

Исследование вязкостных свойств сметаны с содержанием жира 15 процентов до и после перемешивания её в емкостях

Николаев Л. К. Денисенко А.Ф. Николаев Б.Л.

Санкт-Петербургский Государственный университет
низкотемпературных и пищевых технологий

В статье приводятся результаты исследований вязкостных свойств сметаны с содержанием жира 15%.

Ключевые слова: вязкость, сметана, емкостное оборудование.

Среди основных реологических свойств — пластичности, вязкости, прочности, упругости и других, наиболее существенное влияние на гидродинамические и тепловые процессы при выработке сметаны оказывают вязкостные свойства её [1].

В процессе изготовления сметаны имеют место тепловые процессы и затраты энергии на вращение перемешивающего устройства.

Протекание этих процессов зависит от ряда факторов, в том числе от эффективной вязкости сметаны, которая на разных стадиях процесса существенно различается. Поэтому при определении оптимальных условий работы оборудования и расчётах расходуемой энергии при перемешивании сметаны в емкостях, при тепловых и прочностных расчётах оборудования, необходимо иметь сведения об эффективной вязкости сметаны на различных стадиях выработки её.

С учётом отмеченного, авторами были выполнены исследования реологических характеристик сметаны, изготавливаемой на ОАО «Балтийское молоко» с использованием емкостного оборудования, имеющего перемешивающие устройства. Сметана относится к структурированным дисперсным системам. В процессе её производства происходит разрушение дисперсной системы, в результате чего структурно-механические свойства продукта претерпевают изменения.

Характерной особенностью сметаны является то, что её вязкостные свойства претерпевают значительные изменения не только при изменении температуры продукта, а также при изменении градиента скорости сдвига, который имеет место при различных видах механического воздействия на продукт, например, при транспортировании продукта по трубопроводу, истечении его через дозирующее устройство, при перемешивании продукта в ёмкости мешалками и в других случаях. Весьма значительные изменения градиента скорости сдвига имеют место при перемешивании сметаны в ёмкости.

Исследования эффективной вязкости сметаны проводились на ротационном соосноцилиндрическом вискозиметре типа RY.

До начала измерений проба сметаны термостатировалась в течении 15 минут при заданной температуре в термостатирующем сосуде. По окончании термостатирования проводились измерения эффективной вязкости сметаны при возрастающих значениях скорости вращения цилиндра. При каждой очередной температуре использовалась новая порция сметаны. Привод вискозиметра позволял устанавливать различные скорости вращения цилиндра.

Благодаря отмеченным конструктивным и кинематическим параметрам используемого для реологических исследований ротационного вискозиметра типа RY, в процессе исследований представилось возможным определить свойства сметаны в широком диапазоне. С учётом величины вязкости используемого продукта в процессе исследований применялся соответствующий ротор вискозиметра.

До начала проведения основных исследований, были выполнены предварительные эксперименты с целью определения той конструкции ротора, которая позволила выполнять измерения эффективной вязкости в большем интервале изменений градиента скорости с учётом вязкости исследуемого продукта.

В процессе проведения замеров поддерживалась равномерная постоянная температура пробы путём подачи в наружный цилиндр с темперирующим резервуаром жидкости из циркуляционного термостата. При этом температура исследуемой пробы поддерживалась с точностью $\pm 0,1$. Проба помещалась в кольцевой зазор между цилиндрами. При этом наружный стационарный полый цилиндр вискозиметра изготовлен в виде мерного бачка. Для обеспечения регулирования температуры исследуемого продукта наружный цилиндр окружен сосудом, в котором циркулировала среда, поступающая из термостата.

Продолжительность статирования сметаны в течении 15 минут была необходима для обеспечения постоянства температуры по всей толщине кольцевого зазора. Это достигалось тем, что мерный бачок с дозой исследуемого продукта размещался в сосуде, в котором циркулировала среда, имеющая заданную постоянную температуру благодаря применению термостата, входящего в комплект реотеста. По окончании статирования производились измерения эффективной вязкости сметаны при различных температурах и различных значениях градиента скорости.

Данные исследуемой сметаны: сметана с содержанием жира 15% изготовлена из сливок нормализованных с использованием закваски.

Пищевая ценность (содержание в 100 г продукта): белка – 2,8г; углеводов – 3,6г; жира – 15%. Количество кислomолочных микроорганизмов в продукте 1-107 КОЕ в 1 г продукта.

С учётом используемого в исследованиях ротора S2 применялась соответствующая расчётная зависимость для определения эффективной вязкости сметаны. Результаты экспериментальных исследований эффективной вязкости сметаны до и после перемешивания её в ёмкости в зависимости от

температуры продукта и градиента скорости сдвига представлены в таблицах 1 и 2.

Результаты исследований сметаны следующие:

Сметана с содержанием жира 15% до перемешивания её в ёмкости.

Исследования эффективной вязкости сметаны осуществляли при температурах, в °С: 9,8 ; 22,9 ; 28,9 и 34,5 (табл. 1.).

Градиент скорости сдвига изменялся от 3 до 437,4 с⁻¹, то есть более чем в 145 раз. Установлено что наибольшая эффективная вязкость сметаны равна 3,227 Па при температуре её 9,8°С и градиенте скорости сдвига равном 3 с⁻¹.

Выявлено значительное уменьшение эффективной вязкости сметаны с возрастанием градиента скорости сдвига. Так, например, при температуре сметаны 9,8 °С и увеличении градиента скорости 3 до 218,7 с⁻¹ эффективная вязкость сметаны уменьшается с 3,227 до 0,222 Па·с, т.е. более чем в 14 раз. Влияние температуры на вязкостные свойства сметаны менее значительны. Так, при градиенте скорости 218,7 с⁻¹ и повышении температуры сметаны от 9,8 до 34,5°С эффективная вязкость её уменьшается от 0,222 до 0,111 Па·с, т.е. всего лишь в 2 раза.

