

МРНТИ: 34.27.39, 62.09.39, 65.33.29

Е.А. ОЛЕЙНИКОВА^{1*}, А.В. ЧИЖАЕВА¹, М.Б. АЛИМЖАНОВА¹, А.А. АМАНГЕЛДИ¹,
М.Г. САУБЕНОВА¹, А.Ж. АЛЫБАЕВА¹, Н.В. КЛИПИНА², Ж.Н. ЕРМЕКБАЙ¹,
Д.Д. БОКЕНОВ¹

¹ Научно-производственный центр микробиологии и вирусологии, Алматы, Казахстан

² Еркін талғам, Алматы, Казахстан

*e-mail: elena.olejnikova@mail.ru

ПОСЛЕДНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ХЛЕБОПЕЧЕНИЯ

doi: 10.53729/MV-AS.2022.04.02

Аннотация

Хлеб – стратегически важный продукт питания. Обеспечение его качества и безопасности всегда остается актуальным. В обзоре представлены данные мировой научной литературы по основным современным направлениям исследований в области хлебопечения. Показаны основные задачи, встающие в настоящее время перед сотрудниками хлебопекарной промышленности и учеными, занимающимися разработкой новых хлебопекарных продуктов и заквасок. Раскрыта значимая роль применения заквасок на основе молочнокислых бактерий в обеспечении качества и безопасности хлебопекарной продукции.

Ключевые слова: хлеб, закваска, безопасность, качество, молочнокислые бактерии.

Хлеб – один из основных продуктов питания человека, первостепенно значимый при низком уровне доходов, и являющийся основой пирамиды продовольственной безопасности [1]. До половины состава хлеба приходится на долю полисахаридов, выполняющих энергетическую функцию. Химический состав хлеба включает также белки, жиры, незаменимые аминокислоты, витамины и минералы. В более поздних культиварах пшеницы отмечается тенденция к повышению содержания крахмала и снижению количества белков [2]. Так, хлеб из белой пшеничной муки содержит очень мало витаминов группы В, а содержание в нем клетчатки не превышает 0,1% при суточной норме 25 г [3].

Повышение качества и безопасности хлеба является главным направлением исследований в области хлебопечения [4]. В последнее время возникают новые вопросы в области безопасности, связанные, в частности, с образованием при термической обработке пищи новых контаминантов, таких как акриламид и фурфурол [5]. Однако вопросы, связанные с микробной контаминацией, по-прежнему актуальны. Повышенное беспокойство потребителей связано с уровнем качества и безопасности продовольственного зерна, в первую очередь с его грибковым загрязнением [6-8]. Факторы, влияющие на качество и безопасность хлеба, представлены на рисунке 1.

Оптимальными путями решения проблемы являются обеспечение экологически безопасной защиты сельскохозяйственных культур от болезней и вредителей и сохранности урожая, улучшения условий хранения продукции растениеводства, использование биологически безопасных средств улучшения качества и безопасности хлеба в виде стартовых заквасок, включающих активные ассоциации молочнокислых бактерий и других микроорганизмов.

Последние исследования в области хлебопечения направлены на повышение безопасности хлеба [9], его питательной ценности, содержания значимых для поддержания здоровья биологически активных соединений, органолептических показателей, срока годности и доступности [10, 11]. В области безопасности усилия направлены не только на обеспечение защиты от загрязняющих и микотоксигенных микроорганизмов [12], но и на снижение химического риска, связанного с образованием отдельных соединений, таких как акролеин [13], и аллергенности хлеба [14]. Отдельное внимание уделено разработке

безглютенового хлеба [15].



Рисунок 1 – Факторы, влияющие на качество и безопасность хлеба

В области питательной ценности и других показателей готового хлеба работа ведется в двух основных направлениях: технологическом и микробиологическом. Изменение рецептуры является основной стратегией разработки ориентированных на здоровье продуктов [16]. Разработка технологий получения новых сортов хлеба основывается преимущественно на более широком использовании цельнозернового хлеба [17], ржаной [18] и других видов муки, включая нетрадиционные, введении в состав пекарской смеси различных растительных добавок (овощных, фруктовых, семян) для обогащения пищевыми волокнами и другими биологически активными веществами [19-22], фортификации хлеба белком зернобобовых культур [23-25], витаминами и микроэлементами [26]. Благодаря технологическим разработкам ассортимент хлебобулочных изделий в значительной мере расширился в последние годы как в мире, так и в Казахстане [27].

Основное внимание исследователей в области биотехнологии и микробиологии направлено в последние годы преимущественно на изучение влияния хлебных заквасок, основанных на молочнокислых бактериях и некоторых других микроорганизмах на различные показатели хлеба. Отмечается устойчивая тенденция к использованию хлебных заквасок, близких к спонтанным, и замене заквасок, основанных на пекарских дрожжах, заквасками из молочнокислых бактерий, часто включающих также дикие штаммы дрожжей. В последние годы показан первостепенный вклад подбора закваски в обеспечение качества и безопасности хлеба, повышение его органолептических показателей и биологической ценности. Основные направления воздействия закваски на различные значимые показатели хлеба представлены на рисунке 2. Отмечено лучшее качество, питательная ценность и биодоступность хлеба, полученного с использованием заквасок в сравнении с хлебом на основе хлебопекарных дрожжей [28]. Подчеркивается возможность подавления возбудителей картофельной болезни хлеба и предупреждения порчи плесневыми грибами за счет использования защитных культур микроорганизмов [9, 12].

Canesin и соавторами [28] показано повышение биологической ценности хлеба использованием заквасок на основе молочнокислых бактерий: продукция биоактивных пептидов и производных аминокислот, потенциально пребиотических экзополисахаридов; увеличение усвоения витаминов, минералов, фотохимических веществ; снижение гликемического индекса хлеба. Suo и соавторами выявлено [29], что закваски из молочнокислых бактерий, имеют более высокую противогрибковую активность, образуют более обильные ароматические соединения, имеют более высокую питательную ценность



Рисунок 2 – Влияние заквасок на основе молочнокислых бактерий на показатели хлеба

и обладают активностью по снижению содержания акриламида в сравнении с заквасками из хлебопекарных дрожжей. А одновременное использование закваски и растительных добавок может оказать дополнительные или более выраженные эффекты, например, ферментация закваской клубней топинамбура снижает концентрацию акриламида в хлебе на 15% [30]. Использование закваски для хлеба также способствует деградации фитиновой кислоты и, соответственно, высвобождению и большей доступности железа [31].

