

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗАКВАСКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПИТАТЕЛЬНОГО ЯЧМЕННО-МОЛОЧНОГО СУБСТРАТА НА КИНЕТИКУ ГАЗООБРАЗОВАНИЯ В ПОЛУФАБРИКАТАХ ХЛЕБОПЕКАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Богатырева Т.Г., д-р техн. наук; Толмачева И.П.

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности», г. Москва

**Аннотация.** В статье приведены результаты исследований влияния ячменной муки на процесс газообразования в полуфабрикатах хлебопекарного производства. Установлено, что использование ячменной муки, подвергнутой биоконверсии специально подобранной композицией микроорганизмов в полуфабрикатах хлебопекарного производства приводит к повышению уровня и скорости кислотонакопления, готовые изделия обладают лучшими потребительскими показателями.

Анализ показателей, составляющих пищевую ценность хлеба, показывает целесообразность сбалансирования его химического состава, повышения биологической ценности, ликвидации дефицита отдельных компонентов, обогащения его полноценными белками, витаминами, минеральными веществами, пищевыми волокнами, что позволяет быстро и эффективно корректировать пищевой статус.

В связи с этим в настоящее время большое внимание уделяется обогащению хлеба различными полезными веществами, которые придают изделиям лечебные и профилактические свойства и повышают пищевую ценность. Если раньше потребители отдавали предпочтение, в основном, привлекательному внешнему виду продукции и вкусовым качествам, то сегодня – ее полезным для здоровья свойствам.

Одним из способов повышения пищевой ценности хлебобулочных изделий, а также улучшение их органолептических характеристик является внесение в рецептуру теста муки из ведущей зерновой культуры России – ячменя. В мировом производстве хлебных злаков ячмень занимает четвертое место. Из него вырабатывают муку, перловую и ячневую крупы, а также хлопья и плющенные крупы. Менее требовательный к климатическим условиям, чем кукуруза, пшеница и рис, ячмень выращивается повсеместно.

Пищевая ценность ячменя обусловлена большим количеством белков, углеводов, витаминов и микроэлементов. Клетчатка ячменя способствует снижению уровня холестерина замедляет подъем уровня сахара крови после приема пищи ячменные продукты рекомендуют людям, склонных к полноте. С их употреблением в организм поступают вещества, способствующие нормализации перистальтики желудочно-кишечного тракта. В некоторых странах Центральной Азии ячмень используют для лечения диабета, т.к. в его состав входит хром.

В исследованиях по использованию ячменной муки при производстве пшеничного хлеба был применён принцип биоконверсии данного продукта с помощью различных микробных композиций, что привело к повышению уровня и скорости кислотонакопления [1]. Готовые изделия обладали лучшими потребительскими свойствами.

В ходе исследований была изобретена закваска на основе ячменно-молочной смеси, содержащей растительный белок, полноценный по аминокислотному составу, макро- и микроэлементы (кальций, калий, магний, фосфор, железо, цинк), витамины А, D, В12, рибофлавин, а также пищевые волокна [2, 3]. В микробиологический состав закваски включены гомоферментативные молочнокислые бактерии видов *Bifidobacterium infantis v.liberorum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Enterococcus faecium*, синтезирующие молочную кислоту, ацидофилин и лактоцин, и обладающие устойчивостью к антибиотикам и химическим препаратам. Комплекс данных соединений создает благоприятные условия для направленного развития полезных форм микроорганизмов и повышает иммунитет по отношению к болезнетворным бактериям.

Использование ячменно-молочной закваски позволяет оптимизировать аминокислотный и витаминный состав питательного субстрата и интенсифицировать процесс приготовления закваски, повысить пищевую и биологическую ценность полуфабриката. Готовую ячменно-молочную закваску используют в качестве обогащающей добавки при приготовлении пшеничного хлеба безопарным способом в количестве 15-30% к массе муки в тесте [4,5]

Известно, что решающее значение для формирования объема, структуры пористости и реологических свойств готовых изделий имеет процесс газообразования в полуфабрикатах хлебопекарного производства, сопровождающийся сбраживанием углеводов и выделением диоксида углерода.

