



СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

AGRICULTURE

УДК 664.71

DOI 10.30914/2411-9687-2022-8-1-9-18

ВЛИЯНИЕ ВИДА ЖИДКОСТИ НА ВЯЗКОСТЬ СУСПЕНЗИИ

А. Т. Васюкова¹, К. В. Кривошонок¹, А. Е. Алексеев², А. В. Мошкин², М. Талби²

¹Московский государственный университет пищевых производств, г. Москва, Российская Федерация

²Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского (ПКУ), г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Введение. Свойства суспензий в основном определяются дисперсностью, формой частиц и величиной поверхности раздела. Наиболее важные свойства суспензии: плотность, вязкость и устойчивость. **Цель разработки** – определение влияния жидких сред для получения суспензии при изготовлении жидкого пресного теста для блинчиков. **Материалы и методы.** В статье объектами исследования служили различные жидкие среды (вода, молоко, вода : молоко – 1:1) и различные виды муки: пшеничной, рисовой, гречневой, амарантовой, миндальной, кукурузной и льняной. Кинематическую вязкость исследуемой суспензии определяли методом вискозиметрии на приборе ВПЖ-2. Данная вязкость ν по произведению τ движению по капилляру на постоянную C . Получено, что амарантовая мука на 21,7 г меньше содержит крахмала, по сравнению с рисовой, а миндальная составляет только 8,8 %. Льняная мука крахмал не содержит, но она богата пищевыми волокнами и в 10 раз превосходит образцы муки из зерновых культур. Свойства исследуемой суспензии находятся в зависимости от физико-химических показателей составных компонентов рецептуры. Основные из них – это качество сырья (виды муки: пшеничной, рисовой, гречневой, амарантовой, миндальной, кукурузной и льняной); а также показатели этих продуктов – μ , ρ , pH. Получено, что компоненты суспензии регулируют дисперсионную среду: минимальная μ у суспензии из амарантовой, а также рисовой муки, а максимальная кинематическая μ у суспензии на основе кукурузной муки. Поэтому при приготовлении жидкого теста желателно купажировать кукурузную муку с пшеничной и рисовой. Введение молока в суспензию увеличивает кинематическую вязкость по сравнению с водой. Жидкая фракция суспензии (вода : молоко – 1:1) позволила получить вязкость, занимающую промежуточное положение между водой и молоком. Таким образом, температура оказывает влияние на вязкость суспензии. При увеличении температуры в диапазоне 10–20 °С происходит уплотнение суспензии. **Результаты исследований** по вязкости мучных суспензий в определенном температурном интервале позволяют установить их технологические характеристики и могут быть использованы в практической производственной деятельности.

Ключевые слова: мука, суспензия, вода, водно-молочная смесь, вязкость, структурно-реологические свойства

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Васюкова А. Т., Кривошонок К. В., Алексеев А. Е., Мошкин А. В., Талби М. Влияние вида жидкости на вязкость суспензии // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2022. Т. 8. № 1. С. 9–18. DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2022-8-1-9-18>

EFFECT OF LIQUID TYPE ON SUSPENSION VISCOSITY

A. T. Vasyukova¹, K. V. Krivoshonok¹, A. E. Alekseev², A. V. Moshkin², Talbi M.²¹ Moscow State University of Food Production, Moscow, Russian Federation² Moscow State University of Technology and Management named after K. G. Razumovsky (FKU),
Moscow, Russian Federation

Abstract. Introduction. The properties of suspensions are mainly determined by the dispersion, the shape of the particles, and the size of the interface. The most important properties of the suspension are density, viscosity and stability. **The purpose** of the development is to determine the effect of liquid media to obtain a suspension in the manufacture of liquid unleavened dough for pancakes. **Materials and methods.** In the article, various liquid media (water, milk, water : milk – 1: 1) and various types of flour: wheat, rice, buckwheat, amaranth, almond, corn and flax served as the objects of research. The kinematic viscosity of the studied suspension was determined by viscometry on a VPZh-2 instrument. This viscosity is ν by the product of τ to the movement through the capillary by constant C. It was found that amaranth flour contains 21.7 g less starch than rice flour, and almond flour is only 8.8 %. Flaxseed flour does not contain starch, but it is rich in dietary fiber and is 10 times superior to samples of flour from grain crops. The properties of the studied suspension depend on the physicochemical parameters of the constituent components of the formulation. The main ones are the quality of raw materials (types of flour: wheat, rice, buckwheat, amaranth, almond, corn and linen); as well as the indicators of these products – μ , ρ , pH. It was found that the components of the suspension regulate the dispersion medium: the minimum μ for a suspension of amaranth and rice flour, and the maximum kinematic μ for a suspension based on corn flour. Therefore, when preparing batter, it is desirable to blend corn flour with wheat and rice flour. The introduction of milk into the suspension increases the kinematic viscosity compared to water. The liquid fraction of the suspension (water : milk – 1: 1) made it possible to obtain a viscosity that occupies an intermediate position between water and milk. Thus, temperature has an effect on the viscosity of the suspension. With an increase in temperature in the range of 10–20 °C, the suspension density increases. The results of studies on the viscosity of flour suspensions in a certain temperature range allow us to establish their technological characteristics and can be used in practical production activities.

