

УДК 664.6

## Влияние камеди рожкового дерева на свойства и качество пшеничного хлеба

Канд. техн. наук **А.Н. Андреев**, andreevanatoly@yandex.ru

аспирант **Ю.В. Дмитриева**, judwork@yandex.ru

Университет ИТМО

191002, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

*Рассматривается влияние гидроколлоидного стабилизатора морфологической принадлежности камеди на свойства и качество пшеничного хлеба. Цель исследования – установить влияние камеди рожкового дерева на структурно-механические свойства теста, машинную обработку тестовых заготовок, удельный объем и сохранение свежести пшеничного хлеба. Серии испытаний проводились с хлебом пшеничным, который вырабатывался по рецептуре батона нарезного. Для определения физико-химических и органолептических показателей тестовые заготовки формовали в виде батонов и выпекали на поду; для определения удельного объема, реологических характеристик мякиша тестовые заготовки укладывали и выпекали в формах.*

*Хлеб пшеничный вырабатывался по рецептуре батона нарезного (ГОСТ 27844-88), в которую были приняты следующие изменения: дрожжи хлебопекарные прессованные заменены инстантными дрожжами Саф-Инстант «красный» (фирма Лесафр, Франция) в соотношении 3:1. Камедь рожкового дерева вносили в опару в количестве 0,2 и 0,5%. Размер добавочного количества воды определялся экспериментально и составлял 5% от общего количества воды по рецептуре. Таким образом, доля контроля гидратация составляла 52%, для опытных образцов – 57%. Свежесть мякиша хлеба оценивалась по реологическим характеристикам на пенетрометре Labor-365 (ВНР) по общей деформации сжатия, остаточной деформации мякиша и его упругости на вторые и восьмые сутки хранения.*

*Установлено, что использование гидратированной камеди рожкового дерева со степенью гидратации 57% в дозировке 0,5% от массы муки улучшает реологические свойства теста и машинную обработку тестовых заготовок, способствует увеличению удельного объема пшеничного хлеба на 10%, образованию мягкого мякиша при выпечке и увеличивает срок сохранения свежести до восьми суток, что способствует улучшению качества и усвояемости хлеба.*

**Ключевые слова:** гидратация; гидроколлоиды; тесто; машинная обработка; удельный объем хлеба.

DOI: 10.17586/2310-1164-2016-9-1-107-117

## Carob tree gum impact on the properties and quality of wheat bread

Ph.D. **Anatoly N. Andreev**, andreevanatoly@yandex.ru

graduate student **Yuliya V. Dmitrieva**, judwork@yandex.ru

ITMO University

191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

*The article deals with the influence of gum based hydrocolloid stabilizer on the properties and quality of wheat bread. The influence of carob gum on structural and mechanical properties of dough, its machining, specific volume, and the shelf life of wheat bread is analyzed.*

*Wheat bread made according to a formula for «Nareznoy» loaf was chosen as an experiment material. To evaluate physicochemical and organoleptic parameters the dough was worked into loafs and baked directly on the oven floor; and to evaluate specific volume and rheological indicators of crumb the dough was baked in the forms. Same changes were made in the formula (State Standard № 27844-88). Bakery yeast cake was replaced by Saf-Instant Red yeasts (Lesaffre Ltd, France) in the ratio of 3:1. The amount of gum added was 0.2 and 0.5%. The amount of additional water was chosen experimentally to be 5% of general water amount in formulae. Thus, hydration degree was 52% in general, and 57% for control samples. Crumb freshness was evaluated according to rheological parameters in terms of compression*

*strain, residual crumb strength and resilience on the second and eighth day of storage using Labor-365 penetrometer.*

*It is shown that the use of hydrated carob gum with the degree of hydration of 57% at a dosage of 0.5% of the flour weight improves rheological properties of dough and its machining, increases the relative amount of wheat bread by 10%, soft crumb formation during baking, and prolongs shelf life up to eight days, that results in improving bread quality and digestibility.*

**Keywords:** hydration; hydrocolloids, dough, machining, specific volume of bread.

## Введение

Современное состояние и развитие пищевой промышленности России показывает, что продукты, наряду с высокой пищевой и биологической ценностью, должны иметь высокие потребительские и конкурентоспособные признаки: определенные органолептические, физико-химические показатели, длительность хранения, а также функциональную направленность. Одним из перспективных пищевых добавок решающих эту проблему являются гидроколлоиды – полисахариды растительного или микробиологического происхождения, позволяющие получить пищевой продукт требуемой консистенции, улучшающие его структуру, оказывая при этом положительное влияние на вкусовое восприятие.

