

А. Ф. БУЛАНДРА, канд. техн. наук,
М. А. КУЧЕРУК, канд. физ. наук,
Б. М. ВЕРСАЦКИЙ, Э. В. ГРИЦЕНКО, инженеры

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОЕМКОСТИ СЛОБНЫХ СУХАРЕЙ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

Для рациональной организации технологических процессов сушки и теплого расчета сушилок пищевой промышленности необходимо знание их теплофизических характеристик (ТФХ). ТФХ влажных коллоидно-капиллярнопористых материалов в широких интервалах зависит от влажности, температуры, поровой структуры, химического состава и др. Как известно, перенос тепла во влажных слобных сухарях влияет массоперенос, поэтому изучение ТФХ таких материалов вызывает особые затруднения [2].

Несмотря на острую необходимость, комплексному изучению ТФХ слобных сухарей посвящены лишь отдельные работы [4, 5].

Одной из основных ТФХ является удельная теплоемкость C . В качестве объектов исследования C авторы взяли слобные сухари Киевские, Московские, Украинские, Туристские, Кофейные и Школьные. Исследованию подвергались сухие сухари (сушку вели в термостате при $t = 110^\circ\text{C}$ до постоянной массы) и воздушносухие ($W = 12 + 13\%$). Для определения влияния макropоровой структуры на удельную теплоемкость C также исследовали прессованные образцы (давление прессования составляло 10 МПа).

Зависимости $C = f(t)$ исследовали с помощью калориметрической установки, в основу которой положен принцип термографического анализа [2, 6]. Исследованные образцы вырезали в виде цилиндров (диаметр 7 мм, высота 3 мм) и помещали в металлические контейнеры, которые размещались в диатермической оболочке калориметра. Линейное изменение температуры калориметров при монотонном разогреве осуществлялось при помощи программной устройства. Темп нагрева составлял 3°C в минуту. В качестве образцового материала с нормализованными ТФХ был использован плавленый кварц.

Изменение температуры калориметра и разность температур на диатермической оболочке регистрировали соответственно с помощью медь-констан-

тановой термопары и термобатарей с последующей регистрацией их термоэлектродвижущих сил на диаграммной ленте электронного потенциометра ЭПП-09М2.

Истинную удельную теплоемкость при постоянном давлении исследуемых образцов при данной температуре определяют по формуле

$$C = \frac{C_k \cdot m_k}{m} \cdot \frac{E - E_{\text{н}}}{E_{\text{н}} - E_{\text{в}}},$$

где C_k — удельная теплоемкость плавленого кварца при данной температуре [1]; m и m_k — соответственно массы плавленого кварца и исследуемых образ-

Сухари	Сорт муки	Содержание, %	
		сахара	жира
Школьные	Высший	18,5	—
Украинские	»	17,0	7,0
Киевские	»	16,2	3,5
Кофейные	»	12,5	4,0
Московские	I	12,5	4,0
Туристские	»	4,5	11,0

для сухих непрессованных сухарей. Как видно, в области температур 30–140°С с ростом температуры растет близко к линейному закону. Сами же величины C при одной и той же температуре зависят от сорта муки, из которого изготовлены сухари, а также процентного содержания сахара и жира. При этом во всех случаях увеличение содержания сахара приводит к увеличению удельной теплоемкости, а увеличение содержания жира — к уменьшению ее.

Так, величины C школьных сухарей, как содержащих наибольшее количество сахара и не содержащих жира, всегда больше величин C всех наименований сухарей, изготовленных из муки высшего сорта. С другой стороны, сухари Украинские и Киевские содержат примерно одинаковое количество сахара, но разное — жира (соответственно 7,0 и 3,5%). Увеличение содержания жира в Украинских сухарях приводит к уменьшению величин C . Аналогичная картина наблюдается и для сухарей I сорта (Московские и Туристские).

Подобную зависимость C от содержания сахара и жира обнаружили и другие авторы [4, 5].

Удельная теплоемкость сдобных сухарей, изготовленных из муки I сорта, при прочих равных условиях, всегда выше, чем у сухарей из муки высшего сорта. Так, величины C Московских сухарей, содержащих такое же количество жира и сахара, как и Кофейные, во всей исследованной области температур выше, чем у Кофейных сухарей.

