

## **Влияние температуры продукта, градиента скорости и касательных напряжений на реологические характеристики майонеза провансаль «Колибри»**

Николаев Б.Л., Николаев Л.К., Денисенко А.Ф.,  
Круподёров А.Ю., Кузнецов А.В.  
lev.nikolaew.@yandex.ru

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики.  
Институт холода и биотехнологий*

***В статье представлены данные об изменении эффективной вязкости и касательных напряжений майонеза провансаль «Колибри» в зависимости от градиента скорости и температуры продукта.***

***Ключевые слова:*** температура, градиент скорости, реология, майонез, вязкость.

При расчёте технологического оборудования для выработки майонезов и транспортирования их по трубопроводам необходимо иметь сведения о таких реологических характеристиках, как касательные напряжения и эффективная вязкость продукта.

Майонез провансаль «Колибри» относится к продуктам, у которых касательные напряжения и эффективная вязкость зависят от температуры продукта и градиента скорости. С учётом отмеченного были выполнены исследования по изучению реологических характеристиках майонеза провансаль «Колибри» при различных значениях градиента скорости и температуры майонеза.

Состав майонеза провансаль «Колибри»: вода; растительное масло; сахар; крахмал; соль; соевый белок; горчица; уксус; ароматизатор яйца, идентичный натуральному. В 100г. продукта содержалось: жира 35г., углеводов 5,9г., белка 1,5г. Калорийность 100г.- 344 ккал.

Исследования реологических характеристиках майонеза проводились на ротационном соосноцилиндрическом вискозиметре «Реотест» после термостатирования пробы в течении 20 минут. При каждой очередной температуре использовалась новая порция майонеза. Привод вискозиметра позволял устанавливать 24 различные скорости вращения цилиндра, чтобы изменять в широком интервале значения градиента скорости сдвига.

Опытные данные для всех температур майонеза - 15,0; 25,0; 34,9 и 45,1<sup>0</sup>С – получены при значениях градиента скорости сдвига 1,5; 2,7; 3,0; 4,5; 5,4; 8,1; 9,0; 13,5; 16,2; 24,3; 27,0; 40,5; 48,6; 72,9; 81,0; 121,5; 145,8; 218,7; 243,0; 364,5; 437,4; 656,0; 729,9 и 1312,0 с<sup>-1</sup>.