К важным функционально-технологическим свойствам натуральных пищевых гидроколлоидных стабилизаторов относятся: способность к гелеобразованию, увеличение вязкости продуктов, уменьшение риска возникновения синерезиса, структурирование и уплотнение пищевых смесей, улучшение их органолептических показателей и влагосвязывающей способности, повышение пищевой ценности продуктов при одновременном снижении калорийности, продолжительности их хранения, а также объемов и выхода готовых изделий при одновременном снижении расхода сырья и себестоимости готовой продукции [1–3]. Многие гидроколлоиды являются физиологически функциональными (полезными для здоровья) ингредиентами, которые могут снижать уровень холестерина в крови, способствовать нормальному функционированию кишечника, проявлять пребиотический эффект или другие позитивные для здоровья человека свойства [4–6]. Согласно последним данным, гидроколлоиды способны контролировать одновременно реологию и структуру аквасистем через стабилизацию эмульсий и суспензий, изменить желирование крахмала, могут быть использованы в качестве заменителей жиров и как терапевтический источник пищевых волокон [7–9].

Гидроколлоиды применяются на российском пищевом рынке в качестве стабилизаторов и загустителей уже более тридцати лет, при производстве молочных, мясных, рыбных продуктов, безалкогольных напитков [10–12]. За последние 15 лет возникло новое направление для применения данного типа добавок: ряд институтов стран Европы подтвердил эффективность гидроколлоидов в качестве улучшителей в производстве хлебобулочных изделий.

Исследования Белл в 1990 г. [13] подтвердили эффективность применения гидроксипропилметилцеллюлозы и метилцеллюлозы для увеличения удельного объема булочек, улучшения структуры мякиша и его мягкости. В 1994 году Меттлер, Сейбел, Пфейлстикер, Бруммер [14] исследовали влияние гидроколлоидов и эмульгаторов на свойства теста из пшеничной муки и качество хлеба. Гидроколлоиды увеличили больший выход теста и газодерживающую способность, особенно при совместном использовании с DATA-Ester. Гуаровая камедь увеличила подъем, объем хлеба и продолжительность его хранения. Совместное использование гидроколлоидов (а именно гуаровой камеди и карбоксиметилцеллюлозы, MDG и эмульгатора DATA-Ester в соотношении 0,2; 0,5; 0,3; 0,4% при использовании муки, обогащенной белком, и 0,2; 0,5; 0,4; 0,15% при муке с низким содержанием белка соответственно) оказалось более эффективным, чем применение этих добавок в других комбинациях.

В 1996 г. Бреннан, Блейк, Эллис, Шофилд [15] провели исследования влияния галактоманнана на микроструктуру хлеба из пшеничной муки. Целью работы стало также определение места расположения галактоманнана внутри эндосперма гуаровой камеди, гуаровой муки и гуарового хлеба, и его воздействие на гидролиз крахмала. Образцы семян гуара, гуаровой муки и хлеба с добавлением гуаровой камеди анализировали световой, флюоресцентной и электронной микроскопией.

Было установлено, что галактоманнан гуаровой камеди, расположенный в основном в клетках растения, а в аморфном состоянии внутри вакуолей, может действовать в качестве физического барьера, действующей на крахмал альфа-амилазе. Эти данные подтверждают гипотезу о том, что галактоманнан гуаровой камеди снижает уровень глюкозы в крови.

В 1996 г. Давидоу, Месте, Дебеве, Бекарт [16] изучали влияние альгината и карагенана на ретроградацию крахмала, анализируя возможное взаимодействие между гидроколлоидами и крахмалом или клейковиной. В результате отмечены увеличение удельного объема, мягкость мякиша и сохранение свежести готовой продукции.

Армеро и Колларт в 1998 г. [17] установили положительное влияние карбоксиметилцеллюлозы (СМС) и гидроксипропилметилцеллюлозы (НРМС) (при дозировке 0,3%) с ферментами и эмульгаторами на свойства теста и качество хлеба. Гидроколлоиды способствовали улучшению стабильности теста при ферментации, удержанию влаги хлеба, повысили структурно-механические свойства мякиша.

Поль Китиссу в 2003–2006 гг. [11, 12] в хлебопекарном Центре компании Лесафр (Франция) проводил исследования по изучению влияния гуаровой и ксантановой камеди на качество замороженных после формования и выпекаемых без предварительного размораживания булочек.

С 2003 г. на Кафедре пищевой биотехнологии продуктов из растительного сырья Института холода и биотехнологий проводятся комплексные исследования по использованию гидроколлоидов в производстве хлебобулочных изделий, в том числе из замороженного теста. Установлено положительное влияние на процесс тестоприготовления и качество изделий гуаровой камеди, карбоксиметилцеллюлозы, желатина и др. [18, 19].

Анализ литературных источников показал, что сегодня недостаточно данных, отражающих влияние гидроколлоидов с различной химической структурой на свойства разнообразных видов теста и качество хлебобулочных изделий с учетом хлебопекарных свойств используемого сырья, современной технологии и машинной обработки. Отсутствие знаний структурно-механических свойств полуфабрикатов, их реологического поведения на всех стадиях обработки не позволяет создавать инновационные технологии, ресурсосберегающее оборудование и получение качественной продукции с заранее заданными функциональными свойствами.

