

Information about the authors

Sagynysh Erbolatkyzy Aman* – PhD student at the Department of «Food Product Quality and Safety», Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan; e-mail: erbolatovnass@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5160-5200>.

Ulbala Oblbekovna Tungyshbaeva – PhD, Associate Professor, Department of «Food safety and quality», Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan; e-mail: ulbala_84@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6290-0528>.

Mustafa Kemal Uslu – Professor at the Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, Akdeniz University, Antalya, Turkey; e-mail: mkuslu@akdeniz.edu.tr. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3622-0892>.

Almas Asetuly Zhanbolat – doctoral student of the department «Food safety and quality», Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan; e-mail: zhanbolatalmas@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7983-3245>.

Редакцияға енуі 08.01.2025

Өңдеуден кейін түсуі 04.02.2025

Жариялауға қабылданды 05.02.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-17](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-17)



МРНТИ 65.33.03

Г.Д. Акшораева*, М.М. Какимов, Г.Х. Оспанкулова, Б.М. Исаков, Б.Т. Рзаев
Казахский агротехнический исследовательский университет имени С.Сейфуллина
010000, Республика Казахстан, г.Астана, ул.Женис 62
*e-mail: gaukhar_01.88@mail.ru

ЗАВИСИМОСТЬ ПАРАМЕТРОВ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРЕЧНЕВОЙ МУКИ НА КУКУРУЗНЫЙ ЗЕИН

Аннотация: В статье рассматривается влияние кукурузного зеина на реологию теста из гречневой муки. Одним из основных аспектов исследования реологических свойств является вязкость, растяжимость, эластичность, водопоглощительная способность теста, которая зависит от концентрации добавленного зеина.

Пшеничная мука в основном используется в хлебопечении из-за важной роли белковой фракции клейковины в процессе приготовления теста. Так как в тесте из гречневой муки отсутствует клейковина решением является имитация вязкоупругой сети глютена. Цель данного исследования - систематически изучить влияние добавления зеина на реологическое поведение гречневого теста, чтобы определить оптимальные пропорции, которые могут улучшить характеристики теста. Добавление зеина увеличивает вязкость на начальных (2625МПа*с) и финальных этапах (1895МПа*с), что связано с его гидратацией и взаимодействием с компонентами теста, улучшая его структуру. Однако, при повышении температуры вязкость теста снижается, что обусловлено ускорением молекулярных процессов (набухание крахмала, денатурация белков). Наиболее заметное снижение происходит при переходе от 80°C до 95°C. Тесто с содержанием зеина 30%, продемонстрировало растяжение похожего на пшеничное тесто. Увеличение концентрации зеина приводит к формированию более жесткой и эластичной структуры теста, которая обладает повышенной устойчивостью к деформации. Однако, чрезмерно высокое содержание зеина может привести к чрезмерно жесткому тесту, что негативно скажется на его технологических свойствах и качестве готового изделия. Поэтому, оптимальная концентрация зеина подобрана с учетом конкретных требований к реологическим характеристикам теста и желаемым свойствам конечного продукта.

Ключевые слова: зерновые культуры, тесто, безглютеновые продукты, кукурузного зеина, вязкость, реология.

Введение

Зерновые культуры потребляются различными способами, но хлеб является уникальным продуктом, поскольку он потребляется повсеместно и так было на протяжении более 4000 лет [1]. Хлебные изделия в разных странах мира сильно различаются, а также технологии их производства. Однако в основном хлеб изготавливается из четырех основных компонентов – муки, воды, дрожжей и соли [2]. Пшеничная мука в основном используется в

хлебопечении из-за важной роли белковой фракции клейковины, входящей в ее состав, в процессе приготовления теста. Клейковина придает тесту связность и способствует удержанию CO_2 в процессе брожения теста [3].

Проламин кукурузного зерна – зеин показал некоторую перспективность в поведении как пшеничная клейковина, поскольку он может образовывать вязкоупругую белковую сеть, когда белок удерживается и смешивается при 35°C , что выше его температуры стеклования [4]. Зеин может быть вязкоупругим, когда он освобождается и отделяется от белковых тел, а также когда он увлажняется выше температуры стеклования и при сдвиге. Это связано с тем, что в процессе замеса теста образуются волокна зеина, которые по внешнему виду напоминают глютелиновые волокна.

