

---

Научная статья  
УДК 664.66.022.39  
EDN NLRYPY

### Деградация глютена в ржанных заквасках

**Юлия Михайловна Фролова<sup>1</sup>**, младший научный сотрудник  
**Научный руководитель – Лина Ивановна Кузнецова<sup>2</sup>**, главный научный сотрудник

<sup>1,2</sup>Санкт-Петербургский филиал научно-исследовательского института хлебопекарной промышленности, Санкт-Петербург, Россия

<sup>1</sup>[u.frolova@gosniihp.ru](mailto:u.frolova@gosniihp.ru)

**Аннотация.** Приведены данные по изучению разрушения глютена в муке с помощью заквасок на чистых культурах микроорганизмов из коллекции молочнокислых бактерий и дрожжей Санкт-Петербургского филиала ФГАНУ НИИ хлебопекарной промышленности. Изучено влияние ржанных заквасок на содержание глютена в безглютеновом хлебе. Проведены исследования влияния вида ржанных заквасок на устойчивость безглютенового хлеба к плесневению и картофельной болезни.

**Ключевые слова:** закваска, глютен, ржаная мука, пшеничная мука, молочнокислые бактерии

**Для цитирования:** Фролова Ю. М. Деградация глютена в ржанных заквасках // Актуальные исследования молодых ученых – результаты и перспективы : материалы науч.-практ. конф. (Благовещенск, 8 февраля 2024 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2024. С. 458–464.

### Gluten degradation in rye sourdoughs

**Julia M. Frolova<sup>1</sup>**, junior researcher

**Scientific supervisor – Lina I. Kuznetsova<sup>2</sup>**, doctor of technical sciences

<sup>1,2</sup> St. Petersburg Branch of Research Institute of Baking Industry, St. Petersburg, Russia

<sup>1</sup>[u.frolova@gosniihp.ru](mailto:u.frolova@gosniihp.ru)

**Abstract.** The article provides data on the study of the destruction of gluten in flour using starter cultures on pure cultures of microorganisms from the collection of lactic acid bacteria and yeast of the St. Petersburg branch of the Federal State Scientific Research Institute of the Baking Industry. The effect of rye starters on the gluten content in gluten-free bread was studied. Research has been conducted on the influence of the type of rye starter on the resistance of gluten-free bread to mold and potato disease.

**Keywords:** sourdough, gluten, rye flour, wheat flour, lactic acid bacteria

**For citation:** Frolova Ju. M. Degradacija gljutena v rzhanyh zakvaskah [Gluten degradation in rye sourdoughs]. *Aktual'nye issledovaniya molodykh uchennykh – rezul'taty i perspektivy: materialy nauch.-prakt. konf. (Blagoveshchensk, 8 fevralya 2024 g.)*. Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyy GAU, 2024, pp. 458–464. (in Russ.).

**Введение.** Целиакия представляет собой расстройство иммунной системы генетического происхождения, вызванное потреблением глютена, представляющего собой белок, присутствующий в злаковых культурах. Этот белок плохо переваривается в верхнем отделе желудочно-кишечного тракта. Глютен в пшеничной муке состоит из двух фракций глиадина и глютеина. Глиадины содержат огромное количество токсичных компонентов для людей страдающих целиакией [1].

В случае, когда пациент, страдающий целиакией, потребляет какой-либо пищевой продукт, содержащий глютен, его иммунная система отвечает, таким образом, что повреждает или разрушает кишечные ворсинки, что не позволяет абсорбировать из пищи питательные вещества, а это в свою очередь приводит к недостатку питания. Симптомы целиакии варьируются в зависимости от возраста пациента, у детей наиболее распространенными являются диарея, вздутие живота, рвота и потеря веса, в то время как у взрослых преобладающими симптомами среди прочего являются железодефицитная анемия, утомляемость, боль в костях, артрит, остеопороз [2].