### Объекты и методы исследования

Среди гидроколлоидных стабилизаторов морфологической принадлежности камеди семян малоизученной является камедь рожкового дерева (Е 410), которая находит применение в пищевых продуктах, как загуститель, слабый гелеобразователь и стабилизатор [10]. Камедь семян (бобов) вечнозеленого рожкового дерева *Ceratonia siliqua* состоит в основном из нейтрального полисахарида галактоманнана, построенного из мономеров D-маннозы и D-галактозы в соотношении 1:4 [20]. Структурная формула – линейная главная цепь из манноз, связанных  $\beta$ -(1,4)-гликозидной связью, примерно каждая четвертая манноза связана  $\alpha$ -(1,6)-связью с галактозой (рисунок 1).

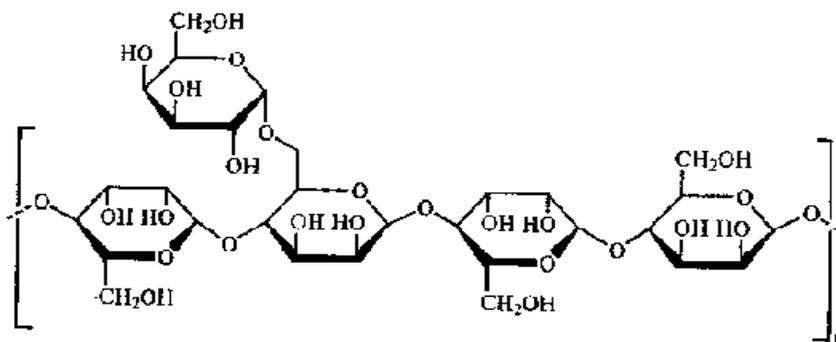


Рисунок 1 – Структурная формула камеди рожкового дерева

Органолептически камедь представляет желтовато-белый порошок, почти без запаха, малогигроскопичный. Бобы стручков рожкового дерева разделяют на шелуху (30–35%), ростки (20–25%) и эндосперм (40–45%). Последний продается размолотым под названием камедь бобов рожкового дерева. Камедь разрешена индивидуально или в сочетании с другими загустителями и стабилизаторами в 13 стандартах на пищевые продукты: в консервированных сардинах, скумбрии и аналогичных продуктах в количестве до 20 г/кг; в консервированной моркови и низкожирных маргаринах до 10 г/кг; в плавленых сырах до 8 г/кг; в сливочных сырах, твороге, сливках, ароматизированных йогуртах и других кисломолочных продуктах после ферментации до 5 г/кг. Также она разрешена в консервах для детского питания до 2 г/кг; при корме для грудных младенцев до 1 г/кг; соленых огурцах, бульонных кубиках. GMP, опасности по ГН-98 отсутствуют.

Целью исследования было установить влияние камеди рожкового дерева на структурно-механические свойства теста, машинную обработку тестовых заготовок, удельный объем и сохранение свежести пшеничного хлеба.

Проводили следующие серии испытаний:

- влияние добавок гидроколлоида на удельный объем хлеба;
- влияние добавок гидроколлоида и дополнительного количества воды (степень гидратации);
- исследование влияния добавок гидроколлоидов на реологические характеристики мякиша (сохранение свежести изделий).

Хлеб пшеничный вырабатывали по рецептуре батона нарезного, поскольку данное изделие является одним из наиболее популярных у населения хлебобулочных изделий, и проблема сохранения свежести является актуальной. Для определения физико-химических и органолептических показателей тестовые заготовки формовали в виде батонов и выпекали на поду; для определения удельного объема, реологических характеристик мякиша тестовые заготовки укладывали и выпекали в формах, поэтому далее будет использоваться понятие «хлеб пшеничный по рецептуре батона нарезного» или «хлеб пшеничный». Рецептура и физико-химические показатели хлеба пшеничного (по рецептуре батона нарезного, ГОСТ 27844-88 приведены в таблицах 1 и 2).

Таблица 1 – Рецептура хлеба пшеничного

Наименование сырья	Расход сырья, кг
мука пшеничная высший сорт	100,0
дрожжи Саф-Инстант	0,3
соль поваренная пищевая	1,5
сахар-песок	4,0
маргарин столовый	3,5
итого:	109,3

В рецептуре были приняты следующие изменения: дрожжи хлебопекарные прессованные были заменены инстантными дрожжами Саф-Инстант «красный» (фирма Лесафр, Франция) в соотношении 3:1, чтобы стабилизировать качество полуфабрикатов и готовых изделий.

