

Профессор Л.В. Голубева, ст. преподаватель Е.А. Пожидаева  
(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра технологии молока и молочных  
продуктов, тел. (473) 255-37-72

## Исследование реологических характеристик смесей для мягкого мороженого

Проведены исследования реологических характеристик многокомпонентных смесей для обогащенного мягкого мороженого с различными стабилизаторами, которые позволяют произвести оценку и выбор наиболее оптимальной смеси.

The paper presents the study of the rheological properties of multicomponent mixtures for soft ice cream enriched with various stabilizers to facilitate evaluation and selection of the optimal mixture.

*Ключевые слова:* фризирование, стабилизатор, молочная смесь, мягкое мороженое.

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 мягкого мороженого.

Одной из важнейших реологических характеристик, существенно влияющей 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. При этом значительную роль в формировании структуры мороженого играют стабилизаторы [1, 2].

В настоящее время в технологии мороженого используется широкий ассортимент стабилизаторов. При производстве мягкого мороженого были использованы: «Cremodan SE – 406», «Айс – 1», «Palsgaard – 5924». Доза стабилизаторов – 0,4 % была выбрана в соответствии с рекомендациями производителей (таблица).

Т а б л и ц а

Физико-химические показатели смесей для обогащенного мягкого мороженого

| Наименование                              | Массовая доля, % |               |      |       | Плотность, кг/м <sup>3</sup> |
|-------------------------------------------|------------------|---------------|------|-------|------------------------------|
|                                           | влаги            | сухих веществ | жира | белка |                              |
| Смесь со стабилизатором «Cremodan SE-406» | 70,5             | 29,5          | 3,5  | 3,9   | 1124                         |
| Смесь со стабилизатором «Айс-1»           | 68,3             | 31,7          | 3,5  | 3,9   | 1129                         |
| Смесь со стабилизатором «Palsgaard-5924»  | 69,9             | 30,1          | 3,5  | 3,9   | 1126                         |

С целью изучения реологических характеристик были проведены исследования на ротационном вискозиметре «Реотест – 2» (Германия), который позволяет получить информацию о касательном напряжении  $\tau$  и динамической вязкости  $\eta$  смесей для мягкого мороженого. Исследования осуществляли при температурах 267...279 К с использованием стакана N, при градиентах скорости сдвига от 1 до 1312 с<sup>-1</sup>.

В ходе исследований пробу смеси для мягкого мороженого термостатировали в течение 20 мин при заданной температуре, а затем фиксировались показания самописца для каждой последовательно установленной ступени скорости вращения ротора. При проведении замеров поддерживали постоянную температуру пробы с точностью  $\pm 0,1$  К путем подачи в наружный цилиндр вискозиметра воды из циркуляционного термостата. Привод вискозиметра позволял устанавливать различные скорости

вращения цилиндра и тем самым иметь различные значения градиента скорости сдвига.

На рис. 1 приведены данные об изменении касательного напряжения  $\tau$  смесей для мягкого мороженого с различными стабилизаторами в зависимости от градиента скорости сдвига  $\dot{\gamma}$  в исследуемом диапазоне температур.

Из анализа кривых течения видно, что смеси для мягкого мороженого ведут себя как неньютоновские псевдопластические жидкости [1], уравнения течения которых описываются законом Оствальда де Вилля.

Можно отметить, что при градиенте скорости сдвига более  $729 \text{ c}^{-1}$  кривые течения меняют свои направления, и при дальнейшем увеличении они практически спрямляются. Это говорит о том, что смеси для мягкого мороженого при небольших градиентах скорости сдвига проявляют свойства неньютоновской жидкости, а с повышением градиента скорости сдвига – ньютоновской.