Исследование реологических свойств гречневого теста с добавлением зеина в различных пропорциях является важной областью изучения в пищевой науке, особенно в контексте безглютеновых рецептов. Гречка, псевдозерновая крупа, известная своими питательными свойствами, привлекает внимание благодаря высокому содержанию белка и клетчатки, а также потенциальным полезным свойствам, включая противовоспалительные и антиоксидантные. Понимание реологии гречневого теста крайне важно, поскольку она напрямую влияет на текстуру, эластичность и общее качество пищевых продуктов. Реология, изучающая течение и деформацию материалов, играет ключевую роль в разработке рецептов продуктов питания, влияя на их обработку и потребительское восприятие. Зеин, производный белок кукурузы, получил признание благодаря своим пленкообразующим и эмульгирующим свойствам, что делает его привлекательной добавкой в пищевых продуктах. Его уникальные характеристики могут повысить структурную целостность и влагоудержание безглютенового теста, потенциально улучшая текстурные характеристики продуктов на основе гречихи [5, 6].

Цель данного исследования – систематически изучить влияние добавления зеина на реологическое поведение гречневого теста, чтобы определить оптимальные пропорции, которые могут улучшить характеристики теста. В существующей литературе освещены предыдущие исследования реологических свойств гречневого теста и применения зеина в различных пищевых системах. Исследования показали влияние содержания белка на характеристики теста, однако остается пробел в понимании специфических взаимодействий между гречневой мукой и зеином. Используя строгие экспериментальные методики, данное исследование призвано внести ценный вклад в эту область, прояснив, как модификации зеина могут влиять на реологические свойства гречневого теста, и тем самым информируя о будущих инновациях в разработке безглютеновых продуктов.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования является мука из зеленой гречихи по ГОСТ 31645-2012 [7], сырье приобретено у ТОО «Казына». Кукурузный зеин получен в лабораторных условиях методом экстракции [8].

Метод вискоамилографии по стандарту AACC 76-31 [9], по которому определяли на вискоамилографе Брабендера марки Perten RVA4500 (Perten Instruments, Швеция), который измеряет тестовые качества крахмала в муке, в частности, его чувствительность к присутствующей альфа-амилазе.

Метод измерения консистенции теста под воздействием замеса и изменения температуры проводили на приборе Mixolab (Chopin technologies, Франция) [10].

Влажность определяли по ГОСТ 13586.5-2015 [11].

Результаты экспериментальных исследований и математическую обработку измерений проводили с использованием стандартных компьютерных программ MS Office по общепринятым методикам.

Результаты и обсуждения

На основе проведенных экспериментальных исследований определили поведение смеси гречневой муки с добавлением зеина в разных пропорциях. Использовалось различное процентное содержание кукурузного зеина (10%, 15%, 20% и 30%). В процессе нагревания, желатинизации и охлаждения гречневая мука демонстрирует высокую вязкость на начальном этапе ($500\text{--}800\text{ мПа}\cdot\text{с}$), что связано с растворением полисахаридов. Пик достигает $1800\text{--}2500\text{ мПа}\cdot\text{с}$. Температура измерения вязкости начинается с 50°C , так как фиксируется базовая вязкость, как отправная точка для построения кривой. Более высокая температура ускоряет гидратацию крахмала и белков, приводя к более быстрому образованию стабильной

структуры теста. Однако, чрезмерно высокая температура может денатурировать белки, нарушая их функциональные свойства и снижая качество теста. Оптимальный температурный режим зависит от многих факторов, включая тип муки, содержание влаги и желаемые свойства готового продукта. Измерение происходит за 13 минут при скорости в начале при 960 об/мин, далее при 160 об/мин.

