

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЫБНЫХ КОНСЕРВОВ ДЛЯ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ



Кандидаты техн. наук С.А.Бредихин,
Б.П.Филипенко – МГУ прикладной биотехнологии

Для прогнозирования гидродинамической обстановки в продуктовой зоне технологических машин и аппаратов при производстве консервов для детского питания необходимо знать закономерности поведения продукта в условиях сдвиговой деформации.

Совершенствование и интенсификация процессов тепловой обработки связаны с анализом теплофизических характеристик продукта как объекта тепловой обработки, выбором рациональных режимов процесса и совершенствованием конструкции оборудования.

С этой целью был проведен комплекс исследований по определению реологических и теплофизических характеристик (вязкости, предельного напряжения сдвига, плотности, коэффициентов теплопроводности и удельной теплоемкости), а также влияния относительной концентрации газовой фазы (воздуха) на реологические и теплофизические характеристики продукта. Было исследовано рыбное сырье – атлантическая треска, измельченная на волчке с диаметром отверстий решетки

0,005 м, массовая доля влаги и жира которого составляла 78,5 – 80,0 и 0,40 – 0,75 %. Исследования проводили с деаэрированным и недеаэрированным рыбным сырьем. Деаэрацию измельченной трески осуществляли в вакуумной фаршемешалке.

Влияние концентрации газовой фазы на реологические характеристики консервов для детского питания исследовали на приборе "Реотест-2" по методике Муни. Анализ экспериментальных данных показал, что в изучаемых продуктах (деаэрированных и недеаэрированных) проявляется эффект пристенного скольжения. Скорость пристенного скольжения зависит от относительной концентрации газовой фазы, касательного напряжения и температуры продукта. Результаты опыта показывают, что с увеличением температуры недеаэрированного продукта при постоянном напряжении сдвига скорость пристенного скольжения возрастает. Концентрация газовой фазы в недеаэрированных консервах "Пудинг рыбный (из судака) для детского питания" в опытах составляла 6,5 % об., а в деаэрированных продуктах – 0,5 % об.

Определение реологических характеристик продукта в его объемных слоях с учетом проявления эффекта пристенного скольжения проведено по методике Муни. Эффективная вязкость η и вязкость при единичном значении градиента скорости V_0^* определена по методике проф. А.В. Горбатова на основе степенного уравнения. Реологические характеристики консервов для детского питания были обобщены с использованием трехпараметрической модели $\theta = \theta_0 + kV^n$, где k, n – коэффициенты; V – скорость скольжения, м/с; θ, θ_0 – соответственно напряжение и предельное напряжение сдвига, Па.

В табл.1 приведены реологические характеристики консервов для детского питания.

Данные табл. 1 показывают, что насыщение газовой фазой тонкоизмельченных консервов для детского питания снижает предельное напряжение сдвига и вязкостные свойства продукта.

Результаты исследований влияния относительной концентрации воздуха на эффективную вязкость консервов для детского питания показывают, что эффективная вязкость недеаэрированных

Таблица 1

Продукт	Температура продукта °С	Пристенные слои			Вязкость при единичном градиенте скорости V_0^* , Па·с
		θ_0 , Па	k , Па·с	n	
Пудинг рыбный (из судака) для детского питания (деаэрированный)	40	28,0	344,0	0,76	12,7
	80	14,0	260,0	0,86	9,28
Пудинг рыбный (из судака) для детского питания (недеаэрированный)	40	14,0	467,0	0,78	4,15
	80	7,0	113,0	0,81	5,02



консервов меньше, чем деаэрированных. Снижение вязкостных свойств продукта объясняется влиянием воздуха, распределенного в объеме продукта в виде дополнительной дисперсной фазы, которая уменьшает силу сцепления между структурными составляющими системы.

Плотность определяли на образцах деаэрированного и насыщенного газовой фазой продукта. Аэрацию осуществляли принудительной подачей воздуха в продукт и одновременным его перемешиванием, а также использовали деаэрированные консервы для детского питания промышленной выработки с относительной концентрацией газовой фазы в них 0,50–0,65 % об.