Анализ последней литературы, проведенный Aogo и соавторами [32]), показал, что ферментация с помощью закваски увеличивала биодоступность минералов, позволяла обогащать ее пищевыми волокнами, снижала гликемический индекс, улучшала усвояемость белка и уменьшала содержание антипитательных факторов. Reale и соавторами также подтверждено влияние закваски на повышение усвояемости и продукцию потенциально биоактивных соединений в хлебе [33].

Исследование летучих ароматических соединений различных заквасок и хлеба на их основе показало наличие 196 летучих соединений, влияющих на органолептические показатели и включающих в первую очередь альдегиды, спирты и сложные эфиры, которые составляли в сумме 111 различных соединений [34]. Следующие по представленности 57 химических соединений составляли кетоны, кислоты, фураны и пиразины. Остальные соединения были единичны. Отмечено также, что профиль летучих и нелетучих соединений цельнозернового хлеба с использованием смешанных заквасок зависел от соотношения молочнокислых бактерий и дрожжей внутри закваски [35].

Разработка заквасок для цельнозернового и обогащенного отрубями хлеба составляет отдельное направление исследований в области микробиологии и биотехнологии хлебопечения, и является крайне актуальной, поскольку использование цельнозернового хлеба востребовано потребителями и непосредственно связывается с улучшением здоровья [36-38]. Однако проблемой в этой области является влияние компонентов оболочки и зародыша зерна на технологические, в частности реологические свойства, органолептические показатели и биобезопасность теста и хлеба [39-41]. Ma и соавторами [39] показано значимое влияние закваски на свойства цельнозернового хлеба, в частности, снижение содержания антипитательных факторов, токсичных и вредных веществ. Исследование влияния микроорганизмов закваски на показатели хлеба показывает вклад отдельных видов термофильных молочнокислых бактерий в улучшение целого перечня

значимых показателей, а именно продукцию ароматических соединений, подавление грибковой порчи, пористость, эластичность, рассыпчатость и влажность хлеба [42].

Значительная часть исследований в области хлебных заквасок посвящена изучению естественных микробиомов спонтанных заквасок, полученных с использованием различных растительных материалов [43, 44]. Сделан вывод о том, что тщательный отбор аутохтонных многофункциональных микробных штаммов может обеспечить стабильное повышение безопасности и улучшение питательных, органолептических и функциональных свойств зерновых продуктов [45].

С точки зрения стабильных свойств закваски представляют интерес также работы по подбору оптимальных условий высушивания закваски [46].

Таким образом, разработка хлебных заквасок охватывает различные современные направления работы по улучшению качества и безопасности хлеба, оказывая влияние на все показатели готового продукта, повышая биологическую ценность, потребительскую привлекательность и срок годности хлеба и поэтому является актуальным направлением исследований в области хлебопечения.

Литература:

- 1 Зорин А.С. Хлеб – основа пирамиды продовольственной безопасности. URL: <https://bac-forum.ru/articles/71-hleb-osnova-piramidy-prodovolstvennoi-bezopasnosti.html>. (дата обращения 20.10.2022)
- 2 Brouns F., Geisslitz S., Shewry P.R. Is bread bad for health? // Journal of Cereal Science. – 2022. – Vol. 105. – Art. ID 103447. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2022.103447>
- 3 Мелькунова О.С. Ингредиентный состав хлебобулочных изделий и степень его влияния на организм // IX Международная студенческая научная конференция «Студенческий научный форум 2017». – Владимир: ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых», 2016. – 43 с. <https://scienceforum.ru/2017/article/2017030957>
- 4 Ma M., Sun Q.J., Li M., Zhu K.X. Deterioration mechanisms of high-moisture wheat-based food – A review from physicochemical, structural, and molecular perspectives // Food Chemistry. – 2020. – Vol. 318. – Art. ID 126495. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126495>
- 5 Taş N.G., Kocadağlı T., Gökmen V. Safety concerns of processed foods in terms of neo-formed contaminants and NOVA classification // Current Opinion in Food Science. – 2022. – Vol. 47. – Art. ID 100876. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2022.100876>
- 6 Zhu H., Jackson P., Wang W. Consumer anxieties about food grain safety in China // Food Control. – 2017. – Vol. 73, Part B. – P. 1256-1264. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.10.045>
- 7 Mohapatra D., Kumar S., Kotwaliwale N., Singh K.K. Critical factors responsible for fungi growth in stored food grains and non-Chemical approaches for their control // Industrial Crops and Products. – 2017. – Vol. 108. – P. 162-182. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.06.039>
- 8 Чижаяева А.В., Олейникова Е.А., Амангелды А.А., Айтжанова А.А., Саубенова М.Г., Шемшур О.Н., Елубаева М.Е., Алыбаева А.Ж. Хлебные закваски как биотехнологический способ улучшения качества и безопасности муки // Микробиология және вирусология. – 2020. - №2(29). – С. 15-39.
- 9 Тумашова Елена. В РК начнут печь хлеб с повышенным содержанием витаминов. Пекарни оценят казахстанскую разработку. URL: <https://kapital.kz/business/72231/v-rk-nachnut-pech-khleb-s-povyshennym-soderzhaniyem-vitaminov.html> 26.09.2018 (дата обращения 27.10.2022)
- 10 Mariscal-Moreno R.M., Chuck-Hernández C., Figueroa-Cárdenas J. de D., Serna-Saldivar S. O. Physicochemical and nutritional evaluation of bread incorporated with ayocote bean (*Phaseolus coccineus*) and black bean (*Phaseolus vulgaris*) // Processes. – 2021. – Vol. 9(10). <https://doi.org/10.3390/pr9101782>
- 11 Le Lay C., Mounier J., Vasseur V., Weill A., Le Blay G., Barbier G., Coton E. In vitro and in situ screening of lactic acid bacteria and propionibacteria antifungal activities against bakery product spoilage molds // Food Control. – 2016. – Vol. 60. – P. 247-255. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.07.034>
- 12 Zhang J., Schwab C. Is acrolein a reuterin-borne chemical hazard in biopreserved foods? // Food Chemistry Advances. – 2022. – Vol. – 1. – Art. ID 100044. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100044>
- 13 Abd Rahim M.H., Hazrin-Chong N.H., Harith H.H., Al Qadr Imad Wan-Mohtar W.A., Sukor R. Roles of fermented plant-, dairy- and meat-based foods in the modulation of allergic responses // Food Science and Human Wellness. – 2023. – Vol. - 12, Issue 3. – P. 691-701.

