

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЫРГЫЗСКИХ ТРАДИЦИОННЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Искакова Жаңыл Турсуновна, к.т.н., и.о. доцента кафедры «Экологическая инженерия» КТУ «Манас», Кыргызская Республика, e-mail: janil.iskakova@gmail.com

Сманалиева Жамила Насировна, к.т.н., доцент кафедры «Технология пищевых продуктов питания» КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызская Республика, e-mail: jamila.smanalieva@gmail.com

Аннотация. Многие традиционные продукты и напитки, потребляемые во всем мире, производятся в домашних условиях, деревнях и на небольших предприятиях. Производство традиционных пищевых продуктов в крупных промышленных масштабах требует четко установленных технологических параметров. В связи с этим целью данного исследования было изучение реологических параметров кыргызских традиционных продуктов питания как сузмо и сары май (топленое масло) с помощью абсолютного ротационного реометра. Полученные параметры могут использоваться для оптимизации существующих технологических процессов производства, оборудования и для разработки новых пищевых продуктов на основе сузмо, а также топленого масла.

Ключевые слова: пищевая реология, пищевых массы, молочные продукты, топленое масло

RHEOLOGICAL PROPERTIES OF KYRGYZ TRADITIONAL FOOD PRODUCTS

Zhagyl Iskakova Tursunovna, Candidate of Technical Sciences, Acting Associate Professor of the Department of Environmental Engineering, KTU Manas, Kyrgyz Republic, e-mail: janil.iskakova@gmail.com

Smanalieva Zhamila Nasirovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Technology, KSTU named after I. Razzakova, Kyrgyz Republic, e-mail: jamila.smanalieva@gmail.com

Annotation. Many of the traditional foods and drinks consumed around the world are produced in homes, villages and small businesses. The production of traditional food products on a large industrial scale requires well-defined process parameters. In this regard, the purpose of this study was to study the rheological parameters of Kyrgyz traditional food products like suzmo and sary may (ghee) using an absolute rotary rheometer. The obtained parameters can be used to optimize existing technological production processes, equipment and for the development of new food products based on Suzmo, as well as ghee.

Key words: food rheology, food masses, dairy products, ghee

Введение

Пищевая реология занимается физическими свойствами пищевых масс, как прочность, вязкость, эластичность и пластичность. Эти свойства связаны деформационными

поведениями пищевых масс и, как правило, они имеют отклонения от идеального поведения. В реологии феноменальный характер течения и деформация материи описывается уравнением состояния. Фундаментальные уравнения выведены из механики твердого тела и жидкостей, которые описывают микрореологические свойства материалов [1, 2]. Определение реологических свойств играет важную роль в контроле качества сырья и готового продукта, также от них зависят процессы и режимы транспортировки, хранения и переработки пищевых масс [3].

В сегодняшнее время повышенный интерес потребителей вызывает употребление традиционных продуктов, с увеличенным сроком хранения и простых в употреблении. Такими продуктами являются молочные продукты как сузмо (концентрированный кисломолочный продукт), курут (сушеное сузмо), сары май (топленое масло). Сузмо и курут являются источниками белка и кальция. Сары май является высококонцентрированным молочным жиром, который характеризуется богатым содержанием витамина А и продолжительным сроком хранения. Технология производства этих продуктов относительно простая и нетрудоемкая.

В литературе можно найти многочисленные исследования реологических, микробиологических свойств и параметров обработки, влияющих на производство концентрированного йогурта из арабских стран Labneh [3, 4, 5], турецкого продукта Torba [6], но информация о реологических кыргызских традиционных продуктах питания отсутствует. Таким образом, целью данного исследования было изучение реологических свойств различных образцов сузмо и топленого масла с использованием абсолютной реометрии.