С повышением температуры сметаны влияние градиента скорости сдвига на вязкостные свойства уменьшаются в связи с тем, что структурная сетка продукта частично уже разрушена в результате температурного воздействия на неё. Так при температуре сметаны 34,5°С и увеличении градиента скорости от 40,5 до 437,4 с⁻¹ эффективная вязкость сметаны уменьшается от 0,209 до 0,091 Па·с, т.е. всего лишь в 2,3 раза.

Сметана с содержанием жира 15 % после перемешивания её в ёмкости.

Исследование эффективной вязкости сметаны осуществляли при температурах продукта, в °С: 9,9; 20,2 и 30,5 (табл 2.). Градиент скорости сдвига изменялся от 1,8 до 437,4 с⁻¹, т.е. в 243 раза. Наибольшая эффективная вязкость сметаны равна 6,722 Па·с при температуре её 9,9°С и градиенте скорости сдвига 1,8 с⁻¹. При температуре сметаны 9,9°С и возрастании градиента скорости сдвига от 1,8 до 437,4 с⁻¹ эффективная вязкость её уменьшается от 6,722 до 0,138 Па·с, т.е. более чем в 48 раз. Такое значительное уменьшение эффективной вязкости сметаны в отмеченном интервале изменений градиента скорости сдвига объясняется значительным разрушением структурной сетки продукта.

Влияние температуры на вязкостные свойства сметаны после перемешивания её в ёмкости, также как и у сметаны такой же жирности, но до перемешивания её, значительно меньше по сравнению с влиянием градиента скорости сдвига на вязкостные свойства сметаны.

Таблица 1. Результаты экспериментальных исследований вязкостных свойств сметаны с содержанием жира 15 % до перемешивания её в ёмкости.

Градиент скорости, $\dot{\gamma}$, с^{-1}	Эффективная вязкость, η , Па·с	Градиент скорости, $\dot{\gamma}$, с^{-1}	Эффективная вязкость, η , Па·с
Температура сметаны 9,8 °С		Температура сметаны 28,9 °С	
3,0	3,227	48,6	0,398
4,5	2,420	72,9	0,382
5,4	2,241	81,0	0,3521
8,1	1,643	121,5	0,299
9,0	1,546	145,8	0,282
13,5	1,076	218,7	0,199
16,2	0,934	243,0	0,184
24,3	0,647	Температура сметаны 34,5 °С	
27,0	0,605	40,5	0,209
40,5	0,478	48,6	0,286
48,6	0,448	72,9	0,216
72,9	0,432	81,0	0,209
81,0	0,403	121,5	0,159
121,5	0,349	145,8	0,138
145,8	0,299	218,7	0,138
218,7	0,222	243,0	0,134
145,8	0,299	Температура сметаны 22,9 °С	
218,8	0,299	40,5	0,209
Температура сметаны 22,9 °С		48,6	0,199
16,2	0,747	72,9	0,158
24,3	0,548	81,0	0,149
27,0	0,538	121,5	0,120
40,5	0,418	437,4	0,091

Таблица 2. Результаты экспериментальных исследований вязкостных свойств сметаны с содержанием жира 15 %.

Градиент скорости, $\dot{\gamma}$, с^{-1}	Эффективная вязкость, η , Па·с	Градиент скорости, $\dot{\gamma}$, с^{-1}	Эффективная вязкость, η , Па·с
Температура сметаны 9,9 °С		Температура сметаны 9,9 °С	
1,8	6,622	3,0	5,378
2,7	5,378	4,5	4,033

Продолжение таблицы 2.

Градиент скорости, $\dot{\gamma}$, с ⁻¹	Эффективная вязкость, η , Па·с	Градиент скорости, $\dot{\gamma}$, с ⁻¹	Эффективная вязкость, η , Па·с
Температура сметаны 9,9 °С		Температура сметаны 9,9 °С	
5,4	3,585	81,0	0,481
8,1	2,540	121,5	0,349
24,3	0,896	218,7	0,238
40,5	0,657	243,0	0,219
48,6	0,573	437,4	0,138
72,9	0,481		
Температура сметаны 20,2 °С		Температура сметаны 20,0 °С	
5,4	2,913	81,0	0,403
8,1	2,913	121,5	0,309
13,5	1,434		
Температура сметаны 39,5 °С		Температура сметаны 39,5 °С	
16,2	0,672	81,0	0,187
24,3	0,498	121,5	0,139
40,5	0,314	145,8	0,129
48,6	0,274	218,7	0,116
72,9	0,199	243,0	0,110

Выводы

1. Получены значения эффективной вязкости сметаны в широком интервале изменений градиента скорости сдвига от 3 до 437,4с⁻¹, когда он изменялся в 145 раз.
2. Приводимые числовые значения эффективной вязкости сметаны до и после перемешивания её в емкостях при различных значениях градиента скорости сдвига и температурах продукта целесообразно использовать при расчётах расходуемой энергии для перемешивания сметаны в ёмкостях, при тепловых и прочностных расчётах ёмкостного оборудования.

Список литературы

1. Физико-механические свойства сырья и готовой продукции: Учебное пособие с грифом УМО / В. А. Арет, Б. Л. Николаев, Л. К. Николаев. – СПб.: ГИОРД, 2009. – 537 с.

Viscosity of 15% fat containing sour cream studied before and after its agitation in containers

B.L. Nicolayev, A.F. Denisenko, L.K.Nicolayev

Saint-Petersburg State University of Refrigeration & Food
Engineering

The paper presents the results of studying viscosity properties of sour cream with 15% fat content.

Key words: viscosity, sour cream, capacity equipment.