

---

Научная статья  
УДК 664.64:579.674  
EDN LDCIUR

**Изучение влияния процесса ферментации  
заквасок и выпечки на снижение аллергенности  
хлебобулочных изделий, обогащенных молочными продуктами**

**Марина Николаевна Локачук**<sup>1</sup>, старший научный сотрудник  
**Научный руководитель – Олеся Александровна Савкина**, кандидат  
технических наук

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

<sup>1</sup>[m.lokachuk@gosniihp.ru](mailto:m.lokachuk@gosniihp.ru)

**Аннотация.** Изучена способность разных видов и штаммов молочнокислых бактерий и дрожжей к деградации  $\beta$ -лактоглобулина в процессе брожения безглютеновых заквасок с добавлением сухого обезжиренного молока, а также влияние процесса выпечки на снижение аллергенности хлебобулочных изделий. Доказано, что при производстве хлебобулочных изделий температурная обработка (выпечка) оказывает большее влияние на деструкцию  $\beta$ -лактоглобулина, чем ферментативная (брожение).

**Ключевые слова:** молочнокислые бактерии, закваска, безглютеновый хлеб, аллергены, сухое обезжиренное молоко

**Для цитирования:** Локачук М. Н. Изучение влияния процесса ферментации заквасок и выпечки на снижение аллергенности хлебобулочных изделий, обогащенных молочными продуктами // Актуальные исследования молодых ученых – результаты и перспективы : материалы науч.-практ. конф. (Благовещенск, 8 февраля 2024 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2024. С. 389–396.

**Study of the influence of the sourdoughs fermentation and baking process on  
reducing the allergenicity of bread enriched with dairy products**

**Marina N. Lokachuk**<sup>1</sup>, researcher

**Scientific supervisor – Olesya A. Savkina**, Candidate of Technical Sciences

<sup>1</sup>St. Petersburg branch State Research Institute of Baking Industry, St. Petersburg, Russia

<sup>1</sup>[m.lokachuk@gosniihp.ru](mailto:m.lokachuk@gosniihp.ru)

**Abstract.** The ability of different species and strains of lactic acid bacteria and yeast to degrade  $\beta$ -lactoglobulin during the fermentation of gluten-free sourdoughs

with the addition of skimmed milk powder, as well as the effect of the baking process on reducing the allergenicity of bread, was studied. It was proven that during the bread making, temperature treatment (baking) has a greater effect on the destruction of  $\beta$ -lactoglobulin than enzymatic treatment (fermentation).

**Keywords:** lactic acid bacteria, sourdough, gluten-free bread, allergens, skimmed milk powder

**For citation:** Lokachuk M. N. Izuchenie vlijaniya processa fermentacii zakvasok i vypechki na snizhenie allergennosti hlebobulochnyh izdelij, obogashhennyh molochnymi produktami [Study of the influence of the sourdoughs fermentation and baking process on reducing the allergenicity of bread enriched with dairy products]. *Aktual'nye issledovaniya molodykh uchennykh – rezul'taty i perspektivy : materialy nauch.-prakt. konf. (Blagoveshchensk, 8 fevralya 2024 g.)*. Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyy GAU, 2024, pp. 389–396. (in Russ.).

**Введение.** В последнее время отмечается повышение спроса на безглютеновые хлебобулочные изделия для питания больных целиакией. Для таких потребителей производят специализированные хлебобулочные изделия с заменой традиционного сырья на рисовую, кукурузную, гречневую муку и различные виды крахмалов. Низкое содержание белка в таких изделиях – один из главных недостатков диеты при целиакии, приводящий к мышечной дистрофии больных.

Для обогащения безглютеновых хлебобулочных изделий могут использоваться молочные продукты (молоко коровье цельное, обезжиренное, молоко сухое) в дозировке до 10–15 % от массы муки. Однако, молочные продукты могут вызывать аллергические реакции у людей, что ограничивает их использование в хлебобулочных изделиях функционального и диетического назначения.

В коровьем молоке содержится более 20 белков, способных вызвать аллергическую реакцию. Одним из основных аллергенов коровьего молока является  $\beta$ -лактоглобулин, Bos d5 (18,3 кДа), составляющий 50 % белка молочной сыворотки и около 10 % всех белков коровьего молока [1, 2].

Для изменения аллергенности пищевых продуктов могут быть использованы различные технологические приемы. Например, возможно

применение физических (нагревание, обработка высоким давлением, ультразвук, радиация), химических (кислотная обработка, реакция Майяра) и биологических (ферментация, генная инженерия) обработок [1, 2]. Многие из этих методов могут оказывать негативное воздействие на продукты питания, иметь низкую безопасность и высокую стоимость. Ферментация не имеет вышеперечисленных недостатков, а также позволяет улучшить физико-химические свойства и пищевую ценность продуктов питания.