Таблица 2 – Физико-химические показатели хлеба пшеничного

Параметры		Значение параметров
масса, кг		0,4
влажность, %, не более		42,0
кислотность, град, не более		2,5
пористость, %, не менее		73,0
массовая доля, %, не менее	сахар	4,2±1,0
	жир	2,9±0,5

Тесто готовили на густой опаре, влажностью 44%. Камедь рожкового дерева вносили в опару в количестве 0,2 и 0,5%. Основные параметры и режимы приготовления хлеба пшеничного представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Основные параметры технологического режима приготовления хлеба пшеничного

Параметры		Значение параметров
ОПАРА	температура, °С	29–30
	продолжительность брожения, мин	210
	кислотность, град	2,5–3,5
ТЕСТО	температура, °С	29–31
	продолжительность брожения, мин	20
	кислотность, град	2,5–3
продолжительность расстойки, мин		90
продолжительность выпечки, мин		20–30

1. Замесы опары (4 мин на первой скорости малой тестомесильной машины SPI RHEBUS французской фирмы VMI) со спиральным рабочим органом:

- замес опары контрольного образца без внесения гидроколлоида
- замес опар опытных образцов с внесением гидроколлоида в двух дозировках.

2. Брожение опар (температура опары в конце брожения = 20±1°C).

3. Замес теста (5 мин на первой скорости).

4. Брожение теста (температура теста в конце брожения = 21±1°C).

5. Разделка теста на куски массой 0,4 кг и округление (вручную).

6. Предварительная расстойка (10 мин при температуре 23–25°C).

7. Закатка тестовых заготовок на тестоформирующей машине Bongard Faconneuse Major фирмы Bongard, Франция.

8. Формование:

– при исследовании влияния добавок камеди рожкового дерева на удельный объем хлеба пшеничного, тестовые заготовки укладывали в металлические формы, скрепленные по 3 шт. (размер формы = 290×110×100 мм);

– при исследовании реологических характеристик мякиша изделий на автоматизированном пенетрометре, укладывали изделия в металлические формы с крышками (размер формы = 225×105×115 мм);

– для оценки органолептических и физико-химических показателей готовых изделий, тестовые заготовки формовали в виде батона размером 280×100 мм.

9. Окончательная расстойка Bouton Climarat фирмы Bouton, Франция (влажность = 85%, температура = 38°C).

10. Выпечка Eurofours Gommegnies, Франция ротационная печь со стационарной тележкой (температура 205°C).

Влияние дозировки камеди рожкового дерева (0,2 и 0,5% к массе муки) на структуру опары и теста хлеба пшеничного при гидратации 52% представлено в таблице 4.

Таблица 4 – Влияние дозировки камеди рожкового дерева на структуру опары и теста хлеба пшеничного

Образцы, дозировка, %(г)	Полуфабрикаты				
	густая опара		тесто		тестовые заготовки
	в начале брожения	в конце брожения	в начале брожения	в конце брожения	во время расстойки
Контроль	Крепкая, влажная на ощупь, эластичная,	Крепкая, сухая на ощупь, эластичная	Эластичное, сухое на ощупь	Эластичное, сухое на ощупь	Тестовые заготовки хорошо поднимаются
Образец 2 0,2% (6 г)	Крепкая, влажная на ощупь более упругая	Влажная на ощупь, эластичная	Эластичное, влажное, не липкое	Эластичное, влажное, не липкое, хорошая машинная обработка	Тестовые заготовки лучше поднимаются и больше по объему по сравнению с контролем
Образец 3 0,5% (15 г)	Более крепкая, влажная на ощупь более упругая,	Влажная на ощупь, липкая	Эластичное, влажное, не липкое	Эластичное, влажное, не липкое, машинная обработка хуже из-за крепкого и упругого теста	Тестовые заготовки лучше поднимаются и больше по объему по сравнению с контролем, но меньше, чем при дозировке 0,2%

Анализ органолептической оценки показывает, что использование камеди рожкового дерева при гидратации 52% ощущается недостаток воды. Если при дозировке 0,2% имеет место неплохая ручная и машинная обработка на тестозакаточной машине, то при дозировке 0,5% ручная и машинная обработка хуже из-за крепкого и упругого теста (при ручной обработке требуется более длительное формование и усиленное воздействие на тесто).

Влияние дозировки камеди рожкового дерева на удельный объем хлеба пшеничного (гидратации 52%) приведено на рисунке 2.