Материалы и методы

Объектами исследования были выбраны 11 образцов сузмо и 5 образцов топленого масла. Реологические параметры были получены с помощью реометра MCR-302 (Anton Paar, Грац, Австрия) оснащенного концентрическим цилиндром CC27. Кривые течения были получены при температурах 20, 30, 40, 50, 60 и 70°C. Анализ тиксотропии проводился путем расчета площади гистерезиса. Метод оценки площади гистерезиса рассчитывает площадь между двумя кривыми, обычно это восходящая и нисходящая кривая развертки скорости сдвига. Эта площадь указывается в Па/с., которая была получена в результате измерений в трех различных режимах скорости сдвига: 1) скорость сдвига постепенно увеличивалась от 0,1 до 50 с⁻¹; 2) скорость сдвига была постоянной при скорости сдвига 50 с⁻¹; 3) скорость сдвига постепенно уменьшалась с 50 до 0,1 с⁻¹. Кривые вязкости, полученные в 3-м интервале, были смоделированы с использованием классических уравнений, таких как Остваль-Де-Вилля (1), Гершеля-Балкли (2) и Кэссона (3):

$$\tau = K \cdot \dot{\gamma}^n \quad (1)$$

$$\tau = \tau_0 + K \cdot \dot{\gamma}^n \quad (2)$$

$$\tau^{0.5} = \tau_0^{0.5} + \eta_{Ca} \cdot \dot{\gamma}^{0.5} \quad (3)$$

где $\dot{\gamma}$ - скорость сдвига, n - показатель поведения потока, τ_0 - предел текучести, η_{Ca} - коэффициент вязкости Кэссона.

Энергия активации E_a (Дж/моль) была рассчитана в соответствии с уравнением типа Аррениуса (уравнение 3) в диапазоне температур 40-70 °С, как описано в [7]:

$$\eta = A \left(-\frac{E_a}{RT} \right) \quad (4)$$

где η - вязкость как константа скорости реакции, A - предэкспоненциальный множитель (фактор частоты) для реакции, R - универсальная газовая постоянная, T - температура в кельвинах [8]. Предэкспоненциальный параметр A указывает внутреннее сопротивление жидкости потоку, которое не подвержено влиянию температуры [9].

