

# Исследование вязкостных характеристик и касательных напряжений майонеза «Легкий»

Д-р техн. наук Б. Л. НИКОЛАЕВ, А. Ф. ДЕНИСЕНКО, д-р техн. наук Л. К. НИКОЛАЕВ  
Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий  
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

**The paper presents the results of shear stress and viscosity research in the mayonnaise "Light" at various gradients of shear rate and temperature in the product.**

**Key words:** viscosity characteristics, shear stress, mayonnaise, rate gradient, effective viscosity.

**Ключевые слова:** вязкостные характеристики, касательное напряжение, майонез, градиент скорости, эффективная вязкость.

Успешная эксплуатация теплового и механического оборудования, применяемого при производстве майонезов, в том числе и майонеза «Легкий», зависит от ряда факторов. В их числе — сведения о реологических характеристиках обрабатываемого продукта. Эти сведения позволяют научно обоснованно рассчитывать и правильно выбирать оборудование.

В значительной степени сказанное относится и к сведениям об эффективной вязкости и касательном напряжении такого продукта, как майонез «Легкий». Это связано с тем, что производство данного продукта сопровождается тепловыми и механическими процессами, для расчета которых необходимо иметь данные по ряду свойств продукта, включая и его реологические характеристики.

Многие пищевые продукты, в том числе и майонезы, относятся к структурированным дисперсным системам. В процессе производства майонезы подвергаются различным видам обработки, включая нагревание, перемешивание, охлаждение, транспортирование по трубопроводам, нагнетание и истечение через дозирующие устройства, перекачивание насосами и др. При этом нередко имеет место различная степень разрушения дисперсной системы, в результате чего структурно-механические свойства продукта претерпевают значительные изменения. Эти изменения оказывают существенное влияние на работу машин и аппаратов, на их энергозатраты и другие показатели работы оборудования.

Характерной особенностью майонезов, как и многих других вязких жиросодержащих продуктов, является то, что их реологические свойства претерпевают значительные изменения не только при различных значениях температуры, но и при различных значениях градиента скорости сдвига.

Среди основных реологических свойств: пластичности, вязкости, прочности, упругости и других — наиболее существенное влияние на гидромеханические и тепловые процессы при выработке майонезов оказывают их вязкостные свойства.

С учетом вышесказанного в данной статье приводятся результаты исследований вязкостных характеристик и касательного напряжения майонеза «Легкий» в зависимости от градиента скорости сдвига и температуры продукта.

Исследования проводились на ротационном соосноцилиндрическом вискозиметре марки RV. При каждой очередной температуре использовалась новая порция продукта. Температура исследуемой пробы поддерживалась с точностью  $\pm 0,1$  °С. Погрешность измерения прибора при определении эффективной вязкости и касательного напряжения не превышала  $\pm 4$  %.

Исследуемый майонез «Легкий» имел следующий состав: масло растительное рафинированное дезодорированное подсолнечное; вода; уксус; крахмалы модифицированные (Е 1450, Е 1422, Е 1440); сахарный песок; молочные белки; соль; яичный порошок; стабилизаторы (Е 412, Е 415); молочная кислота; консерванты (Е 202, Е 211); ароматизатор «Горчица», идентичный натуральному;  $\beta$ -каротин; антиокислитель «Гриндокс» ЕДТА (Е 385). Пищевая и энергетическая ценность на 100 г: калорийность — 375 ккал; углеводы — 4,8 г; белки — 1,1 г; жиры — 39,1 г.

Результаты экспериментов по установлению влияния градиента скорости сдвига  $\dot{\gamma}$  и температуры продукта на эффективную вязкость  $\mu_{эф}$  майонеза «Легкий» в виде вязкостно-скоростных характеристик отображены на рис. 1.

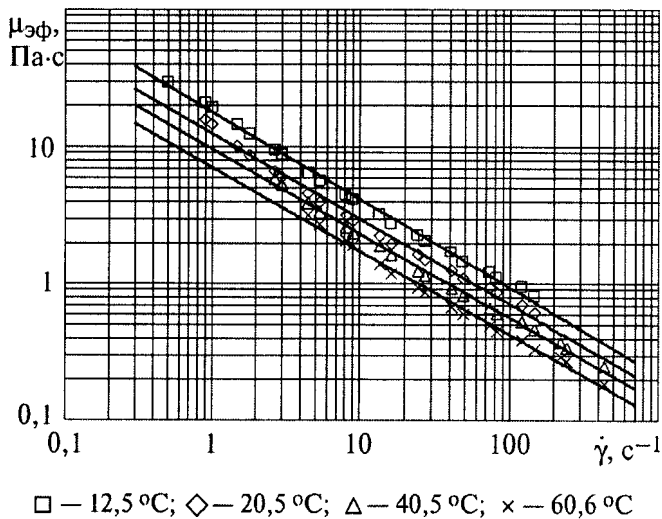


Рис. 1. Вязкостно-скоростные характеристики майонеза «Легкий»