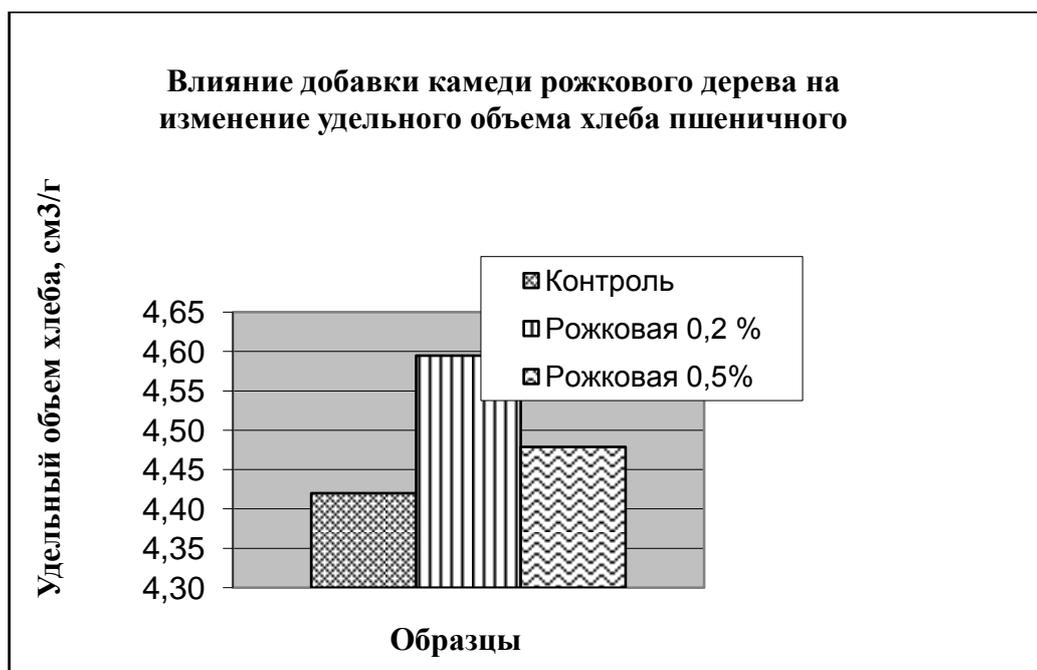


Рисунок 2 – Влияние дозировки камеди рожкового дерева на удельный объем хлеба пшеничного (гидратации 52%)

Из рисунка видно, что при добавлении камеди рожкового дерева в дозировке 0,2% удельный объем хлеба увеличивается по сравнению с контролем на 4,6%, при внесении 0,5% – на 1,3% , что незначительно отличается от контрольного образца.

В связи с тем, что при замесе опары и теста с использованием камеди рожкового дерева при гидратации 52% ощущался недостаток воды, было решено осуществить серию испытаний с добавлением дополнительной воды в опару и тесто. В дальнейшем добавки гидроколлоидов с внесением дополнительного количества воды будут называться «гидратированными гидроколлоидами» с указанием размера добавки воды (или степень гидратации, т. е. общее количество вносимой воды, %). Размер добавочного количества воды определялся экспериментально и составлял 5% от общего количества воды по рецептуре. Таким образом, доля контроля гидратация составляла 52%, для опытных образцов 57%.

При замесе опары и теста с камедью в количестве 0,2 и 0,5% дополнительное внесение воды вызвало небольшую липкость полуфабрикатов, которая не влияла на машинную обработку тестовых заготовок при формировании батонов. После брожения тесто имело хорошую эластичность и подъем тестовых заготовок при расстойке.

При разделке и формировании тесто легко поддавалось округлению для формового хлеба и формованию на тестоформирующей машине для батонов. При обработке на тестозакаточной машине тестовая заготовка хорошо держит форму батона, не прилипает к рабочим валикам. Влияние дозировки камеди рожкового дерева на удельный объем хлеба пшеничного (гидратация 57%) приведено на рисунке 3.

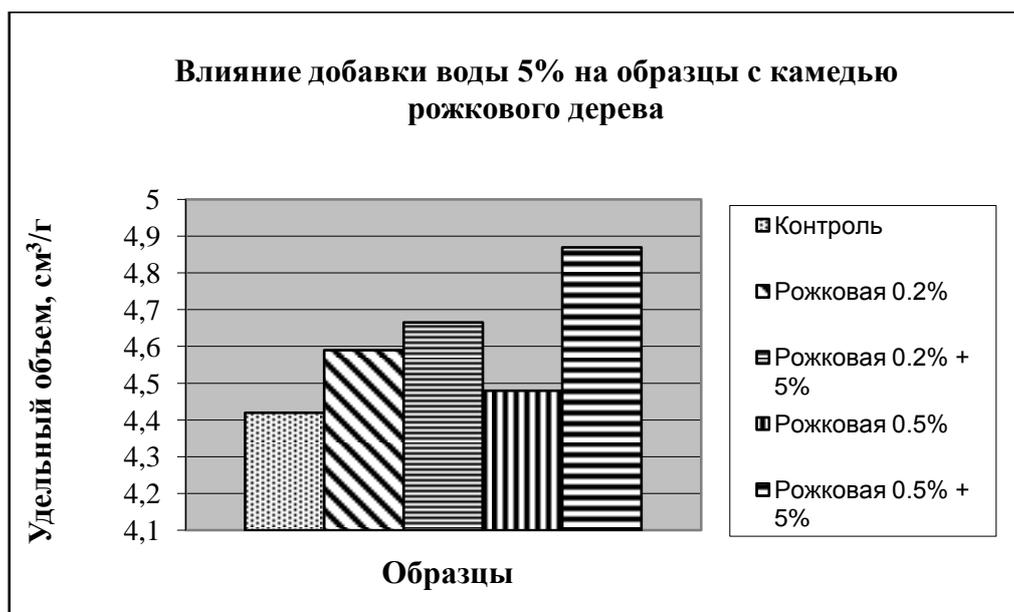


Рисунок 3 – Влияние дозировки и гидратации камеди рожкового дерева на удельный объем хлеба пшеничного (гидратация 57%)

Из рисунка видно, что при внесении дополнительной воды удельный объем образца с дозировкой камеди рожкового дерева 0,2% увеличился на 5,6%, а образца с дозировкой 0,5% на 10%. Внешний вид контрольного образца хлеба пшеничного (гидратация 52%) и опытного образца (гидратация 57%) приведены на рисунке 4.