Результаты и обсуждение

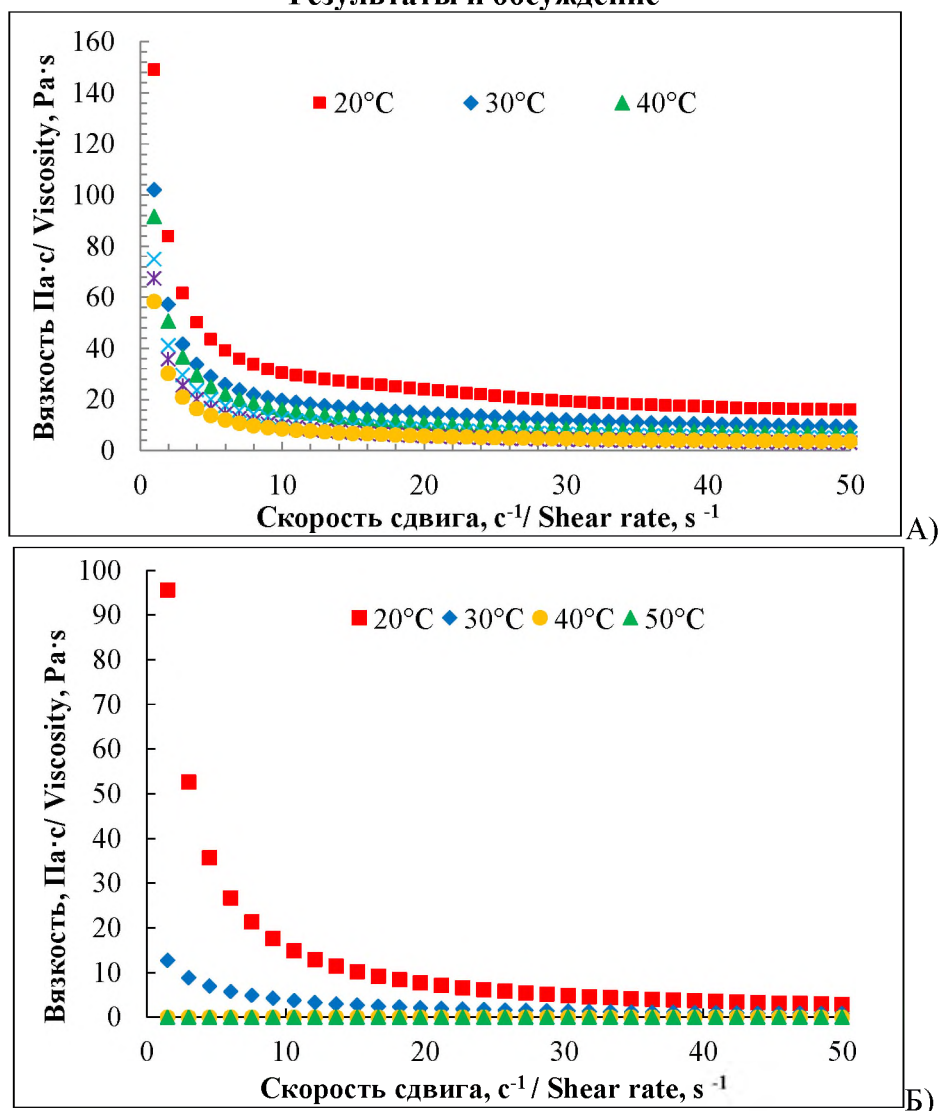


Рис. 1. Кажущаяся вязкость как функция скорости сдвига при температурах от 20 до 70°C

На рис. 1 приводится кривая вязкости пищевого продукта сузмо (А) и топленого масла (Б). Кажущаяся вязкость (η) исследованных продуктов снижается резко в диапазоне скорости сдвига от 0,02 до 10,00 с⁻¹, что показывает разрушение структуры. Затем кривые вязкости имеют участки плавного перехода к почти постоянной вязкости.

Кривые зависимости касательного напряжения от скорости сдвига сузмо (А) и топленого масла (Б) представлены на рис. 2. Анализируя кривые течения сузмо можно установить, что он реагирует как неньютоновская, псевдопластическая жидкость и имеет при всех температурах 20-70°C предел текучести (τ_0), который имеет значительные различия ($p < 0,05$). Для описания кривых текучести образцов сузмо при температурах 20 и 30°C среди реологических моделей наилучшее соответствие было получено при применении модели Бингама.