Keywords: flour, suspension, water, water-milk mixture, viscosity, structural and rheological properties

The authors declare no conflict of interests.

For citation: Vasyukova A. T., Krivoshonok K. V., Alekseev A. E., Moshkin A. V., Talbi M. Effect of liquid type on suspension viscosity. *Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"*, 2022, vol. 8, no. 1, pp. 9–18. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2022-8-1-9-18>

В настоящее время основная масса потребителей выбирает среди всего представленного ассортимента натуральные продукты питания. К наиболее востребованным блюдам, пользующимся спросом от детей до людей преклонного возраста, относятся блинчики, поэтому производство данной продукции в промышленных условиях актуально. Основой технологии производства блинной ленты является водно-мучная суспензия. В качестве жидкой основы использованы вода, молоко, водно-молочная смесь, яично-молочная смесь или меланж. Полученные таким образом суспензии будут иметь различную кинематическую вязкость. Это отразится на прочности блинной ленты и эластичности. Реология этих дисперсных систем будет обеспечивать органолептические показатели качества. Проводимые в данном направлении исследо-

вания позволяют не только выявить функциональные зависимости между компонентами рецептуры, но и создать вязкую и эластичную консистенцию теста, его способность к релаксации, формованию и структурированию [3].

На протяжении сорока лет отечественными и зарубежными учеными исследованы консистентные среды, их реологические характеристики и получены математические модели вязкостных характеристик в зависимости от компонентов рецептуры, условий среды и технологических особенностей процесса¹ [2; 18]. Так, в конце

¹ Мглинец А. И., Акимова Н. А., Дзюба Г. Н. и др. Сущность гидратации белков: учеб. пособие // Технология продукции общественного питания / под ред. Мглинца А. И. СПб.: Троицкий мост, 2010. 736 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36501531> (дата обращения: 01.04.2022).

прошлого столетия В. Яминский с соавторами (1982) при исследовании дисперсных систем установил коагуляционную зависимость функциональных контактов.

Более продолжительное время (1988–1998) известный ученый в области физической и коллоидной химии Н. Б. Урьев исследовал кинетику и катализ концентрированных дисперсных систем и обосновал физико-химические основы регулирования структурно-реологических свойств различных реальных систем, а также наиболее часто используемых материалов. Обоснованы зависимости поверхностных явлений. Выявлены условия регулирования концентрированных систем и их свойств. Особое значение уделено контактному взаимодействию. Центральным фактором в работах последнего периода являлось структурообразование в динамических условиях. Это послужило основой для перехода к технологическим функциональным гетерогенным процессам, составляющим основу коллоидной химии.

Н. И. Редькина и Г. С. Ходаков (1991) исследовали процессы, характерные для технологии приготовления водоугольной суспензии. Показано, что повышение эффективности окисления суспензии осуществляется при сокращении времени взаимодействия вещества и дисперсионной среды, приводящей к увеличению выхода термически устойчивого продукта [6; 10]. Родоначальником теоретической модели вязкости рассматриваемых разбавленных суспензий, которые состоят из не взаимодействующих частиц, впервые выявленных физических процессов, был Эйнштейн. Продолжателем данного направления являлся Рейнер [15]. Однако обоснование с позиций физико-химической механики сделал Урьев, а затем ряд исследований продолжили его последователи¹ [8]. Зарубежными авторами Shi Zhimm, Yang Qiaowen, Qiao Gaoltn (1988), T. Chen, M. Cal, Jiang L. (1984), Botsans J. D., Astill K. N. (1984), Shapour Vossoughi, S. Omar (1994), N. A. Frankel, A. Acrivos (1967), A. L. Jraham (1981), J. Leuris (1980), W. E. Russel (1987), P. D. Patel (1988), J. S. Laskowski (2001) установлен ряд реологических зависимостей^{2, 3, 4, 5, 6} [11];

¹ Урьев Н. Б. Физико-химические основы технологии дисперсных систем и материалов. М.: Химия, 1988. 255 с.

² Воюцкий С. С. Курс коллоидной химии. М.: Химия, 1976. 512 с.

12]. Несколько позднее реологию консистентных сред исследовали в направлении установления контактного взаимодействия составляющих их частиц всевозможного вида суспензий. Основой явилось выявление факторов, участвующих в образовании или разрушении конгломератных структур различного типа в зависимости от воздействий внутренней и внешней среды. Однако проведенные исследования не дают исчерпывающих ответов на реологию органических бинарных систем. В этой связи поисковые работы в данном направлении являются актуальными.

Материалы и методы

Цель научных исследований – определение влияния жидких сред для получения суспензии при изготовлении жидкого пресного теста для блинчиков.