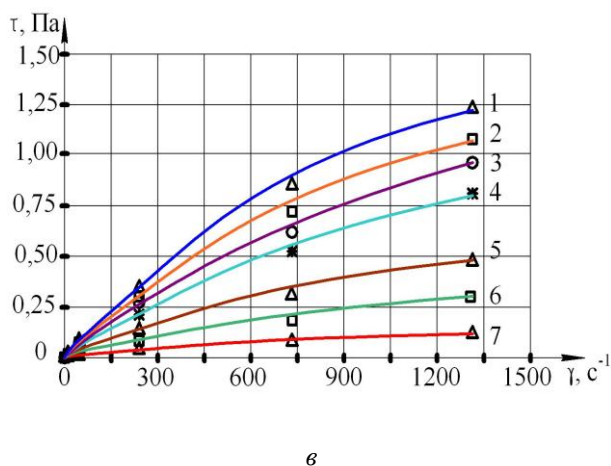
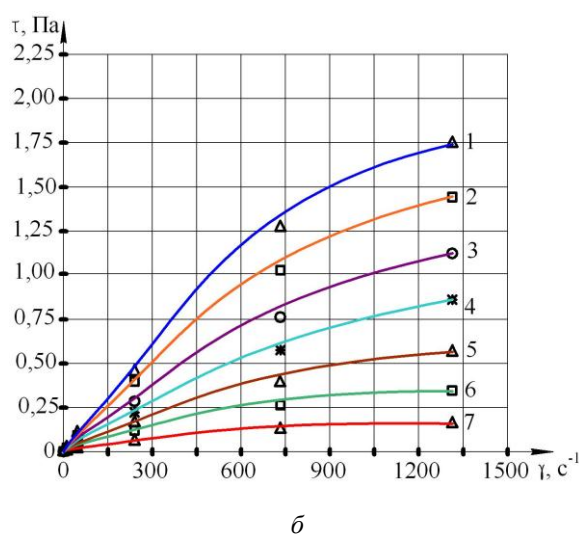
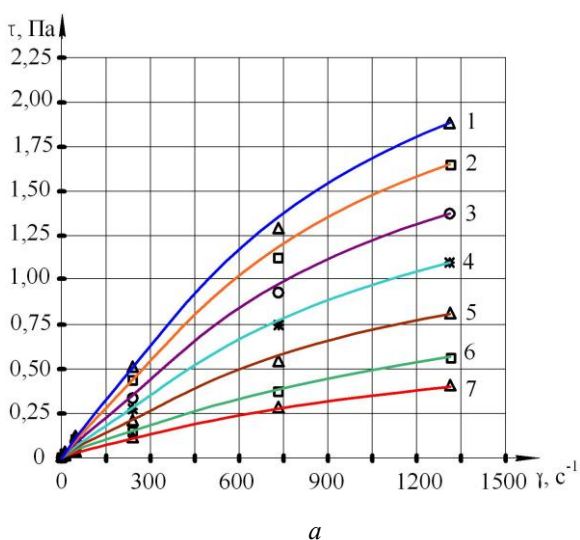


Рис. 1. Кривые течения смесей для мягкого мороженого при температуре, К: 1 – 267; 2 – 269; 3 – 271; 4 – 273; 5 – 275; 6 – 277; 7 – 279; а – «Cremodan SE – 406»; б – «Айс-1»; в – «Palsgaard -5924»

В процессе исследований также была изучена зависимость изменения динамической вязкости  $\eta$  смесей для мягкого мороженого от градиента скорости сдвига  $\dot{\gamma}$  в исследуемом диапазоне температур (рис. 2).

Из зависимостей следует, что максимальную вязкость имеют смеси для мягкого мороженого при небольших градиентах скорости

сдвига, при этом дальнейшее увеличение градиента приводит к падению динамической вязкости, которая в смеси со стабилизатором «Cremodan SE – 406» находится в пределах от  $0,35 \cdot 10^{-3}$  до  $1,52 \cdot 10^{-3}$  Па·с, «Айс – 1» – от  $0,16 \cdot 10^{-3}$  до  $1,44 \cdot 10^{-3}$  Па·с, а «Palsgaard 5924» – от  $0,09 \cdot 10^{-3}$  до  $0,95 \cdot 10^{-3}$  Па·с.

