
Научная статья
УДК 664.657/664.66
EDN NIRTPA

**Снижение скорости черствения хлебобулочных изделий
посредством оптимизации технологических свойств пшеничной муки**

Дмитрий Олегович Сметанин¹, аспирант

Юлия Юрьевна Печникова², аспирант

Научный руководитель – Валерий Яковлевич Черных³, доктор
технических наук, профессор

^{1,2,3}Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности,
Москва, Россия

^{1,2}Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)

¹d.smetanin@gosniihp.ru, ²yu.pechnikova@gosniihp.ru, ³polybiotest@rambler.ru

Аннотация. Исследованы изменения структурно-механических характеристик мякиша пшеничного хлеба в течение 108 часов хранения после выпечки. Целью работы является оценка влияния состояния макрокомплексов пшеничной муки при внесении ржаного белого неферментированного солода и сухой клейковины на реологические свойства мякиша и скорость его черствения при хранении. Установлено, что добавление 1,62 % ржаного солода и 3 % сухой клейковины снижает показатель твердости мякиша на 50 % и скорость его черствения в 3 раза.

Ключевые слова: пшеничная мука, ржаной белый неферментированный солод, сухая клейковина, хлеб пшеничный

Для цитирования: Сметанин Д. О., Печникова Ю. Ю. Снижение скорости черствения хлебобулочных изделий посредством оптимизации технологических свойств пшеничной муки // Актуальные исследования молодых ученых – результаты и перспективы : материалы науч.-практ. конф. (Благовещенск, 8 февраля 2024 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2024. С. 446–453.

**Reducing the staling rate of bakery products
by optimizing the technological properties of wheat flour**

Dmitry O. Smetanin¹, graduate student

Yulia Yu. Pechnikova², graduate student

Scientific supervisor – Valery Ya. Chernykh³, doctor of Technical Sciences,
Professor

^{1,2,3}Scientific Research Institute of the Bakery Industry, Moscow, Russia

^{1,2}Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH)

¹d.smetanin@gosniihp.ru, ²yu.pechnikova@gosniihp.ru, ³polybiotest@rambler.ru

Annotation. This work is devoted to the study of changes in the structural and mechanical characteristics of wheat bread crumb during 108 hours of storage after baking. The aim of the work is to assess the effect of the state of wheat flour macrocomplexes when introducing white unfermented rye malt and dry gluten on the rheological properties of the crumb and its staling rate during storage. It was found that the addition of 1.62 % rye malt and 3 % dry gluten reduces the crumb hardness by 50 % and reduces its staling by 3 times.

Keywords: wheat flour, white unfermented rye malt, dry gluten, wheat bread

For citation: Smetanin D. O., Pechnikova Ju. Ju. Snizhenie skorosti cherstvenija hlebobulochnyh izdelij posredstvom optimizacii tehnologicheskikh svojstv pshenichnoj muki [Reducing the staling rate of bakery products by optimizing the technological properties of wheat flour]. *Aktual'nye issledovaniya molodykh uchenykh – rezul'taty i perspektivy : materialy nauch.-prakt. konf. (Blagoveshchensk, 8 fevralya 2024 g.)*. Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyy GAU, 2024, pp. 446–453. (in Russ.).

При разработке новых технологий для производства хлебобулочных изделий особое внимание уделяется сохранению их свежести в течение периода хранения. Потребительские характеристики хлебобулочных изделий после выпечки зависят от процесса ретроградации крахмальных зерен, что представляет собой переход аморфной структуры крахмала в кристаллическое состояние. Скорость этого процесса, или скорость черствения при хранении, определяется автолитической активностью муки и соотношением биополимеров, таких как белки и полисахариды, включая клейковину и пентозаны, и их способность образовывать гели [1].

В хлебопекарной промышленности оценка автолитической активности пшеничной муки проводится с использованием показателя "число падения", который отражает глубину гидролиза крахмала муки её собственными амилазами. Этот показатель обуславливает сахарообразующую способность муки, от которой зависит активность дрожжевых клеток и окраска корки готового изделия, а также процесс перехода кристаллической структуры крахмала в аморфное состояние при выпечке изделий. Содержание связанной влаги также влияет на скорость черствения хлебобулочных изделий – большее содержание связанной влаги замедляет этот процесс. Однако, важно

отметить, что свойства гелеобразующих биополимеров, таких как клейковина и пентозаны, играют ключевую роль. Оценка гелеобразующей способности белковых веществ в пшеничной муке осуществляется по количеству и свойствам клейковины [2, 3].

Цель работы – исследование влияния состояния макрокомплексов пшеничной муки посредством внесения солода ржаного и сухой клейковины на реологические свойства мякиша хлебобулочных изделий и скорость их черствения при хранении.