Объектом исследования служили суспензии жидкого теста на основе жидких сред (вода, молоко, вода : молоко – 1:1) и различных порошкообразных продуктов: муки пшеничной, рисовой, гречневой, амарантовой, миндальной, кукурузной и льняной. Кинематическую вязкость исследуемой суспензии определяли методом вискозиметрии на приборе ВПЖ-2. Данная вязкость ν по произведению τ движению по капилляру на постоянную C . Последняя не зависит от τ и может быть получена визуально по геометрическим размерам и прибора. Диаметр капилляров 0,34–5,5 мм, и при расчете получается равным $C = 0,003–30 \text{ сСт} / \text{с}$. Для калибровки вискозиметра готовили дистиллированную воду, имеющую $\nu = 1,0067 \text{ сСт}/\text{с}$ при 20°C и $0,89748 \text{ сСт}/\text{с}$ при 25°C . Затем определяли кинематическую вязкость молока и водномолочной смеси, приготовленной в равных соотношениях (1:1) при этих же температурных параметрах. Разность между средним временем двух холостых опытов для калибровки вискозиметра не превышала 0,3 %. Затем определяли τ предварительной выдержки вискозиметра при следующих параметрах: от 10 мин при 20°C до 20 мин при

³ Chen T., Cal M. Jiang L. Proc of 6-th Int Symp on Coal Slurry Combustion USA, 1984. Pp. 521–537.

⁴ Botsans J. D., Astill K. N. Proc of 6-th Int Symp on Coal Slurry Combustion USA, 1984. Pp. 304–321.

⁵ Shapour V., Omar S. AI-Husani Proc of 19-th Int Techn Conf on Coal Utilization & Fuel Systems USA, 1994. Pp. 115–122.

⁶ Shi Zhimm, Yang Qiaowen, Qiao Gaoltn Proc of 13-th Int Conf on Coal and Water Slurry Technology USA, 1988. Pp. 603–612.

100 °С и средний показатель ν с точностью до 0,1 с (в сантистоксах) по формуле:

$$\nu = C \tau K g/980,7 (1),$$

где $g/980,7$ можно принять равное 1, при погрешности 0,02 %; для ВПЖ-2 $K = 1 \pm 0,00004 dt$; (dt – разность между t °С жидкости для ВПЖ-2 при определении вязкости). Водопоглотительную способность муки определяли методом центрифугирования. Плотность муки определяли по стандартной методике. Водородный показатель (рН) определяли потенциометрическим методом. Пищевую и энергетическую ценность исследуемых видов муки определяли расчетным методом с использованием справочных таблиц¹.

Органолептические показатели определяли по ГОСТ 27558-87².

Результаты исследования и обсуждение

Для изготовления блинной ленты необходимо создание жидкой эмульсии, которая должна иметь прочностные характеристики, позволяющие в ограниченный период времени равномерно распределяться по жарочной поверхности, создавать эластичную структуру, хорошо сохраняющую форму при выпекании и отпуске потребителем готовой продукции.

Один из компонентов суспензии – жидкая среда. В данном исследовании использованы: вода, молоко, вода : молоко – 1:1. Вязкость жидкостей определяли при 20°С на вискозиметре ВПЖ-2. Свойства данных сред представлены в таблице 1.

Получено, что вязкость и плотность исследуемых жидких сред зависит от вида жидкости и составных компонентов смеси.

Таблица 1 / Table 1

Свойства жидких компонентов суспензии / Properties of liquid suspension components

Наименование образца / Sample name	ЭЦ, ккал / EV, kcal	Показатели пищевой ценности, г/100г / Indicators of nutritional value, g/100g			Вязкость при 20°С, сСт / Viscosity at 20°С, cSt	рН	Плотность, г/см ³ / Density, g/cm ³
		белки / protein	жиры / fats	углеводы / carbohydrates			
вода	0	0	0	0	0,20	7,0	0,998
молоко 3,2 %	60	2,9	3,2	4,7	0,88	6,4	1,027
водно-молочная смесь 1:1	30	1,45	1,6	2,35	0,43	6,0	1,0

Следующим этапом являлось исследование суспензии. В этой связи нами предварительно рассмотрен вопрос о свойствах порошкообраз-

ных продуктов (табл. 2), позволяющих создавать гели, т. е. впитывать жидкость и структурировать каркас предполагаемой продукции.

Таблица 2 / Table 2

Показатели качества муки / Flour quality indicators

Наименование муки / Flour name	ЭЦ, ккал / EV, kcal	Показатели пищевой ценности, г/100г / Indicators of nutritional value, g/100g					
		белки / protein	жиры / fats	углеводы / carbohydrates	пищевые волокна / alimentary fiber	крахмал / starch	вода / water
пшеничная	334	10,8	1,3	69,9	3,5	67,9	14
рисовая	366	6,0	1,4	77,7	2,4	79,0	12
гречневая	353	13,6	1,2	71,9	2,8	70,2	9
кукурузная	331	7,2	1,5	72,1	4,4	70,6	14
льняная	270	36	10	9,0	30	-	15
амарантовая	334	9,5	3,9	67,8	1,1	57,3	11
миндальная	602	25,8	54,5	13,0	7,0	7,0	4,0

¹ Таблицы химического состава российских пищевых продуктов / под ред. В. А. Тутельяна. М. : ДеЛи плюс, 2012. 283 с.