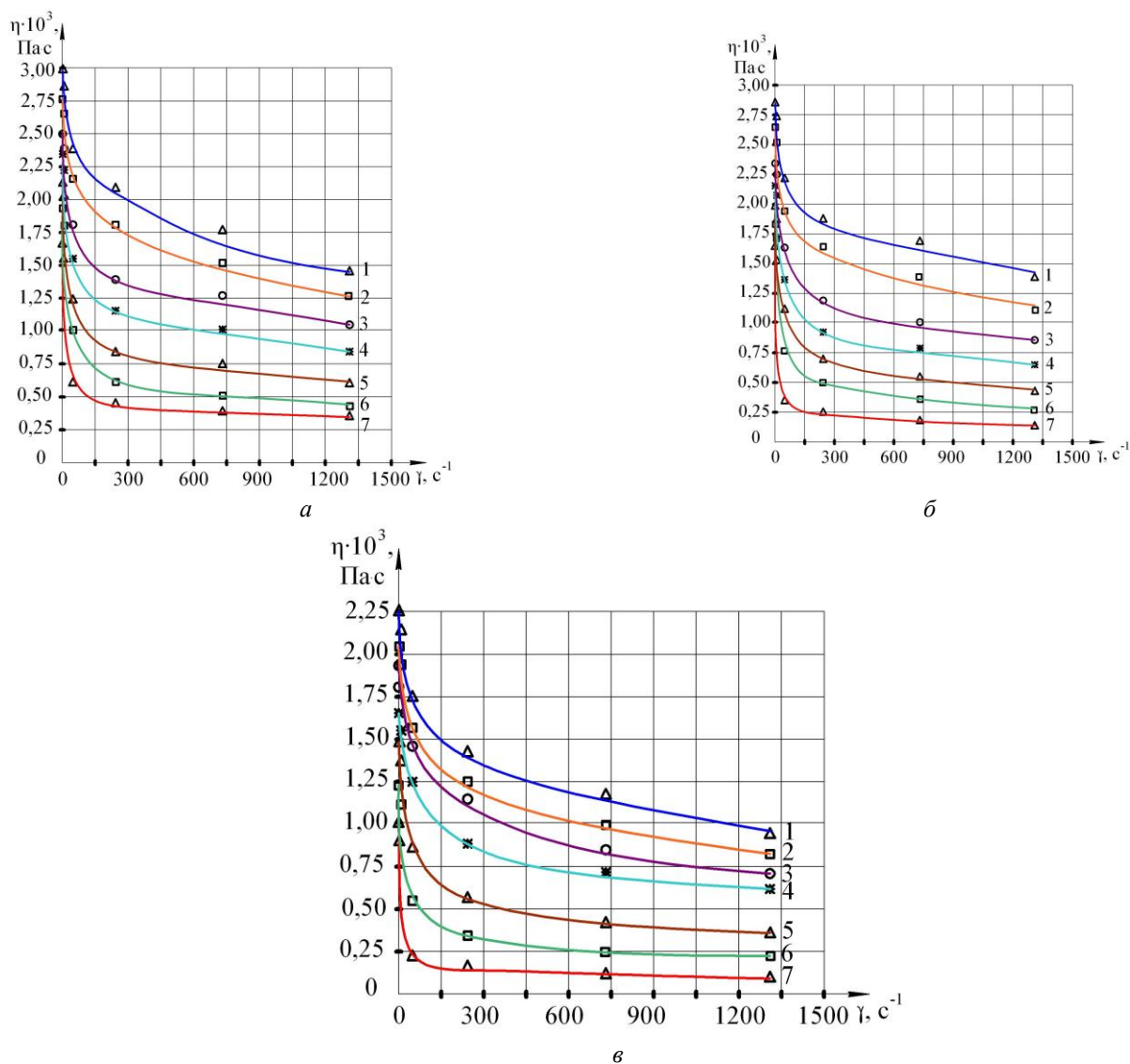


Рис. 2. Зависимость динамической вязкости от градиента скорости сдвига смесей для мягкого мороженого при температуре, К: 1 – 267, 2 – 269, 3 – 271, 4 – 273, 5 – 275, 6 – 277, 7 – 279; а – «Cremodan SE – 406»; б – «Айс-1»; в – «Palsgaard -5924»

Таким образом, установлено, что смеси для мягкого мороженого со стабилизаторами «Cremodan SE – 406», «Айс – 1», «Palsgaard – 5924» относятся к псевдопластичным материалам, проявляющим свойства как неньютоновской, так и ньютоновской жидкости. Также установлено, что смесь для мягкого мороженого со стабилизатором «Cremodan SE – 406» имеет наибольшую вязкость во всем исследуемом диапазоне градиентов скорости сдвига. Следовательно, по реологическим показателям стабилизатор «Cremodan SE – 406» предпочтительнее.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Арет, В. А. Физико-механические свойства сырья и готовой продукции [Текст] / В. А. Арет, Б. Л. Николаев, Л. К. Николаев. – СПб. : ГИОРД, 2009. – 448 с.
2. МакКенна, Б. М. Структура и текстура пищевых продуктов. Продукты эмульсионной природы [Текст] / Б. М. МакКенна. – СПб. : Профессия, 2008. – 480 с.