Плотность консервов для детского питания определяли по общепринятой методике на консистометре Геплера. Зависимость плотности консервов от концентрации газовой фазы исследовали при помощи метода гидростатического взвешивания. Плотность продукта при использовании консистометра Геплера определяли по формуле $\rho = m/V$, где ρ – плотность деаэрированного про-

дукта, $\text{кг}/\text{м}^3$; m – масса продукта, кг ; V – объем продукта, м^3 .

Результаты определения плотности деаэрированных консервов для детского питания представлены в табл. 2.

Результаты экспериментальных исследований влияния концентрации газовой фазы на плотность в диапазоне $u=0,5–9,5\%$ для консервов «Пудинг рыбный для детского питания» были аппроксимированы функцией $y = a-bx$ с коэффициентом корреляции $R_{xy} = 0,9988$. Полученное выражение имеет вид $\rho=1091,94–9,548u$, где u – концентрация газовой фазы в продукте, %.

Исследовано влияние избыточного давления на плотность консервов для детского питания в диапазоне давления $P=(0,25–7,5) \cdot 10^5$ Па. Зависимость плотности от избыточного давления аппроксимирована функцией $y = ax^b$ с коэффициентом корреляции $|R_{xy}| = 0,9968$ и имеет вид для консервов:

«Пудинг рыбный (из трески) для детского питания» – $\rho = 1080,43 P^{0,0232}$;

«Пудинг рыбный (из судака) для детского питания» – $\rho = 1111,57 P^{0,0374}$,

где ρ – плотность продукта, $\text{кг}/\text{м}^3$; P – избыточное давление, Па.

Коэффициент теплопроводности и удельной теплоемкости определяли на приборах ДК–ас1 и ИТЭМ Института точной механики (г. Санкт-Петербург). Принцип работы этих приборов основан на методе монотонного нагрева образца продукта. Опыты проводили с образцами консервов для детского питания в диапазоне температуры 20–80°C. Данные опытов аппроксимированы для консервов «Пудинг (из трески) для детского питания»: коэффициент теплопроводности (λ , $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{°C}$) полиномом 4-ой степени, а коэффициент удельной теплоемкости (c , $\text{Дж}/\text{кг} \cdot \text{°C}$) функцией $y=a+bx$ с коэффициентом корреляции $R_{xy} = 0,9997$. Полученные выражения имеют вид:

$$\lambda = 0,504 - 3,555 \cdot 10^{-3}T + 1,674 \cdot 10^{-4}T^2 - 1,460 \cdot 10^{-6}T^3 + 4,662 \cdot 10^{-9}T^4, c = 1386,3 + 48,36T.$$

Значения коэффициентов теплопроводности и удельной теплоемкости в исследованном диапазоне температуры для всех видов продуктов изменяются идентично. Коэффициент теплопроводности и удельной теплоемкости в указанных диапазонах температур в среднем возрастает в 1,6 и 1,7 раза, а для сырья – в 1,3 и 1,5 раза.

Изучено влияние концентрации газовой фазы на теплопроводность консервов для детского питания. Экспериментальные данные для консервов «Пудинг рыбный (из трески) для детского питания» были аппроксимированы полиномом 4-ой степени с коэффициентом корреляции $|R_{xy}| = 0,9987$. Температурная зависимость коэффициента теплопроводности в диапазоне концентрации газовой фазы от 0,6 до 9,5 % имеет вид $\lambda = 0,541 + 1,149 \cdot 10^{-2}T + 4,948 \cdot 10^{-4}T^2 - 7,055 \cdot 10^{-6}T^3 + 3,73 \cdot 10^{-8}T^4$.

Эксперимент показал, что наличие газовой фазы в рыбных консервах для детского питания снижает значение коэффициента теплопроводности в среднем на 6,5–8,5%.

Таким образом, полученные результаты реологических и теплофизических характеристик рыбных консервов для детского питания и влияния на них концентрации газовой фазы могут быть использованы для расчета технологических процессов, контроля качественных показателей продукта, а также в качестве информации о его потребительских свойствах.

Таблица 2

Продукт	Плотность ρ , $\text{кг}/\text{м}^3$	
	Измеренная на консистометре Геплера	Измеренная методом гидростатического взвешивания
Пудинг рыбный (из трески) для детского питания	1061±10,40	1084±2,60
Пудинг рыбный (из судака) для детского питания	1052,8±1,20	–