

УДК 664.126:66.047

Буляндра А.Ф., Иващенко Н.В., Ткач Л.П.

Украинский государственный университет пищевых технологий

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА

Розглянуто вплив температури та вологості на теплофізичні характеристики бурякового жому. На підставі результатів узагальнення експериментальних даних запропоновано залежності для розрахунку теплових коефіцієнтів за умов низькотемпературного конвективного повітряного сушіння.

Рассмотрено влияние температуры и влажности на теплофизические характеристики свекловичного жома. На основании проведенного обобщения экспериментальных данных предложены зависимости для расчета тепловых коэффициентов для низкотемпературной конвективной воздушной сушки.

The temperature effect and damp on the thermal characteristics of a beet pulp is reviewed. Based on results of experimental date's, dependencies for calculations calculation of thermal factors in conditions by cold convective air drying are offered.

α – коэффициент температуропроводности вещества;

c – удельная массовая теплоемкость вещества;

q – плотность теплового потока;

t – температура;

W – влажность материала, рассчитанная на сухую массу вещества;

δ – половина толщины пластины;

λ – коэффициент теплопроводности материала;

ρ – плотность вещества.

Индексы:

в – собственный;

к – дополнительный.

Определение тепломассопереноса во влажных дисперсных материалах требует знания их теплофизических характеристик. В настоящее время в литературе встречается мало работ, посвященных комплексному исследованию теплофизических характеристик влажных пищевых материалов. В работе [1] предпринята попытка рассчитать теплоемкость свекловичного жома в зависимости от влагосодержания. Однако, в этой работе не учитывается зависимость теплоемкости от температуры.

С целью изучения теплофизических характеристик (ТФХ) влажного свекловичного жома нами было проведено экспериментальное определение коэффициентов температуропроводности, теплопроводности и теплоемкости в зависимости от влажности и температуры образца.

Из анализа процессов переноса тепловой энергии в пористых материалах следует, что основной перенос происходит за счет теплопроводности каркаса и газожидкостного наполнителя пор. На характер изменения теплофизических характеристик существенное влияние оказывает массоперенос.

Теплоемкость продуктов природного происхождения c и c_p включает в себя теплоту фазовых превращений и биохимических процессов:

$$c_p = (c_p)_в + \sum (c_p)_к,$$

Поэтому для расчетов тепловых процессов необходимо знать эффективные значения коэффициен-

тов температуропроводности, теплопроводности и теплоемкости. Но при их определении интенсивность процессов тепломассопереноса должна быть

c , кДж/кг К

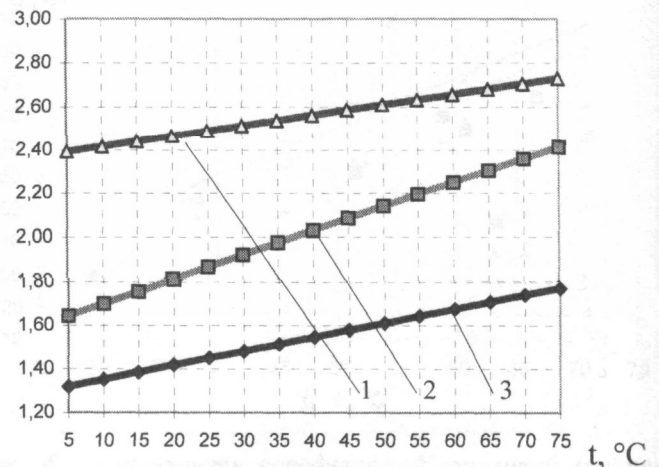


Рис. 1. Зависимость удельной массовой теплоемкости свекловичного жома от температуры материала: 1 – размороженные образцы, прошедшие термическую обработку; 2 – образцы, высушенные конвективным способом в лабораторных условиях; 3 – образцы, высушенные высокотемпературным способом на производстве.

такого же порядка, как в условиях промышленной обработки. Таким требованиям соответствует метод комплексного теплотметрического определения ТФХ [2], который позволяет получить из одного опыта значения коэффициентов a и c .