ров; E , $E_{\text{н}}$ и $E_{\text{в}}$ — соответственно термоэлектродвижущие силы термобатарей диатермической оболочки исследуемым образцом, воздухом и плавленым кварцем при данной температуре.

Для удобства обсуждения полученных результатов в таблице приведены рецептурный состав исследуемых образцов сдобных сухарей.

На рис. 1 представлены результаты исследования зависимости $C=f(T)$ от температуры для различных образцов.

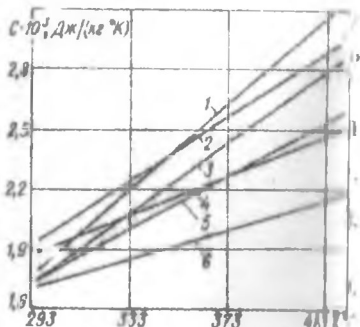


Рис. 1. Зависимость удельной теплоемкости C от температуры T для различных образцов сдобных сухарей: 1 — Школьные; 2 — Московские; 3 — Киевские; 4 — Украинские; 5 — Кофейные; 6 — Туристские.

Увеличение влагосодержания W образцов приводит к резкому возрастанию эффективных коэффициентов $C_{эф}$. На рис. 2 представлены результаты исследования вышеуказанных образцов при $W = 12-13\%$. Как видно, максимальные значения $C_{эф}$ приходится на температуру 100°C , что объясняется интенсивным испарением адсорбционной влаги при этой температуре. Затем с повышением температуры величины $C_{эф}$ уменьшаются.

На рис. 3 представлены зависимости $C = f(t)$ нескольких наименований прессованных сухарей. Как видно, эти зависимости носят линейный характер. Содержание жира и сахара оказывает такое же действие на удельную теплоемкость, как и в непрессованных сухарях.

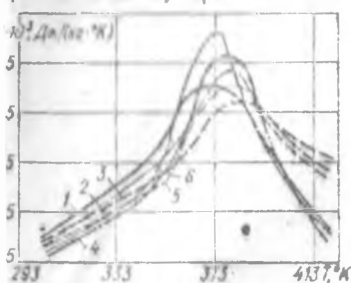


Рис. 2. Зависимость эффективной удельной теплоемкости воздушносухих сдобных сухарей от температуры ($W = 12-13\%$): 1 — Школьные; 2 — Московские; 3 — Киевские; 4 — Украинские; 5 — Корейские; 6 — Турецкие.

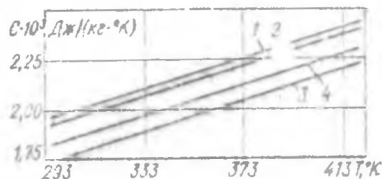


Рис. 3. Зависимость удельной теплоемкости спрессованных сдобных сухарей от температуры ($W = 0$): 1 — Школьные; 2 — Московские; 3 — Кофейные; 4 — Туристско-прессованные.

Характерно, что величина C от пористости почти не зависит. Это объясняется малыми значениями удельной теплоемкости воздуха, находящегося в порах сухарей.

Литература

- Васильев Л. Л., Фрайман Ю. Ю. Теплофизические свойства плохих проводников тепла. Минск, «Наука и техника», 1967, 358 с.
- Годовский Ю. К., Варский Ю. П. Измерение теплоемкости и тепловых эффектов полимеров с помощью теплового анализа. — «Пластические массы», 1966, № 7, с. 20—21.
- Лыков А. В. Теория сушки. М., Госэнергоиздат, 1968, 472 с.
- Мазур П. Я. Теплофизические свойства хлебных изделий с различным содержанием жира и сахара. — «Хлебопекарная промышленность», 1965, № 4, с. 20—21.
- Мигляченко А. Ф., Кучерук И. М., Грищенко Э. В. Теплоемкость кожи в области низких температур. — «Кожевенно-обувная промышленность», 1973, № 2, с. 15—16.

Поступила 29 августа 1974 г.