

# Структурно-механические характеристики смесей для мягкого мороженого

Д-р техн. наук, проф. Л. В. ГОЛУБЕВА, канд. техн. наук А. А. СМИРНЫХ, аспирант Е. А. ПОЖИДАЕВА  
Воронежская государственная технологическая академия  
г. Воронеж, проспект Революции, 19

*To define rheological characteristics, soft ice cream mixtures with stabilizers "Cremodan SE-406" "Ice-1" "Palsgaard-5924" were investigated on rotary viscosimeter "Rheotest-2". It was found that the flow of soft ice cream mixtures can be described by the equation of Ostwald's law. Experimental data treatment allowed values of consistency coefficient and index of flow for soft ice cream mixture to be received. The data on rheological characteristics of soft ice cream mixtures can be applied to determine optimal working conditions of equipment or to develop new types of the latter.*

**Key words:** soft ice cream, structural mechanical characteristics, multicomponent dry mixtures, stabilizer shear-rate gradient.

**Ключевые слова:** мягкое мороженое, структурно-механические характеристики, многокомпонентные сухие смеси, стабилизатор, градиент скорости сдвига.

Использование методов физико-химической механики позволяет получать готовые продукты постоянного, заранее заданного качества, интенсифицировать технологические процессы, создавать новые продукты. Результаты реологических исследований используются при расчетах, связанных с конструированием нового технологического оборудования, в том числе и для производства мороженого [1].

Смеси мороженого подвергаются тепловой обработке — пастеризации и охлаждению. Одной из важнейших реологических характеристик, существенно влияющих на теплообмен и затраты потребляемой мощности при обработке смесей мороженого, является вязкость смесей. Вязкостные свойства смесей мороженого зависят от состава смеси, температурных режимов обработки и других факторов. Наибольшее влияние на формирование структуры мороженого оказывает содержание стабилизаторов в составе смеси мороженого [2].

На кафедре технологии молока и молочных продуктов разработана технология многокомпонентной сухой смеси для мягкого мороженого. Она состоит из сухого обезжиренного молока, сахара-песка, сухого растительного жира на молочной основе «Бониграсса» 55РА.Н, сухого порошка перепелиных яиц, сухого экстракта фукуса «Реликт», стабилизатора. Многокомпонентную сухую смесь для мягкого мороженого восстанавливали и исследовали структурно-механические показатели смеси после созревания. Определение состояния структуры смеси для мягкого мороженого с помощью реологических характеристик позволяет управлять процессом производства и хранения мороженого.

Исследование смесей для мягкого мороженого осуществляли при температурах 4 и 6 °С со следующими стабилизаторами: «Кремодан SE-406» (смесь № 1), «Айс-1» (смесь № 2), «Palsgaard-5924» (смесь № 3), с использованием стакана  $N$ , при следующих градиентах скорости сдвига: 9,0; 48,60; 243,0; 729,0; 1312. В исследуемых смесях для мягкого мороженого определяли физико-химические показатели (табл. 1).

На рис. 1 отображены данные об изменении касательного напряжения  $\tau$  смесей для мягкого мороженого в зависимости от градиента скорости сдвига  $\gamma$  при температуре 4 °С.

Анализируя кривые течения, можно отметить, что смеси для мягкого мороженого ведут себя как неньютоновские жидкости [1], а уравнение течения можно описать законом Оствальда-де-Вилля

$$\tau = K\gamma^n,$$

где  $\tau$  — напряжение сдвига, Па;

$K$  — коэффициент консистенции, пропорциональный динамической вязкости  $\mu$  при единичном значении градиента скорости сдвига  $\gamma = 1 \text{ с}^{-1}$ ;

$\gamma$  — градиент скорости сдвига (деформации),  $\text{с}^{-1}$ ;

$n$  — индекс течения.