Для получения наилучших результатов вес образца и количество добавленной воды скорректированы на содержание влаги в образце, чтобы получить постоянный сухой вес. Для корректирования массы образца рассчитана по формуле 1:

$$M2 = (100 - 14) \times M1 / (100 - W1) \quad (1)$$

где, M1 = масса образца материала (3,50 г)

M2 = скорректированная масса образца (г)

для корректирования объема воды рассчитана по формуле 2:

$$W2 = 25,0 + (M1 - M2) \quad (2)$$

где, W1 = фактическое содержание влаги в образце (% как есть)

W2 = скорректированный объем воды (мл)

14 – стандартная влажность муки [11].

При охлаждении происходит реассоциация молекул крахмала (амилозы и амилопектина), что приводит к образованию гелеобразной структуры с увеличением вязкости до достижения конечной вязкости. Эта фаза называется «откат» и связана с реорганизацией молекул крахмала и тенденцией к ретроградации [12, 13].

На рисунке 1 приведена кривая вязкость смеси гречневой муки с разными содержаниями зеина.

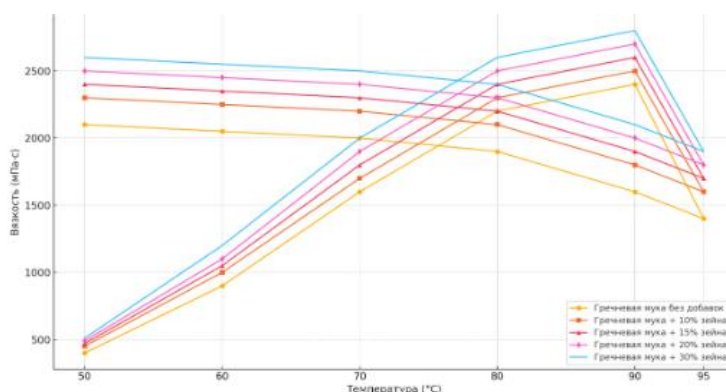


Рисунок 1 – Кривая вязкость смеси гречневой муки с разными содержаниями зеина

В графике заметно, что пиковая вязкость образцов с добавлением зеина показывает уменьшение набухания крахмала, а минимальная вязкость стабилизирует крахмал, замедляя его разжижение за счет зеина. С повышением количества зеина, улучшается вязкость теста, улучшается вязкоупругая сеть зеина. Если отметить скорость гелеобразования, разница между пиковой и минимальной вязкостью, показывающая степень термического разрушения крахмала, отмечается способностью теста восстанавливать структуру при охлаждении. Зависимость температуры к вязкости показана на таблице 1.

Таблица 1 – Показатели вязкости при разной температуре

Наименование образцов	Температура, С					
	50	60	70	80	90	95
	Вязкость при зависимости температуры(мПа*с)					
Контрольный образец	500	1000	1852	2500	2800	1500
Гречневая мука без зеина	2254	2141	2000	1835	1685	1436
Гречневая мука+зеин 10%	2487	2426	2375	2305	1869	1684
Гречневая мука+зеин 15%	2492	2455	2315	2264	1905	1640
Гречневая мука+зеин 20%	2500	2421	2369	2600	2000	1755
Гречневая мука+зеин 30%	2625	2596	2500	2482	2267	1895

Добавление зеина увеличивает вязкость на начальных и финальных этапах, что связано с его гидратацией и взаимодействием с компонентами теста, улучшая его структуру. При повышении температуры вязкость теста снижается, что обусловлено ускорением молекулярных процессов (набухание крахмала, денатурация белков). Наиболее заметное снижение происходит при переходе от 80°C до 95°C.

На рисунке 2 показаны измерения реологии теста с использованием прибора Mixolab. В графиках отображены крутящий моменты (сопротивление теста вращению лопастей) в реальном времени.

