

## Пищевые системы

## Food Systems

Научная статья

УДК 664.653.124

doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-115-122

**Исследование вязкости эмульсии для производства  
дрожжевого теста****Анна Тимофеевна Васюкова<sup>✉1</sup>, Ирина Урузмаговна Кусова<sup>2</sup>,  
Александр Владимирович Мошкин<sup>3</sup>, Элла Олеговна Герасимова<sup>4</sup>**

Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Волоколамское шоссе, 11, Москва, Россия, 125080

<sup>✉1</sup>vasyukova-at@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7374-4145><sup>2</sup>kusovaiu@mgupp.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8022-7229><sup>3</sup>aldahaev@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5607-0364><sup>4</sup>angerelin@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0003-2714-4306>

**Аннотация.** В статье рассмотрена проблема повышения качества дрожжевого теста, приготовленного безопасным способом, путем введения эмульсионных продуктов, предварительно подготовленных нужной консистенции и составных компонентов. Объектами исследования были яично-молочные, яично-молочно-сахарные смеси различной концентрации. В процессе выполнения работы использовались органолептические, реологические, физико-химические и статистические методы. Проведены исследования по выявлению влияния концентрации белка, отдельных составных компонентов яйца и, в частности, желтка в бинарной системе с молоком на плотность пищевой системы. Исследуемые яично-молочные массы были использованы для обоснования процесса их эмульгирования и взаимодействия со структурой дрожжевого теста. Бинарная композиция желтка или целого яйца (белок и желток) с молоком или молоком и сахаром подвергалась интенсивному перемешиванию, в результате чего получена эмульсия различной вязкости. Выявлены оптимальные концентрации составных компонентов эмульсии – яично-молочная смесь без сахара 12:70; желток, молоко и сахар 8:74:15; яично-молочная смесь с сахаром 7:38:15. Установлена динамика изменения вязкости эмульсии. При изменении температуры на 1°C вязкость изменяется на 0,02, а при изменении на 25°C, т. е. до критической температуры раствора (75°C) его вязкость изменится на 0,72, а не 0,50; т. е. для бинарных смесей (желток – молоко) наблюдается зависимость от свойств составных компонентов эмульсии. С изменением состава эмульсии (целое яйцо или отдельно его желток) увеличение вязкости осуществляется уже при более низкой температуре – от 50 до 62°C, что в результате приведет к денатурации белка, которая происходит в интервале температур между 58 и 80°C, а желтка – в гораздо более узком диапазоне – 63-70°C. Поэтому при температуре 75°C наблюдается денатурация смеси желтка и белка, т. е. критическая температура для вязкости смеси.

**Ключевые слова:** эмульсия, дрожжевое тесто, рецептура, вязкость жидкости, белковые растворы, бинарные смеси

**Для цитирования.** Васюкова А. Т., Кусова И. У., Мошкин А. В., Герасимова Э. О. Исследование вязкости эмульсии для производства дрожжевого теста // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 3(45). С. 115–122.

doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-115-122

Original article

## Study of emulsion viscosity for the production of yeast dough

Anna T. Vasyukova<sup>✉1</sup>, Irina U. Kusova<sup>2</sup>, Alexander V. Moshkin<sup>3</sup>, Ella O. Gerasimova<sup>4</sup>

Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH), 11 Volokolamskoye Shosse, Moscow, Russia, 125080

<sup>1</sup>vasyukova-at@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7374-4145>

<sup>2</sup>kusovaiu@mgupp.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8022-7229>

<sup>3</sup>aldahaev@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5607-0364>

<sup>4</sup>angerelin@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0003-2714-4306>