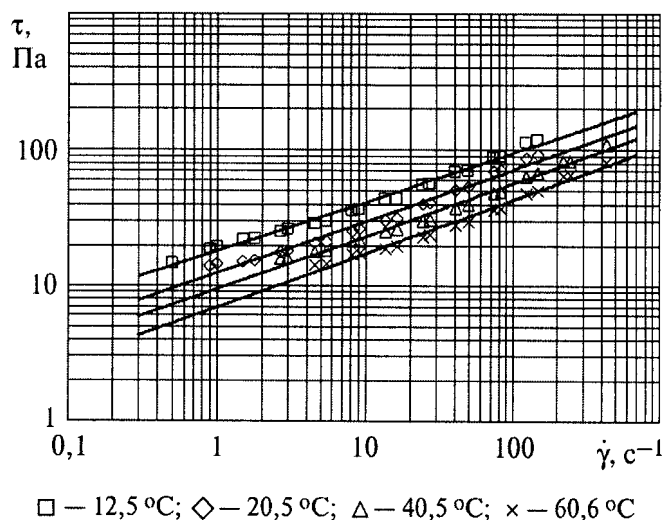


Рис. 2. Зависимость касательного напряжения майонеза «Легкий» от градиента скорости сдвига и температуры продукта

Результаты исследований в виде кривых течения, отражающих изменение касательного напряжения  $\tau$  от указанных параметров, показаны на рис. 2.

Анализ вязкостно-скоростных характеристик позволил установить существенное влияние градиента скорости сдвига на вязкостные свойства майонеза «Легкий». Так, при температуре продукта 12,5 °С и возрастании градиента скорости сдвига от 0,5 до 145,8 с<sup>-1</sup> его эффективная вязкость уменьшается от 29 до 0,62 Па·с, т. е. более чем в 46 раз. Аналогичное изменение вязкости майонеза имеет место и при других значениях температуры: 20,5; 40,5 и 60,6 °С. При температуре 60,6 °С и возрастании градиента скорости сдвига от 4,5 до 437,4 с<sup>-1</sup> эффективная вязкость продукта уменьшается от 3,15 до 0,185 Па·с, т. е. более чем в 17 раз. Очевидно, что такое значительное изменение вязкости продукта окажет существенное влияние на длительность тепловых процессов, расходующую энергию при перемешивании продукта и величину гидравлического сопротивления при транспортировании майонеза по трубопроводам. Поэтому при выборе рациональных режимов работы оборудования необходимо учитывать приводимые результаты исследований.

Как видно из рис. 1, вязкостные характеристики майонеза «Легкий» изменяются также в зависимости от температуры продукта. Например, при градиенте скорости сдвига 8,1 с<sup>-1</sup> и возрастании температуры продукта от 12,5 до 60,6 °С эффективная вязкость майонеза уменьшается от 4,48 до 2,09 Па·с, т. е. более чем в 2 раза. При

этом во всем диапазоне изменения градиента скорости сдвига при увеличении температуры майонеза от 12,5 до 60,6 °С вязкость продукта уменьшается примерно в 2 раза.

Изменение касательного напряжения майонеза «Легкий» в значительной степени обусловлено величиной градиента скорости сдвига (см. рис. 2). Так, при температуре продукта 20,5 °С и увеличении градиента скорости сдвига от 0,9 до 145,8 с<sup>-1</sup> касательное напряжение возрастает от 13,9 до 90,7 Па, т. е. более чем в 6 раз. Аналогичное возрастание касательного напряжения с увеличением градиента скорости сдвига имеет место при значениях температуры продукта 12,5; 40,5 и 60,6 °С.

Наряду с влиянием градиента скорости сдвига на величину касательного напряжения, его значение изменяется и в зависимости от температуры продукта. При этом с понижением температуры касательное напряжение возрастает. Так, при градиенте скорости сдвига 40,5 с<sup>-1</sup> и уменьшении температуры майонеза от 60,6 до 12,5 °С касательное напряжение увеличивается от 27,8 до 69 Па.

Характер поведения исследованных реологических характеристик майонеза «Легкий» позволяет сделать вывод, что он обладает свойствами псевдопластичной среды, зависящими от температуры продукта и от градиента скорости сдвига.

Результаты выполненных реологических исследований майонеза «Легкий» имеют как практическое, так и теоретическое значение.