

## Реологические характеристики пряничного теста

Коновалова М.Ю., аспирант, Евтушенко А.М., профессор

Московский государственный университет технологий  
и управления

*Физико-химические свойства пряничных изделий и их структура зависят от реологических свойств теста. Эти свойства могут быть объективно оценены ротационной вискозиметрией. Установлено, что с повышением температуры и возрастанием градиента скорости происходят изменения касательного напряжения сдвига и динамической эффективной вязкости. Это связано с частичным разрушением структуры теста.*

Ключевые слова: температура, градиент скорости, напряжения сдвига, вязкость.

Среди большого количества показателей качества реологические характеристики являются основополагающими как наиболее оперативные. Они позволяют формализовать многие технологические операции и оптимизировать их протекание, а также оценить в комплексе структуру изделий.

Реологические и структурно-механические свойства мучного теста проявляются в процессе их деформации, течения и разрушения [1].

Формирование структуры и реологических свойств сдобного теста зависят от присутствия в нём твёрдой, жидкой и газообразной фаз, которые обеспечивают тесту упругость, текучесть и сжимаемость [2].

Пряничное тесто относится к сложным многокомпонентным структурированным дисперсным нестационарным системам. В процессе производства пряников нередко происходит разрушение дисперсной системы теста, в результате чего свойства выпеченного полуфабриката и приготовленного из него пряника претерпевают значительные изменения. Эти изменения оказывают существенное влияние на процессы, энергетические затраты и другие показатели работы оборудования. При этом реологические свойства теста зависят не только от изменения градиента скорости, но и от температуры. Для выбора технологических режимов производства и совершенствования технологического оборудования важно знать закономерности изменения реологических свойств теста.

В практику современного пряничного производства при замесе и разделке всё более внедряются различные способы механических воздействий на тесто. Эти воздействия должны быть правильно распределены в тесте по скорости деформаций и температуре, чтобы, например, отформованные заготовки сохранялись в своей исходной форме в течение всего процесса формования.

Цель данной работы – исследование зависимостей реологических характеристик пряничного теста (напряжения сдвига и вязкости) от скорости деформации при разных значениях температур, т.е. построение кривых течения и соответствующих зависимостей вязкости.

Определение влияние температуры на реологические свойства пряничного теста особо интересно, так как при стандартной рецептуре в производственных условиях управление технологическими процессами может быть осуществлено только в результате изменения температурного режима.

Объектом исследования было выбрано тесто заварного печатного пряника «Сувенир» с расчётной влажностью 20% из пшеничной муки 1 сорта и ржаной обдирной со следующим процентным составом основных рецептурных компонентов: общее содержание муки – 52%, жира – 37%, сахара – 11%. Тесто замешивали в производственных условиях ОАО «Череповецкий хлебокомбинат» согласно технологическим инструкциям.

Тесто исследовали на кафедре «Технология кондитерского, хлебопекарного и макаронного производства». Диапазон температур выбирали, исходя из инженерной задачи механического формования, и, как правило, с учётом большой вязкости пряничного теста, перекрывали диапазон заданных температур. И, таким образом, исследование проводили на ротационном вискозиметре «РеотестV» при температурах 40 и 60<sup>0</sup> С.

Градиент скорости изменяли от 0,166 до 145,8 с<sup>-1</sup>.

При каждой температуре брали новую порцию теста. Перед каждым опытом тесто подвергалось лабораторному анализу на влажность. Перед началом измерений проводили термостатирование образца теста в течение 20 минут с точностью 0,1<sup>0</sup> С.

Погрешность измерений не превышала плюс-минус 3,6 %.

Значения скорости деформации выбирали, а касательного напряжения сдвига и динамической эффективной вязкости рассчитывали по известной методике [2], но модернизировали способ загрузки цилиндров. Выбирали сочетания цилиндров Н.

О реологических свойствах теста судили по изменению касательного напряжения сдвига и динамической эффективной вязкости, как самым объектив-

ным показателям оценки свойств полуфабрикатов и готовых изделий. Рассматривали зависимость напряжения сдвига и вязкости теста от температуры и градиента скорости, так как степень разрушения структуры теста находится в функциональной зависимости от скорости деформации.

Некоторые результаты исследований зависимости касательных напряжений сдвига  $\sigma$  и динамической эффективной вязкости  $\eta$  пряничного теста от градиента скорости  $\dot{\gamma}$  при различных температурах приведены в таблице 1.

Таблица 1. Сводная таблица зависимости вязкости и напряжения сдвига от скорости деформации и температуры.