Использование в рецептуре теста ячменно-молочной закваски позволяет стимулировать данный процесс, в результате чего сокращается продолжительность брожения, улучшаются реологические характеристики полуфабрикатов и повышается качество готовых хлебобулочных изделий.

Исследование процессов газонакопления и газовыделения проводили на приборе Реоферментометр F 3 фирмы Chopen (Франция). Объектами исследований явилась ячменно-молочная закваска, тесто из смеси пшеничной и ячменной муки, тесто из пшеничной муки с добавлением ячменно-молочной закваски. Определение уровня и кинетики газообразования проводили непосредственно в ячменно-молочной закваске, в тесте из смеси пшеничной муки второго сорта и 10% ячменной муки, в тесте из пшеничной муки второго сорта с 50% ячменно-молочной закваски. В таблице 1 представлены сравнительные данные, характеризующие изменения целого ряда показателей в процессе брожения и созревания полуфабрикатов [6,7].

Таблица 1

## Основные показатели брожения и созревания полуфабрикатов

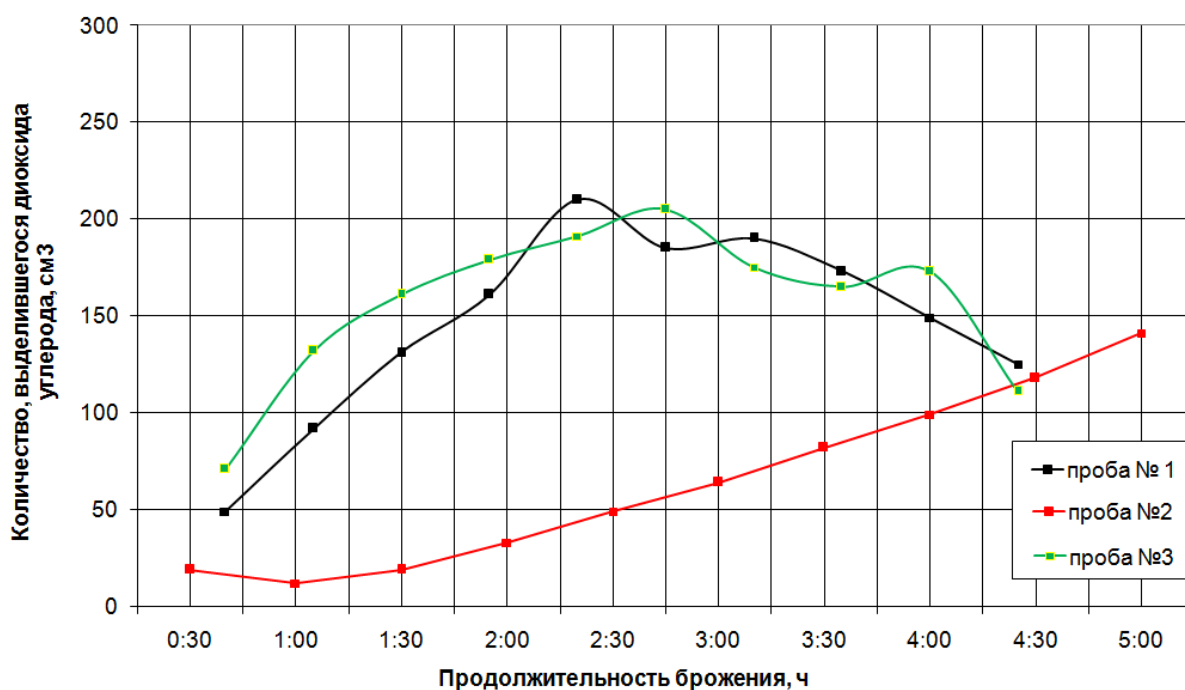
	Ед.измерения	Ячменно-молочная закваска проба №1	Тесто из смеси пшеничной и ячменной муки проба № 2	Тесто из пшеничной муки с ячменно-молочной закваской проба № 3
<b>Созревание полуфабрикатов</b>				
Hm	мм	55,6	40,8	62,1
h	мм	50,6	40,8	58,5
(Hm-h)/Hm	%	9	0	5,8
T1		3:04:30	5:00:00	3:33:00
<b>Газообразование в полуфабрикатах</b>				
H'm	мм	43,4	33,1	42,5
T'1	ч,мин	2,46	5,00	2,37
Tx	ч,мин	2,43	-----	2,19
Общий объём	см <sup>3</sup>	1455	636	1559
Объём выделившегося CO <sub>2</sub> :	см <sup>3</sup>	94	5	109
Объём удержанного CO <sub>2</sub> :	см <sup>3</sup>	1361	631	1450
Коэффициент удерживания	%	93,5	99,3	93