Можно отметить, что при градиенте скорости сдвига  $729 \text{ с}^{-1}$  кривые течения меняют свои направления и при дальнейшем увеличении градиента скорости сдвига практически спрямляются; это говорит о том, что смеси для мягкого мороженого при небольших градиентах

Физико-химические показатели смесей для мягкого мороженого

Наименование смеси	Физико-химические характеристики смеси					Плотность, кг/м <sup>3</sup>
	Массовая доля влаги, %	Массовая доля сухих веществ, %	Массовая доля жира, %	Массовая доля белка, %	Массовая доля сахара, %	
Смесь со стабилизатором «Кремодан SE-406»	74,9	25,1	3,5	3,9	14	1124
Смесь со стабилизатором «Айс-1»	66,3	33,7	3,5	3,9	14	1129
Смесь со стабилизатором "Palsgaard-5924"	71,9	28,1	3,5	3,9	14	1126

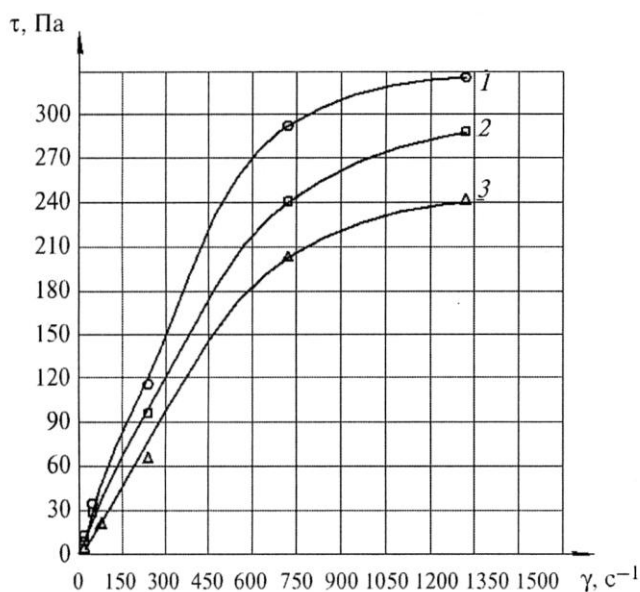


Рис. 1. Кривые течения смесей для мягкого мороженого при температуре 4 °С:  
1 — смесь № 1; 2 — смесь № 2; 3 — смесь № 3

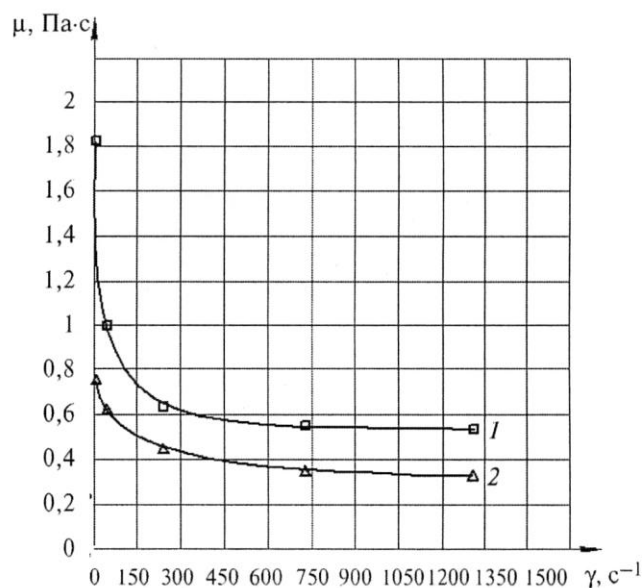


Рис. 2. Зависимость вязкости от скорости сдвига смеси № 1 для мягкого мороженого со стабилизатором «Кремодан SE-406»:  
1 — при температуре 4 °С; 2 — 6 °С

скорости сдвига проявляют свойства неньютоновской жидкости, а с повышением градиента скорости сдвига — ньютоновской жидкости.

На рис. 2, 3, 4 отображены данные об изменении динамической вязкости  $\mu$  смесей для мягкого мороженого в зависимости от градиента скорости сдвига  $\gamma$  при температурах 4 и 6 °С. Установлено, что с увеличением скорости деформации уменьшается вязкость. В смеси № 1 со стабилизатором «Кремодан SE-406» динамическая вязкость находится в пределах от 0,33 до 0,53 Па·с; в смеси № 2 со стабилизатором «Айс-1» — от 0,18 до 0,38 Па·с; в смеси № 3 со стабилизатором «Palsgaard-5924» — от 0,1 до 0,22 Па·с.

Для определения индекса течения кривые течения (см. рис. 1) были представлены в виде зависимости  $\tau = f(\gamma)$  в логарифмических координатах.