Физико-химические характеристики пшеничной муки, солода пшеничного и сухой клейковины представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические характеристики сырья

Показатели	Значение
Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта	
Влажность (W), %	11,0
Насыпная плотность (ρ), г/см ³	447
Содержание сырой клейковины (G _{кл}), %	28,3
Общая деформация клейковины (I _{общ}), е. ИДК	73
«Число падения» (ЧП), с	566
Водопоглотительная способность (ВПС), %	55,9
Белизна, е. РЗ-БПЛ	54
Продолжительность замеса теста до готовности (В), мин	2,3
Стабильность (С), мин	18,1
Разжижение (Е), е.Ф.	31
Максимальная вязкость клейстеризован. суспензии (η _{max}), е.АУ.	1450
Солод ржаной белый неферментированный	
Влажность (W), %	8,3
Насыпная плотность (ρ), г/см ³	341
Сухая клейковина	
Влажность(W), %	3,8
Насыпная плотность (ρ), г/см ³	460

На рисунке 1 приведены графики изменения «числа падения» пшеничной муки в зависимости от дозировки ржаного солода, которая изменяется от 0 до 3 %, с шагом 0,5 %.

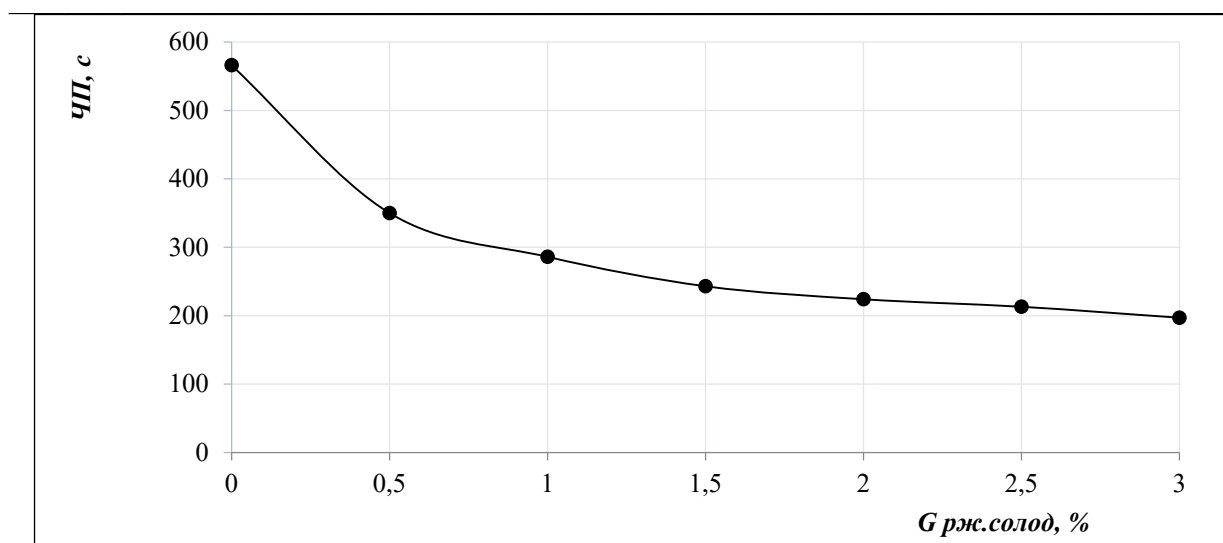


Рисунок 1 – Изменение «числа падения» пшеничной муки в зависимости от дозировки ржаного солода

Исследования, посвященные анализу состояния углеводно-амилазного комплекса пшеничной муки [1–4], показали, что оптимальное значение показателя биотехнологических свойств муки – «числа падения», обуславливающего сахарообразующую способность муки, составляет 235 ± 15 с. На основании анализа графика (рис. 1), была определена оптимальная дозировка ржаного солода, равная 1,62 % и соответствующая «числу падения» 235 с.

Для определения оптимальной дозировки сухой клейковины были получены фаринограммы пшеничного теста при замесе с её внесением в количестве от 0 до 5 %, с шагом 1 %. Показатели реологического поведения пшеничного теста при замесе без внесения (контроль) и с внесением (опытные пробы) сухой клейковиной приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели реологического поведения пшеничного теста

Наименование проб пшеничного теста	Показатели фаринограммы (500 е.Ф.)					
	$W_{м.ф.}, \%$	ВПС, %	В, мин	С, мин	Е, е.Ф.	$W_{т.}, \%$
Контроль	9,3	55,6	2,5	19,0	18	45,4
1 %	9,3	56,5	9,5	18,6	–	45,7
2 %	9,3	56,6	12,0	18,3	–	45,8
3 %	9,3	57,8	11,2	18,2	–	46,1
4 %	9,3	59,4	12,7	18,1	–	46,7
5 %	9,3	61,3	19,0	17,9	–	47,3

Из анализа данных, представленных в таблице 2, была установлена оптимальная дозировка сухой клейковины равная 3 %, так как именно на этой величине появляется точка перегиба значений показателей времени замеса теста до готовности и его стабильности.