**Целью исследований** являлось изучение влияния процесса брожения заквасок и выпечки на деструкцию  $\beta$ -лактоглобулина при производстве безглютеновых хлебобулочных изделий, обогащенных молочными продуктами.

**Методы исследований.** На первом этапе исследований изучали влияние восьми штаммов молочнокислых бактерий на содержание  $\beta$ -лактоглобулина в безглютеновых заквасках. Для этого в питательные смеси, состоящие из рисовой муки, сухого обезжиренного молока (30, 60 и 90 % на 100 кг смеси) и воды до влажности 75 %, вносили монокультуры молочнокислых бактерий из Коллекции культур микроорганизмов СПбФ ФГАНУ НИИХП «Молочнокислые бактерии и дрожжи для хлебопекарной промышленности». Продолжительность брожения составляла 24 при 30 °С. Затем выброженную закваску освежали питательной смесью в соотношении 1:3 и направляли на брожение в течение 24 часов при температуре 30 °С. В качестве контроля использовали питательную смесь без добавления молочнокислых бактерий. Для контроля развития культур МКБ в заквасках определяли титруемую кислотность.

Для определения влияния девяти штаммов дрожжей на снижение содержания  $\beta$ -лактоглобулина выращенные на скошенном солодовом сусло-агаре (8 % СВ) культуры дрожжей вносили в питательную смесь, состоящую из рисовой муки, сухого обезжиренного молока (30, 60 и 90 % на 100 кг смеси) и воды, обеспечивающей влажность 75 %. С целью ингибирования

развития гнилостной микробиоты, вносимой с сырьем, в питательные смеси вносили штамм лактобацилл *L.helveticus ATCC 8018T*, отобранный на первом этапе данных исследований.

Для изучения влияния процесса ферментации безглютеновых заквасок на содержание  $\beta$ -лактоглобулина в питательные смеси, состоящие из рисовой муки, сухого обезжиренного молока (0, 30, 60, 90 и 100 % молока к массе сухой смеси), и воды, обеспечивающей влажность 75 %, вносили культуры МКБ *L.helveticus ATCC 8018T* и дрожжей *Saccharomyces cerevisiae Y122* и *Candida milleri Y219*.