² ГОСТ 27558-87 Мука и отруби. Методы определения цвета, запаха, вкуса и хруста. Введ. 1989.01.01. М. : Стандартинформ, 2007. 4 с.

Анализ полученных данных (табл. 2) показывает, что максимальная калорийность отмечена у миндальной муки, которая в 1,6–1,8 раза больше остальных видов муки из зерновых культур и в 2,2 раза больше льняной муки. Кроме того, миндальная мука превосходит остальные исследуемые образцы по содержанию белка, жира, пищевых волокон и минимальному количеству влаги.

К крахмалосодержащим продуктам относятся пшеничная, рисовая, гречневая и кукурузная му-

ка. Амарантовая мука на 21,7 г меньше содержит крахмала, по сравнению с рисовой, а миндальная составляет только 8,8 %. Льняная мука крахмал не содержит, но она богата пищевыми волокнами и в 10 раз превосходит образцы муки из зерновых культур.

Однако белки муки из зерновых культур ограничено набухают. В процессе замачивания белки превращаются в обводненные гели¹.

В таблице 3 приведены основные структурно-реологические свойства различных видов муки.

Таблица 3 / Table 3

Свойства различных видов муки / Properties of different types of flour

Наименование муки / Flour name	Плотность, г/см ³ / Density, g/cm ³	Влажность, % / Humidity, %	Кислотность, град / Acidity, degree	pH	Водопоглотительная способность, % / Water absorption capacity, %
пшеничная	4,21	14,0	3–3,5	7,0	50,0–66,0
рисовая	4,48	12,0	2,0	6,0	62,8–82,0
гречневая	3,51	12,0	5,0	6,0	97,9–98,0
кукурузная	3,57	12,0	-	6,0	64,9–98,7
льняная	3,86	10,0	4,08	6,0	47,0–50,0
амарантовая	4,63	10,0	4,6	6,0	86,0–86,7
миндальная	3,39	10,0	-	7,0	20,0–25,0

Ранее авторами получено, что амарантовая мука содержит лецитин. Это способствует улучшению структурно-механических свойств теста, поэтому, на основании анализа показателей таблицы 3, можно рекомендовать производить купаж пшеничной муки с кукурузной, гречневой, рисовой, амарантовой, льняной и миндальной, не имеющих глютена, с низкой водопоглотительной способностью: кукурузная мука (64,9 %), рисовая (62,8 %), льняная (47,0 %) и миндальная (20 %).¹

Таким образом, проведенные исследования по созданию устойчивых суспензий для изготовления блинчиков позволили получить зависимости взаимного участия компонентов дисперсной системы в моделируемом процессе^{2, 3, 4, 5} [3; 8; 11–16].

¹ Мглинец А. И., Акимова Н. А., Дзюба Г. Н. и др. Сущность гидратации белков: уч. пособие // Технология продукции общественного питания / под ред. Мглинца А. И. СПб. : Трицкий мост, 2010. 736 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36501531> (дата обращения: 01.04.2022).

² Воюцкий С. С. Курс коллоидной химии. М. : Химия, 1976. 512 с.

³ Chen T., Cal M. Jiang L. Proc of 6-th Int Symp on Coal Slurry Combustion USA, 1984. Pp. 521–537.

⁴ Botsans J. D., Astill K. N. Proc of 6-th Int Symp on Coal Slurry Combustion USA, 1984. Pp. 304–321.

Проведенные исследования взаимного влияния физико-химических свойств жидкостей и различных видов муки дали возможность найти зависимость компонентов дисперсной системы (табл. 4).

В основу этих исследований положена теория устойчивости лиофобных коллоидов, предполагающая, что в тиксотропной тонкодисперсной водной суспензии суммарная энергия взаимодействия двух сферических частиц состоит из ионно-электростатической и молекулярной дисперсионной (Ван-дер-Ваальсовой) составляющих.

Проведенные исследования с бимодальными суспензиями позволили получить сопоставимые с показателями других авторов результаты [7]. Так, при соединении 2-х суспензий, имеющих порошки разной дисперсности, получаем очень большую вязкость этих композиций. Структура, полученная при прямом механическом соединении компонентов (табл. 4), позволяет создать вязкость меньшую, чем по отдельности каждой из них. Последовательное увеличение дисперсности одной из фракций приводило вначале к снижению вязкости, а затем было ее увеличение [7].

⁵ Shi Zhimm, Yang Qiaowen, Qiao Gaoln Proc of 13-th Int Conf on Coal and Water Slurry Technology USA, 1988. Pp. 603–612.