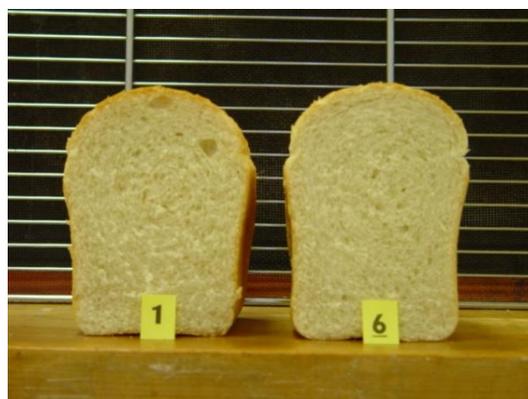


Рисунок 4 – Внешний вид контрольного образца хлеба пшеничного (гидратация 52%) и опытного образца (гидратация 57%):

1 – контроль (гидратация 52%), 6 – гидратированная камедь рожкового дерева в количестве 0,5% (гидратация 57%)

Свежесть мякиша хлеба оценивалась по реологическим характеристикам на пенетрометре Labor-365 (ВНР) по общей деформации сжатия, остаточной деформации мякиша и его упругости на вторые и восьмые сутки хранения (48 и 192 ч). Хлеб для данных опытов выпекался в металлических формах с крышками, чтобы избежать влияния объема изделия на структуру мякиша. Тестовые заготовки формовали специальным образом, как «тостовый» хлеб. Закатанные в тестозакаточной машине тестовые заготовки разрезали ножом на четыре равные части. Затем их помещали в формы таким образом, чтобы одна четвертинка была повернута относительно другой на 180°С. Затем формы закрывали крышками не до конца, чтобы наблюдать подъем изделий в шкафу окончательной расстойки. Влияние степени гидратации и дозировки камеди рожкового дерева на реологические характеристики мякиша хлеба приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Влияния степени гидратации и дозировки камеди рожкового дерева на реологические характеристики мякиша хлеба

Хранени е хлеба, сут.	Вид изделия и степень гидротации гидроколлойда	Показания пенетрометра Labor-365				
		общая деформация сжатия, $\Delta H_{\text{общ.}}$ , ед. прибора	остаточная деформация мякиша, $\Delta H_{\text{пл.}}$ , ед. прибора	упругость мякиша, $\Delta H_{\text{упр.}}$ , ед. прибора	относительная пластичность, $\Delta H_{\text{пл.}} \cdot 100 / \Delta H_{\text{общ.}}$ , %	относительная упругость, $\Delta H_{\text{упр.}} \cdot 100 / \Delta H_{\text{общ.}}$ , %
2	контроль	149,1	102,5	46,6	68,7	31,2
8		74,9	48,7	26,2	64,0	34,9
2	рожковая 0,2%	149,9	103,4	46,5	69,0	31,0
8		66,3	45,2	21,1	68,2	31,8
$\Delta 2, \%$		+0,5%	+0,9%	-0,2%	+0,3%	-0,2%
$\Delta 8, \%$		-11,5%	-7,1%	-19,5%	+4,2%	-3,1%
2	рожковая 0,2% + 5%	150,7	106,9	43,8	70,9	29,0
8		64,5	43,9	20,6	68,1	31,9
$\Delta 2, \%$		+1%	+4,3%	-6%	+2,2%	-2,2%
$\Delta 8, \%$		-13,9%	-9,8%	-21,4%	+4,1%	-3%
2	рожковая 0,5%	148,0	107,9	40,2	72,9	27,2
8		58,4	36,1	22,3	61,8	38,2
$\Delta 2, \%$		-0,7%	+5,3%	-13,7%	+4,2%	-4%
$\Delta 8, \%$		-22%	-25,9%	-14,9%	-2,2%	+3,3
2	рожковая 0,5% + 5%	151,0	108,1	42,9	71,6	28,4
8		65,1	44,3	20,8	68,0	31,9
$\Delta 2, \%$		+1,3%	+5,5%	-7,9%	+2,9%	-2,8%
$\Delta 8, \%$		+13,1%	-9%	-20,6%	+4%	-3%

Анализ полученных данных показывает, что наилучшие реологические показатели имеет гидратированный образец со степенью гидратации 57%. Общая деформация сжатия (обуславливающая мягкость изделия) через 24 ч хранения примерно равна контрольному образцу, а через 8 суток хранения увеличивается на 13,1%, при снижении остаточной деформации на 10%. Относительная пластичность также увеличивается на 4%, а при снижении относительной упругости на 3%. Данные показатели свидетельствуют о способности камеди рожкового дерева при гидратации 57% сохранять свежесть хлеба в течение 8 суток.