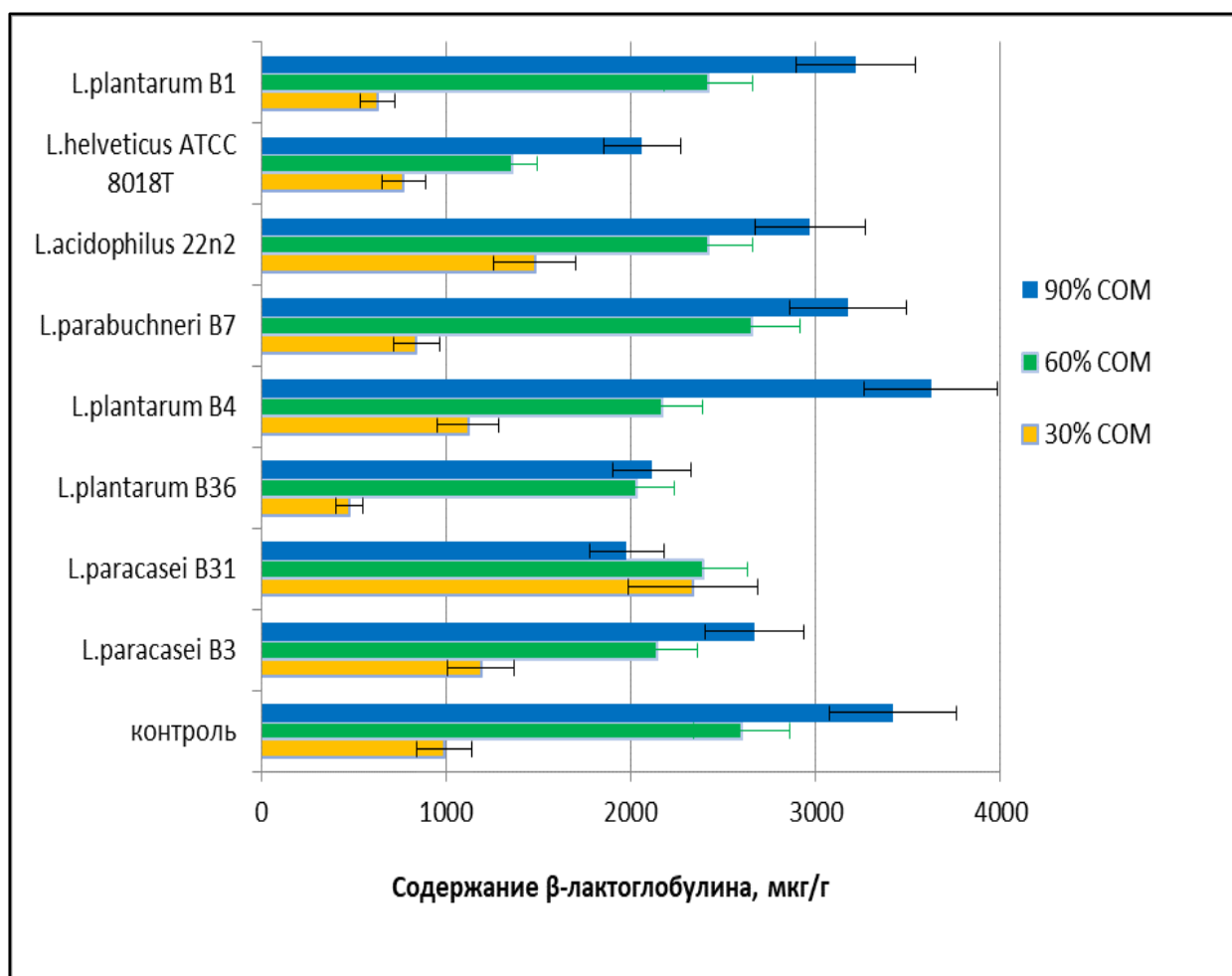
Для изучения влияния процесса выпечки на содержание  $\beta$ -лактоглобулина в безглютеновом хлебе проводили лабораторные выпечки. Тесто для контрольного и опытных образцов влажностью 53,5 % замешивали с использованием смеси, состоящей из крахмала кукурузного, крахмала кукурузного экструзионного, изолята соевого белка, рисовой муки, сухого обезжиренного молока в количестве 3, 6, 9 и 10 % к массе смеси, сахара белого и соли пищевой, с добавлением дрожжей хлебопекарных прессованных, масла растительного и воды. При этом тесто для опытных образцов готовили на закваске, с которой вносили 10 % смеси от общего количества смеси, идущей на замес, для контрольного образца закваску не использовали. Замешанное тесто формовали на тестовые заготовки массой 250 г, укладывали в формы и расстаивали в расстойном шкафу в течение 35–50 мин при температуре 36–38 °С и относительной влажности воздуха 75–85 %. Расстоявшиеся тестовые заготовки выпекали в увлажненной пекарной камере при 210 °С в течение 18 мин с подачей пара в течение 5 с.

Содержание  $\beta$ -лактоглобулина во всех заквасках в начале и в конце брожения, а также готовых изделиях определяли методом ИФА на базе ООО «Хема», г. Санкт-Петербург.

**Результаты исследований.** Установлено, что закваски, выведенные на монокультурах *L.acidophilus 22n2* и *L.helveticus ATCC 8018T* имели

наибольшую титруемую кислотность, при этом титруемая кислотность была выше при дозировке сухого обезжиренного молока 60 %.

На рисунке 1 показано, что при содержании СОМ в количестве 30 % наибольшее снижение содержания  $\beta$ -лактоглобулина в процессе брожения отмечалось в закваске со штаммом *L.plantarum B36* (на 53%), а при дозировках СОМ 60 % и 90 % наибольшее снижение содержания данного аллергена отмечалось у штамма *L.helveticus ATCC8018T* (на 48 и 40 %, соответственно).



**Рисунок 1 – Влияние разных штаммов лактобацилл на снижение содержания  $\beta$ -лактоглобулина в заквасках в процессе брожения**

В результате изучения влияния штаммов дрожжей на деградацию  $\beta$ -лактоглобулина установлено (рис. 2), что наибольшее снижение содержания

аллергена происходит при ферментации заквасок дрожжами *Saccharomyces cerevisiae* Y122 (снижение на 28–42 %) и *Candida milleri* Y219 (снижение на 25–41 %).