<https://doi.org/10.1016/j.fshw.2022.09.002>

14 Föste M., Verheyen C., Jekle M., Becker T. Fibres of milling and fruit processing by-products in gluten-free bread making: A review of hydration properties, dough formation and quality-improving strategies // Food Chemistry. – 2020. – Vol. 306. – Art. ID 125451. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125451>

15 Munekata P.E.S., Pérez-Álvarez J.Á., Pateiro M., Viuda-Matos M., Fernández-López J., Lorenzo J.M. Satiety from healthier and functional foods // Trends in Food Science and Technology. – 2021. – Vol. 113. – P. 397-410. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.05.025>

16 de Hoogh I.M., van der Kamp J.W., Wopereis S. The potential of personalized nutrition for improving wholegrain consumption // Journal of Cereal Science. – 2022. – Vol. 107. – Art. ID 103505. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2022.103505>

17 Семёнов П.Н. Пищевая ценность хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки // Матер. междунар. научно-практич. конф., посвящ. 100-летию Горского ГАУ «Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса горных и предгорных территорий». – Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2018. – Том 2. – С. 152-154.

18 Калмыкова О.В., Мартыненко Д.В. Использование растительных добавок с целью повышения пищевой ценности и физиологической значимости хлебобулочных изделий // Матер. междунар. научно-практич. конф., посвящ. 75-летию окончания Сталинградской битвы «Мировые научно-технологические тенденции социально-экономического развития апк и сельских территорий». – Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2018. – Том 2. – С. 75-80. <https://elibrary.ru/item.asp?id=35401240>

19 Русакова Н.А., Власова В.Н. Применение растительного сырья для повышения пищевой ценности хлеба // Парадигма. – 2018. – №1. – С. 10-17. <https://elibrary.ru/item.asp?id=42917577>

20 Dhen N., Rejeb I.B., Boukhris H., Damergi C., Gargouri M. Physicochemical and sensory properties of wheat- Apricot kernels composite bread // LWT. – 2018. – Vol. 95. – P. 262-267. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.068>

21 Torbica A., Radosavljević M., Belović M., Djukić N., Marković S. Overview of nature, frequency and technological role of dietary fibre from cereals and pseudocereals from grain to bread // Carbohydrate Polymers. – 2022. – Vol. 290. – Art. ID 119470. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2022.11947>

22 Альшакова Е.А. Использование хлеба функционального назначения для обеспечения полноценного питания населения // Сборник науч. статей VII Междунар. научно-практич. конф. «Новые концептуальные подходы к решению глобальной проблемы обеспечения продовольственной безопасности в современных условиях». – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2020. – С. 31-34. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44308426>

23 Boukid F., Zannini E., Carini E., Vittadini E. Pulses for bread fortification: A necessity or a choice? // Trends in Food Science and Technology. – 2019. – Vol. 88. – P. 416-428. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.04.007>

24 Gallo V., Romano A., Ferranti P., D'Auria G., Masi P. Properties and in vitro digestibility of a bread enriched with lentil flour at different leavening times // Food Structure. – 2022. – Vol. 33. – Art. ID 100284. <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2022.100284>

25 Vishwakarma S., Dalbhagat C.G., Mandliya S., Mishra H.N. Investigation of natural food fortificants for improving various properties of fortified foods: A review // Food Research International. – 2022. – Vol. 156. – Art. ID 111186. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111186>

26 Шпис А.А., Мусрепова С.А. Хлебный рынок Казахстана и новый вид хлеба // Матер. II Всерос. (нац. научно-практич. конф. с междунар. Участием) «Современные проблемы финансового регулирования и учета в агропромышленном комплексе». – Лесниково: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, 2018. – С. 636-639. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35044201>

27 Canesin M.R., Betim Cazarin C.B. Nutritional quality and nutrient bioaccessibility in sourdough bread // Current Opinion in Food Science. – 2021. – Vol. 40. – P. 81-86. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.02.007>

28 Suo B., Chen X., Wang Y. Recent research advances of lactic acid bacteria in sourdough: origin, diversity, and function // Current Opinion in Food Science. – 2021. – Vol. 37. – P. 66-75. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.09.007>

29 Bartkiene E., Jakobsone I., Juodeikiene G., Vidmantienė D., Pugajeva I., Bartkevics V. Effect of fermented *Helianthus tuberosus* L. tubers on acrylamide formation and quality properties of wheat bread //

LWT - Food Science and Technology. – 2013. – Vol. 54, Issue 2. – P. 414-420. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.05.015>

30 Rodriguez-Ramiro I., Brearley C.A., Bruggraber S.F.A., Perfecto A., Shewry P., Fairweather-Tait S. Assessment of iron bioavailability from different bread making processes using an in vitro intestinal cell model // Food Chemistry. – 2017. – Vol. 228. – P. 91-98. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.130>

31 Arora K., Ameer H., Polo A., Di Cagno R., Rizzello C.G., Gobbetti M. Thirty years of knowledge on sourdough fermentation: A systematic review // Trends in Food Science and Technology. – 2021. – Vol. 108. – P. 71-83. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.12.008>

32 Reale A., Di Stasio L., Di Renzo T., De Caro S., Ferranti P., Picariello G., Addeo F., Mamone G. Bacteria do it better! Proteomics suggests the molecular basis for improved digestibility of sourdough products // Food Chemistry, Volume. – 2021. – Vol. 359. – Art. ID 129955. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129955>