### Выводы

Использование гидратированной (75%) камеди рожкового дерева при дозировке 0,5% к массе муки положительно влияет на тестовые полуфабрикаты (тесто более пластичное, не прилипает к рабочим органам оборудования, легче формуется), текстуру мякиша и замедление очерствения булочного изделия), повышает удельный объем хлеба на 10%, приводит к образованию мягкого мякиша при выпечке и увеличивает срок сохранения свежести до 8 суток.

### Литература

1. Андреев А.Н. Применение гидроколлоидов в технологии хлебопекарного производства // Материалы II Международного конгресса «Зерно и хлеб России» (Санкт-Петербург, 8–10 ноября 2006 г.). СПб., 2006. С. 98–99.
2. Базарнова Ю.Г. Применение натуральных гидроколлоидов для стабилизации пищевых продуктов // Пищевые ингредиенты: сырье и добавки. 2005. № 2. С. 84–87.

3. Кочеткова А.А. Пищевые гидроколлоиды: теоретические основы // Пищевые ингредиенты: сырье и добавки. 2000. № 1. С. 23–24.
4. Kitissou A.P. Utilisation des hydrocolloïdes en brioches crues surgelées prêtes à cuire // Международная конференция «Технологии и техника пищевых производств. Итоги и перспективы развития на рубеже XX и XXI веков»: сб. науч. тр. СПб.: СПбГУНиПТ, 2003. С. 95–100.
5. Андреев А.Н. Использование растительных гидроколлоидов в технологии приготовления хлеба из быстрозамороженного теста // Хлебопекарный и кондитерский форум. 2013. № 6(18). С. 50–51.
6. Bell D.A. Methylcellulose as a structure enhancer in bread baking. *Cereal Food World*, 1990, no. 35, pp. 1001–1006.
7. Christianson D.D., Hodge J.E., Osborne D., Detroy R.W. Gelatinization of wheat starch as modified by xanthan gum, guar gum and cellulose gum. *Cereal Chemistry*. 1981, no. 58(6), pp. 513.
8. Glicksman M. Hydrocolloids and the Search for the “Oily Grail”. *Food Tech.* 1991, no. 45(10), pp. 94–103.
9. Apling E.C., Khan P., Ellis P.R. Guar/wheat bread for therapeutic use. *Cereal Foods World*. 1978, pp. 640–644.
10. Китиссу А.П., Андреев А.Н. Реоферментографические и альвеографические исследования в технологии производства хлебобулочных изделий из замороженного теста // Материалы III Международного конгресса «Зерно и хлеб России» (Санкт-Петербург, 13–15 ноября 2007 г.). СПб., 2008. С. 101–102.
11. Китиссу А.П. Гидроколлоиды в замороженных после расстойки заготовках. Результаты тестов // ПАРТНЕР: Кондитер хлебопек. 2006. № 6. С. 55–58.
12. Панфилова М.Н. Ксантановая камедь: преимущества и особенности применения // Пищевые ингредиенты: сырье и добавки. 2006. № 2. С. 70.
13. Bell D.A. Methylcellulose as a structure enhancer in bread baking. *Cereal Foods World*. 1990, no. 35(70), pp. 1001–1006.
14. Brummer J.M, Mettler E., Seibel W., Pfeilsticker K. Studies on the optimization of emulsifier and hydrocolloid effects in wheat doughs and wheat breads. *Leben Wissen Technol.* 1996, no. 29, pp. 106–113.
15. Brennan C.S., Blake D.E., Ellis P.R., Schofield J.D. Effects of guar galactomannan on wheat bread microstructure and on the in vitro and in vivo digestibility of starch in bread. *Journal of Cereal Science*. 1996, V. 24, Is. 2, pp. 151–160.
16. Davidou S., Le Meste M., Debever E., Bekaert D. A contribution to the study of staling of white bread: Effect of water and hydrocolloid. *Food Hydrocolloids*. 1996, no. 10, pp. 375–383.
17. Armero E., Collart C. Crumb firming kinetics of wheat breads with antistaling additives. *Journal of Cereal Science*. 1998, no. 28, pp. 165–174.
18. Андреев А.Н., Дмитриева Ю.В. Влияние гидратации гуаровой камеди на органолептические показатели полуфабрикатов и текстуру булочных изделий // Процессы и аппараты пищевых производств. 2012. № 2.
19. Андреев А.Н., Дмитриева Ю.В. Исследование влияния не гидратированных гидроколлоидов на удельный объем булочных изделий // Процессы и аппараты пищевых производств. 2012. № 1.
20. Phillips G.O., Williams P.A. (eds.) *Handbook of hydrocolloids*. 2nd ed. CRC Press. 2009. 1003 p.