**Abstract.** The article considers the problem of improving the quality of yeast dough prepared in a safe way by introducing emulsion products, pre-prepared with the required consistency and components. The objects of the study were egg-milk, egg-milk-sugar mixtures of various concentrations. In the process of performing the work, organoleptic, rheological, physicochemical and statistical methods were used. The studies were conducted to identify the effect of the concentration of egg protein, individual components of the egg, and, in particular, the yolk in a binary system with milk, on the density of the food system. The studied egg-milk masses were used to substantiate the process of their emulsification and interaction with the structure of yeast dough. The binary composition of the yolk or whole egg (protein and yolk) with milk or milk and sugar was subjected to intensive mixing, as a result of which an emulsion of varying viscosity was obtained. The optimal concentrations of the constituent components of the emulsion were revealed - egg-milk mixture without sugar 12:70; yolk, milk and sugar 8:74:15; egg-milk mixture with sugar 7:38:15. The dynamics of change in emulsion viscosity was established. With a temperature change of 1°C, the viscosity changes by 0.02, and with a change of 25 °C, i.e. up to the critical temperature of the solution (75°C), its viscosity will change by 0.72, not 0.50; i.e. for binary mixtures (yolk – milk) there is a dependence on the properties of the constituent components of the emulsion. With a change in the composition of the emulsion (whole egg or its yolk separately), an increase in viscosity occurs at a lower temperature – from 50 to 62°C, which will ultimately lead to denaturation of the protein, which occurs in the temperature range between 58 and 80°C, and yolk – in a much narrower range – 63-70°C. Therefore, at a temperature of 75°C, denaturation of the mixture of yolk and protein is observed, i.e. the critical temperature for the viscosity of the mixture.

**Keywords:** emulsion yeast dough formulation, viscosity, protein solutions, binary mixtures speaker concentration

**For citation.** Vasyukova A.T., Kusova I.U., Moshkin A.V., Gerasimova E.O. Study of emulsion viscosity for the production of yeast dough. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;3(45):115–122. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2024-3-45-115-122

**Введение.** Потребителей все больше беспокоит высокое содержание сахара и качество мучных кулинарных изделий в процессе хранения. Использование сахарных спиртов в качестве заменителей сахара в мучных кулинарных и хлебобулочных изделиях является обычной практикой, главным образом из-за их модулирующих технологических свойств, улучшения качества и пользы для здоровья [1]. Это не только подсластители с пониженной калорийностью, обычно используемые в сочетании с другими подсластителями для достижения желаемого вкуса и уровня сладости,

но также улучшители мучных кулинарных изделий и других функциональных продуктов питания. Применение улучшителей направлено и на стабилизацию структурно-реологических показателей, обеспечивающих требуемые показатели качества, важные для потребителей. Наряду с безопасностью и продолжительностью реализации необходимы вкусо-ароматические показатели, отсутствие крошливости, пористость мякиша.

Помимо кисломолочного брожения в технологии производства мучных изделий на определенных стадиях возникает спиртовое,

которое требует регулирования использования углеводов, отслеживания их воздействия на реологические свойства теста, выяснения скорости брожения, образования спирта и удельный объем. Shiyon Ding и Jun Yang (2021) проиллюстрировали распределение и миграцию влаги в дрожжевом тесте [2]. В процессе ферментативного гидролиза полисахарида (крахмала) образуется солодовый сахар (мальтоза) и вместе с сахарозой, входящей в тесто по рецептуре, постоянно активизирует реакцию спиртового брожения. Образовавшийся при этом инвертный сахар предотвращает процесс засахаривания продукта. Кобыляцкий П. С. (2019), комментируя сущность процесса образования структуры теста, обращает внимание на реакции, связанные с изменением полисахаридов муки [3].

Важным является влияние углеводов на организм [4, 5]. Используя биоинформатику, возможно прогнозировать или предсказывать, как организм разных людей будет реагировать на одни и те же простые сахара или полисахариды, биоантиоксиданты, функциональные добавки, которые оказывают значительное влияние на человека. У одних повышается иммунитет, а у других не будет никакого эффекта. Поэтому открывается путь к персонализированной медицине, за которой будущее [3].

Однако недостаточно исследований, которые бы в комплексе обосновывали процессы формирования технологических факторов получения модельных смесей (систем) и изделий из них и метаболизм их в организме человека для получения максимального эффекта от употребления пищи.

Тесто представляет собой комплексную трехмерную сетчатую структуру, в которой взаимодействуют белки, крахмальные гранулы, вода и воздух [2]. Являясь важнейшим белком, глютен образует вязкоупругую структуру теста и булочек; а крахмалы (амилоза и амилопектин) также влияют на структурные свойства теста (Ding & Yang, 2013; Korus, Witczak, Ziobro и Juszczak, 2015; Huang, Guo, Wang, Ding и Cui, 2016) [6–8]. Во время хранения булочки постепенно черствеют, что связано со сложными физическими и химическими изменениями, включая уплотнение мякиша, ретроградацию крахмала, миграцию воды и потерю вкуса (Curti E., Carini E., Vittadini E., 2017) [9]. Чтобы улучшить струк-