33 Pétel C., Onno B., Prost C. Sourdough volatile compounds and their contribution to bread: A review // Trends in Food Science and Technology. – 2017. – Vol. 59. – P. 105-123. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.10.015>

34 Warburton A., Silcock P., Eyres G.T. Impact of sourdough culture on the volatile compounds in wholemeal sourdough bread // Food Research International. – 2022. – Vol. 161. – Art. ID 111885. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111885>

35 Lappi J., Mykkänen H., Kolehmainen M., Poutanen K. Wholegrain foods and health // In: Delcour J.A., Poutanen K. (Eds.) Fibre-Rich and Wholegrain Foods. Improving Quality. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. – Oxford, Cambridge, Philadelphia, New Delhi: Woodhead Publishing, 2013. – P. 76-95. <https://doi.org/10.1533/9780857095787.1.76>

36 Gordon D.T., Wrigley C. Whole-grain versus refined products // In: The Encyclopedia of Grain Science. – Cambridge: Academic Press, 2004. – P. 424-429.

37 Parenti O., Guerrini L., Zanoni B. Techniques and technologies for the breadmaking process with unrefined wheat flours // Trends in Food Science and Technology. – 2020. – Vol. 99. – P. 152-166. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.034>

38 Ma S., Wang Z., Guo X., Wang F., Huang J., Sun B., Wang X. Sourdough improves the quality of whole-wheat flour products: Mechanisms and challenges—A review // Food Chemistry. – 2021. – Vol. 360, – Art. ID 130038. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130038>

39 Parenti O., Guerrini L., Cavallini B., Baldi F., Zanoni B. Breadmaking with an old wholewheat flour: Optimization of ingredients to improve bread quality // LWT. – 2020. – Vol. 121. – Art. ID 108980. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108980>

40 Heiniö R.L., Noort M.W.J., Katina K., Alam S.A., Sozer N., de Kock H.L., Hersleth M., Poutanen K. Sensory characteristics of wholegrain and bran-rich cereal foods – A review // Trends in Food Science and Technology. – 2016. – Vol. 47. – P. 25-38. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.11.002>

41 Cizeikiene D., Jagelaviciute J., Stankevicius M., Maruska A. Thermophilic lactic acid bacteria affect the characteristics of sourdough and whole-grain wheat bread // Food Bioscience. – 2020. – Vol. 38. – Art. ID 100791. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100791>

42 Ripari V., Gänzle M.G., Berardi E. Evolution of sourdough microbiota in spontaneous sourdoughs started with different plant materials // International Journal of Food Microbiology. – 2016. – Vol. 232. – P. 35-42. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.05.025>

43 Oshiro M., Zendo T., Nakayama J. Diversity and dynamics of sourdough lactic acid bacteria created by a slow food fermentation system // Journal of Bioscience and Bioengineering. – 2021. – Vol. 131, Issue 4. – P. 333-340. <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2020.11.007>

44 Ogunremi O.R., Banwo K., Sanni A.I. Starter-culture to improve the quality of cereal-based fermented foods: trends in selection and application // Current Opinion in Food Science. – 2017. – Vol. 13. – P. 38-43. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.02.003>

45 Albagli G., do Monte Schwartz I., Amaral P.F.F., Ferreira T.F., Finotelli P.V. How dried sourdough starter can enable and spread the use of sourdough bread // LWT. – 2021. – Vol. 149. – Art. ID 111888. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111888>

Е.А. ОЛЕЙНИКОВА^{1*}, А.В. ЧИЖАЕВА¹, М.Б. АЛИМЖАНОВА¹, А.А. АМАНГЕЛДІ¹,
М.Г. САУБЕНОВА¹, А.Ж. АЛЫБАЕВА¹, Н.В. КЛИПИНА², Ж.Н. ЕРМЕКБАЙ¹,
Д.Д. БОКЕНОВ¹

¹Микробиология және вирусология ғылыми - өндірістік орталығы, Алматы, Қазақстан

²Еркін талғам, Алматы, Қазақстан

*e-mail: elena.olejnikova@mail.ru

НАН ПІСІРУ САЛАСЫНДАҒЫ ЗЕРТТЕУЛЕРДІҢ ДАМУЫНЫҢ СОҢҒЫ БАҒЫТТАРЫ

Түйін

Нан – стратегиялық маңызды азық-түлік өнімі. Оның сапасы мен қауіпсіздігін қамтамасыз ету әрқашан өзекті. Әдеби шолуда нан пісіру саласындағы зерттеулердің негізгі заманауи бағыттары бойынша әлемдік ғылыми әдебиеттердің деректері ұсынылған. Қазіргі уақытта нан пісіру өнеркәсібінің қызметкерлері мен жаңа нан өнімдерін және ашытқыларды әзірлеумен айналысатын ғалымдардың алдында тұрған негізгі міндеттер көрсетілген. Нан өнімдерінің сапасы мен қауіпсіздігін қамтамасыз етуде сүтқышқылды бактериялар негізіндегі ашытқыларды қолданудың маңызды рөлі анықталды.

Кілтті сөздер: нан, ашытқы, қауіпсіздік, сапа, сүтқышқылды бактериялар.

IRSTI: 34.27.39, 62.09.39, 65.33.29

Ye.A. OLEINIKOVA^{1*}, A.V. CHIZHAYEVA¹, M.B. ALIMZHANOVA¹,
A.A. AMANGELDI¹, M.G. SAUBENOVA¹, A.Zh. ALYBAYEVA¹, N.V. KLIPINA²,
Zh. N. YERMEKBAY¹, D.D. BOKENOV¹

¹Research and Production Center for Microbiology and Virology, Almaty, Kazakhstan

² Erkin talgam, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: elena.olejnikova@mail.ru

LATEST DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF RESEARCH IN THE FIELD OF BAKERY

doi: 10.53729/MV-AS.2022.04.02

Abstract

Bread is a strategically important food product. Ensuring its quality and safety is always relevant. The review presents data from the world's scientific literature on the main modern areas of research in the field of baking. The main tasks currently facing the employees of the baking industry and scientists involved in the development of new baking products and starter cultures are shown. The significant role of the use of starter cultures based on lactic acid bacteria in ensuring the quality and safety of bakery products is revealed.