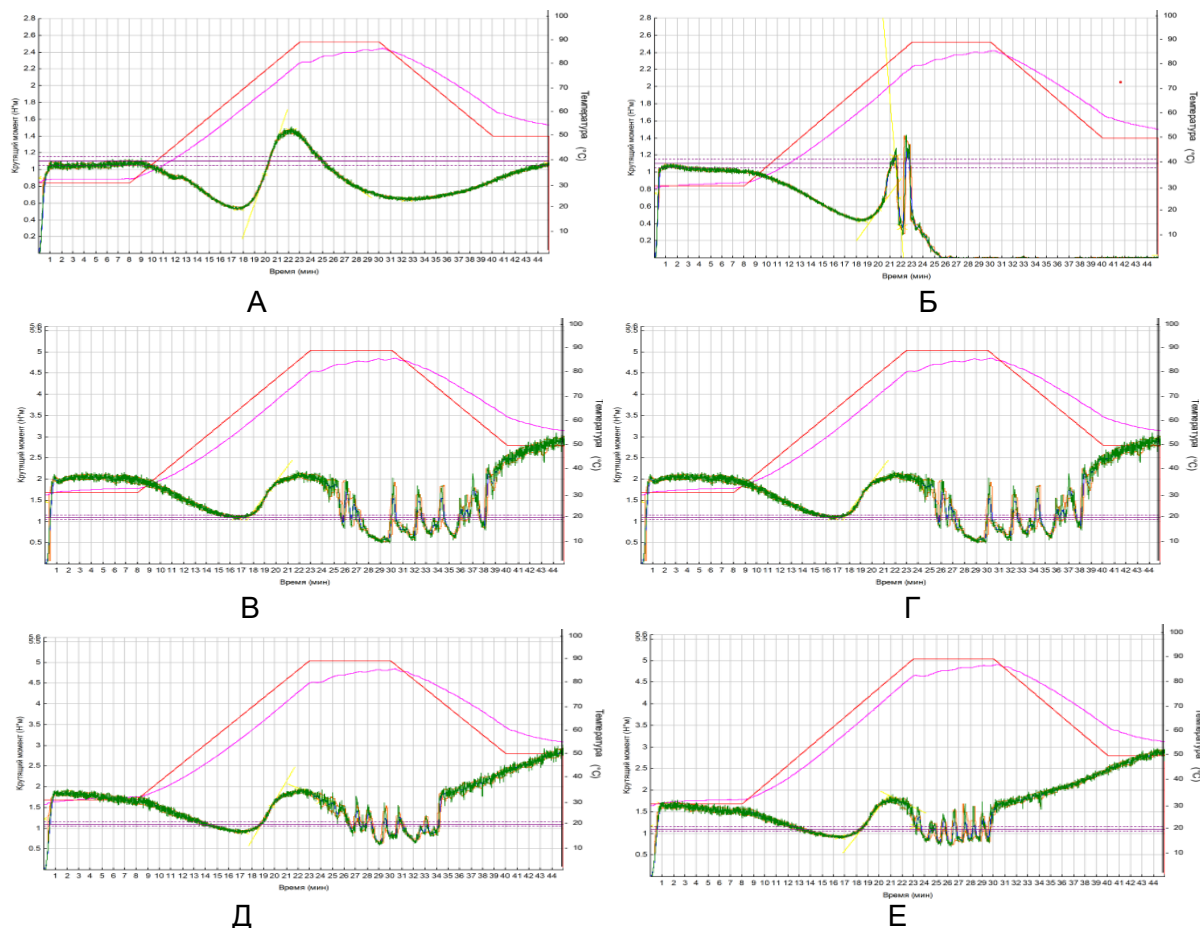


Рисунок 2 – График измерения реологии теста

А – контрольный образец; Б – гречневая мука без зеина; В – гречневая мука+10%; Г – гречневая мука+15%;
Д – гречневая мука+20%; Е – гречневая мука+30%

В графике Б гречневая мука без зеина показывает низкую способность создавать тестовую структуру, так как отсутствует клейковина, так же выявлена снижение вязкости из-за активной ферментативной активности. Определено, что гречневая мука имеет высокое водопоглощение, это выше 60%. Исходя из ВПС смешение зеина с гречневой мукой дает более стабильное тесто, но начальный момент (С1) остается низким, так как нет клейковинной сети. График В показывает нестабильную структуру с 23 до 39 минуты. С повышением концентрации зеина как мы видим на графике Е, с 30-ой минуты улучшаются реологические свойства, создавая более стабильную матрицу в тесте. Это означает что, зеин защищает крахмал от интенсивного разрушения.