Таблица 4 / Table 4

**Влияние компонентов дисперсной системы на вязкость суспензии /
 Influence of disperse system components on suspension viscosity**

№ п/п	Масса муки, м, г / Mass of flour, m, g	Масса жидкости, м, мл / Mass of liquid, m, ml	Время течения суспензии, $t_{\text{з}}$, с / Suspension flow time $t_{\text{з}}$, s	Вязкость суспензии, ν , сСт/ Suspension viscosity, ν , sSt	Плотность муки, ρ , г/см ³ / Flour density, ρ , g/cm ³
1	2	3	4	5	6
№	Мука пшеничная + вода				
1	1	99	2,94	0,293	3,92
2	2	98	2,85	0,285	4,02
3	3	97	4,79	0,479	4,11
4	7	93	6,21	0,620	4,21
№	Мука пшеничная + молоко				
1	1	99	8,00	0,799	4,32
2	2	98	9,00	0,899	3,97
3	3	97	9,39	0,938	4,63
4	7	93	10,71	1,070	4,73
№	Рисовая мука + вода				
1	1	99	4,87	0,486	4,41
2	2	98	5,11	0,510	4,52
3	3	97	5,00	0,499	4,49
4	7	93	5,40	0,539	4,49
№	Рисовая мука + молоко				
1	1	99	7,40	0,739	4,59
2	2	98	8,52	0,851	4,42
3	3	97	8,35	0,834	4,45
4	7	93	9,09	0,908	4,83
№	Гречневая мука + вода				
1	1	99	6,00	0,599	3,39
2	2	98	7,12	0,711	3,42
3	3	97	8,33	0,832	3,51
4	7	93	14,34	1,432	3,71
№	Гречневая мука + молоко				
1	1	99	8,88	0,887	3,40
2	2	98	10,55	1,054	3,58
3	3	97	11,83	1,182	3,64
4	7	93	23,07	2,305	3,87
№	Кукурузная мука + вода				
1	1	99	5,60	0,559	3,52
2	2	98	5,63	0,562	3,59

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6
3	3	97	5,84	0,583	3,59
4	7	93	6,56	0,655	3,59
№	Кукурузная мука + молоко				
1	1	99	7,77	0,776	3,57
2	2	98	8,43	0,842	3,63
3	3	97	8,66	0,865	3,81
4	7	93	8,92	0,891	3,84
№	Льняная мука + вода				
1	1	99	8,04	0,803	3,67
2	2	98	14,04	1,403	3,88
3	3	97	25,59	2,557	3,87
4	7	93	-	-	4,03
№	Амарантовая мука + вода				
1	1	99	4,84	0,483	4,53
2	2	98	4,89	0,488	4,57
3	3	97	5,05	0,504	4,74
4	7	93	5,54	0,553	4,70
№	Миндальная мука + вода				
1	1	99	5,17	0,516	3,26
2	2	98	5,02	0,501	3,37
3	3	97	5,27	0,526	3,40
4	7	93	6,47	0,646	3,52
№	Миндальная мука + молоко				
1	1	99	8,32	0,831	3,04
2	2	98	8,88	0,887	3,15
3	3	97	9,30	0,929	3,27
4	7	93	-	-	3,39

Льняная и миндальная мука из-за большого содержания белка и жира создавали при соединении с водой плотную суспензию и при концентрации 7 г не проходила по капилляру вискозиметра.

Эти результаты свидетельствуют о низкой водопогложительной способности миндальной муки, которая имеет более крупные частицы 250–300 мкм, по сравнению с пшеничной мукой (50–80 мкм) [3].

Суспензия водно-молочной смеси имеет вязкость, меньшую, чем с молоком, но большую, чем при добавлении воды. Массовая доля влаги

зависит от водопогложительной способности муки. Чем больше содержания клейковины и мельпомол (больше поврежденных зерен крахмала), тем выше водопогложительная способность [1; 3].

Все эти данные позволяют рассчитать рецептуру для жидкого теста и могут быть использованы в качестве экспресс-методов контроля.

Полученные показатели кинематической вязкости суспензии из рисовой и амарантовой муки более низкие, чем гречневой и кукурузной, поэтому необходимо предусмотреть увеличение концентрации их в рецептуре. Для получения

заданных свойств теста рекомендуется купажи́ровать продукт с повышенной кинематической вязкостью (кукурузную) с другими видами, которые обладают низкой кинематической вязкостью¹ [1].

Этот результат дает возможность использовать кинематическую вязкость суспензий, полученных на основе различных видов жидкости при температуре 20 °С в дисперсной среде с порошкообразными веществами.

Заключение

Температура оказывает влияние на вязкость суспензии. При увеличении температуры в диапазоне 10–20 °С происходит уплотнение суспензии.

¹ Тиунов В. М. Формирование качества мучных кулинарных изделий из муки, не содержащей глютен, и рациона на их основе: автореф. ... дис. канд. тех. наук. Екатеринбург, 2019. 23 с.

