

## **Исследование касательных напряжений сыра плавленого «Сыр с луком»**

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

Санкт-Петербургский государственный университет  
низкотемпературных и пищевых технологий

*Исследованы касательные напряжения сыра плавленого «Сыр с луком» в зависимости от градиента скорости и температуры продукта.*

Ключевые слова: сыр плавленый, касательное напряжение, градиент скорости.

Плавленые сыры содержат от 38 до 65% сухих веществ. В состав сухих веществ входят белки, жиры, различные соли, витамины и микроэлементы.

Согласно Баркан С.М. и Кулешовой И.Ф. плавленые сыры можно рассматривать как трёхкомпонентную систему: жир-вода-сухое обезжиренное вещество. При этом до плавления вода является растворимым веществом, а белок растворителем. После плавления фазы меняются.

Белки плавленых сыров представлены в основном молочными белками. Помимо молочных белков в некоторых плавленых сырах содержатся немолочные белки: мясные, рыбные и дрожжевые в количестве 5-15%. Белковые продукты, к которым относятся и плавленые сыры, являются высокополимерными веществами.

По жирности плавленые сыры разделяются на: сливочные, с содержанием жира в сухом веществе 60%, жирные с содержанием жира в сухом веществе 40, 45, 50, и 55%, и полужирные, с содержанием жира в сухом веществе 30%. Жировая фаза плавленого сыра представлена, главным образом, молочным жиром, который вводится в сыр вместе с полножирными сырами, творогом, сливочным маслом, высокожирными сливками, сметаной и сухим молоком. Предполагается, что в плавленых сырах влага в свободном состоянии отсутствует. Одна из реологических характеристик плавленого сыра – касательное напряжение, существенно зависит от величины градиента скорости и температуры продукта.

Реологические исследования сыра осуществляли с помощью ротационного коаксиального вискозиметра «Реотест». При проведении опытов использовали

соответствующие цилиндры, входящие в комплект реотеста. Исследования проводили в следующей последовательности.

Перед началом измерений проба сыра термостатировалась 20 минут при определённой температуре в термостатирующем сосуде, после чего проводили измерения касательного напряжения при возрастающих значениях скорости вращения цилиндра. Для поддержания равномерной и постоянной температуры сыра наружный неподвижный цилиндр с темперирующим резервуаром соединяли с жидкостным циркуляционным термостатом. Температура термостатирования сыра поддерживалась с точностью  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ . Порция исследуемого сыра помещалась в зазор между рабочими цилиндрами реотеста. При каждой очередной температуре использовалась новая порция сыра. Привод реотеста позволял устанавливать 24 различные скорости вращения цилиндра.

Результаты исследования касательных напряжений сыра плавленого «Сыр с луком» в зависимости от градиента скорости и температуры продукта приведены в таблице 1.

Характер кривых течения, построенных по данным таблицы 1, позволяет сделать вывод, что исследуемый продукт обладает свойствами псевдопластичной среды [1].

Анализ полученных экспериментальных данных даёт основание отметить следующие характерные особенности.

Большие значения касательных напряжений - до 1840 Па имеют место при температуре сыра  $20,1^{\circ}\text{C}$  и градиенте скорости  $1,5 \text{ c}^{-1}$ . С повышением температуры сыра от  $20,1$  до  $79,9^{\circ}\text{C}$  при одном и том же значении градиента скорости, равном  $1,5 \text{ c}^{-1}$ , касательное напряжение уменьшается от 1840 до 30,5 Па. Незначительные касательные напряжения, равные 17 Па, имеют место, когда температура сыра  $79,9^{\circ}\text{C}$ , а градиент скорости -  $0,5 \text{ c}^{-1}$ .

Зависимость касательных напряжений от скорости менее существенно, по сравнению с влиянием температуры продукта. Так, например, при температуре продукта  $20,1^{\circ}\text{C}$  и возрастании градиента скорости от  $0,167$  до  $1,50 \text{ c}^{-1}$  касательное напряжение увеличивается от 1420 до 1840 Па, т.е. примерно всего лишь на 25%.

Аналогичные изменения касательных напряжений от градиента скорости имеют место и при других температурах сыра в интервалах температур его от  $20,1$  до  $79,9^{\circ}\text{C}$ .

Полученные значения касательных напряжений необходимо использовать при расчете оборудования, применяемого для производства плавленых сыров.

Таблица 1. Касательные напряжения сыра плавленого «Сыр с луком» в зависимости от градиента скорости и температуры.

Градиент скорости, С <sup>-1</sup>	Касательные напряжения, Па	Градиент скорости, С <sup>-1</sup>	Касательные напряжения, Па	Градиент скорости, С <sup>-1</sup>	Градиент скорости, Па
Температура сыра 20,1 °С		1,00	312	0,333	30,2
0,167	1420	1,50	398	0,500	38,0
0,300	1430	1,80	414	0,600	43,0
0,333	1430	Температура сыра 40,0 °С		0,900	54,0
0,500	1560	0,167	102	1,00	59,0
0,600	1620	0,300	119	1,50	71,5
0,900	1750	0,333	122	1,80	79,5
1,00	1750	0,500	142	2,7	100
1,50	1840	0,600	156	3,00	103
Температура сыра 25,0 °С		0,900	188	4,70	125
0,167	710	1,00	200	Температура сыра 70,0 °С	
0,300	755	1,50	233	0,9	37,2
0,333	780	1,80	267	1,0	40,2
0,500	825	Температура сыра 45,0 °С		1,5	48,8
0,600	836	0,500	68	1,8	53,7
0,900	905	0,600	74	2,7	63,4
1,0	905	0,900	97	3,0	68,3
1,5	935	1,00	105	4,5	76,9
Температура сыра 30,0 °С		1,80	119	Температура сыра 79,9 °С	
0,167	375	Температура сыра 50,1 °С		0,5	17,0
0,300	409	0,167	42,1	0,9	20,7
0,333	432	0,300	52,9	1,0	24,4
0,500	500	0,333	54,1	1,5	30,5
0,600	506	0,5 00	62,0	1,8	34,2
0,900	522	0,600	66,7	2,7	41,5
1,00	535	0,900	82,6	3,0	45,2
Температура сыра 35,1 °С		1,00	86,0		
0,167	193	1,50	102		
0,300	210	1,8	110		
0,333	219	Температура сыра 60,0 °С			
0,500	255	0,167	20,7		
0,600	284	0,300	28,6		

## **Список литературы**

1. Готбатов А.В. Реология мясных молочных продуктов. – М.: Изд."Пищевая промышленность", 1979. – 384 с.

## **Studying shear stresses in the “Cheese with onion” processed cheese**

Nikolaev L.K., Denisenko A.F., Nikolaev B.L. nimfa63@mail.ru

Saint-Petersburg State University of Refrigeration  
and Food Engineering

*Shear stresses in a melted cheese of “Cheese with onion” type are studied versus velocity and temperature gradients of the product.*

**Keywords:** melted cheese, shear stress, velocity gradient.