Рисунок 3 демонстрирует, что увеличение концентрации зеина с 10% до 30% существенно влияет на растяжимость теста. На рисунке 3 показано тесто с содержанием зеина 30%, чтобы продемонстрировать растяжение теста похожего на пшеничное тесто. Увеличение концентрации зеина приводит к формированию более жесткой и эластичной структуры теста, которая обладает повышенной устойчивостью к деформации. Однако, чрезмерно высокое содержание зеина может привести к чрезмерно жесткому тесту, что негативно скажется на его технологических свойствах и качестве готового изделия. Поэтому,

оптимальная концентрация зеина подобрана с учетом конкретных требований к реологическим характеристикам теста и желаемым свойствам конечного продукта.



Рисунок 3 – Тесто из гречневой муки с зеином 30%

Заключение

По результатам исследования выявлено зависимость вязкости к температуре гречневой муки с добавлением кукурузного зеина. Добавление зеина 30% увеличивает вязкость, что связано с его гидратацией и взаимодействием с компонентами теста, улучшая его структуру. При повышении температуры вязкость теста снижается, что обусловлено ускорением молекулярных процессов (набухание крахмала, денатурация белков). Наиболее заметное снижение происходит при переходе от 80°C до 95°C. Таким образом, развитие вязкоупругой сети за счет зеина дает возможность решить проблемы с реологией теста в безглютеновых изделиях. Добавление в тесто кукурузного зеина требует еще научно-обоснованных результатов для улучшения его органолептических, физических, нутрицевтических свойств. Дальнейшие исследования должны быть направлены на оптимизацию рецептуры и процесса приготовления теста с использованием зеина для получения продуктов с улучшенными потребительскими свойствами. Например, изучение влияния различных модификаций зеина, использование различных типов муки и добавок может значительно расширить возможности применения зеина в пищевой промышленности.

Список литературы

1. Bean S.R. Zein functionality in viscoelastic dough for baked food products / S.R. Bean, P.A. Akin, F.M. Aramouni // Journal of Cereal Science. – 2021. – Т. 100. – С. 103270.
2. Gluten-free grains: Importance, processing and its effect on quality of gluten-free products / S. Kaur et al // Critical reviews in food science and nutrition. – 2024. – Т. 64, № 7. – С. 1988-2015.
3. Hamelman J. Bread. Technology and recipes. St. Petersburg / J. Hamelman // Profession. – 2017.
4. Thermal treatment of dry zein to improve rheological properties in gluten-free dough / E. Federici et al // Food Hydrocolloids. – 2021. – Т. 115. – С. 106629.
5. Effect of Zein on Buckwheat Dough Properties / J. Li et al // Science and Technology of Food Industry. – 2023. – Volume 44, Issue 6. – С. 1-7
6. Increasing and stabilizing β -sheet structure of maize zein causes improvement in its rheological properties / C.D. Mejia et al // Journal of agricultural and food chemistry. – 2012. – Т. 60, № 9. – С. 2316-2321.
7. ГОСТ 31645-2012. Мука для продуктов детского питания. Технические требования. – Москва: Сатндартинформ, 2019. – 8 с.
8. Исследование реологических свойств зеинового теста и его качественные показатели / Г.Д. Акшораева и др. // Вестник Университета Шакарима. Серия технические науки. – 2023. – Т. 1, № 4 (12). – С. 120-131.
9. Стандарт ААСС 76-31 Определение в муке количества крахмала.
10. Стандарт ААСС 54-60-01 Определение функционального назначения муки.
11. ГОСТ 13586.5-2015. Зерно. Метод определения влажности. – Москва: Сатндартинформ, 2019. – 14 с.
12. Крупенникова В.Е. Определение динамической вязкости на ротационном вискозиметре Brookfield RVDV-II+ Pro / В.Е. Крупенникова, В.Д. Раднаева, Б.Б. Танганов // Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ. – 2011.
13. Мысаков Д.С. Исследование реологических свойств альтернативных видов муки / Д.С. Мысаков, Е.В. Крюкова, О.В. Чугунова // Технические науки – от теории к практике. – 2014. – № 38. – С. 105-110.