Определение основных теплофизических характеристик базируется на решении дифференциального уравнения теплопроводности для температуры t и плотности теплового потока q на поверхностях плоского образца в условиях регулярного режима второго рода. В плоском образце обеспечивается перенос энергии только в одном направлении, считая его частью неограниченной пластины толщиной 2δ . В условиях регулярного режима второго рода, в пластине наблюдается линейное распределение q и параболическое распределение t , скорость изменения которой одинакова во всех точках пластины. Это дает возможность значительно упростить математическую модель и провести необходимые расчеты.

Разработанная в Украинском государственном университете пищевых технологий [2] установка для определения теплофизических характеристик продуктов растительного и животного происхождения состоит из двух теплообменных камер с измерительными пластинами, двух термостатов, насосов, электронагревателей и системы автоматического регулирования температуры термостатов. Скорость циркуляции воды и скорость изменения e температуры поддерживают постоянными. Чтобы избежать влияния человеческого фактора на точность результатов исследований и упростить трудоемкий процесс расчетов, экспериментальная установка была подключена к ЭВМ.

Для экспериментов нами использовались образцы свекловичного жома, прошедшие предварительную химико-тепловую обработку. Были изучены эффективные значения коэффициентов температуропроводности, теплопроводности и теплоемкости влажного, высушенного и размороженного жома в зависимости от влажности и температуры образца.

На рис. 1 и 2 представлены зависимости теплоемкости и теплопроводности свекловичного жома при влажности образца $W = 13\%$ от температуры, построенные по экспериментальным данным. Очевидно, что в интервале температур 20-75 °C имеет место линейная зависимость изменения c и λ . Однако характер зависимости теплофизических коэффициентов разный.

Из графиков на рис. 1 и 2 видно, что c и λ свекловичного жома, высушенного конвективным способом в лабораторной установке (кривая 2), в большей степени зависит от температуры, чем остальные образцы.

Причины таких результатов исследований мы видим в нарушении нормальной проницаемости цитомембран – главного условия гомеостаза клетки. При процессах высокотемпературной промышленной сушки, размораживания и конвективной сушки в

лабораторных условиях процесс изменения (разрушения) твердого каркаса свекловичного жома идет с разной степенью интенсивности и вызывает разные виды повреждения цитоплазматических мембран. В процессе кристаллизации воды в лед, высокотемпературного обжига и низкотемпературной (лабораторной) сушки связи между микроэлементами исследуемого материала разрушаются по-разному, что делает процесс теплопроводности более затруднительным и сложным. При этом четко проявляются сле-

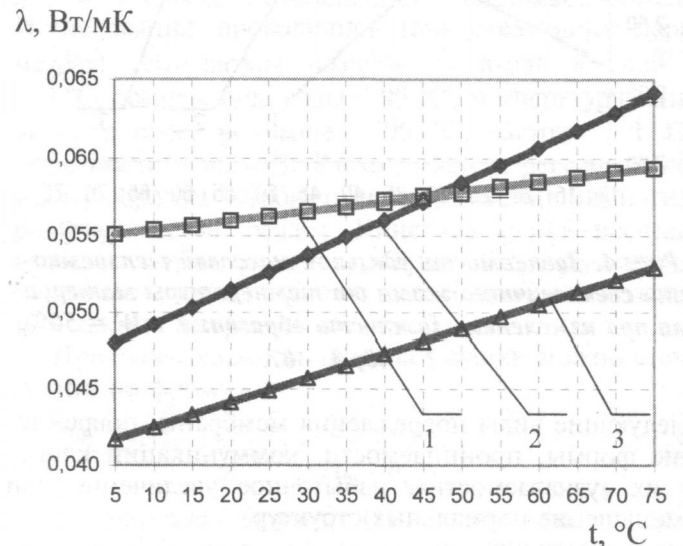


Рис. 2. Зависимость коэффициента теплопроводности свекловичного жома от температуры материала: 1 – размороженные образцы, прошедшие термическую обработку; 2 – образцы, высушенные конвективным способом в лабораторных условиях; 3 – образцы, высушенные высокотемпературным способом на производстве.