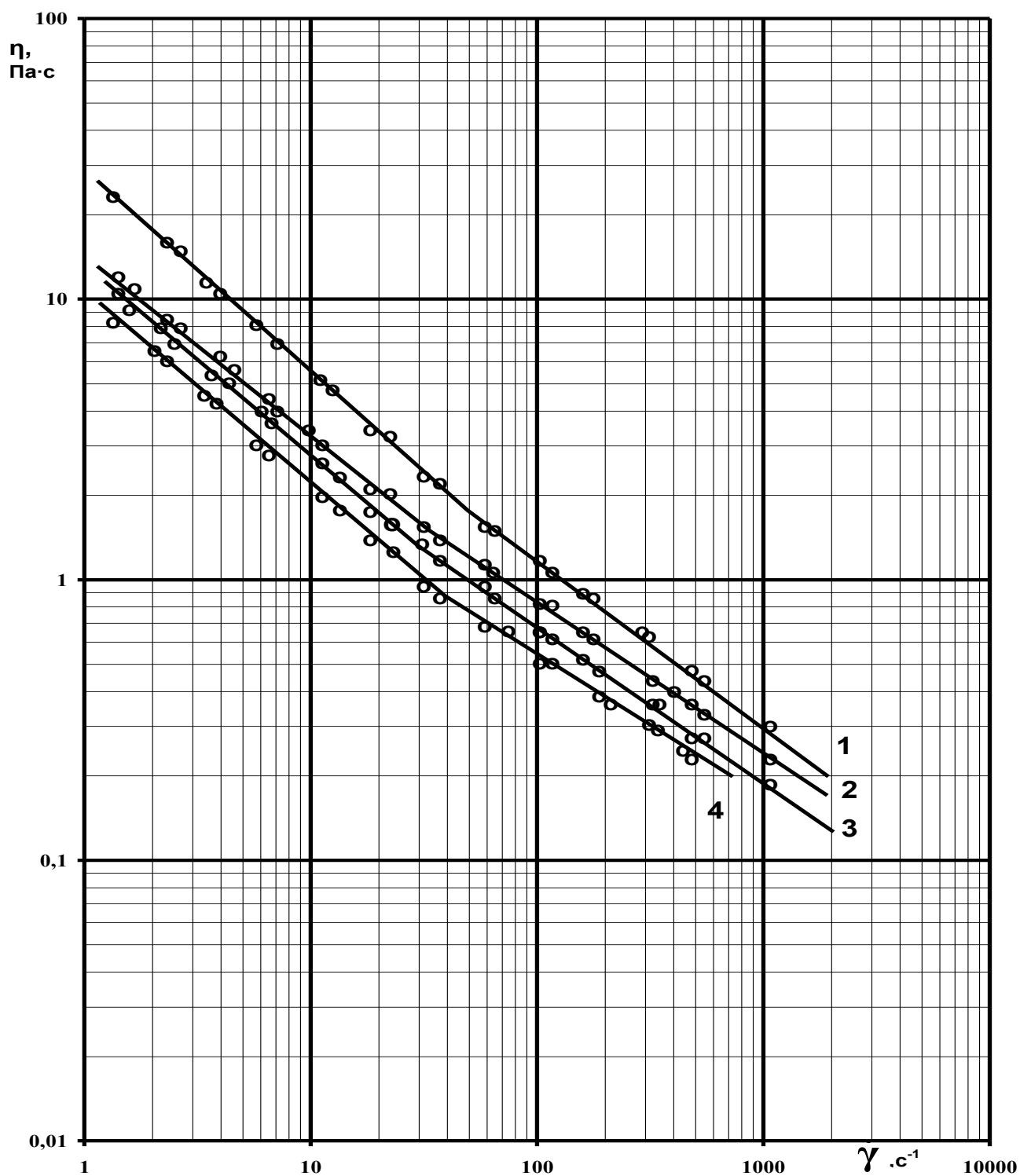


Рис.1. Зависимость эффективной вязкости майонеза провансаль «Колибри» от градиента скорости и температуры продукта при температурах в  $^{\circ}\text{C}$ : 1-15,0; 2-25,0; 3-34,9 и 4-45,1

Как видно из рис1. экспериментальные точки размещаются вдоль вязкостно-скоростных зависимостей. Сравнительно большой угол наклона линий вязкостно-скоростных зависимостей майонеза провансаль «Колибри» отражает

существенное изменения эффективной вязкости продукта от градиента скорости. Так, например, при температуре майонеза  $15,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  и возрастании градиента скорости от  $1,5$  до  $1312\text{ c}^{-1}$  эффективная вязкость продукта уменьшается от  $20,72$  до  $0,193\text{ Па}\cdot\text{с}$ , то есть в  $107$  раз. Такое значительное изменение эффективной вязкости продукта необходимо учитывать при определении расходуемой энергии в процессе перемешивания продукта, а также при расчёте необходимого напора при транспортировании майонеза по трубопроводам и при тепловых расчётах оборудования.

Примечательно, что при всех исследованных температурах угол наклона вязкостно-скоростных зависимостей майонеза практически один и тот же. Следовательно, существенное влияние градиента скорости на эффективную вязкость, имеющее место при температуре  $15,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , справедливо для всех других исследованных температур.

В то же время по мере возрастания градиента скорости угол наклона вязкостно-скоростных зависимостей меняется в сторону его уменьшения, что даёт основание говорить о меньшем влиянии градиента скорости на эффективную вязкость майонеза вследствие значительного разрушения структурного каркаса продукта. При этом, когда майонез имеет более низкую температуру, например  $15,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , изменение угла наклона вязкостно-скоростных зависимостей происходит в интервале значений градиента скорости  $70\div 80\text{ c}^{-1}$ . Если же майонез имеет более высокую температуру, например  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ , то изменение угла наклона вязкостно-скоростных зависимостей будет происходить в интервале значений градиента скорости  $40\div 50\text{ c}^{-1}$ , то есть при более малых его значениях. Это объясняется различной степенью разрушения структуры майонеза не только от градиента скорости, а также и от температуры продукта. Так, например, при одном и том же значении градиента скорости, равном  $1,5\text{ c}^{-1}$ , различие значений эффективной вязкости майонеза при  $15,0$  и  $25,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  составляет  $9,0\text{ Па}\cdot\text{с}$ . При более высоких температурах продукта, например при  $34,9$  и  $45,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , то есть практически при той же разнице температур майонеза, различие значений эффективной вязкости равно  $2,0\text{ Па}\cdot\text{с}$ .

Влияние градиента скорости и температуры майонеза провансаль «Колибри» на величины касательных напряжений  $\tau$  приведено на рис.2.

Опытные данные, обработанные в логарифмических координатах в виде  $\lg(\tau) = f(\lg(\dot{\gamma}))$  при температурах майонеза  $15,0$ ;  $25,0$ ;  $34,9$  и  $45,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  укладываются на линии, называемые кривыми течения. При всех исследованных температурах продукта наблюдается увеличение касательного напряжения с возрастанием градиента скорости и понижением температуры майонеза.