туру, смягчить текстуру и оптимизировать обработку, приобрели популярность улучшители, включая сахарные спирты, эмульгаторы, ферменты, гидроколлоиды, которые могут обеспечить стабильную и прочную сетку, замедляющую черствение, желаемый вкус и более длительный срок хранения булочек. Например, мальтит и сорбит в виде сахарных спиртов потенциально могут использоваться в качестве улучшителя теста и средства, препятствующего черствению изделий. Сахарные спирты удобны для замены сахарозы, поскольку их можно добавлять в соотношении примерно 1:1, чтобы обеспечить такую же объемную емкость, как и сахароза. Благодаря невосстанавливающим свойствам сахарные спирты не участвуют в реакциях потемнения во время выпечки (Bhise & Kaur, 2014) [10].

Кроме перечисленных функциональных свойств составных компонентов рецептуры и их влияния на формирование структуры теста оказывает влияние воздействие эмульсии, образованной маслом и белком молока. Однако данных исследований по этому направлению, связанных с дрожжевым тестом, недостаточно. Но Вану J. [11] исследовано влияние замены подсолнечного масла в типичной рецептуре кексов на различные эмульсии на основе белка, такие как сыворотка, молоко или яичный белок [12]. Фундаментальные реологические измерения показали существенные различия между эмульсиями, приготовленными с белками сои, люпина и дрожжей. Самая высокая вязкость 2,04 Па·с была зарегистрирована для эмульсии на основе белка люпина, тогда как эмульсия на основе дрожжевого белка имела самую узкую линейную вязкоупругую область [13].

Влияние эмульсий на основе белков на термомеханические свойства теста из пшеничной муки дополнительно исследовал Terdtay N. (2022) [12]. Замена масла эмульсией привела к лучшей желатинизации крахмала, при этом крутящий момент смеси был зарегистрирован для теста с эмульсиями соевого и люпинового белков. Значительные различия по влажности, цвету, пористости и текстуре наблюдались между кексами, приготовленными с использованием белковых эмульсий, и контрольными. Выпечка с пониженным содержанием жира сохраняла большее количество воды (25,05-26,00%), имела несколько более яркий цвет (интен-

сивность цвета 46,34-46,81) и более твердую текстуру (твердость 5,64-5,86 Н) [14]. Сенсорный анализ подтвердил, что эмульсии белков сои, люпина и дрожжей вводят в рецептуры образцов маффинов с приемлемым вкусом и ароматом, а также общим качеством, сравнимым с контролем. Эти результаты показывают, что эмульсии на основе белка являются многообещающими заменителями масла в рецептурах кексов [15].

Хотя подобные исследования использования эмульсий в технологии производства дрожжевого теста в полном объеме детально обоснованы, ранее не были опубликованы.

Эмульсия по сравнению с суспензией более основательно связывает сыпучие компоненты рецептуры в процессе тестоприготовления, что позволяет достичь однородности среды и последующего равномерного распределения в тесте, что позволит в дальнейшем достичь получения необычных вкусовых ощущений, устойчивой структуры и внешнего вида.