References

1. Bean S.R. Zein functionality in viscoelastic dough for baked food products / S.R. Bean, P.A. Akin, F.M. Aramouni // Journal of Cereal Science. – 2021. – T. 100. – S. 103270. (In English).
2. Gluten-free grains: Importance, processing and its effect on quality of gluten-free products / S. Kaur et al // Critical reviews in food science and nutrition. – 2024. – T. 64, № 7. – S. 1988-2015. (In English).
3. Hamelman J. Bread. Technology and recipes. St. Petersburg / J. Hamelman // Profession. – 2017. (In English).
4. Thermal treatment of dry zein to improve rheological properties in gluten-free dough / E. Federici et al // Food Hydrocolloids. – 2021. – T. 115. – S. 106629. (In English).
5. Effect of Zein on Buckwheat Dough Properties / J. Li et al // Science and Technology of Food Industry. – 2023. – Volume 44, Issue 6. – S. 1-7. (In English).
6. Increasing and stabilizing β -sheet structure of maize zein causes improvement in its rheological properties / C.D. Mejia et al // Journal of agricultural and food chemistry. – 2012. – T. 60, № 9. – S. 2316-2321. (In English).
7. GOST 31645-2012. Muka dlya produktov detskogo pitaniya. Tekhnicheskie trebovaniya. – Moskva: Satndartinform, 2019. – 8 s. (In Russian).
8. Issledovanie reologicheskikh svoystv zeinovogo testa i ego kachestvennye pokazateli / G.D. Akshoraeva i dr. // Vestnik Universiteta Shakarima. Seriya tekhnicheskie nauki. – 2023. – T. 1, № 4 (12). – S. 120-131. (In Russian).
9. Standart AASS 76-31 Opredelenie v muke kolichestva krakhmala. (In Russian).
10. Standart AACC 54-60-01 Opredelenie funktsional'nogo naznacheniya muki. (In Russian).
11. GOST 13586.5-2015. Zerno. Metod opredelenie vlazhnosti. – Moskva: Satndartinform, 2019. – 14 s. (In Russian).
12. Krupennikova V.E. Opredelenie dinamicheskoi vyazkosti na rotatsionnom viskozimetre Brookfield RVDV-II+ Pro / V.E. Krupennikova, V.D. Radnaeva, B.B. Tanganov // Ulan-Udeh: Izd-vo VSGTU. – 2011. (In Russian).
13. Mysakov D.S. Issledovanie reologicheskikh svoystv al'ternativnykh vidov muki / D.S. Mysakov, E.V. Kryukova, O.V. Chugunova // Tekhnicheskie nauki – ot teorii k praktike. – 2014. – № 38. – S. 105-110. (In Russian).

Г.Д. Акшораева*, М.М. Какимов, Г.Х. Оспанкулова, Б.М. Исаков, Б.Т. Рзаев

С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті

010000 Қазақстан Республикасы, Астана қ., Жеңіс к-сі, 62

*e-mail: gaukhar_01.88@mail.ru

ҚАРАҚҰМЫҚ ҰНЫНЫҢ РЕОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНІҢ ПАРАМЕТРЛЕРІНІҢ ЖҮГЕРІ ЗЕИНІНЕ ТӘУЕЛДІЛІГІ

Мақалада жүгері зеінінің қарақұмық ұнынан жасалған қамырдың реологиясына әсері қарастырылады. Реологиялық қасиеттерді зерттеудің негізгі аспектілерінің бірі-қосылған зеіннің концентрациясына байланысты сынақтың тұтқырлығы, созылуы, серпімділігі, суды сіңіру қабілеті.