Keywords: bread, sourdough, safety, quality, lactic acid bacteria.

Bread is one of the main human food products, it is of paramount importance at low-income levels, and is the basis of the food security pyramid [1]. Up to half of the composition of bread falls on the share of polysaccharides that perform an energy function. The chemical composition of bread also includes proteins, fats, essential amino acids, vitamins, and minerals. There is a trend towards an increase in the content of starch and a decrease in protein content in later wheat cultivars [2]. Thus, bread made from white wheat flour contains very few B vitamins, and its fiber content does not exceed 0.1% at a daily rate of 25 g [3].

Improving the quality and safety of bread is the main direction of research in the field of bakery [4]. Recently, new safety issues have arisen, related in particular to the formation of new

contaminants during the heat treatment of food, such as acrylamide and furfural [5]. However, issues related to microbial contamination are still relevant. Increased consumer concern is associated with the level of quality and safety of food grains, primarily with its fungal contamination [6-8]. Factors affecting the quality and safety of bread are shown in Figure 1.

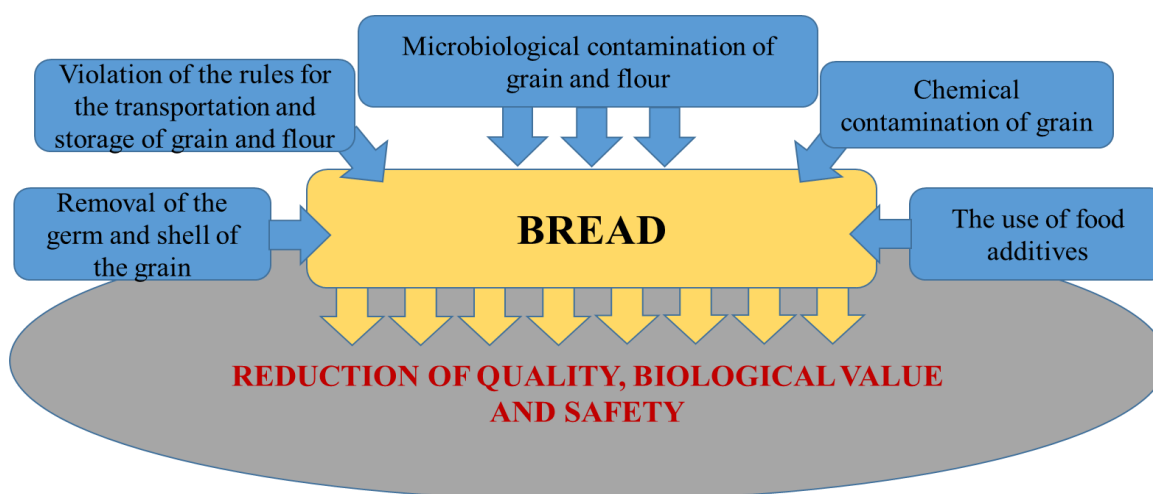


Figure 1 - Reasons for the decline in the quality and safety of bread

The best ways to solve the problem are to ensure environmentally safe protection of agricultural crops from diseases and pests and crop safety, improve storage conditions for crop products, and use biologically safe means for improving the quality and safety of bread in the form of starter cultures, including active associations of lactic acid bacteria and other microorganisms.

Recent research in the field of bread baking is aimed at improving the safety of bread [9], its nutritional value, and the content of biologically active compounds important for maintaining health, sensory indicators, shelf life, and availability [10, 11]. In the field of safety, efforts are directed not only to provide protection against contaminants and mycotoxigenic microorganisms [12] but also to reduce the chemical risk associated with the formation of certain compounds such as acrolein [13] and the allergenicity of bread [14]. Special attention is paid to the development of gluten-free bread [15].

In the field of nutritional value and other indicators of finished bread, work is carried out in two main areas: technological and microbiological. Reformulation is the main strategy for the development of health-oriented products [16]. The development of technologies for obtaining new varieties of bread is based mainly on the wider use of whole grain bread [17], rye [18], and other types of flour including non-traditional ones, the introduction of various vegetable additives (vegetables, fruit, seeds) into the baking mixture for enrichment with dietary fiber and other biologically active substances [19-22], fortification of bread with protein of leguminous crops [23-25], vitamins and microelements [26]. Thanks to technological developments, the range of bakery products has expanded significantly in recent years, both in the world and in Kazakhstan [27].

The main attention of researchers in the field of biotechnology and microbiology has been directed in recent years mainly to the study of the effect of bread sourdoughs based on lactic acid bacteria and some other microorganisms on various indicators of bread. There is a strong trend towards the use of bread starters close to spontaneous and the replacement of starters based on baker's yeast with starters from lactic acid bacteria, often also including wild strains of yeast. In recent years, the primary contribution of the selection of sourdough to ensuring the quality and safety of bread, increasing its sensory characteristics and biological value has been shown. The main directions of the impact of sourdough on various significant indicators of bread are shown in Figure 2.