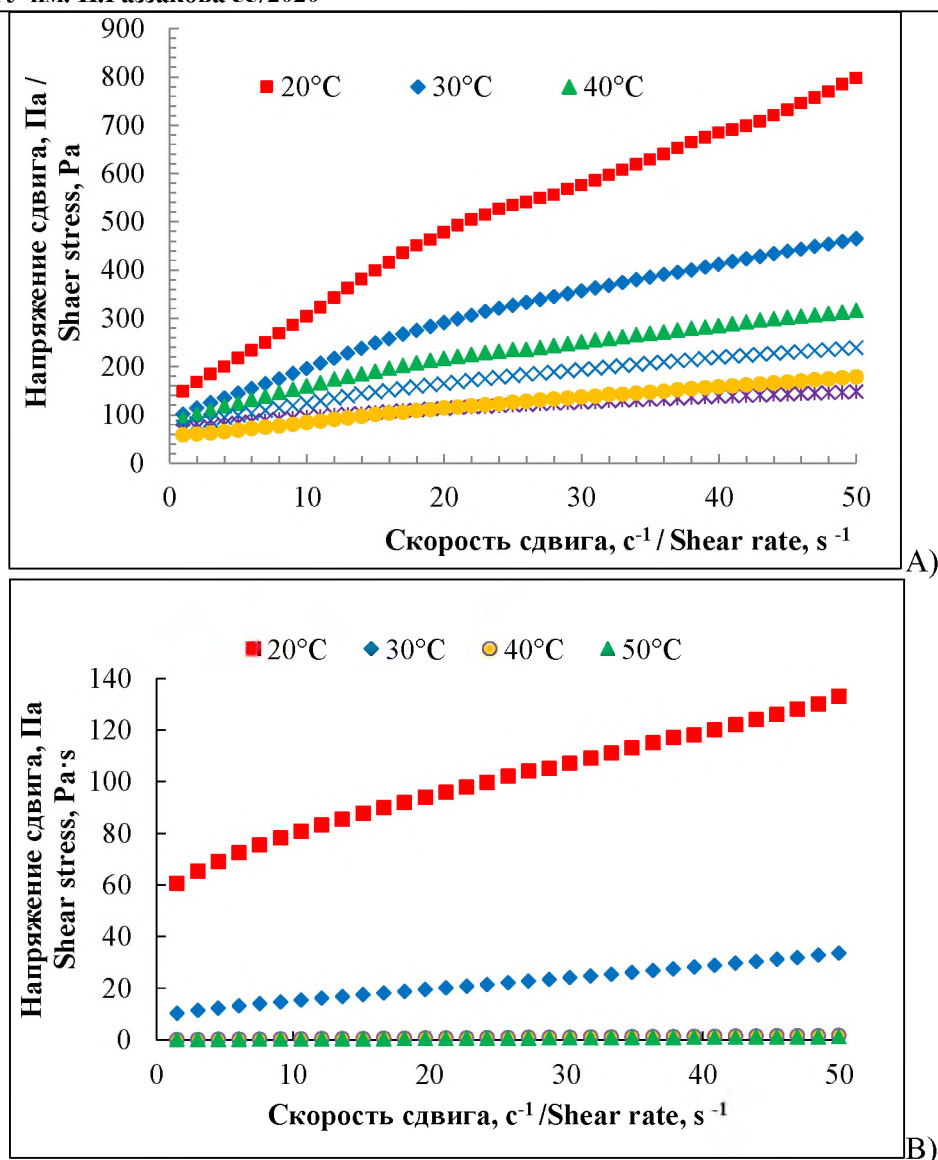


Рис. 2. Зависимость касательного напряжения от скорости сдвига при температурах от 20 до 70°C: А) Сузмо; Б) Топленое масло

При более высоком температурном диапазоне 40- 70°C кривых течения сузмо лучше описывает уравнение Кэссона ($R = 0,9506-0,9973$). Эффективная вязкость сузмо с повышением температуры от 20 - 70°C снижается с 15,88 до 0,26 Па·с, коэффициент консистенции 8,78 - 0,67 Па·сⁿ.

Анализируя кривые течения (рис 2 Б), было обнаружено, что топленое масло при 20-30°C также является неньютоновской псевдопластической жидкостью со значением предела текучести. Для описания кривой вязкости в данном диапазоне температуры кривые течения топленого масла справедливо применение уравнения Гершеля-Балкли. При повышении температуры (40-50°C) топленое масло плавиться и становится более текучим, что исчезает предел текучести. Таким образом, кривые течения наиболее точно описываются степенным уравнением Оствальда-Де-Вилля ($R=0,9985-0,9999$). При повышении температуры от 20 до 50°C расчетная эффективная вязкость топленого масла снижается с 2,613 до 0,023 Па·с.