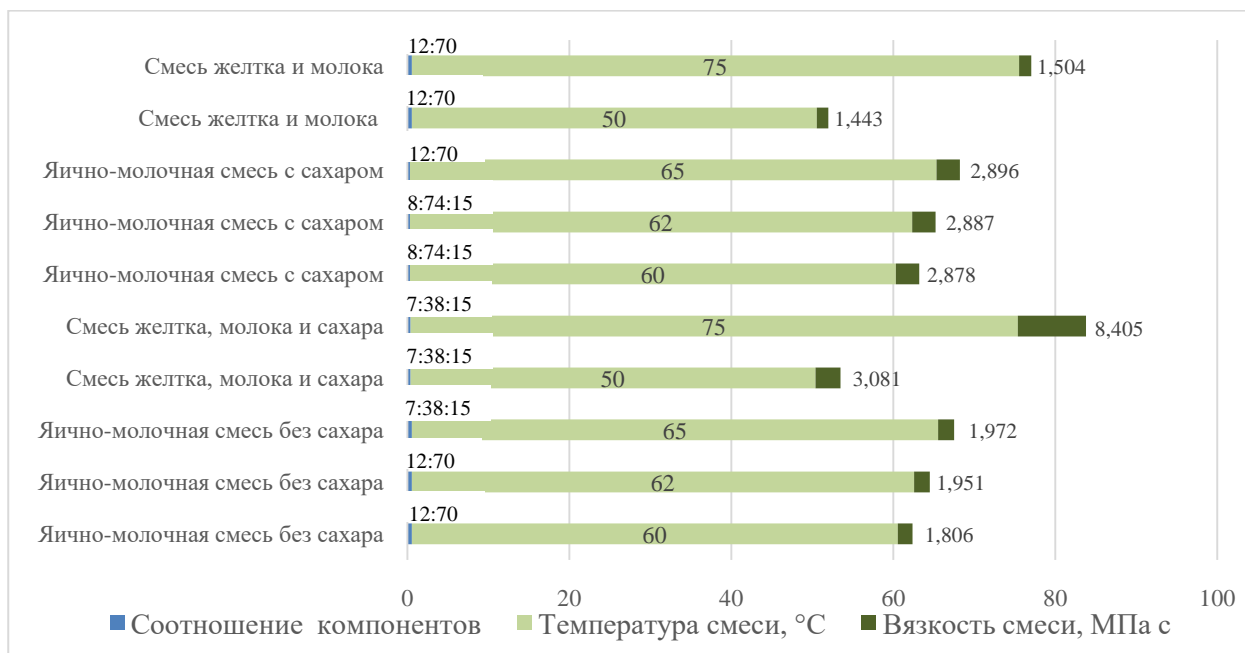
Исследования проведены с целью получения стабильной эмульсии для дрожжевого теста.

**Материалы и методы исследования.** Научные разработки выполнялись в лабораторных условиях ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет». В качестве образцов были выбраны эмульсии на основе молока, яиц и сахара для изготовления теста.

Основными показателями были: температура, продолжительность процесса, вязкость отдельных компонентов и эмульсии. Для исследований использован вискозиметрический метод для выявления вязкости жидких сред и эмульсии; методы определения качества яиц и температуры по ГОСТ 31469-2012, а также метод сенсорного анализа.

Проведен патентный поиск и анализ научной литературы. Полученные показатели базируются на существующих апробированных технологиях производства дрожжевого теста и эмульсионных продуктов [16–18].

**Результаты исследования.** Плотность компонентов, входящих в рецептуру, существенно влияет на консистенцию эмульсии и структуру теста. Введение поэтапно желтка, целого яйца, сахара в молоко зависело от концентрации перечисленных продуктов и температуры. Полученные таким образом яично-молочные растворы были использованы для обоснования процесса эмульгирования указанных сред и взаимодействия со структурой дрожжевого теста. Бинарная композиция желтка или целого яйца (белок и желток) с молоком или молоком и сахаром, подвергалась интенсивному перемешиванию, в результате чего получена эмульсия различной вязкости. Влияние температуры на вязкость бинарных яично-молочных эмульсий показано на рисунке 1.



**Рисунок 1.** Изменение вязкости яично-молочных эмульсий от температуры  
**Figure 1.** Change in viscosity of egg-milk emulsions from temperature

Влияние температуры на консистенцию и текстуру эмульсии наблюдается при различных температурных режимах: от 50 до 75°C, что существенно зависит от сенсорной оценки яично-молочной смеси, основой которой, остро реагирующей на повышение температуры, является желток, целое яйцо (желток и белок, размешанный до однородной консистенции). Сенсорная оценка текстуры яично-молочной смеси, а также смеси с добавлением сахара, проведенная по М. Боурну, пока-

зывает, что при повышении температуры в указанном диапазоне на каждый 1°C вязкость увеличивается равномерно на 0,02 МПа только до достижения 25°C. С увеличением температуры вязкость эмульсии возрастает с таким же интервалом температур на 0,72 МПа до критической, т.е. до появления ступок – 75°C, которая зависит от составных компонентов эмульсии желток – молоко.

Влияние концентрации белковых эмульсий на их реологию показано в таблице 1.