В технологическом процессе надо выполнять купаж муки с повышенной кинематической вязкостью (кукурузную) и со слабой кинематической вязкостью – пшеничная и рисовая мука. Введение молока в суспензию увеличивает кинематическую вязкость по сравнению с водой. Жидкая фракция суспензии (вода : молоко – 1:1) позволила получить вязкость, занимающую промежуточное положение между водой и молоком. Все эти данные позволяют рассчитать рецептуру для жидкого теста.

Результаты исследований по вязкости мучных суспензий в определенном температурном интервале позволяют установить их технологические характеристики и могут быть использованы в практической производственной деятельности.

1. Атаханов Ш. Н., Додаев К. О., Мамаджанов Л., Рахмонов Д. О. Изучение влияния различных добавок и тепловой обработки на степень набухания рисовой, пшеничной, гороховой муки, входящей в состав полуфабрикатов овощных соусов // Технические науки. 2021. № 4–3 (85). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-vliyaniya-razlichnyh-dobavok-i-teplovoy-obrabotki-na-stepen-nabuhaniya-risovoy-pshenichnoy-gorohovoy-muki-vhodyaschey-v> (дата обращения: 15.12.2021).

2. Василенко В. Н., Фролова Л. Н., Дерканосова А. А., Михайлова Н. А., Щепкина А. А., Давыдов А. М. Математическое обеспечение процесса экструдирования аномально-вязких сред методами планирования эксперимента // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2018. Т. 80. № 3. С. 37–42. DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-3-37-42>

3. Васюкова А. Т., Славянский А. А., Алексеев А. А., Бондаренко Ю. В., Шушкова Н. С. Специализированные пищевые продукты, обогащенные незаменимыми компонентами // Теоретические основы персонализированного питания: коллективная монография / под редакцией д-ра экон. наук, проф., В. Н. Ивановой. М. : МГУТУ им. К. Г. Разумовского (ПКУ), 2019. С. 99–105. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48036503> (дата обращения: 22.12.2021).

4. Коломникова Я. П., Дерканосова А. А., Мануковская М. В., Литвинова Е. В. Влияние нетрадиционного растительного сырья на биотехнологические свойства и структуру сдобного теста // Вестник ВГУИТ. 2015. № 3. С. 157–160. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25106919> (дата обращения: 17.12.2021).

5. Кондратьев А. С., Овсянников В. М., Олофинский Е. П. и др. Транспортирование водо-угольных суспензий. М. : Недра, 1988. 212 с.

6. Редькина Н. И., Ходаков Г. С. Технология приготовления и физико-химические свойства водоугольной суспензии. М. : Гидротрубопровод, 1991. С. 15–24.

7. Редькина Н. И., Ходаков Г. С., Горлов Е. Г. Реология водоугольных суспензий // Химия твердого топлива. 2009. № 6. С. 15–24. URL: <https://naukarus.com/reologiya-vodougolnyh-suspenziy> (дата обращения: 27.12.2021).

8. Урьев Н. Б. Динамика структурированных дисперсных систем // Коллоидный журнал. 1998. Т. 606. № 5. С. 662–683.

9. Ходаков Г. С. Реология суспензий. Теория фазового течения и ее экспериментальное обоснование // Российский химический журнал. 2003. Т. XLVII. № 2. С. 33–44. URL: <http://chemnet.ru/rus/jvho/2003-2/33.pdf> (дата обращения: 09.12.2021).

10. Яминский В. Е., Пчелин В. А., Амелина Е. А., Щукин Е. Д. Коагуляционные контакты в дисперсных системах. М. : Наука, 1982. 311 с.

11. Frankel N. A., Acrivos A. On the Viscosity of a Concentrated Suspension of Solid Spheres // Chemical Engineering Science. 1967. Vol. 22. No. 6. Pp. 847–853. DOI: [https://doi.org/10.1016/0009-2509\(67\)80149-0](https://doi.org/10.1016/0009-2509(67)80149-0)

12. Graham A. On the Viscosity of Suspensions of Solid Spheres // Applied Scientific Research. 1981. Vol. 37. No. 3–4. Pp. 275–286. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00951252>

13. Laskowski J. S. Coal flotation and fine coal utilization. Amsterdam : Elsevier, 2001. 352 p.

14. Muller S., Llewellyn E. V., Mader H. M. Rheology of suspensions of solid particles // Proceedings of The Royal Society A Mathematical Physics and Engineering Sciences. 2009. Vol. 466. No. 2116. Pp. 1201–1228. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspa.2009.0445>

15. Patel P. D., Russel W. B. A mean field theory for rheology of phase separated or flocculated dispersions // Colloids and Surf. 1988. Vol. 31. Pp. 355–383.