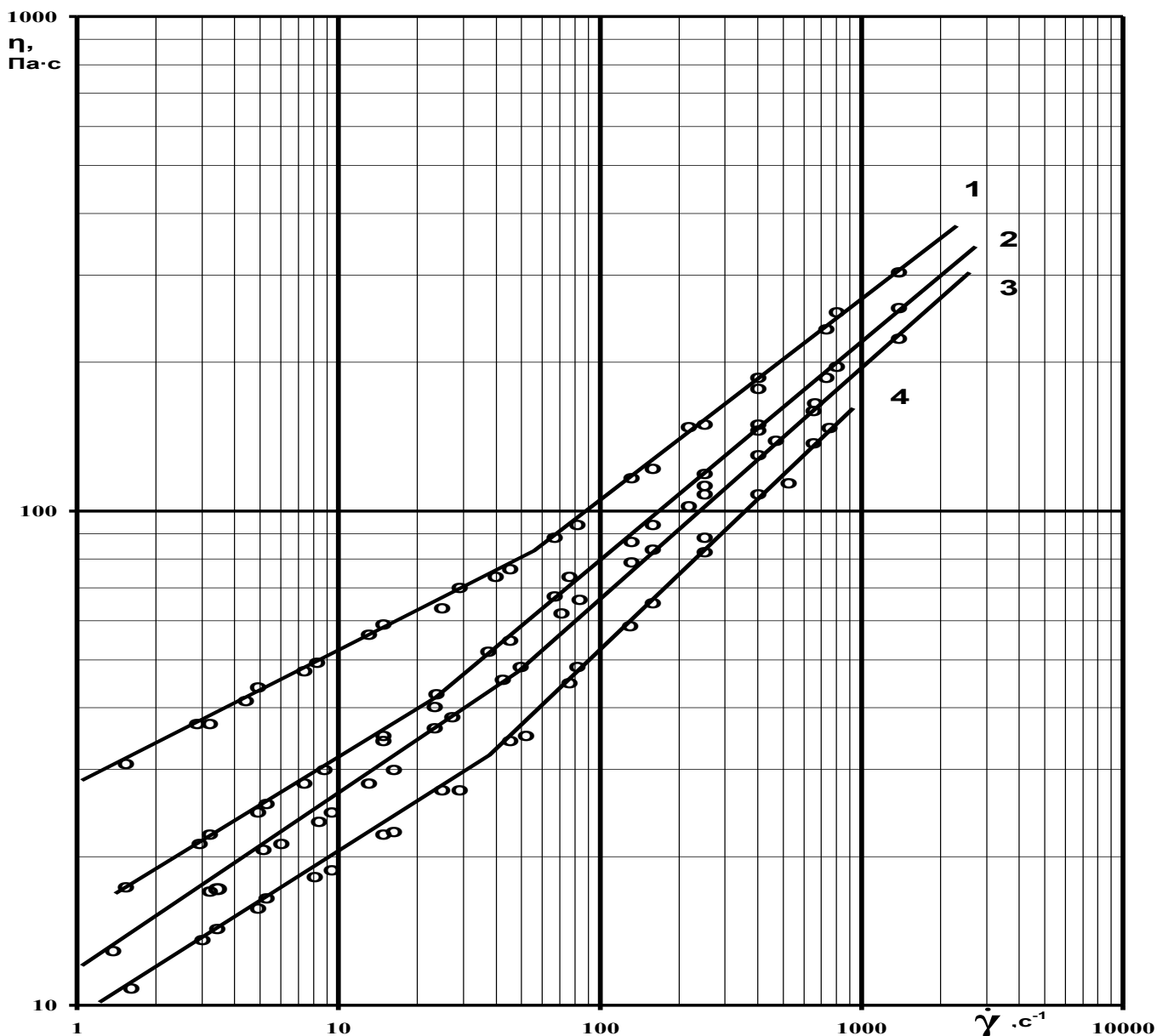


Рис.2. Зависимость касательного напряжения майонеза провансаль «Колибри» от градиента скорости и температуры продукта при температурах в  $^{\circ}\text{C}$ : 1-15,0; 2-25,0; 3-34,9 и 4-45,1

Так, например, при температуре продукта  $15,0^{\circ}\text{C}$  и возрастанием градиента скорости от  $1,5$  до  $1312\text{ c}^{-1}$  касательное напряжение увеличивается с  $31,1$  до  $253,2$  Па. Угол наклона кривых течения становится большим при более высоких значениях градиента скорости, что свидетельствует о большом разрушении структуры каркаса при этих значениях градиента скорости.

Приведённые данные об эффективной вязкости майонеза и касательных напряжениях в зависимости от градиента скорости и температуры продукта целесообразно использовать при гидравлических и тепловых расчётах технологического оборудования.

## Список литературы

1. Мачихин Ю.А., Мачихин С.А. Инженерная реология пищевых материалов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 216 с.
2. Арет В.А., Николаев Б.Л., Николаев Л.К. Физико-механические свойства сырья и готовой продукции. – СПб.6 ГИОРД, 2009 – 448 с.

### **The influence of the temperature of the product, velocity gradient and tangential stresses on the rheology characteristics of mayonnaise, mayonnaise «Kolibri»**

Nikolaev B.L., Nikolaev L.K., Denisenko A.F., Krupoderov A.U., Kuznecov A.V.

*The St.-Petersburg national research university of information technologies, mechanics and optics.*

*Institute of Refrigeration and Biotechnologies*

*The article presents data on changes of the effective viscosity and tangential stresses of mayonnaise, mayonnaise «Hummingbird» depending on the gradient of velocity and temperature of the product.*

**Key words:** temperature, velocity gradient, rheology, mayonnaise, viscosity.