При проведении пробной лабораторной выпечки пшеничного хлеба замес контрольной пробы и опытных проб теста осуществляли с консистенцией 640 е.Ф. в соответствии с рецептурой, указанной в таблице 3.

Таблица 3 – Нормативная рецептура пшеничного теста при проведении пробной лабораторной выпечки хлеба

Наименование сырья	Расход сырья при безопасном способе приготовления теста		
	Контроль	Проба I	Проба II
Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта, кг	100,0	100,0	100,0
Дрожжи хлебопекарные прессованные, кг	2,5	2,5	2,5
Соль пищевая, кг	1,5	1,5	1,5
Солод ржаной, кг	–	1,62	1,62
Клейковина сухая, кг	–	–	3,0
Вода, кг	<i>С учётом консистенции теста 640 е.Ф.</i>		

На рисунке 2 представлены образцы контрольных и опытных проб хлеба, объём и удельный объём которых определяли на приборе DVM 6600 (Pertten Instruments, Швеция).

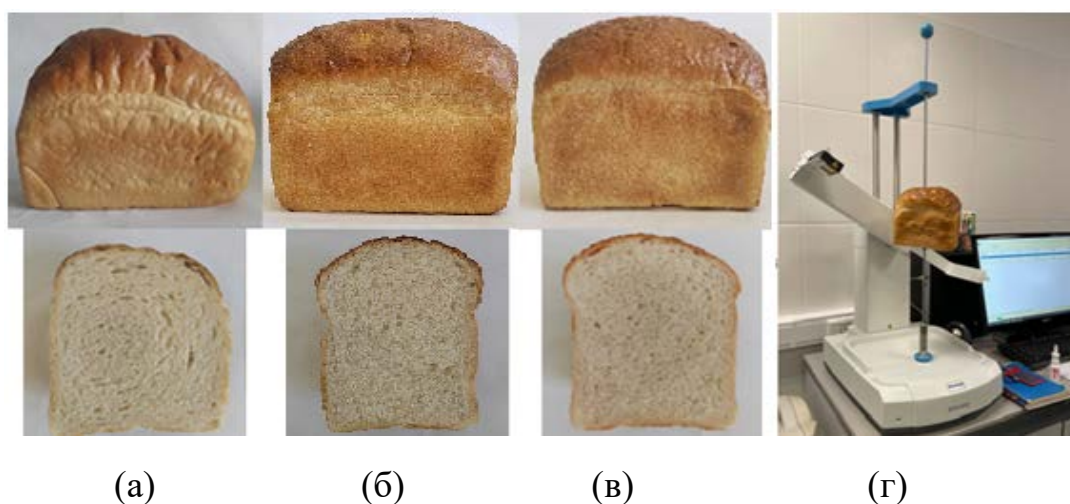


Рисунок 2 – Внешний вид целого хлеба и в разрезе (а - контроль; б - проба I с добавлением ржаного солода; в – проба II с добавлением ржаного солода и сухой клейковины; г - лазерный объёммерник)

В таблице 4 приведены физико-химические характеристики пшеничного хлеба.

Таблица 4 – Физико-химические характеристики пшеничного хлеба

Наименование проб пшеничного теста	Физико-химические характеристики пшеничного хлеба						
	$G_{уп}, \%$	$G_{ус}, \%$	$W_{мяк}, \%$	$\rho_{мяк}, \text{г/см}^3$	$V_{хл}, \text{см}^3$	$V_{уд.хл}, \text{см}^3/\text{г}$	$P_{мяк}, \%$
Контроль	12,2	2,44	41,9	0,25	1902	3,61	81,2
Проба I	14,0	2,47	42,0	0,19	2260	4,51	85,5
Проба II	12,3	2,83	42,2	0,14	2458	4,83	89,1

В таблице 5 приведены физико-химические характеристики мякиша контрольных и опытных образцов хлеба по ГОСТу 70085-2022 «Изделия хлебобулочные из пшеничной хлебопекарной муки. Метод определения степени черствости».