*Бидай ұны негізінен қамырды дайындау процесінде глютенді ақуыз фракциясының маңызды рөліне байланысты нан пісіруде қолданылады. Қарақұмық ұнынан жасалған қамырда глютен жоқ болғандықтан, шешім глютеннің вискоэластикалық желісіне еліктеу болып табылады. Бұл зерттеудің мақсаты-қамырдың сипаттамаларын жақсартатын оңтайлы пропорцияларды анықтау үшін қарақұмық қамырының реологиялық мінез-құлқына Зеін қосудың әсерін жүйелі түрде зерттеу. Зеінді қосу бастапқы (2625МПа*С) және соңғы кезеңдерде (1895МПа*с) тұтқырлықты арттырады, бұл оның ылғалдануына және оның құрылымын жақсартып отырып, сынақ компоненттерімен өзара әрекеттесуіне байланысты. Алайда, температураның жоғарылауымен қамырдың тұтқырлығы төмендейді, бұл молекулалық процестердің үдеуіне байланысты (крахмалдың ісінуі, белоктардың денатурациясы). Ең айқын төмендеу 80°С-тан 95°С-қа ауысқанда пайда болады, құрамында 30% Зеін бар қамыр бидай қамырына ұқсас созылуды көрсетті. Зеін концентрациясының жоғарылауы деформацияға төзімділігі жоғары қатаң және серпімді қамыр құрылымының пайда болуына әкеледі. Алайда, зеіннің шамадан тыс көп мөлшері оның технологиялық қасиеттеріне және дайын өнімнің сапасына теріс әсер ететін қатты сынаққа әкелуі мүмкін. Сондықтан зеіннің оңтайлы концентрациясы сынақтың реологиялық сипаттамаларына және соңғы өнімнің қажетті қасиеттеріне қойылатын нақты талаптарды ескере отырып таңдалады.*

Түйін сөздер: астық дақылдары, қамыр, глютенсіз өнім, жүгері зеіні, тұтқырлық, реология.

DEPENDENCE OF PARAMETERS OF RHEOLOGICAL PROPERTIES OF BUCKWHEAT FLOUR ON CORN ZEIN

The paper deals with the effect of corn zein on the rheology of buckwheat flour dough. One of the main aspects of the study of rheological properties is the viscosity, extensibility, elasticity, water absorption capacity of dough, which depends on the concentration of added zein.

*Wheat flour is mainly used in baking because of the important role of the gluten protein fraction in the dough making process. Since buckwheat flour dough lacks gluten, the solution is to mimic the viscoelastic network of gluten. The aim of this study is to systematically investigate the effect of zein addition on the rheological behaviour of buckwheat dough, in order to determine the optimal proportions that can improve the dough characteristics. The addition of zein increases the viscosity in the initial (2625mPa*s) and final stages (1895mPa*s), due to its hydration and interaction with the dough components, improving its structure. However, as the temperature increases, the viscosity of the dough decreases due to the acceleration of molecular processes (starch swelling, denaturation of proteins). The most noticeable decrease occurs between 80°C and 95°C. Dough with zein content of 30%, showed a stretching similar to wheat dough. Increasing zein concentration results in a stiffer and more elastic dough structure, which has increased resistance to deformation. However, an excessively high zein content can lead to an excessively stiff dough, which will negatively affect its technological properties and the quality of the finished product. Therefore, the optimal zein concentration is selected taking into account specific requirements to the rheological characteristics of the dough and the desired properties of the final product.*

Key words: cereals, dough, gluten-free products, corn zein, viscosity, rheology.

Сведения об авторах

Гаухар Дюсенгалиевна Акшораева* – докторант кафедры «Технология пищевых и перерабатывающих производств»; Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, город Астана, Республика Казахстан; e-mail: gaukhar_01.88@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4758-7059>.

Мухтарбек Муқанович Какимов – кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология пищевых и перерабатывающих производств»; Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, город Астана, Республика Казахстан; e-mail: muhtarbek@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1190-2195>.

Гульназым Хамитовна Оспанкулова – кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры «Технологии пищевых и перерабатывающих производств»; Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина; e-mail: bulashevag@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6043-4658>.