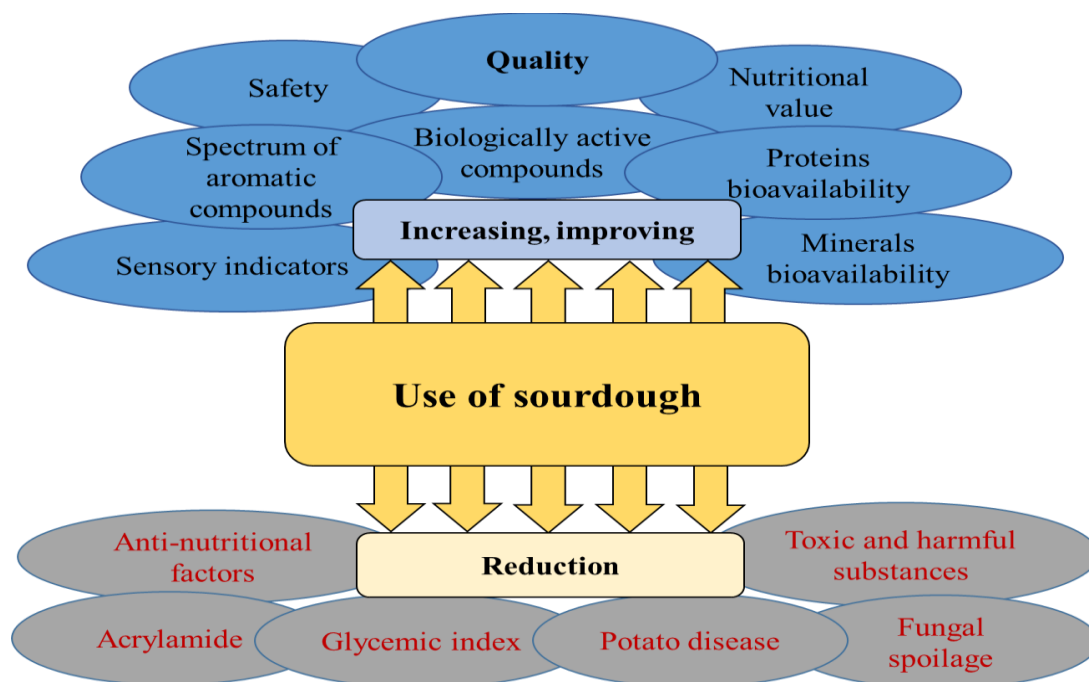


Figure 2 - The influence of sourdough based on lactic acid bacteria on the performance of bread

The best quality, nutritional value, and bioavailability of bread obtained using sourdough in comparison with bread based on baker's yeast were noted [28]. The possibility of suppressing the causative agents of potato disease of bread and preventing spoilage by mold fungi through the use of protective cultures of microorganisms is emphasized [9, 12].

Canesin and co-authors [28] showed an increase in the biological value of bread using sourdoughs based on lactic acid bacteria: production of bioactive peptides and amino acid derivatives, potentially prebiotic exopolysaccharides; increase in the absorption of vitamins, minerals, photochemical substances; lowering the glycemic index of bread. Suo et al [29] found that lactic acid bacteria starter cultures have higher antifungal activity, more abundant aromatic compounds, higher nutritional value, and acrylamide reduction activity compared to baker's yeast starter cultures. The simultaneous use of sourdough and vegetable additives can have additional or more pronounced effects, for example, the fermentation of Jerusalem artichoke tubers with sourdough reduces the concentration of acrylamide in bread by 15% [30]. The use of sourdough for bread also contributes to the degradation of phytic acid and, accordingly, the release and greater availability of iron [31].

The analysis of the latest literature by Arora et al [32]) showed that sourdough fermentation increased mineral bioavailability, allowed for dietary fiber enrichment, lowered the glycemic index, improved protein digestibility, and reduced antinutritional factors. Reale et al. also confirmed the effect of sourdough on the increase in digestibility and production of potentially bioactive compounds in bread [33].

The study of volatile aromatic compounds of various sourdoughs and bread based on them showed the presence of 196 volatile compounds that affect sensory parameters and include primarily aldehydes, alcohols, and esters, which amounted to 111 different compounds in total [34]. The next 57 compounds were ketones, acids, furans, and pyrazines. The remaining chemical compounds were in a single amount. It was also noted that the profile of volatile and non-volatile compounds of whole grain bread using mixed starters depended on the ratio of lactic acid bacteria and yeast within the starter [35].

The development of sourdoughs for whole grain and bran-enriched bread is a separate area of research in the field of microbiology and biotechnology of bakery and is extremely relevant since the use of whole grain bread is in demand by consumers and is directly associated with improved health [36-38]. However, a problem in this area is the influence of the components of

the shell and germ of the grain on technological, in particular rheological properties, sensory characteristics, and biosafety of dough and bread [39-41]. Ma and co-authors [39] showed a significant effect of sourdough on the properties of whole grain bread, in particular, a decrease in the content of anti-nutritional factors, and toxic and harmful substances. The study of the effect of sourdough microorganisms on bread indicators shows the contribution of certain types of thermophilic lactic acid bacteria to the improvement of a whole list of significant indicators, namely the production of aromatic compounds, the suppression of fungal spoilage, porosity, elasticity, friability and moisture content of bread [42].

A significant part of research in the field of bread sourdoughs is devoted to the study of natural microbiomes of spontaneous sourdoughs obtained using various plant materials [43, 44]. It was concluded that careful selection of autochthonous multifunctional microbial strains could provide a stable increase in safety and improve the nutritional, sensory, and functional properties of cereal products [45].

From the point of view of the stability of the properties of sourdough, works on the selection of optimal conditions for drying the starter are also of interest [46].

Thus, the development of sourdough starters covers various modern areas of work to improve the quality and safety of bread, influencing all indicators of the finished product, increasing the biological value, consumer attractiveness, and shelf life of bread, and therefore is an important area of research in the field of bread baking.

References:

- 1 Zorin A.S. Hleb – osnova piramidy prodovol'stvennoj bezopasnosti. URL: <https://bac-forum.ru/articles/71-hleb-osnova-piramidy-prodovol'stvennoi-bezopasnosti.html>. (Date of reference 20.10.2022)
- 2 Brouns F., Geisslitz S., Shewry P.R. Is bread bad for health? Journal of Cereal Science. 2022. Vol. 105. Art. ID 103447. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2022.103447>
- 3 Mel'kunova O.S. Ingredientnyj sostav hlebobulochnyh izdelij i stepen' ego vlijaniya na organizm. IX Mezhdunarodnaja studencheskaja nauchnaja konferencija «Studencheskij nauchnyj forum 2017». Vladimir: FGBOU VO «Vladimirskij gosudarstvennyj universitet im. A.G. i N.G. Stoletovyh», 2016. 43 s. <https://scienceforum.ru/2017/article/2017030957>
- 4 Ma M., Sun Q.J., Li M., Zhu K.X. Deterioration mechanisms of high-moisture wheat-based food – A review from physicochemical, structural, and molecular perspectives. Food Chemistry. 2020. Vol. 318. Art. ID 126495. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126495>
- 5 Taş N.G., Kocadağlı T., Gökmen V. Safety concerns of processed foods in terms of neo-formed contaminants and NOVA classification. Current Opinion in Food Science. 2022. Vol. 47. Art. ID 100876. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2022.100876>
- 6 Zhu H., Jackson P., Wang W. Consumer anxieties about food grain safety in China. Food Control. 2017. Vol. 73, Part B. P. 1256-1264. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.10.045>
- 7 Mohapatra D., Kumar S., Kotwaliwale N., Singh K.K. Critical factors responsible for fungi growth in stored food grains and non-Chemical approaches for their control. Industrial Crops and Products. 2017. Vol. 108. P. 162-182. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.06.039>
- 8 Chizhayeva A.V., Oleynikova Ye.A., Amangeldy A.A., Aytzhanova A.A., Saubenova M.G., Shemshura O.N., Yelubayeva M.Ye., Alybayeva A.ZH. Khlebnyye zakvaski kak biotekhnologicheskij sposob uluchsheniya kachestva i bezopasnosti muki // Mikrobiologiya zhəne virusologiya. – 2020. - №2(29). – S. 15-39.
- 9 Tumashova Elena. V RK nachnut pech' hleb s povyshennym soderzhaniem vitaminov. Pekarni ocenjat kazhastanskiju razrabotku. URL: <https://kapital.kz/business/72231/v-rk-nachnut-pech-khleb-s-povyshennym-soderzhaniyem-vitaminov.html> 26.09.2018 (date of reference 27.10.2022)
- 10 Mariscal-Moreno R.M., Chuck-Hernández C., Figueroa-Cárdenas J. de D., Serna-Saldivar S. O. Physicochemical and nutritional evaluation of bread incorporated with ayocote bean (*Phaseolus coccineus*) and black bean (*Phaseolus vulgaris*). Processes. 2021. Vol. 9(10). <https://doi.org/10.3390/pr9101782>
- 11 Le Lay C., Mounier J., Vasseur V., Weill A., Le Blay G., Barbier G., Coton E. In vitro and in situ screening of lactic acid bacteria and propionibacteria antifungal activities against bakery product spoilage molds. Food Control. 2016. Vol. 60. P. 247-255. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.07.034>
- 12 Zhang J., Schwab C. Is acrolein a reuterin-borne chemical hazard in biopreserved foods? Food

Chemistry Advances. 2022. Vol. 1. Art. ID 100044. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100044>

13 Abd Rahim M.H., Hazrin-Chong N.H., Harith H.H., Al Qadr Imad Wan-Mohtar W.A., Sukor R. Roles of fermented plant-, dairy- and meat-based foods in the modulation of allergic responses. Food Science and Human Wellness. 2023. Vol. 12, Issue 3. P. 691-701. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2022.09.002>

14 Föste M., Verheyen C., Jekle M., Becker T. Fibres of milling and fruit processing by-products in gluten-free bread making: A review of hydration properties, dough formation and quality-improving strategies. Food Chemistry. 2020. Vol. 306. Art. ID 125451. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125451>

15 Munekata P.E.S., Pérez-Álvarez J.Á., Pateiro M., Viuda-Matos M., Fernández-López J., Lorenzo J.M. Satiety from healthier and functional foods. Trends in Food Science and Technology. 2021. Vol. 113. P. 397-410. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.05.025>

16 de Hoogh I.M., van der Kamp J.W., Wopereis S. The potential of personalized nutrition for improving wholegrain consumption. Journal of Cereal Science. 2022. Vol. 107. Art. ID 103505. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2022.103505>

17 Semjonov P.N. Pishhevaja cennost' hleba iz smesi rzhanoy i pshenichnoj muki. Mater. mezhdunar. nauchno-praktich. konf., posvjashh. 100-letiju Gorskogo GAU «Nauchnoe obespechenie ustojchivogo razvitija agropromyshlennogo kompleksa gornyh i predgornyh territorij». Vladikavkaz: Gorskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2018. Tom 2. S. 152-154.

18 Kalmykova O.V., Martynenko D.V. Ispolzovanie rastitel'nyh dobavok s cel'ju povyshenija pishhevoj cennosti i fiziologicheskoy znachimosti hlebobulochnyh izdelij. Mater. mezhdunar. nauchno-praktich. konf., posvjashh. 75-letiju okonchanija Stalingskoy bitvy «Mirovye nauchno-tehnologicheskie tendencii social'no-jekonomicheskogo razvitija apk i sel'skih territorij». Volgograd: Volgogradskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2018. Tom 2. S. 75-80. <https://elibrary.ru/item.asp?id=35401240>

19 Rusakova N.A., Vlasova V.N. Primenenie rastitel'nogo syr'ja dlja povyshenija pishhevoj cennosti hleba. Paradigma. 2018. №1. S. 10-17. <https://elibrary.ru/item.asp?id=42917577> Dhen N., Rejeb I.B., Boukhris H., Damergi C., Gargouri M. Physicochemical and sensory properties of wheat- Apricot kernels composite bread. LWT. 2018. Vol. 95. P. 262-267. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.068>

20 Torbica A., Radosavljević M., Belović M., Djukić N., Marković S. Overview of nature, frequency and technological role of dietary fibre from cereals and pseudocereals from grain to bread. Carbohydrate Polymers. 2022. Vol. 290. Art. ID 119470. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2022.119470>

21 Dhen N., Rejeb I.B., Boukhris H., Damergi C., Gargouri M. Physicochemical and sensory properties of wheat- Apricot kernels composite bread // LWT. – 2018. – Vol. 95. – P. 262-267. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.068>

22 Al'shakova E.A. Ispolzovanie hleba funkcional'nogo naznachenija dlja obespechenija polnocennogo pitaniya naselenija. Sbornik nauch. statej VII Mezhdunar. nauchno-praktich. konf. «Novye konceptual'nye podhody k resheniju global'noj problemy obespechenija prodovol'stvennoj bezopasnosti v sovremennyh uslovijah». Kursk: Jugo-Zapadnyj gosudarstvennyj universitet, 2020. S. 31-34. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44308426>