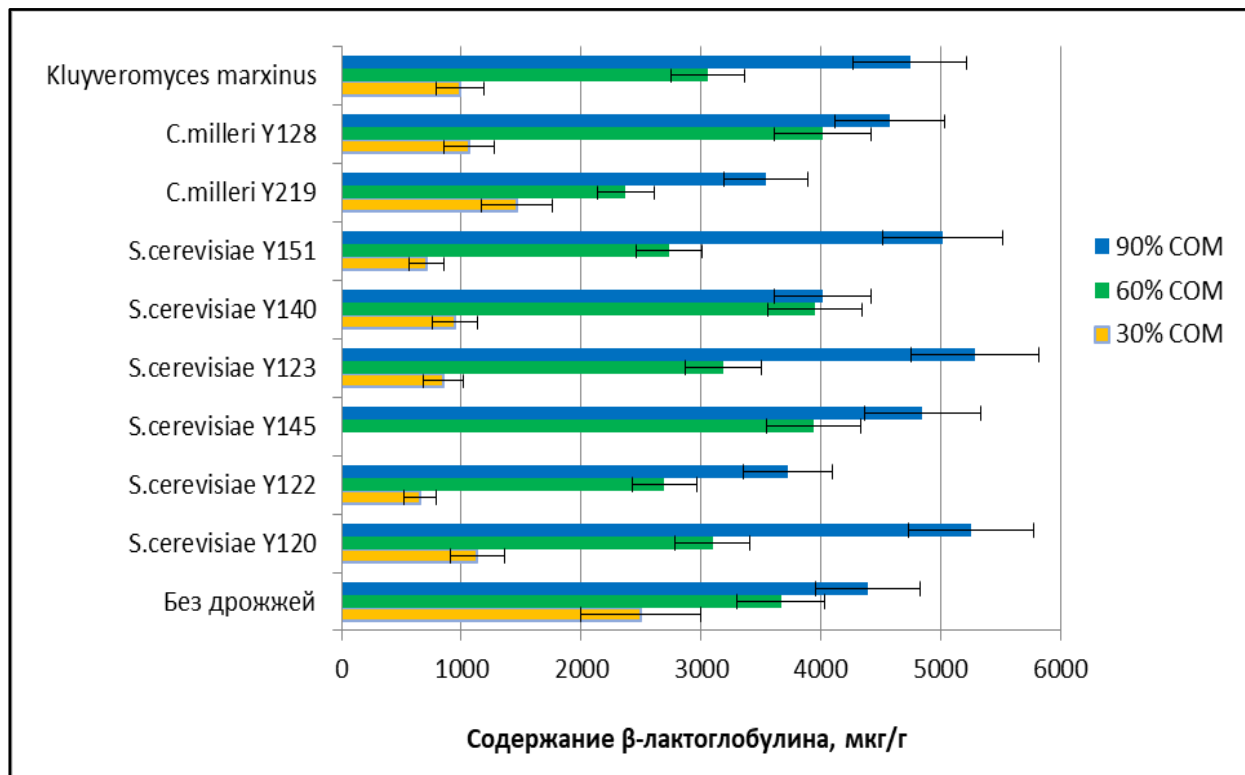
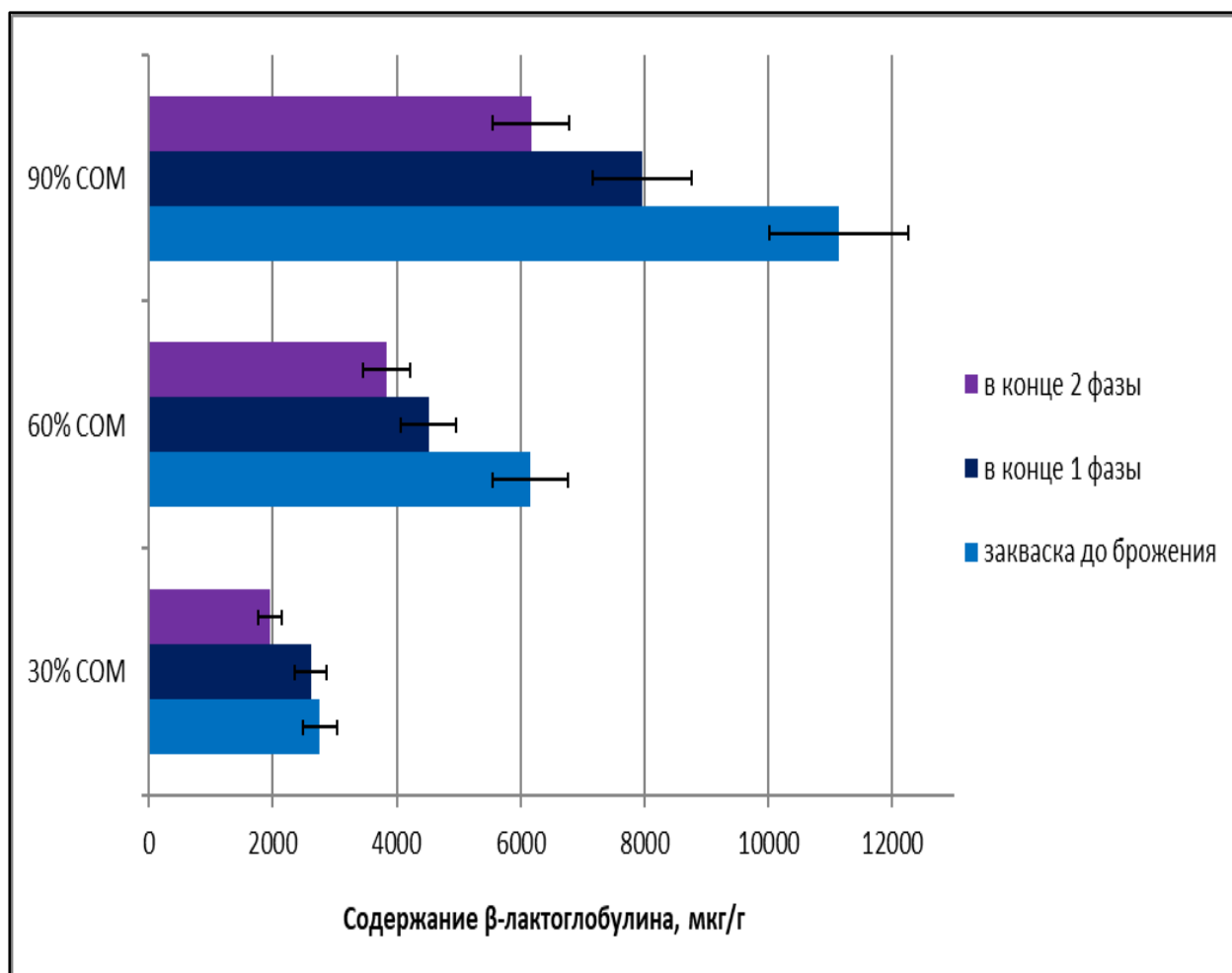