**Таблица 1.** Изменение вязкости бинарных эмульсий  
**Table 1.** Changing the viscosity of binary emulsions

Образец	Долевые части смесей	Время истечения воды, с	Время истечения эмульсии, с	Температура эмульсии, °С	Вязкость эмульсии, МПа с
Смесь желтка и молока	12:70	5,514	7,957 8,312	50 75	1,440 1,506
Смесь желток – молоко и сахар	8:74:15	5,514	16,643 26,348	50 75	3,082 8,403
Смесь яйца и молока	12:70	5,514	9,932	62	1,803
Смесь яично-молочная и сахара	7:38:15	5,514	15,876	62	2,878

В бинарных смесях (желток–молоко) отмечена зависимость от концентрации и взаимодействия компонентов рецептуры. Отмечено увеличение вязкости с повышением температуры как бинарной смеси, так и яично-молочной с добавлением сахара. Причем с изменением состава эмульсии (целое яйцо или отдельно его желток) увеличение вязкости осуществляется уже при более низкой температуре – от 50 до 62°C. С дальнейшим увеличением температуры происходит денатурация белка, что будет отрицательно сказываться на его последующее использование в технологии дрожжевого теста.

Эта же зависимость наблюдается и при введении в пищевую систему сахара. Но в данном опыте по сравнению с образцом на основе желтка при его максимальной концентрации в смеси отмечена вязкость слабо концентрированной эмульсии в 2,9 раза менее плотная, которая уже при 62°C начинает денатурировать. Этот температурный режим

может быть применен при замесе теста безпарным способом, и полученная эмульсия будет оптимальна для дрожжевого теста.

Степень вязкости полученной эмульсии можно определить на основании коэффициента вязкости. С этой целью выявим зависимость динамической вязкости эмульсии от концентрации ее составных компонентов по методу Кендалл и Монроэ (Kendall J. and Monroe K.P., 1982):

$$\mu_{mix}^{1/3} = x_1 \cdot \mu_1^{1/3} + x_2 \cdot \mu_2^{1/3}, \quad (1)$$

а также по методу Аррениуса для подобных белковых смесей:

$$\lg \mu_{mix} = x_1 \cdot \lg \mu_1 + x_2 \cdot \lg \mu_2, \quad (2)$$

где:

$\mu_{mix}$  – коэффициент динамической вязкости смеси, мПа·с;

$\mu_1$  и  $\mu_2$  – коэффициенты динамической вязкости компонентов смеси, мПа·с;

$x_1$  и  $x_2$  – мольные доли компонентов смеси.

Для расчетов используем полученные в исследовании показатели (рис. 1 и табл. 2): желток – молоко, 50-75°C;  $x_1=1,440$ ;  $x_2=1,506$ ; яйцо – молоко, 60-65°C;  $x_1=1,801$ ;  $x_2=1,970$ .

Результаты исследований коэффициента динамической вязкости жидкости в различных средах приведены в таблице 2.

Применение метода Kendall J. and Monroe K.P. для бинарных смесей позволило с уверенностью заключить, что коэффициент  $\mu$  для целого яйца (желток и белок, размешанный до однородной консистенции) выше, чем желтка. Причем он увеличивается с повышением температуры жидкой среды.

**Таблица 2.** Определение коэффициента динамической вязкости жидкости в различных средах  
**Table 2.** Determination of the coefficient of dynamic viscosity of a liquid in various environments

Вид жидкой среды	Коэффициент динамической вязкости, $\mu$ , мПа·с	Составные части смеси	Температура, эмульсии °С	Коэффициент динамической вязкости по Кендалл и Монроэ, $\mu$ , мПа·с	Коэффициент динамической вязкости по методу Аррениуса, $\mu$ , мПа·с
Молока – желтка	1,8 2,0	желток – молоко	50-55	1,5396	6,6240
Жидкого яйца	1,5	яйцо – молоко	60-65	1,6443	6,4669

При определении динамической вязкости методом Аррениуса возникает недопустимая погрешность, и данный метод для данных бинарных смесей неприменим.

**Выводы.** Научно обоснованы возможности производства эмульсии с использованием яично-молочных и яично-молочно-сахарных пищевых систем в технологии дрожжевого

теста. Результаты полученных реологических исследуемых эмульсий целесообразны для предприятий общественного питания при изготовлении дрожжевого теста, а также других кулинарных изделий, где используются бинарные яично-молочные и яично-молочно-сахарные системы.