23 Boukid F., Zannini E., Carini E., Vittadini E. Pulses for bread fortification: A necessity or a choice? Trends in Food Science and Technology. 2019. Vol. 88. P. 416-428. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.04.007>

24 Gallo V., Romano A., Ferranti P., D'Auria G., Masi P. Properties and in vitro digestibility of a bread enriched with lentil flour at different leavening times. Food Structure. 2022. Vol. 33. Art. ID 100284. <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2022.100284>

25 Vishwakarma S., Dalbhagat C.G., Mandliya S., Mishra H.N. Investigation of natural food fortificants for improving various properties of fortified foods: A review. Food Research International. 2022. Vol. 156. Art. ID 111186. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111186>

26 Shpis A.A., Musrepova S.A. Hlebnyj rynek Kazahstana i novyj vid hleba. Mater. II Vseros. (nac. nauchno-praktich. konf. s mezhdunar. Uchastiem) «Sovremennye problemy finansovogo regulirovaniya i ucheta v agropromyshlennom komplekse». Lesnikovo: Kurganskaja gosudarstvennaja sel'skohozjajstvennaja akademija im. T.S. Mal'ceva, 2018. S. 636-639. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35044201>

27 Canesin M.R., Betim Cazarin C.B. Nutritional quality and nutrient bioaccessibility in sourdough bread. Current Opinion in Food Science. 2021. Vol. 40. P. 81-86. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.02.007>

28 Suo B., Chen X., Wang Y. Recent research advances of lactic acid bacteria in sourdough: origin, diversity, and function. *Current Opinion in Food Science*. 2021. Vol. 37. P. 66-75. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.09.007>

29 Bartkiene E., Jakobsone I., Juodeikiene G., Vidmantienė D., Pugajeva I., Bartkevics V. Effect of fermented *Helianthus tuberosus* L. tubers on acrylamide formation and quality properties of wheat bread. *LWT - Food Science and Technology*. 2013. Vol. 54, Issue 2. P. 414-420. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.05.015>

30 Rodriguez-Ramiro I., Brearley C.A., Bruggaber S.F.A., Perfecto A., Shewry P., Fairweather-Tait S. Assessment of iron bioavailability from different bread making processes using an in vitro intestinal cell model. *Food Chemistry*. 2017. Vol. 228. P. 91-98. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.130>

31 Arora K., Ameer H., Polo A., Di Cagno R., Rizzello C.G., Gobbetti M. Thirty years of knowledge on sourdough fermentation: A systematic review. *Trends in Food Science and Technology*. 2021. Vol. 108. P. 71-83. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.12.008>

32 Reale A., Di Stasio L., Di Renzo T., De Caro S., Ferranti P., Picariello G., Addeo F., Mamone G. Bacteria do it better! Proteomics suggests the molecular basis for improved digestibility of sourdough products. *Food Chemistry*, Volume. 2021. Vol. 359. Art. ID 129955. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129955>

33 Pétel C., Onno B., Prost C. Sourdough volatile compounds and their contribution to bread: A review. *Trends in Food Science and Technology*. 2017. Vol. 59. P. 105-123. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.10.015>

34 Warburton A., Silcock P., Eyres G.T. Impact of sourdough culture on the volatile compounds in wholemeal sourdough bread. *Food Research International*. 2022. Vol. 161. Art. ID 111885. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111885>

35 Lappi J., Mykkänen H., Kolehmainen M., Poutanen K. Wholegrain foods and health. In: Delcour J.A., Poutanen K. (Eds.) *Fibre-Rich and Wholegrain Foods. Improving Quality*. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Oxford, Cambridge, Philadelphia, New Delhi: Woodhead Publishing, 2013. P. 76-95. <https://doi.org/10.1533/9780857095787.1.76>

36 Gordon D.T., Wrigley C. Whole-grain versus refined products. In: *The Encyclopedia of Grain Science*. Cambridge: Academic Press, 2004. P. 424-429.

37 Parenti O., Guerrini L., Zannoni B. Techniques and technologies for the breadmaking process with unrefined wheat flours. *Trends in Food Science and Technology*. 2020. Vol. 99. P. 152-166. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.034>

38 Ma S., Wang Z., Guo X., Wang F., Huang J., Sun B., Wang X. Sourdough improves the quality of whole-wheat flour products: Mechanisms and challenges—A review. *Food Chemistry*. 2021. Vol. 360, Art. ID 130038. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130038>

39 Parenti O., Guerrini L., Cavallini B., Baldi F., Zannoni B. Breadmaking with an old wholewheat flour: Optimization of ingredients to improve bread quality. *LWT*. 2020. Vol. 121. Art. ID 108980. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108980>

40 Heiniö R.L., Noort M.W.J., Katina K., Alam S.A., Sozer N., de Kock H.L., Hersleth M., Poutanen K. Sensory characteristics of wholegrain and bran-rich cereal foods – A review. *Trends in Food Science and Technology*. 2016. Vol. 47. P. 25-38. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.11.002>

41 Cizeikiene D., Jagelaviciute J., Stankevicius M., Maruska A. Thermophilic lactic acid bacteria affect the characteristics of sourdough and whole-grain wheat bread. *Food Bioscience*. 2020. Vol. 38. Art. ID 100791. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100791>

42 Ripari V., Gänzle M.G., Berardi E. Evolution of sourdough microbiota in spontaneous sourdoughs started with different plant materials. *International Journal of Food Microbiology*. 2016. Vol. 232. P. 35-42. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.05.025>

43 Oshiro M., Zendo T., Nakayama J. Diversity and dynamics of sourdough lactic acid bacteria created by a slow food fermentation system. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 2021. Vol. 131, Issue 4. P. 333-340. <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2020.11.007>

44 Ogunremi O.R., Banwo K., Sanni A.I. Starter-culture to improve the quality of cereal-based fermented foods: trends in selection and application. *Current Opinion in Food Science*. 2017. Vol. 13. P. 38-43. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.02.003>

45 Albagli G., do Monte Schwartz I., Amaral P.F.F., Ferreira T.F., Finotelli P.V. How dried sourdough starter can enable and spread the use of sourdough bread. *LWT*. 2021. Vol. 149. Art. ID 111888. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111888>