важнейших задач сельскохозяйственного производства и перерабатывающей промышленности. Одним из путей решения этой задачи является увеличение выпуска замороженной продукции, что требует энергетического анализа процесса замораживания, но достаточно полная информация отсутствует [1, 2, 3], что требует применения новых методов.

Постановка задачи. Целью исследований является анализ потоков энергии с учетом её источников, и возможных изменений количественных и качественных характеристик энергоносителя при замораживании овощей различных типов, для выбора режимов хранения при отрицательных температурах.

Основные материалы исследования. Низкотемпературное хранение требует непрерывного контроля параметров в холодильной камере и в самом продукте. Основой параметрического анализа является структурная схема технологических процессов (ТП), с указанием технологических потоков. На первом этапе составляется структурная схема, анализируются материальные потоки. Анализ потоков энергии проводится с учетом источника, формирующего данный поток. Исследуется изменение тепловой нагрузки в различные периоды ТП.

На втором этапе осуществляется декомпозиция техпроцесса на отдельные технологические операции и разработка структурно-параметрических схем звеньев. Количественные характеристики: расход энергоносителя G , масса m продукции относятся к группе управляющих воздействий $y(j)$, или к возмущениям $x(j)$, например изменение погодных условий. Качественные характеристики: наличие сахара или влаги в сельскохозяйственной продукции, влияющие на их энтальпию, теплоемкость, а также криоскопическая температура $t_{кр}$ относятся к неуправляемым возмущающим воздействиям $x(j)$.

На третьем этапе осуществляется оптимизация номенклатуры показателей качества $z(i)$ сельскохозяйственной продукции: содержание микрофлоры, вкусовые качества, содержание сахаров, витаминов,

усушка и т.д. Анализ технологических потоков позволил определить возмущающие воздействия, которые необходимо учитывать: – давление на входе в магистраль хладагента $p_e \pm dp_e$; – температура хладагента $t_e \pm dt_e$; – масса замораживаемой овощной продукции (источник теплоты) $m_p \pm dm_p$; – температура наружного воздуха $t_n \pm dt_n$.

Для определения толщины подмораживаемого слоя при подготовке нарезанных кусочков необходимо выполнение условия, чтобы количество теплоты оставшиеся в теле кубика было меньше количества теплоты необходимого для плавления подмерзшего слоя.

$$Q_{\text{подмор}} = c_{\text{зам}} \cdot \rho_{\text{зам}} \cdot V_{\text{зам}} \cdot (t_n - t_{\text{кр}}), \quad (1)$$

где $c_{\text{зам}}$ – теплоемкость замерзшей ткани, Дж/(м³·К), (например теплоемкость замерзшей ткани тыквы $c_{\text{зам}} = 1970$ Дж/(м³·К)); $\rho_{\text{зам}}$ – плотность замерзшей ткани тыквы, кг/м³; $\rho_{\text{зам}} = 930$ кг/м³; $V_{\text{зам}}$ – объем замороженной части тыквы, м³; t_n – начальная температура кусочка тыквы, К; $t_{\text{кр}}$ – криоскопическая температура тыквы, К, $t_{\text{кр}} = 272$ К.

Количество теплоты необходимое для плавления льда в подмерзшем слое

$$Q_{\text{плавл}} = r \cdot \rho_{\text{зам}} \cdot V_{\text{зам}}, \quad (2)$$

где r – теплота плавления, кДж/кг; ($r = 333$ кДж/кг); $V_{\text{зам}}$ – объем подмерзшей части $V_{\text{зам}} = (6L^2 \cdot \delta - 8\delta^3)$, м³; а не замерзшей $V = (L - 2\delta)^3$, м³; L – размер кубика, м.

Решая совместно уравнения (1), (2) относительно (δ) находим толщину подмораживания, обеспечивающую отсутствие оттаивания поверхности кубика тыквы при переходе к основному этапу замораживания, т.е. отсутствие слипания кубиков в блок.

$$\delta = f(c_v, \rho, t_n, t_{\text{кр}}, c_{\text{зам}}, \rho_{\text{зам}}, L, r, t_{(e, \tau)}), \quad (3)$$

Выводы. Предлагаемая методика после апробации и уточнения может быть использована для вычисления потоков энергии при замораживании овощей различных типов. В дальнейшем методику можно усовершенствовать введением членов, учитывающих влагосодержание, давление и других объективные физические параметры.

Список использованной литературы.

1. Гиндзбург А.С. Теплофизические свойства зерна, муки и крупы / А.С. Гиндзбург, М.А. Громов. – М.: Колос, 1984. – с. 304
2. Громов М. А. Теплофизические характеристики плодов при отрицательных температурах / М.А. Громов // Консервная промышленность. – 1972 – № 2. – С. 34 – 35.
3. Платонова Е.С. Определение теплофизических характеристик пищевых продуктов в области кристаллизации связанной влаги / Е.С. Платонова // Вестник международной академии холода. – 1999. – Выпуск 1. – С.41 – 44.