Рисунок 2 – Влияние разных штаммов дрожжей на снижение содержания β-лактоглобулина в заквасках в процессе брожения

На основании полученных данных для выведения безглютеновых заквасок был отобран штамм молочнокислых бактерий *L.helveticus* ATCC 8081T и два штамма дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* Y122 и *Candida milleri* Y219.

В ходе дальнейших исследований изучали влияние процесса брожения и выпечки на содержание β-лактоглобулина в заквасках, тесте и хлебе. С помощью метода ИФА установлено снижение содержания β-лактоглобулина в заквасках по сравнению с его содержанием в питательной смеси сразу после замеса. Так, в конце первой фазы разводочного цикла содержание аллергена снизилось в 1,1–1,4 раз (рис. 3), в конце второй фазы – в 1,4–1,8 раз.

Исследование готовых изделий показало, что содержание  $\beta$ -лактоглобулина в контрольных и опытных образцах хлеба не превышало 1 мкг/г. Это показывает высокую эффективность температурной деградации  $\beta$ -лактоглобулина в процессе выпечки хлебобулочных изделий.



**Рисунок 3 – Содержание  $\beta$ -лактоглобулина в закваске до брожения и после брожения в конце 1 и 2 фазы**

**Вывод.** Установлено, что при производстве хлебобулочных изделий выпечка (температурная обработка) оказывает большее влияние на деструкцию  $\beta$ -лактоглобулина, чем процесс брожения заквасок (ферментативная обработка).

#### Список источников

1. Федотова М. М., Огородова Л. М., Федорова О. С., Евдокимова Т. А. Молекулярные и эпидемиологические основы аллергии к белкам коровьего

молока // Бюллетень сибирской медицины. 2011. № 6. С.86–92.

2. Гунькова П. И., Горбатова К. К. Биохимия молока и молочных продуктов. Санкт-Петербург : Гиорд, 2015. 360 с.

### **References**

1. Fedotova M. M., Ogorodova L. M., Fedorova O. S., Evdokimova T. A. Molekulyarnye i epidemiologicheskie osnovy allergii k belkam korov'ego moloka [Molecular and epidemiologic bases of allergy to cow's milk proteins]. Byulleten' sibirskoy meditsiny. 2011;6;86–92. (in Russ.).

2. Gun'kova P. I., Gorbatova K. K. Biokhimiya moloka i molochnykh produktov [Biochemistry of milk and dairy products]. Saint-Petersburg, Giord, 2015, 360 p. (in Russ.).

© Локачук М. Н., 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.