Полученные результаты показали, что непосредственное использование ячменной муки в тесте из пшеничной муки второго сорта (проба № 2) приводит к снижению максимальной высоты подъема тестовой заготовки под нагрузкой (Hm= 40,8мм) и высоты подъема теста в конце анализа (h=40,8). Величина относительного снижения высоты поднятия теста в конце анализа по отношению к максимальному значению равна нулю (Hm-h)/Hm=0). Отмечено увеличение продолжительности максимального подъема теста до 5 часов (T1 = 5 ч), при этом общий объем образовавшегося в процессе брожения диоксида углерода составил 636 см<sup>3</sup>, выделившегося CO<sub>2</sub> – 5см<sup>3</sup>, удержанного в тесте – 631см<sup>3</sup>.

Анализ вышеперечисленных показателей в ячменно-молочной закваске, где ячменная мука была использована в качестве субстрата для кислотообразующих микроорганизмов (проба № 1) показал, что максимальная высота подъема полуфабриката составила Hm=55,6мм, высота подъема полуфабриката в конце брожения h= 50,6мм, показатель относительного снижения высоты поднятия полуфабриката в конце брожения к максимальному значению равен 9%, продолжительность максимального подъема полуфабриката T1 = 2ч 46мин, время, при котором полуфабрикат начинает выделять газ Tx = 2ч43мин. Общий объем образовавшегося CO<sub>2</sub> составил 1455см<sup>3</sup>, выделившегося CO<sub>2</sub> – 94см<sup>3</sup>, удержанного газа – 1361см<sup>3</sup>.

Использование ячменно-молочной закваски в рецептуре теста из пшеничной муки приводило к дальнейшему увеличению общего объема образовавшегося диоксида углерода – до  $1559\text{см}^3$ , удержанного  $\text{CO}_2$  -  $1450\text{см}^3$ . По сравнению с пробой 2 значительно сокращается продолжительность брожения теста до момента максимального подъема с 5ч до 2ч 37мин.

На рисунке 1 представлены графики кинетики процесса газообразования в полуфабрикатах из смеси пшеничной и ячменной муки. Анализ характера кривых показал, что в пробах №1 (ячменная закваска) и №3 (тесто из пшеничной муки с ячменно-молочной закваской) показатели интенсивности, скорости и максимальный уровень накопления диоксида углерода довольно высокие, в то же время, конфигурация графика № 2 (тесто из смеси пшеничной и ячменной муки) свидетельствует о пониженном уровне газообразовании. Через 30мин от начала брожения полуфабрикатов объем диоксида углерода в пробах № 1 и № 3 составляет  $70\text{--}50\text{см}^3$ , максимальный уровень накопления газа составляет  $220\text{--}210\text{см}^3$  и наблюдается через 2ч 20мин (проба №1) и через 2ч 45мин (проба № 3). Скорость газонакопления в пробе № 1 составляет  $1,57\text{см}^3/\text{мин}$ , в пробе № 3 –  $1,27\text{см}^3/\text{мин}$ . В пробе № 2 начальный уровень газообразования (через 30мин) составил  $25\text{см}^3$ , максимальный –  $145\text{см}^3$  (через 5ч), скорость газообразования –  $0,48\text{см}^3/\text{мин}$ .