16. Russel W. E. Viscosity of suspensions of spherical particles. *Powder Techn.* 1987. Vol. 51. No. 1. Pp. 15–25.

17. Vasyukova A. T., Ganina V. I., Egorova S. V. The dietary supplement: Composition, control and functional properties // *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*. 2020. Vol. 12. No. 4 Special Issue. Pp. 903–906. DOI: <https://doi.org/10.5373/JARDCS/V12SP4/20201560>

18. Vasyukova A. T., Alekseev A. A., Slavyansky A., Moshkin A. B. The use of natural plant supplements in flour culinary products // III International Scientific and Practical Conference "Science and Education in the Modern World: Challenges of the Twentieth Century". 2019. Pp. 289–293.

Статья поступила в редакцию 12.01.2022 г.; одобрена после рецензирования 16.02.2022 г.; принята к публикации 17.03.2022 г.

Об авторах

Васюкова Анна Тимофеевна

доктор технических наук, профессор, кафедра индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса, Московский государственный университет пищевых производств (125080, Российская Федерация, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7374-4145>, vasyukova-at@yandex.ru

Кривошенок Константин Викторович

аспирант, кафедра индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса, Московский государственный университет пищевых производств (125080, Российская Федерация, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6360-6964>, Krivoshonok@gmail.com

Алексеев Александр Евгеньевич

аспирант, кафедра цифровой нутрициологии, гостиничного и ресторанного сервиса, Московский государственный университет технологии и управления имени К. Г. Разумовского (109004, Российская Федерация, г. Москва, ул. Земляной вал, д. 73), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4937-2430>, sas5791@mail.ru

Мошкин Александр Владимирович

аспирант, кафедра цифровой нутрициологии, гостиничного и ресторанного сервиса, Московский государственный университет технологии и управления имени К. Г. Разумовского, (109004, Российская Федерация, г. Москва, ул. Земляной вал, д. 73), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5607-0364>, aldahaev@gmail.ru

Талби Мунир

аспирант, кафедра цифровой нутрициологии, гостиничного и ресторанного сервиса, Московский государственный университет технологии и управления имени К. Г. Разумовского, (109004, Российская Федерация, г. Москва, ул. Земляной вал, д. 73), visit.mounir@gmail.com

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

1. Atakhanov Sh. N., Dodaev K. O., Mamadzanov L., Rakhmonov D. O. Izuchenie vliyaniya razlichnykh dobavok i teplovoi obrabotki na stepen' nabukhaniya risovoi, pshenichnoi, gorokhovoivoi muki, vkhodyashchei v sostav polufabrikatov ovoshchnykh sousov [Study of the influence of different additives and heat processing on the degree of swelling of rice, nut, pea flour included in the composition of semi-finished vegetable sauce]. *Universum: tekhnicheskie nauki* = *Universum: technical sciences*, 2021, no. 4–3 (85). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-vliyaniya-razlichnykh-dobavok-i-teplovoy-obrabotki-na-stepen-nabukhaniya-risovoy-pshenichnoy-gorohovoy-muki-vhodyaschey-v> (accessed 15.12.2021). (In Russ.).

2. Vasilenko V. N., Frolova L. N., Derkanosova A. A., Mikhailova N. A., Shhepkina A. A., Davydov A. M. Matematicheskoe obespechenie protsessa ekstrudirovaniya anomal'no-vyazkikh sred metodami planirovaniya eksperimenta [Software of the extrusion process abnormally viscous fluids methods of experiment planning]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii* = *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2018, vol. 80, no. 3, pp. 37–42. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-3-37-42>

3. Vasyukova A. T., Slavyansky A. A., Alekseev A. A., Bondarenko Yu. Spetsializirovannyye pishchevye produkty, obogashchennyye nezamenimymi komponentami [Specialized food products enriched with essential components]. *Teoreticheskie osnovy personalizirovannogo pitaniya: kollektivnaya monografiya* = *Theoretical foundations of personalized nutrition: a collective monograph*, edit. by Dr. Sci. (Economics), Prof. V. N. Ivanova. M., MSUTM named after K. G. Razumovsky (FCU) Publ., 2019, pp. 99–105. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48036503> (accessed 22.12.2021). (In Russ.).

4. Kolomnikova Ya. P., Derkanosova A. A., Mankovska M. V., Litvinov E. V. Vliyanie netraditsionnogo rastitel'nogo syr'ya na biotekhnologicheskie svoystva i strukturu sдобного testa [Effect of non-traditional vegetable raw materials on the properties and biotechnological structure pastry]. *Vestnik VGUIT* = *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2015, no.3, pp. 157–160. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25106919> (accessed 17.12.2021). (In Russ.).