### Список литературы

1. Marzec A., Kowalska J., Domian E., Galus S., Czurzynska A., Kowalska H. Characteristics of dough rheology, structural, mechanical and organoleptic properties of biscuits with sweeteners. National library of medicine. *Molecules*. 2021; 26(21): 6638. <https://doi.org/10.3390/molecules26216638>
2. Ding S., Yang J. Effect of sugar alcohols on rheological properties, functionality and texture of baked goods – a review. *Trends in Food Science and Technology*. 2021;111:670–679. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.03.009>
3. Здоровая пища и питание женщин и их семей. Региональное бюро ЮНИСЕФ. Женева: Всемирная организация здравоохранения, 2002. 194 с.
4. Гончар Н. Простые и сложные углеводы. Международный институт интегративной нутрициологии. <https://miin.ru/blog/prostye-i-slozhnye-uglevody> (Дата обращения 4.06.2024).
5. Лысиков Ю. А. Углеводы в клиническом питании // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2013. № 2(10). С. 89–109. EDN: RVQYSX
6. Dean S.Yu., Young J. Effect of emulsifiers on the rheological properties of wheat flour dough and the quality of fried instant noodles. *LWT-Food Science and Technology*. 2013;53:61–69.
7. Korus R., Witczak M., Ziobro P., Juszcak L. The influence of a corn flour on the rheological properties of gluten-free dough and the physical characteristics of bread. *European Food Research and Technology*. 2015;240:1135–1143.
8. Huang G.H., Guo Q.B., Wang Q., Dean H.H., Tsui S.V. Fenugreek fiber in bread: influence on dough formation and bread quality. *LWT-Food Science and Technology*. 2016;71:274–280.
9. Curti E., Carini E., Vittadini E. Stalling and water dynamics in high gluten bread. *European Food Research and Technology*. 2017;243:1173–1182.

10. Bhize S., Kaur A. Baking qualities, organoleptic properties and shelf life of bread with polyols. *Journal of Food Science and Technology*. 2014;51:2054–2061.
11. Patrascu L., Vasilyan I., Dumitrascu L. and Aprodu I. The influence of protein emulsions on the rheological, thermomechanical and baking characteristics of muffin recipes. *Applied Science*. 2023;13(5):3316. <https://doi.org/10.3390/app13053316>
12. Terdtay N. Reducing the content of sugar, salt and fat in bakery products. *Adv. Food Nutr. Res.* 2022;99:283–327.
13. Manoj K., Rizvi S.S. Emulsification mechanisms and characteristics of cold gelled emulsions prepared from textured whey protein concentrate. *Food Hydrocoll.* 2009;23:1837–1847.
14. Liu F., Tan K.H. Cold gelled whey protein emulsions obtained by microfluidization: rheological properties and microstructures. *Food chemical*. 2011;127:1641–1647.
15. Burley C.L., Quemada D., Parker, A. Viscosity modeling of depleted flocculated emulsions. *Colloid. Surfing. A-Physicochem. English Asp.* 2002;203:11–20.
16. Васюкова А. Т., Абесадзе Л. Т. Влияние компонентов рецептуры на качество хлебобулочных изделий при хранении // Хлебопродукты. 2008. № 8. С. 50-51. EDN: JUXLVP
17. Васюкова А. Т., Жилина Т. С. Организация процесса и приготовление сложных хлебобулочных, мучных кондитерских изделий. Лабораторный практикум. Москва: Русайнс, 2016. 326 с. EDN: YQDFRJ
18. Васюкова А. Т., Пучкова В. Ф. Современные технологии хлебопечения. Москва: Дашков и К°, 2010. 224 с.