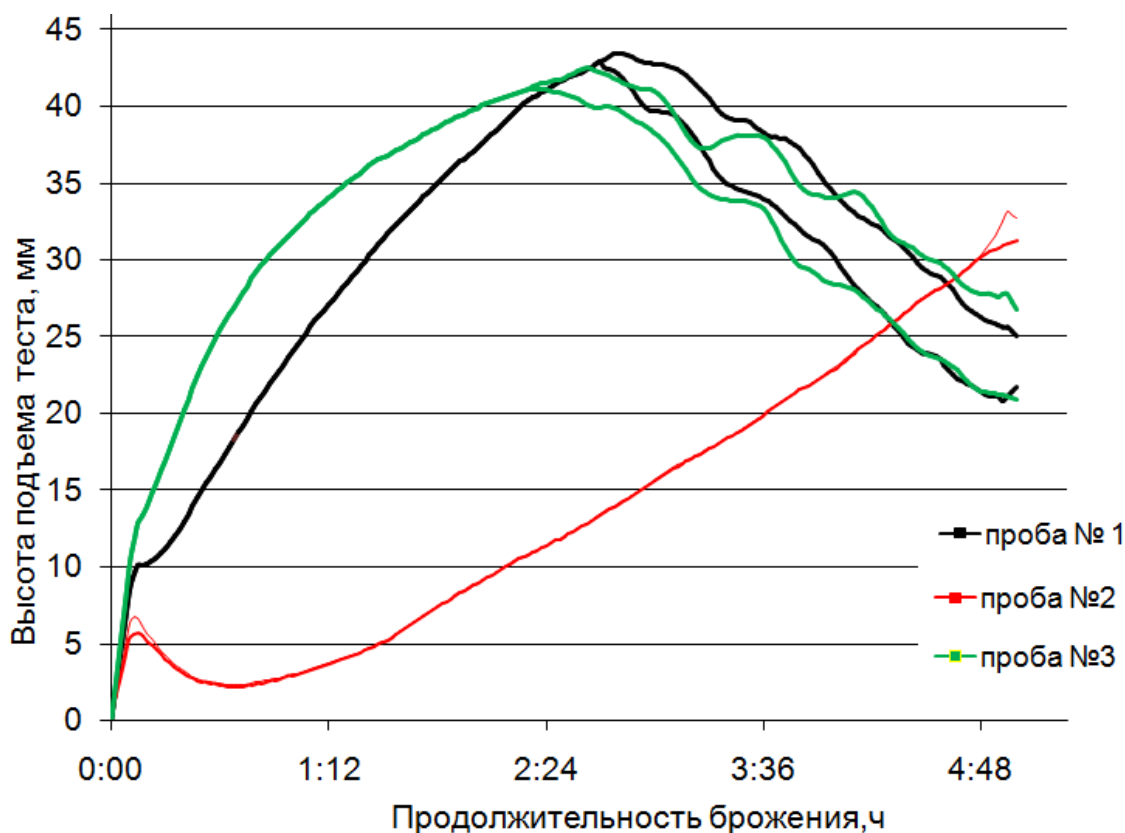


проба № 1 – ячменно-молочная закваска;  
 проба № 2 – тесто из смеси пшеничной и ячменной муки;  
 проба № 3 – тесто из пшеничной муки с ячменно-молочной закваской.

Рис. 1. Графики кинетики газообразования в полуфабрикатах хлебопекарного производства из смеси пшеничной и ячменной муки

Анализ характера графиков кинетики процессов газонакопления и газовой-деления в испытанных пробах полуфабрикатов показал, что в пробе № 2 после 5ч брожения высота подъема теста составляет 30мм, весь накопленный газ со-

храняется в тесте, что свидетельствует о низком уровне газонакопления, отсутствии процесса образования пор и формирования разрыхленной структуры. В пробах № 1 и № 3 высота подъема теста составляла 43 мм и 42 мм, максимум подъема теста наблюдался через 2ч 20мин и 2ч 30мин соответственно.