Температура, °С	Скорость деформации, $\dot{\gamma}$ с <sup>-1</sup>	Напряжение сдвига, $\sigma$ Па	Вязкость, $\eta$ Па*с
40	0,166	104,88	631,807
	0,3	157,32	524,400
	0,3333	144,21	432,673
	0,6	209,76	349,600
	1	262,2	262,200
	1,8	367,08	203,933
	3	498,18	166,060
	5,4	458,85	84,972
	9	891,48	99,053
	16,2	1258,56	77,689
	27	1651,86	61,180
	48,6	2084,49	42,891
81	2333,58	28,810	
60	0,6	62,93	104,880
	1	78,66	78,660
	1,8	104,88	58,267
	3	144,21	48,070
	5,4	207,14	38,359
	9	270,07	30,007
	16,2	380,19	23,469
	27	603,06	22,336
	48,6	943,92	19,422
	81	970,14	11,977
	145,8	1389,66	9,531

Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что с повышением температуры пряничного теста и скорости сдвига напряжения сдвига возрастает, а вязкость понижается экспоненциально, что характерно для сдвобного теста [3]. Это позволяет отнести исследуемое тесто к ненью-тоновским упруго-вязко-пластичным телам и сделать вывод о том, что оно обладает предельным напряжением сдвига, соответствующим упругой составляющей де-

формации. Упругая деформация накапливается в тесте, потому что его твёрдые составляющие деформируются при течении окружающей их жидкой фазы [3,4].

Из-за обладания упругими свойствами невозможно достигнуть полного разрушения структуры пряничного теста, она частично сохраняет внутренние связи.

Эффективная вязкость уменьшается с увеличением скорости деформации, что обусловлено значительной хаотичностью расположения частиц в неподвижной среде – в нашем случае в пряничном тесте - и всё большей ориентацией частиц в направлении его течения под действием возрастающей скорости.

С повышением скорости деформации напряжение сдвига больше возрастает при 40<sup>0</sup>С, чем при 60<sup>0</sup>С, а вязкость больше уменьшается при 60<sup>0</sup>С, чем при 40<sup>0</sup>С. Т.е, с повышением скорости деформации влияние температуры на градиент изменения вязкости теста ослабевает, так как имеет место ослабление сил межмолекулярного сцепления теста и уменьшение сил сопротивления.

Касательные напряжения и динамическая эффективная вязкость пряничного теста существенно изменяются в зависимости от градиента скорости. Так, к примеру, при температуре теста 40<sup>0</sup>С и возрастании градиента скорости от 0,166 до 81 с<sup>-1</sup>, динамическая эффективная вязкость *уменьшается* с 631,807 до 28,810 Па\*с более чем в 22 раза, а касательное напряжение при том же изменении градиента скорости *увеличивается* со 104,88 до 2333,58 Па также, т.е. более чем в 22 раза.

С повышением температуры теста его динамическая эффективная вязкость при одном и том же градиенте скорости уменьшается. Например, при температурах теста 40 и 60<sup>0</sup>С и одном и том же градиенте скорости, равном 81с<sup>-1</sup>, динамическая эффективная вязкость тестовой массы соответственно равна 28,81 и 11, 977 Па\*с, т.е. различается в 2,4 раза. Это определяется тем, что вязкостные силы преодолеваются за счёт увеличивающейся кинетической энергии молекул.

Можно предположить, что пряничное тесто частично сжимается из-за вытеснения наружу и сжатия поглощённых компонентами теста газообразных включений. Частично разрушается, что соответствует пластическому течению.

Своим исследованием мы получили уменьшение динамической эффективной вязкости пряничного теста с повышением температуры и возрастанием градиента скорости, что обусловлено частичным разрушением структуры теста.

## Список литературы

1. Николаев Б.А Структурно-механические свойства мучного теста. М.: изд. Пищевая промышленность. - 1976. - с.37-53.
2. Иовнович Л.С., Корнильев И.В. Исследование реологических свойств сдобного теста для мучнистых кондитерских изделий. С.-Пб: изд. СПбГУНиПТ.- Межвузовский сборник научных трудов. - 1981год. - с.9-19.
3. Арет В.А., Николаев Б.Л, Забровский Г.К., Николаев Л.К. Реологические основы расчёта оборудования для производства жиросодержащих пищевых продуктов. С.-Пб: изд. СПбГУН и ПТ. - 2007. - с.272, 21-77.
4. У.Л.Улкинсон Неньютоновские жидкости. Перевод с английского к.т.н. З.П.Шульмана, под ред. акад. АН БССР проф. А.Н.Лыкова. М:изд.Мир.- 1964год.- с.29-31.

## **Rheological qualities of honey cakes**

Konovalova M.U., Evtushenko A.M.

Moscow State University of Technologies and Management

*Physical chemical properties of spice cakes and their structure are a function of rheological properties of dough, the latter can objectively be measured by rotational viscosimeter. Shear stress and dynamic effective viscosity were found to change as temperature rose and velocity gradient grew, this being connected with partial destruction of dough structure.*

Key words: temperature, velocity gradient, shear stress, viscosity.