### References

1. Marzec A., Kowalska J., Domian E., Galus S., Cyurzynska A., Kowalska H. Characteristics of dough rheology, structural, mechanical and organoleptic properties of biscuits with sweeteners. *National library of medicine. Molecules*. 2021;26(21):6638. <https://doi.org/10.3390/molecules26216638>
2. Ding S., Yang J. Effect of sugar alcohols on rheological properties, functionality and texture of baked goods – a review. *Trends in Food Science and Technology*. 2021;111:670-679. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.03.009>
3. Healthy food and nutrition for women and their families. UNICEF Regional Office. Geneva: World Health Organization, 2002. 194 p. (In Russ.)
4. Gonchar N. Simple and complex carbohydrates. International Institute of Integrative Nutrition. <https://miin.ru/blog/prostye-i-slozhnye-uglevody>. (Date of access 06.04.2024). (In Russ.)
5. Lysikov Yu.A. Carbohydrates in clinical nutrition. *Ekspierimental'naiia i klinicheskaya gastroenterologiya [Experimental & clinical gastroenterology]*. 2013;2(10):89–109. (In Russ.). EDN: RVQYSX
6. Dean S.Yu., Young J. Effect of emulsifiers on the rheological properties of wheat flour dough and the quality of fried instant noodles. *LWT-Food Science and Technology*. 2013;53:61–69.
7. Korus R., Witzak M., Ziobro P., Juszczak L. The influence of a corn flour on the rheological properties of gluten-free dough and the physical characteristics of bread. *European Food Research and Technology*. 2015;240:1135–1143.
8. Huang G.H., Guo Q.B., Wang Q., Dean H.H., Tsui S.V. Fenugreek fiber in bread: influence on dough formation and bread quality. *LWT-Food Science and Technology*. 2016;71:274–280.
9. Curti E., Carini E., Vittadini E. Stalling and water dynamics in high gluten bread. *European Food Research and Technology*. 2017;243:1173–1182.
10. Bhize S., Kaur A. Baking qualities, organoleptic properties and shelf life of bread with polyols. *Journal of Food Science and Technology*. 2014;51:2054–2061.
11. Patrascu L., Vasilyan I., Dumitrascu L. and Aprodu I. The influence of protein emulsions on the rheological, thermomechanical and baking characteristics of muffin recipes. *Applied Science*. 2023; 13(5):3316. <https://doi.org/10.3390/app13053316>
12. Terdtay N. Reducing the content of sugar, salt and fat in bakery products. *Adv. Food Nutr. Res.* 2022;99:283–327.
13. Manoj K., Rizvi S.S. Emulsification mechanisms and characteristics of cold gelled emulsions prepared from textured whey protein concentrate. *Food Hydrocoll.* 2009;23:1837–1847.
14. Liu F., Tan K.H. Cold gelled whey protein emulsions obtained by microfluidization: rheological properties and microstructures. *Food chemical*. 2011;127:1641–1647.
15. Burley C.L., Quemada D., Parker, A. Viscosity modeling of depleted flocculated emulsions. *Colloid. Surfing. A-Physicochem. English Asp.* 2002;203:11–20.
16. Васюкова А. Т., Абесадзе Л. Т. Influence of formulation components on the quality of bakery products during storage. *Khleboproducty*. 2008;(8):50-51. (In Russ.). EDN: JUXLVP

17. Vasyukova A.T., Zhilina T.S. *Organizatsiya protsessa i prigotovleniye slozhnykh khlebobulochnykh, muchnykh konditerskikh izdeliy. Laboratornyy praktikum* [Organization of the process and preparation of complex bakery and flour confectionery products. Laboratory workshop]. Moscow: Rusayns, 2016. 326 p. (In Russ.). EDN: YQDFRJ

18. Vasyukova A.T., Puchkova V.F. *Sovremennyye tekhnologii khlebopecheniya* [Modern bakery technologies]. Moscow: Dashkov i K<sup>o</sup>, 2010. 224 p. (In Russ.)

---

#### Сведения об авторах

**Васюкова Анна Тимофеевна** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет», SPIN-код: 2889-1457, Scopus ID: 57215827520, Researcher ID: A-7879-2016

**Кусова Ирина Урузмаговна** – кандидат технических наук, доцент, кафедры индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет», SPIN-код: 6502-2738, Scopus ID: 57191155074

**Мошкин Александр Владимирович** – кандидат технических наук, м. н. с. кафедры индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет»

**Герасимова Элла Олеговна** – кандидат технических наук, доцент, кафедры физико-математических дисциплин, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет», SPIN-код: 8609-3321, Scopus ID: 58111753900

#### Information about the authors

**Anna T. Vasyukova** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Food Industry, Hotel Business and Service, Russian Biotechnological University, SPIN-code: 2889-1457, Scopus ID: 57215827520, Researcher ID: A-7879-2016

**Irina U. Kusova** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Food Industry, Hotel Business and Service, Russian Biotechnological University, SPIN-code: 6502-2738, Scopus ID: 57191155074

**Alexander V. Moshkin** – Candidate of Technical Sciences, Junior Researcher, Department of Food Industry, Hotel Business and Service, Russian Biotechnological University

**Ella O. Gerasimova** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Physics and Mathematics, Russian Biotechnological University, SPIN-code: 8609-3321, Scopus ID: 58111753900

---

**Авторский вклад.** Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

**Author's contribution.** All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

---

Статья поступила в редакцию 27.08.2024;  
одобрена после рецензирования 11.09.2024;  
принята к публикации 16.09.2024.

The article was submitted 27.08.2024;  
approved after reviewing 11.09.2024;  
accepted for publication 16.09.2024.