В настоящее время единственным приемлемым средством для лечения целиакии является безглютеновая диета, которой пациент должен придерживаться всю жизнь. Безглютеновые хлебобулочные изделия часто уступают по своим потребительским свойствам традиционным изделиям из пшеничной и ржаной муки [3, 4]. Согласно ТР ТС 027/2012 без глютена считается пищевой продукт, в котором концентрация глютена составляет

менее чем 20 мг/кг. Однако, употребление безглютеновых хлебобулочных изделий вызывает негативные последствия, такие как пониженное потребление полисахаридов и, следовательно, более низкое поступление энергии, уменьшение полезной для здоровья человека кишечной микрофлоры и увеличение присутствия условно патогенных микроорганизмов. Уменьшение полезной микрофлоры, вызываемое безглютеновой диетой, приводит к негативному влиянию на иммуностимулирующую активность и снижает продуцирование противовоспалительных соединений.

Известны исследования влияния молочнокислых бактерий (далее МКБ) по деградации глютена пшеничной муки в заквасках, приготовленных с использованием смеси из 6 штаммов МКБ и/или бифидобактерий и грибковой протеазы, применяемых для приготовления закваски с целью снижения содержания глютена. Установлено, что концентрация глютена в конце брожения заквасок была менее чем 200 мг/кг [5].

В другой работе описывается смесь, содержащая два типа МКБ (*Lactobacillus sanfranciscensis* и *Lactobacillus plantarum*) в комбинации с одной или несколькими видами грибковой протеазы, используемых при приготовлении заквасок, в которых через 12 часов ферментации не обнаружено следов глиаина и глютеина, а концентрация остаточного глютена была менее чем 20 мг/кг [6]. В данных исследованиях пшеничная мука использовалась только в закваске, а тесто для хлеба замешивалось из безглютенового сырья.

Таким образом, исследования по разрушению глютена в заквасках из ржаной муки, направленные на улучшение органолептических характеристик безглютеновых хлебобулочных изделий и замедление микробной порчи, является актуальным направлением.

**Цель работы** – изучение влияния разных видов МКБ, используемых для выведения заквасок из ржаной муки на содержание глютена в хлебе из

безглютенового сырья.

**Материалы и методы.** Объекты исследования – мука ржаная обдирная, осахаренная и заквашенная заварка, закваски и хлебобулочные изделия. Свойства заквасок и качество безглютенового хлеба оценивали общепринятыми в хлебопекарной промышленности методами. Для определения количества иммунореактивного глютена применялся твердофазный иммуноферментный анализ с использованием моноклональных антител (метод ELISA), специфичных к секалину.

**Результаты исследований.** Исследуя влияние разных факторов на разрушение глютена ржаной обдирной муки установили, что содержание глютена в муке составляло 42100 мг/кг, в осахаренной заварке 8000 мг/кг, а при ее заквашивании термофильными МКБ *L. amylolyticus* 76 B27 содержание глютена уменьшилось до 2200 мг/кг. Вероятно, на процесс деградации глютена ржаной муки повлияли эндогенные протеазы ржи и экзогенные протеазы лактобацилл, а также высокая титруемая кислотность – 14,2 град (рН 3,3–3,5) заквашенной заварки (рис. 1).



**Рисунок 1 - Влияние процесса осахаривания и заквашивания заварки на деградацию глютена**

В соответствии с ТУ 10.71.11-284-11163857-2013 сроки хранения безглютенового хлеба составляют 36 ч без упаковки и 48 ч при упаковке в пленки из полимерных материалов. Кислотность безглютенового хлеба должна быть не более 0,8 град, а фактически она равна 0,2 град, что отрицательно влияет не только на его вкус и запах, но и снижает устойчивость изделий к микробной порче в процессе хранения.