проба № 1 – ячменно-молочная закваска;  
 проба № 2 – тесто из смеси пшеничной и ячменной муки;  
 проба № 3 – тесто из пшеничной муки с ячменно-молочной закваской.

Рис. 2. Графики кинетики газонакопления и газовыделения в полуфабрикатах из смеси пшеничной и ячменной муки

На основании проведенных исследований по изучению влияния ячменной муки на процесс газообразования в полуфабрикатах хлебопекарного производства установлено следующее. Непосредственное введение ячменной муки в рецептуру теста из пшеничной муки второго сорта в количестве 10% приводит к снижению уровня, скорости образования диоксида углерода, увеличению продолжительности брожения до максимального накопления газа, что отражается на высоте подъема тестовых заготовок, их разрыхленности и формировании структуры готовых изделий.

Таким образом, использование ячменной муки через биоконверсию с помощью специально подобранной композиции кислотообразующих микроорганизмов позволяет значительно повысить процесс газообразования, сформировать полноценную пористость и структуру полуфабрикатов [8].

## Литература

1. Богатырева, Т.Г. Ячменная мука - стимулятор газообразующей способности мучных полуфабрикатов.[Текст]/ Т.Г. Богатырева, И.Г. Белявская, И.П. Толмачёва, Т.В. Быковченко // Хлебопродукты.- 2014.- № 5.- С.42-53.
2. Богатырева Т.Г., Лабутина Н.В., Белявская И.Г., Быковченко Т.В., Толмачева И.П. Способ приготовления ячменно-молочной закваски. Патент № 2540015 от 11.12.2014.
3. Богатырева Т.Г. Оптимизация аминокислотного и витаминного состава питательного субстрата ячменно-молочной закваски/ И.П. Толмачева, Т.Г. Богатырева, Т.В. Быковченко, С.О. Смирнов // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд: междунар. сб. науч. ст. Вып. IV/ ФГБУ НИИПХ Росрезерва ; под общ. ред. С. Е. Уланина. – М.: Галлея-Принт, 2015. -Прил. к информ. сб. «Теория и практика длительного хранения» -С.30-35.
4. Богатырева, Т.Г. Развитие биотехнологического направления в области переработки нетрадиционного хлебопекарного сырья [Текст ] / Т.Г. Богатырева //Хлебопродукты.-2010.- N 9.- С.34-35.
5. Богатырева Т.Г. Сравнительный анализ заквасок из нетрадиционного вида сырья/ И.П. Толмачева, Т.Г. Богатырева, С.О. Смирнов // II Международная научно-техническая конференция (заочная) «Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство»: сборник материалов, 4 декабря 2015 г. / Воронеж. гос. ун-т инж. технол., ВГУИТ, 2015. – С.441-445
6. Невская Е.В., Быковченко Т.В., Головачева О.В. Научное обоснование выбора штамма молочнокислых бактерий для приготовления закваски с высокими антоганистическими свойствами к возбудителям микробной порчи хлеба //Сборник статей международной исследовательской организации «Cognitio» по материалам VI международной научно-практической конференции: «Актуальные проблемы науки XXI века» 3 часть, г. Москва: сборник со статьями (уровень стандарта, академический уровень). – СПб.: Международная исследовательская организация «Cognitio», 2016. – С.80-85.
7. Невская Е.В., Шлеленко Л.А., Цыганова Т.Б., Головачева О.В. Исследование возможности использования закваски на основе штамма *Lactobacillus acidophilus* A-146 для приготовления хлебобулочных изделий из смеси ржаной и пшеничной муки // Збірник центру наукових публікацій «Велес» за матеріалами міжнародної науково-практичної конференції: «Наука в епоху дисбалансів», м. Київ: збірник статей (рівень стандарту, академічний рівень). – К.: Центр наукових публікацій, 2016. – С 92-95.
8. Богатырева, Т.Г. Биоконверсия ячменной муки в технологии хлебобулочных изделий.[Текст]/ Богатырева, Т.Г., Белявская И.Г., Толмачёва И.П., Быковченко Т.В. // Хлебопродукты. - 2013. - № 9. - С.48-51.