Бауыржан Мырзабекович Искаков – PhD, преподаватель кафедры «Технология пищевых и перерабатывающих производств»; Казахский агротехнический исследовательский университет имени С.Сейфуллина, город Астана, Республика Казахстан; e-mail: baissemey@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7939-0210>.

Бахтияр Темирбекович Рзаев – докторант кафедры «Технология пищевых и перерабатывающих производств»; Казахский агротехнический исследовательский университет имени С.Сейфуллина, город Астана, Республика Казахстан; e-mail: bahtiyar_9128@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9607-9106>.

Авторлар туралы мәліметтер

Гаухар Дюсенгалиевна Акшораева* – «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының докторанты; С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: gaukhar_01.88@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4758-7059>.

Мухтарбек Муқанович Какимов – техника ғылымдарының кандидаты, профессор, «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының меңгерушісі; С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: muhtarbek@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1190-2195>.

Гульназым Хамитовна Оспанкулова – биология ғылымдарының кандидаты, «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының аға оқытушысы; «С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ; e-mail: bulashevag@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6043-4658>.

Бауыржан Мырзабекович Искаков – PhD, «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының оқытушысы; С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: baissemey@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7939-0210>.

Бахтияр Темирбекович Рзаев – «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының докторанты; С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: bahtiyar_9128@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9607-9106>.

Information about the authors

Gaukhar Dyusengalieva Akshorayeva – doctoral student of the Department «Technology of Food and Processing industries»; Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Republic of Kazakhstan; e-mail: gaukhar_01.88@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4758-7059>.

Mukhtarbek Mukanovich Kakimov – Candidate of Technical Sciences, professor, Head of the Department «Technology of Food and Processing Industries»; Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Republic of Kazakhstan; e-mail: muhtarbek@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1190-2195>.

Gulnazym Khamitovna Ospankulova – Candidate of Biological Sciences, senior lecturer of the department «Technologies of food and processing industries»; Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin; e-mail: bulashevag@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6043-4658>.

Bauyrzhan Myrzabekovich Iskakov – PhD, lecturer of the Department «Technology of food and Processing Industries»; Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Republic of Kazakhstan; e-mail: baissemey@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7939-0210>.

Bakhtiyar Temirbekovich Rzaev – doctoral student of the Department «Technology of food and Processing Industries»; Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Republic of Kazakhstan; e-mail: bahtiyar_9128@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9607-9106>.

Поступила в редакцию 30.01.2025
Принята к публикации 07.02.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-18](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-18)

MPHTI:65.63.03



**Е.С.Жарыкбасов*, С.С. Толеубекова, М.М. Джумажанова,
Г.М. Байбалинова, А.Т. Қабденова**
Университет имени Шакарима города Семей,
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А
*e-mail: erlan-0975@mail.ru

АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ СОЛЕЙ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В МОЛОКЕ И ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ФЕРМЕНТАМИ

Аннотация: В статье обоснована актуальность применения направленного на изучение содержания тяжёлых металлов в молоке и их взаимодействие с ферментами. Необходимо отметить, что в настоящее время проводятся исследования, направленные на изучение взаимодействия ферментов с тяжёлыми металлами в объектах окружающей среды, в живом организме. Известно, что отдельные тяжелые металлы как ингибируют активность отдельных ферментов, так и стимулируют их активность. Так, например, проведены исследования доказывающие, что кадмий стимулирует активность пероксидазы, но ингибирует активность каталазы вне зависимости от концентрации данного элемента в почве. Основной целью исследования было исследование взаимодействия солей тяжелых металлов с окислительно-восстановительными группами фермента молока. При исследовании взаимодействия солей свинца, кадмия, мышьяка и ртути с каталазой и пероксидазой установлено, что соли исследуемых тяжелых металлов оказывает только ингибирующее действие на фермент каталазу и пероксидазу. При этом в наибольшей степени ингибирующее действие оказывают соли таких элементов, как ртуть и кадмий, затем уже свинец и мышьяк. Установлено восстановление активности пероксидазы молока после внесения овсяной крупы и дополнительной фильтрации по качественной реакции. При содержании свинца в образце молока 0,06 мг/л активность каталазы составило 4,98 Е, после