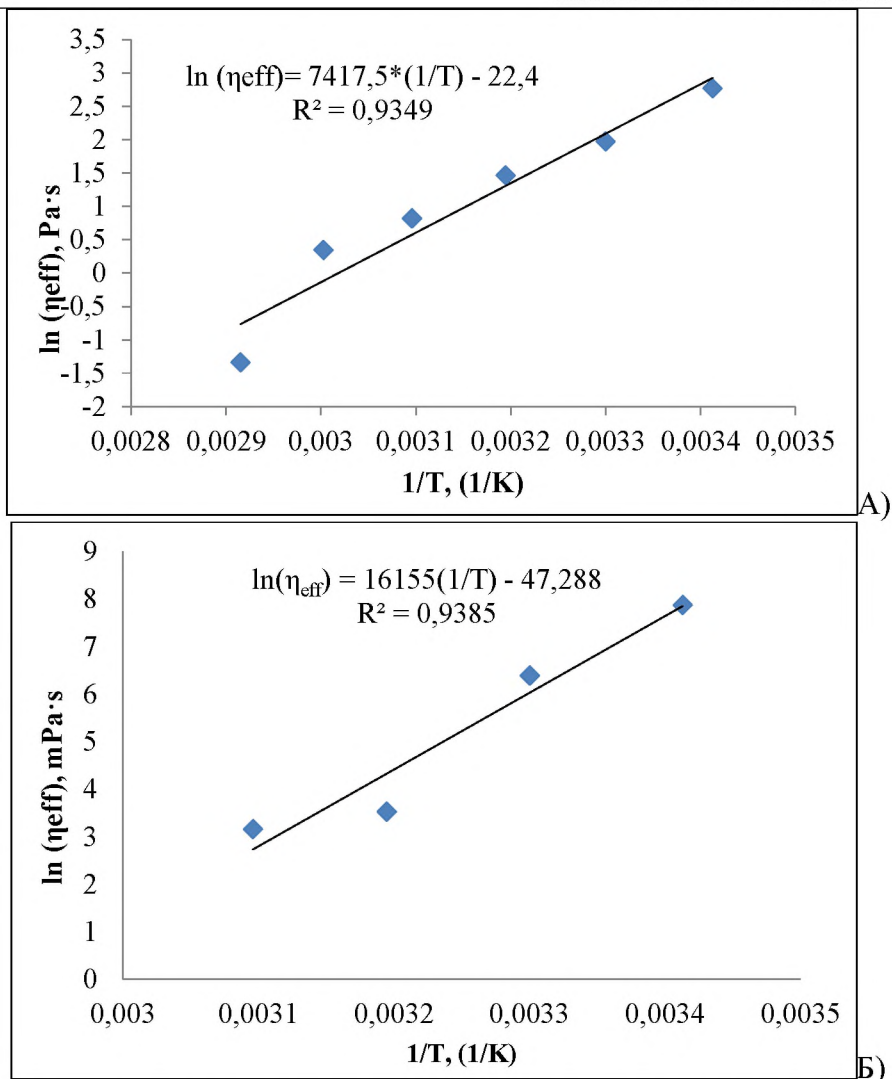


Рис. 3. Зависимость вязкости от обратной температуры в аррениусовских координатах: а) сузмо; б) топленое масло

Все реологические параметры сузмо и топленого масла, такие как предел текучести (τ_0), коэффициент консистенции (K) и эффективная вязкость (η_{eff}) снижаются с повышением температуры. Например, эффективная вязкость сузмо с повышением температуры от 20 - 70 °С снижается с 15,88 до 0,26 Па·с, топленого масла снижается с 2,613 до 0,023 Па·с, соответственно при температурах 20 и 50°С. Влияние температуры на вязкость жидкостей, включая концентрированные молочные продукты, описывается с помощью уравнения Аррениуса [10]. Для расчета энергии активации согласно уравнению (4), был построен линейный график зависимости вязкости $\ln(\eta_{\text{eff}})$ от обратной температуры $1/T$ в аррениусовских координатах (рис. 3). Согласно полученному уравнению из диаграммы (рис. 3): $\ln(\eta_{\text{eff}}) = 7417,5 \cdot (1/T) - 22,4$, энергия активации сузмо была равна: $E_a = 61,66$ кДж /моль. Энергия активации пищевых продуктов, которые относятся к ньютоновским жидкостям, увеличивается с уменьшением содержания воды от 14,4 кДж/моль (вода) до более 60 кДж/моль (концентрированные прозрачные соки и сахарные растворы) [11]. Согласно автору [1] значение энергии активации для концентрированного кисломолочного продукта Labneh было равно $21,26 \pm 0,62$ кДж/моль, а для концентратов мицеллярного казеина с содержанием белка 65 и 95% находились в диапазоне от 15,1-49,9 и от 15,8-46,2 кДж/моль, соответственно [10]. Энергия активации для образцов топленого масла была найдено как $E_a = 134,3 \pm 0,5$ кДж/моль с $R^2 = 0,9385$. [12]