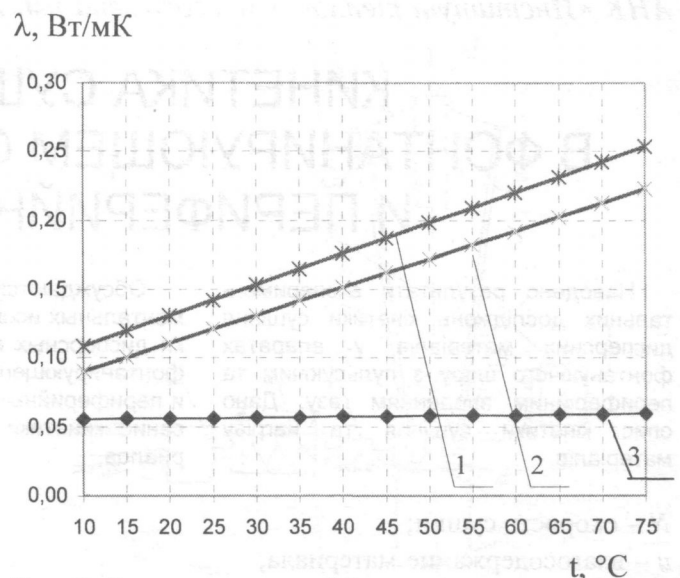


Рис. 3. Зависимость коэффициента теплопроводности свекловичного жома от температуры материала при изменении влажности образца: 1 – $W = 50\%$; 2 – 60; 3 – 67.

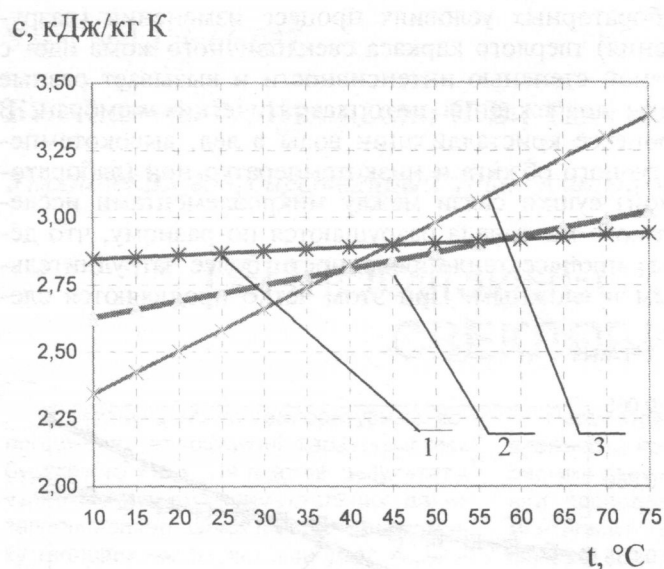


Рис. 4. Зависимость удельной массовой теплоемкости свекловичного жома от температуры материала при изменении влажности образца: 1 - $W = 50\%$; 2 - 60; 3 - 67.

следующие виды повреждения мембраны: повреждение формы, проницаемости, коммуникации клеток и их «узнаваемости», избыточное увеличение или уменьшение нормальных структур.

Коэффициент температуропроводности свекловичного жома вычисляется из соотношения $a = l/c\rho$.

Графические результаты исследования теплофизических характеристик промышленных образцов свекловичного жома в диапазоне $W = 15-70\%$ представлены на рис. 3 и 4.

На базе приведенных зависимостей нами предложены такие соотношения для расчета удельной массовой теплоемкости и коэффициента температуропроводности свекловичного жома в диапазоне влажности продукта $W=15-70\%$ и его температуры от 15 до 80 °C:

$$c = 1,678 + 0,015W + 0,007t,$$

$$\lambda = 0,0521 + 0,0007W - 0,0089t + 0,0005Wt.$$

Полученные результаты используются нами в работе по созданию математической модели конвективной сушки в низкотемпературном режиме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орлов В.Д., Заборсин А.Ф., Яровой С.Л. Производство сушеного жома.- М.: Легкая и пищевая промышленность.- 1983.- 112 с.
2. Федоров В.Г., Ткач Л.П., Ромоданова В.А., Кочубай О.В. Определение теплофизических характеристик лабильных продуктов в диалоге с ПЭВМ. Пром. теплотехника.- Т. 18.- 1996.- С. 52-54.

Получено 09.02.2001