Исследуя влияние ржанных заквасок на содержание глютена в безглютеновом хлебе, тесто для него готовили с использованием густой, концентрированной молочнокислой закваски (далее КМКЗ) и термофильной заквашенной заварки. Закваски в разводочном цикле готовили с использованием чистых культур МКБ и дрожжей из Коллекции микроорганизмов Санкт-Петербургского Филиала ФГАНУ НИИ хлебопекарной промышленности, которая начала создаваться еще в 1946 году. Так для приготовления густой закваски в разводочном цикле применяли чистые культуры МКБ *L.plantarum* 78 B4, *L.paracasei/L.casei* 63 B32, *L.paracasei/L.casei* 5 B3 и дрожжей культивированных *C. milleri* Y128 (Чернореченский), для КМКЗ – *L. plantarum* 1 B5, *L. parabuchneri* 26 B7, *L. parabuchneri* 30 B33, *L.fermentum* 34 B28, для термофильной заквашенной заварки – *L. amylolyticus* 76 B27.

Выявлено, что в безглютеновом хлебе, изготовленном с внесением 15 % ржаной муки в виде КМКЗ, термофильной заквашенной заварки или густой закваски, содержание глютена составляло около 100 мг/кг, что согласно ТР ТС 027/2012 соответствует хлебобулочным изделиям с низким содержанием глютена. В контрольном образце безглютенового хлеба (без закваски) глютен отсутствовал.

Опытные образцы хлеба имели яркую окраску, а его вкус и запах соответствовали традиционным хлебобулочным изделиям, выработанным с использованием муки традиционных хлебных культур. Кислотность безглютенового хлеба на заквасках составляла 1,9–2,2 град, при кислотности контрольного образца хлеба (без закваски) 0,2 град.

Исследуя влияние вида ржанных заквасок на устойчивость

безглютенового хлеба к плесневению и картофельной болезни, выявили, что заболевания картофельной болезнью и плесневения при хранении опытных образцов хлеба в провоцирующих условиях не проявлялись в течение 72 ч. В контрольном образце хлеба признаки картофельной болезни (запах, липкость) и плесневения отмечались через 24 ч (рис. 2).