### References

1. Andreev A.N. Primenenie gidrokolloidov v tekhnologii khlebopekarnogo proizvodstva [The use of hydrocolloids in bakery production technology]. *Proceedings of the second International Congress "Grain and Bread of Russia" (St. Petersburg, 8–10 November 2006)*. St. Petersburg, 2006, pp. 98–99.
2. Bazarnova Yu.G. Primenenie natural'nykh gidrokolloidov dlya stabilizatsii pishchevykh produktov [The use of natural hydrocolloids to stabilize food]. *Food ingredients: raw materials and additives*. 2005, no. 2, pp. 84–87.
3. Kochetkova A.A. Pishchevye gidrokolloidy: teoreticheskie osnovy [Food Hydrocolloids: the theoretical foundations]. *Food ingredients: raw materials and additives*. 2000, no. 1, pp. 23–24.
4. Kitissou A.R. Utilisation des hydrocolloïdes en brioches crues surgelées prêtes à cuire [Using hydrocolloids in frozen raw buns ready to cook]. *International Conference "Technology and equipment for food production. Results and prospects of development at the turn of XX and XXI centuries "*. *Proceedings of the conference*. St. Petersburg, GUNiPT Publ., 2003, pp. 95–100.
5. Andreev A.N. Ispol'zovanie rastitel'nykh gidrokolloidov v tekhnologii prigotovleniya khleba iz bystrozamorozhennogo testa [The use of plant hydrocolloids in the production technology of quick-frozen bread dough]. *Bakery and confectionery forum*. 2013, no. 6(18), pp. 50–51.

6. Bell D.A. Methylcellulose as a structure enhancer in bread baking. *Cereal Food World*. 1990, no. 35, pp. 1001–1006.
7. Christianson D.D., Hodge J.E., Osborne D., Detroy R.W. Gelatinization of wheat starch as modified by xanthan gum, guar gum and cellulose gum. *Cereal Chemistry*. 1981, no. 58(6), pp. 513.
8. Glicksman M. Hydrocolloids and the Search for the “Oily Grail”. *Food Tech*. 1991, no. 45(10), pp. 94–103.
9. Apling E.C., Khan P., Ellis P.R. Guar/wheat bread for therapeutic use. *Cereal Foods World*. 1978, pp. 640–644.
10. Kitissu A.P., Andreev A.N. Reofermentograficheskie i al'veograficheskie issledovaniya v tekhnologii proizvodstva khlebobulochnykh izdelii iz zamorozhennogo testa [Reofermentografichesky and alveografichesky researches in the production technology of bakery products from frozen dough]. *Proceedings of the third International Congress "Grain and Bread of Russia" (St. Petersburg, 13–15 November 2007)* St. Petersburg, 2008, pp. 101–102.
11. Kitissu A.P. Gidrokolloidy v zamorozhennykh posle rasstoiki zagotovkakh. Rezul'taty testov [Hydrocolloids in the preparations frozen after a rasstoyka. Test results. *PARTNER: Confectioner baker*. 2006, no. 6, pp. 55–58.
12. Panfilova M.N. Ksantanovaya kamed': preimushchestva i osobennosti primeneniya [Ksantanovy gum: advantages and features of application]. *Food ingredients: raw materials and additives*. 2006, no. 2, P. 70.
13. Bell D.A. Methylcellulose as a structure enhancer in bread baking. *Cereal Foods World*. 1990, no. 35(70), pp. 1001–1006.
14. Brummer J.M, Mettler E., Seibel W., Pfeilsticker K. Studies on the optimization of emulsifier and hydrocolloid effects in wheat doughs and wheat breads. *Leben Wissen Technol*. 1996, no. 29, pp. 106–113.
15. Brennan C.S., Blake D.E., Ellis P.R., Schofield J.D. Effects of guar galactomannan on wheat bread microstructure and on the in vitro and in vivo digestibility of starch in bread. *Journal of Cereal Science*. 1996, V. 24, Is. 2, pp. 151–160.
16. Davidou S., Le Meste M., Debever E., Bekaert D. A contribution to the study of staling of white bread: Effect of water and hydrocolloid. *Food Hydrocolloids*. 1996, no. 10, pp. 375–383.
17. Armero E., Collart C. Crumb firming kinetics of wheat breads with antistaling additives. *Journal of Cereal Science*. 1998, no. 28, pp. 165–174.
18. Andreev A.N., Dmitreeva Yu.V. Vliyanie gidratatsii guarovoi kamedy na organolepticheskie pokazateli polufabrikatov i teksturu bulochnykh izdelii [Effect of hydration of guar gum on the organoleptic characteristics of semi-finished and texture of baked goods]. *Processes and equipment for food production*. 2012, no. 2.
19. Andreev A.N., Dmitreeva Yu.V. Issledovanie vliyaniya ne gidratirovannykh gidrokolloidov na udel'nyi ob'em bulochnykh izdelii [Research of influence of not hydrated gidrokolloid on the specific volume of bakeries of products]. *Processes and equipment for food production*. 2012, no. 1.
20. Phillips G.O., Williams P.A. (eds.) *Handbook of hydrocolloids*. 2nd ed. CRC Press. 2009. 1003 p.

Статья поступила в редакцию 30.11.2016