Полученные результаты приведены в табл. 2. Установлено, что  $n < 1$ , следовательно, смеси для мягкого мороженого относятся к псевдопластичным материалам.

Таким образом, установлено, что смеси для мягкого мороженого со стабилизаторами «Кремодан SE-406», «Айс-1», «Palsgaard-5924» относятся к псевдопластичным материалам, проявляющим свойства как неньютоновской, так и ньютоновской жидкости. Также установлено следующее: смесь для мягкого мороженого со стабилизатором «Кремодан SE-406» имеет наибольшую вязкость во всем исследуемом диапазоне градиентов скорости, а смесь для мягкого мороженого со стабилизатором «Palsgaard-5924» — наименьшую вязкость при одинаковых значениях температуры.

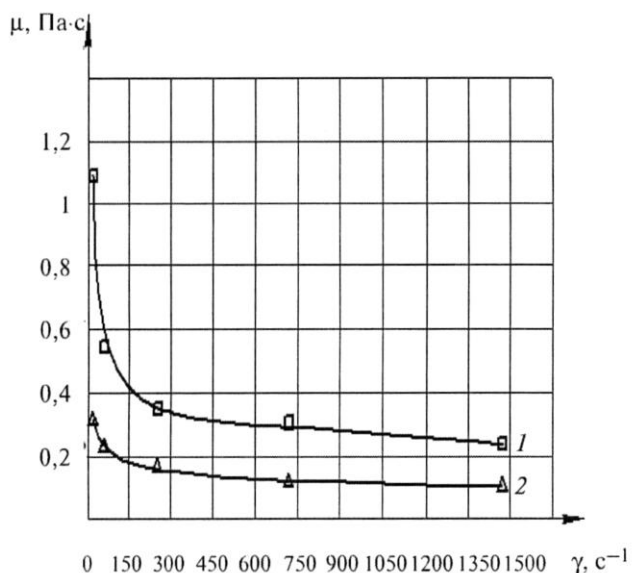


Рис. 3. Зависимость вязкости от скорости сдвига смеси № 2 для мягкого мороженого со стабилизатором «Айс-1»: 1 — при температуре 4 °С; 2 — 6 °С

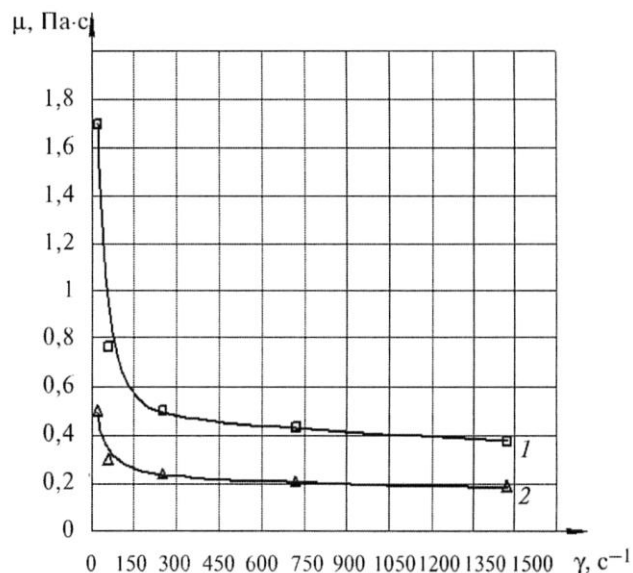


Рис. 4. Зависимость вязкости от скорости сдвига смеси № 3 для мягкого мороженого со стабилизатором «Palsgaard-5924»: 1 — при температуре 4 °С; 2 — 6 °С

Таблица 2

Значения коэффициента консистенции и индекса течения смесей для мягкого мороженого

Стабилизатор	Коэффициент консистенции	Индекс течения
«Кремодан SE-406»	1,83	0,7413
«Айс-1»	1,7	0,7626
«Palsgaard-5924»	1,1	0,8727

### Список литературы

1. Справочник по производству мороженого / Ю. А. Оленев, А. А. Творогова, Н. В. Казакова, Л. Н. Соловьева. — М.: ДеЛи принт, 2004.

2. Арет В. А., Николаев Б. Л., Николаев Л. К. Физико-механические свойства сырья и готовой продукции. — М.: ГИОРД, 2009.