Таблица 5 – Физико-химические характеристики мякиша хлеба

Вид изделия	ФХХ мякиша	Значения ФХХ мякиша хлеба с разной продолжительностью хранения, ч.				
		12	36	60	84	108
Контроль	$\rho_{мяк}, \text{г/см}^3$	0,25	0,25	0,22	0,25	0,23
	$P_{мяк}, \%$	81	81	83	81	82
	$W_{мяк}, \%$	42	42	42	42	41
	$Fh, \text{гс}$	296	398	473	533	614
	$Ih, \text{гс}/[(\text{г/см}^3) \cdot \%]$	21	28	37	37	45
	$V_{ч}, \text{гс/сутки}$	79				
Проба I	$\rho_{мяк}, \text{г/см}^3$	0,19	0,19	0,19	0,18	0,20
	$P_{мяк}, \%$	85	86	85	86	85
	$W_{мяк}, \%$	42	42	42	42	42
	$Fh, \text{гс}$	163	194	255	254	310
	$Ih, \text{гс}/[(\text{г/см}^3) \cdot \%]$	15	18	23	25	27
	$V_{ч}, \text{гс/сутки}$	31				
Проба II	$\rho_{мяк}, \text{г/см}^3$	0,14	0,17	0,17	0,16	0,17
	$P_{мяк}, \%$	89	87	87	88	87
	$W_{мяк}, \%$	42	42	43	42	41
	$Fh, \text{гс}$	89	144	194	171	216
	$Ih, \text{гс}/[(\text{г/см}^3) \cdot \%]$	11	15	19	19	22
	$V_{ч}, \text{гс/сутки}$	27				

Исследования, направленные на улучшение технологических свойств пшеничной муки за счет внесения ржаного солода и сухой клейковины, позволили сделать следующие выводы:

1. Установлено изменение индекса твердости мякиша хлеба, которое для контрольной пробы составило от 21 до 45 гс/[(г/см³) · %], у опытных проб хлеба: проба I – от 15 до 27 гс/[(г/см³) · %], проба III – от 11 до 22 гс/[(г/см³) · %].

2. Определена скорость черствения мякиша контрольной пробы пшеничного хлеба, опытной пробы I (с ржаным солодом) и опытной пробы II (с ржаным солодом и сухой клейковиной), которая составила 79 гс/сутки, 31 гс/сутки и 27 гс/сутки соответственно.

3. Наиболее значимый технологический эффект в оптимизации реологических свойств пшеничного теста достигается при совместном внесении ржаного солода и сухой клейковины, что приводит к сокращению скорости черствения мякиша хлеба в 3 раза по сравнению с контрольной пробой, и составляет 27 гс/сутки.

Список источников

1. Черных В. Я., Ширшиков М. А. Технологические критерии оценки состояния углеводно-амилазного комплекса пшеничной муки (начало) // Хлебопродукты. 2001. № 12. С. 22–25.

2. Черных В. Я., Ширшиков М. А. Технологические критерии оценки состояния углеводно-амилазного комплекса пшеничной муки (окончание) // Хлебопродукты. 2002. № 1. С. 21–24.

3. Черных В. Я., Иванов В. С. Регулирование сахарообразующей способности хлебопекарной муки : монография. Москва : Буки Веди, 2019. 144 с.

4. Черных В. Я., Ширшиков М. А., Белоусова Е. М., Лущик Т. В. Информационно-измерительная система для оценки хлебопекарных свойств муки // Хлебопродукты. 2000. № 8. С. 21–25.

References

1. Chernyh V. Ja., Shirshikov M. A. Tehnologicheskie kriterii ocenki sostojanija uglevodno-amilaznogo kompleksa pshenichnoj muki (nachalo)

[Technological criteria for assessing the state of the carbohydrate-amylase complex of wheat flour (beginning)]. *Hleboprodukty*. 2001;12:22–25. (in Russ.).

2. Chernyh V. Ja., Shirshikov M. A. Tehnologicheskie kriterii ocenki sostojanija uglevodno-amilaznogo kompleksa pshenichnoj muki (okonchanie) [Technological criteria for assessing the state of the carbohydrate-amylase complex of wheat flour (end)]. *Hleboprodukty*. 2002;1:21–24. (in Russ.).

3. Chernyh V. Ja., Ivanov V. S. Regulirovanie saharoobrazujushhej sposobnosti hlebopekarnoj muki [Regulation of the sugar-forming ability of baking flour] : monografija. Moscow, Buki Vedi, 2019, 144 p. (in Russ.).

4. Chernyh V. Ja., Shirshikov M. A., Belousova E. M., Lushhik T. V. Informacionno-izmeritel'naja sistema dlja ocenki hlebopekarnyh svojstv muki [Information and measurement system for evaluating the baking properties of flour]. *Hleboprodukty*. 2000;8:21–25. (in Russ.).

© Сметанин Д. О., Печникова Ю. Ю. 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.