5. Kondratiev A. S., Ovsyannikov V. M., Olofinsky E. P. et al. Transportirovanie vodo-ugol'nykh suspenzii [Transportation of water-coal suspensions]. M., Nedra Publ., 1988, 212 p. (In Russ.).
6. Redkina N. I., Khodakov G. S. Tekhnologiya prigotovleniya i fiziko-khimicheskie svoystva vodougol'noi suspenzii [Technology of preparation and physico-chemical properties of coal-water suspension]. M., Gidrotuboprovod Publ., 1991, pp. 15–24. (In Russ.).
7. Redkina N. I., Khodakov G. S., Gorlov E. G. Reologiya vodougol'nykh suspenzii [Rheology of water-coal suspensions]. *Reologiya vodougol'nykh suspenzii* = Solid Fuel Chemistry, 2009, no. 6, pp. 15–24. Available at: <https://naukarus.com/reologiya-vodougolnyh-suspenziy> (accessed 27.12.2021). (In Russ.).
8. Urieв N. B. Dinamika strukturovannykh dispersnykh sistem [Dynamics of structured disperse systems]. *Kolloidnyi zhurnal* = Colloid Journal, 1998, vol. 606, no. 5, pp. 662–683. (In Russ.).
9. Khodakov G. S. Reologiya suspenzii. Teoriya fazovogo techeniya i ee eksperimental'noe obosnovanie [Rheology of suspensions. Theory of phase flow and its experimental substantiation]. *Rossiiskii khimicheskii zhurnal* = Russian Chemistry Journal, 2003, vol. XLVII, no. 2, pp. 33–44. Available at: <http://chemnet.ru/rus/jvho/2003-2/33.pdf> (accessed 09.12.2021). (In Russ.).
10. Yaminsky B. E., Pchelina V. A., Amelina E. A., Shchukin E. D. Koagulyatsionnye kontakty v dispersnykh sistemakh [Coagulation contacts in disperse systems]. M., Nauka Publ., 1982, 311 p. (In Russ.).
11. Frankel N. A., Acrivos A. On the viscosity of a concentrated suspension of solid spheres. *Chemical Engineering Science*, 1967, vol. 22, no. 6, pp. 847–853. (In Eng.). DOI: [https://doi.org/10.1016/0009-2509\(67\)80149-0](https://doi.org/10.1016/0009-2509(67)80149-0)
12. Graham A. On the viscosity of suspensions of solid spheres. *Applied Scientific Research*, 1981, vol. 37, no. 3–4, pp. 275–286. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00951252>
13. Laskowski J. S. Coal flotation and fine coal utilization. *Amsterdam, Elsevier*, 2001, 352 p. (In Eng.).
14. Muller S., Llewellyn E. V., Mader H. M. The rheology of suspensions of solid particles. *Proceedings of the Royal Society A. Mathematical, physical and engineering sciences*, 2009, vol. 466, no. 2116, pp. 1201–1228. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2009.0445>
15. Patel P. D., Russel W. B. A mean field theory for rheology of phase separated or flocculated dispersions. *Colloids and Surf*, 1988, vol. 31, pp. 355–383. (In Eng.).
16. Russel W. E. Viscosity of suspensions of spherical particles. *Powder Techn*, 1987, vol. 51, no. 1, pp. 15–25. (In Eng.).
17. Vasyukova A. T., Ganina V. I., Egorova S. V., Moshkin A. V., Tikhonov D. A. The dietary supplement: composition, control and functional properties. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, 2020, vol. 12, no. 4 Special Issue, pp. 903–906. (In Eng.).
18. Vasyukova A. T., Alekseev A. A., Slavyansky A., Moshkin A. B. The use of natural plant supplements in flour culinary products. *III International Scientific and Practical Conference "Science and Education in the Modern World: Challenges of the Twentieth Century"*, 2019, pp. 289–293. (In Eng.).

The article was submitted 12.01.2022; approved after reviewing 16.02.2022; accepted for publication 17.03.2022.

About the authors

Anna T. Vasyukova

Dr. Sci. (Engineering), Professor, Department of Food Industry, Hotel Business and Service, Moscow State University of Food Production (11 Volokolamsk Highway, Moscow 125080, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7374-4145>, vasyukova-at@yandex.ru

Konstantin V. Krivoshonok

Postgraduate student, Department of Food Industry, Hotel Business and Service, Moscow State University of Food Production (11 Volokolamsk Highway, Moscow 125080, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6360-6964>, Krivoshonok@gmail.com

Alexander E. Alekseev

Postgraduate student, Department of Digital Nutrition, Hotel and Restaurant Service, Moscow State University of Technology and Management named after K. G. Razumovsky (73 Zemlyanoy Val Str., Moscow 109004, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4937-2430>, sas5791@mail.ru

Alexander V. Moshkin

Postgraduate student, Department of Digital Nutrition, Hotel and Restaurant Service, Moscow State University of Technology and Management named after K. G. Razumovsky (73 Zemlyanoy Val Str., Moscow 109004, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5607-0364>, sas5791@mail.ru

Mounir Talbi

Postgraduate student, Department of Digital Nutrition, Hotel and Restaurant Service, Moscow State University of Technology and Management named after K. G. Razumovsky (73 Zemlyanoy Val Str., Moscow 109004, Russian Federation), visit.mounir@gmail.com

All authors have read and approved the final manuscript.