Выводы

Впервые получены реологические параметры традиционных продуктов питания как топленое масло и сузмо. Все реологические параметры сузмо и топленого масла, такие как предел текучести (τ_0), коэффициент консистенции (К) и эффективная вязкость (η_{eff}) изменяются в зависимости от скорости сдвига и температуры. Найдены соответствующие реологические уравнения описывающие кривые течения исследованных продуктов питания. Полученные реологические параметры предоставляют полезную информацию для оптимизации производственных процессов и контроля качества, а также подлинности топленого масла и сузмо, а также могут быть полезны для разработки новых пищевых продуктов на основе сузмо, а также топленого масла.

Литература

1. Weipert D., Tscheuschner H.D., Windhab E. Rheologie der Lebensmittel. – Hamburg: Behr's Verlag, 1993.- 620 p.
2. Rao M.A. Rheology of fluid and semisolid foods. Principles and Application. Maryland: Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, 2007. - 482 p.
3. Сманалиева Ж.Н., Сенге Б. Управление реологическими свойствами меда /Сборник материалов I-ой научно-практ. конф. “Управление реологическими свойствами пищевых продуктов”. -2008. - С.106-110
4. Abu-Jdayil B, Mohameed H. Experimental and modelling studies of the flow properties of concentrated yogurt as affected by the storage time // Journal of Food Engineering.- 2002. - № 52(4).- С. 359-365
5. Abu-Jdayil B, Shaker R.R, Jumah, R.Y. Rheological behavior of concentrated yogurt (Labneh) // Int. J. Food Prop.- 2000. -№ 3. - С. 207-216.
6. Ozer B.H, Robinson R.K, Grandison A.S, Bell A.E. Comparison of techniques for measuring the rheological properties of labneh (concentrated yogurt)// Int. J. Dairy Technol.- 1997.-№ 50.- С.129–133.
7. Iskakova J, Smanalieva J, Methner F.J. Investigation of changes in rheological properties during processing of fermented cereal beverages. J. Food Sci. Technol.- 2019.- №56. -С. 3980–3987.
8. Steffe J.F, Rheological methods in food process engineering - East Lansing:, Freeman Press,2nd Edition, 1996. -418 p.
9. Goh S, Giap E, The Hidden Property of Arrhenius-type Relationship: Viscosity as a Function of Temperature// J. Phys. Sci. - 2010.-№ 21. –С. 29–39.
10. Sauer, A., Doehner, I., Moraru, C.I., Steady shear rheological properties of micellar casein concentrates obtained by membrane filtration as a function of shear rate, concentration, and temperature //J. Dairy Sci.- 2012.-№95. –С. 5569–5579.
11. Krokida M.K, Maroulis Z.B, Saravacos G.D. Rheological properties of fluid fruit and vegetable puree products: Compilation of literature data// Int. J. Food Prop. -2001.-№ 4. С. 179–200.
12. Кожобекова К.К. Функционалдуу тамак- аш азыктары // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова – 2020 - №1 (53). – С. 85 – 92.