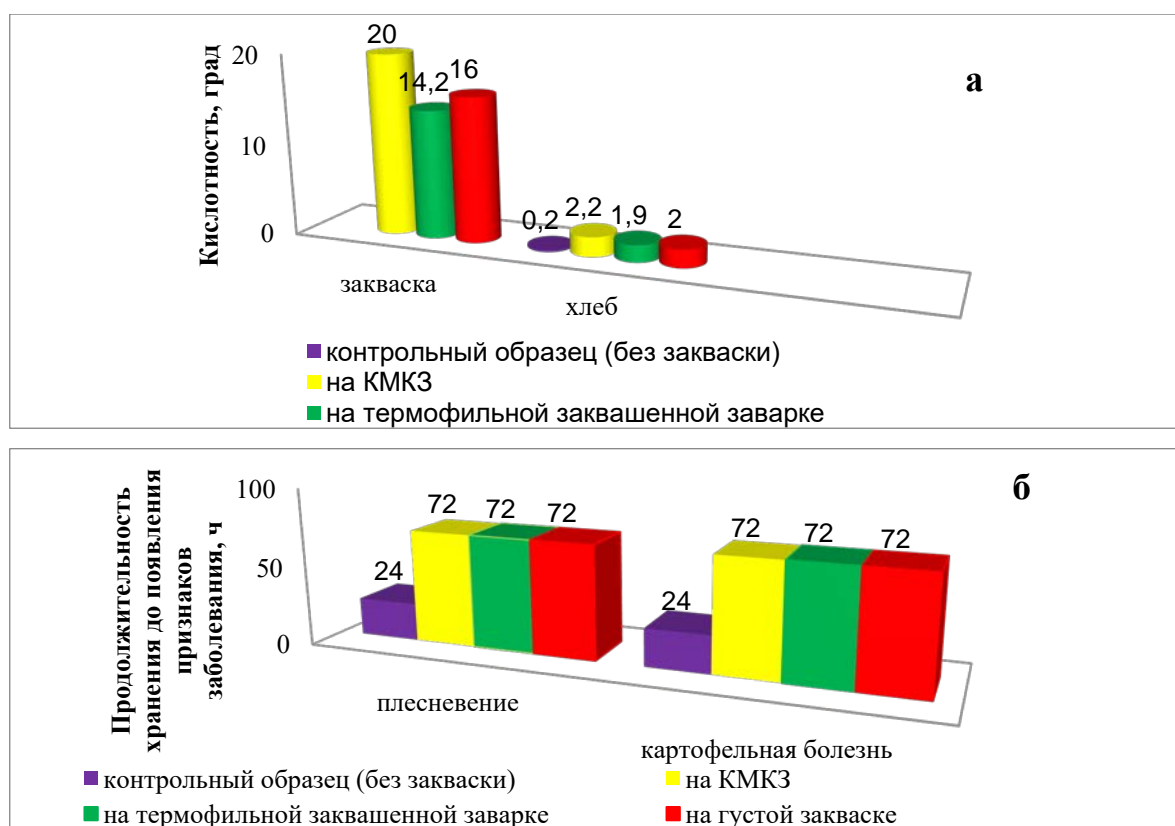


Рисунок 2 – (а) влияние способа приготовления хлеба на кислотность, (б) устойчивость к плесневению и картофельной болезни хлеба

**Заключение.** Молочнокислые бактерии позволяют модифицировать глютен в процессе приготовления ржаных заквасок. Однако не все молочнокислые бактерии могут снизить остаточную концентрацию глютена до доз, переносимых людьми, страдающими целиакией. Изготовленные с применением разных технологий на основе ржаной муки безглютеновые хлебобулочные изделия содержали 100 мг/кг глютена. В соответствии с ТР ТС 027/2012 они не могут быть отнесены к изделиям без глютена, а являются хлебобулочными изделиями с низким содержанием глютена и более устойчивы к микробной порче.

---

**Список источников**

1. Green P. H. R., Cellier C. Celiac disease // *N. Engl. J. Med.* 2007. vol. 357. no. 17. pp.1731–1743.
2. National Digestive Diseases Information Clearinghouse // NIH Publication. 2008. no. 08–4269.
3. Савкина О. А., Парахина О. И., Кузнецова Л. И., Гаврилова Т. А. Производство безглютеновых изделий. Состояние и перспективы вопроса // *Хлебопродукты*. 2019. № 12. С.40–45.
4. Deora N. S., Deswal A., Dwivedi M. Challenges and potential solutions in gluten free product development. Switzerland : Springer, 2022. pp. 17–34.
5. Mixture of at least 6 species of lactic acid bacteria and/or bifidobacteria in the manufacture of sourdough: US20080131556 USA. Date of application 07.03.2006. Publication date 05.06. 2008. 22 p.
6. Process of microbic biotechnology for completely degrading gluten in flours: WO/2010/073283 Italy № PCT/IT2009/000569. Date of application 17.12.2009. Publication date 01.07.2010. 31 p.

**References**

1. Green P. H. R., Cellier C. Celiac disease. *N. Engl. J. Med.* 2007;357:17:1731–1743.
2. National Digestive Diseases Information Clearinghouse. NIH Publication. 2008;08–4269.
3. Savkina O. A., Parahina O. I., Kuznecova L. I., Gavrilova T. A. [Proizvodstvo bezgljutenovyh izdelij. Sostojanie i perspektivy voprosa Production of gluten-free products. Status and prospects of the issue]. *Hleboprodukty*. 2019;12:40–45. (in Russ.)
4. Deora N. S., Deswal A., Dwivedi M. Challenges and potential solutions in gluten free product development. Switzerland, Springer, 2022, pp. 17–34.
5. Mixture of at least 6 species of lactic acid bacteria and/or bifidobacteria in the manufacture of sourdough: US20080131556 USA; Date of application 07.03.2006. Publication date 05.06. 2008, 22 p.
6. Process of microbic biotechnology for completely degrading gluten in flours: WO/2010/073283 Italy № PCT/IT2009/000569. Date of application 17.12.2009. Publication date 01.07.2010, 31 p.

© Фролова Ю. М., 2024

Статья поступила в редакцию 26.01.2024; одобрена после рецензирования 14.02.2024; принята к публикации 06.03.2024.

The article was submitted 26.01.2024; approved after reviewing 14.02.2024; accepted for publication 14.02.2024.