

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
УКРАИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 664.65.657

РГАСНТИ 65.33

Доценко В.Ф., Ищенко Т.И., Зубченко В.С., Дробот В.И.

Эффективность использования нового нетрадиционного
сырья для замедления процесса черствения хлеба

Киев — 1996 г.

свежесть хлеба является основополагающим фактором в повышении спроса на этот продукт.

Хранение хлебобулочных изделий сопровождается снижением их потребительских и вкусовых свойств. В процессе этого повышается жесткость и крошковатость мякиша, корка теряет блеск и хрупкость, слои мякиша, находящиеся под коркой, становятся неэластичными, сухими, их влажность приближается к равновесной. В связи с этим проблема увеличения срока сохранения готовой продукции в свежем виде является в настоящее время одной из важнейших для хлебопекарной промышленности.

Черствение хлеба - это сложный процесс, протекающий во времени. С одной стороны, он обусловлен потерей влаги (усыханием), с другой, является результатом сложных физико-химических, коллоидных и биохимических процессов, происходящих при хранении хлеба и связанных с изменениями в структуре и свойствах основных биополимеров - клейковинных белков и крахмала.

Вопросу черствения хлеба посвящен ряд основополагающих исследований, в которых ведущая роль в этом процессе отводится крахмалу.

Так, ряд исследователей [5,10] процесс черствения хлеба объясняют ретроградацией крахмала мякиша, когда частично клейстеризованный во время выпечки хлеба и перешедший в аморфное состояние крахмал в процессе хранения снова переходит в кристаллическое состояние. Этот переход осуществляется в течение определенного времени и определяется естественным старением крахмала, как биологического полимера.

По мнению Кульмана А.Г., Назарова В.И. и др. [8] черствение изделий вызывается процессом синерезиса крахмала, частично

клеистеризованного при выпечке.

Княгичев М.И. же рассматривает этот процесс с точки зрения состояния молекул воды, заполняющих микрополости, образованные звеньями молекул крахмала и белка, а также гибкости цепей крахмала, образующих единую прочную механическую структуру, которая и обуславливает черствость мякиша хлеба [3].

Английский ученый Вильхофт, изучавший данную проблему в течение ряда лет, указывает на существенную роль перераспределения влаги между крахмалом и клейковиной [7].

Кроме этого, известно, что процесс черствения хлеба зависит от многих факторов, в т.ч. и от рецептурных ингредиентов.

Сохранению свежести изделий способствует применение углеводного и белкового сырья, жиров и поверхностно-активных веществ, улучшителей окислительного действия.

Для замедления процесса черствения мякиша в рецептуру хлеба можно вводить добавки, способствующие повышению его гидрофильных свойств. К ним относятся мальтозные и глюкозные патоки, пентозаны, модифицированные крахмалы, целлюлоза, ее производные и т.д.

Таким образом, имеющиеся теории и предположения о механизме черствения хлеба показывают, что для его замедления необходимо создать условия, препятствующие старению крахмала и изменению клейковины хлеба, что снижение скорости этих процессов зависит от рецептуры изделий и может быть достигнуто введением в хлеб определенных добавок.

При разработке эффективных технологий использования полисахарида карбоилозы (натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы) и сухого молочного продукта "Космол" при производстве изделий ле-

чебно-профилактического назначения, представлял интерес вопрос влияния данного нетрадиционного сырья на процесс черствения готовой продукции.

Анализировались образцы с содержанием карбюлозы 0,3%; 0,5%; 0,8% к массе муки в тесте, а дозировка "Космола" составляла 3%, 6%, 9%.

Степень свежести готовых изделий оценивали по изменению структурно-механических свойств мякиша, его гидрофильности, а также по изменению соотношения форм связи влаги в нем и по продолжительности перехода крахмала из аморфного состояния в кристаллическое в течение 2-х суток хранения. Такой период исследования был выбран на основании литературных данных, согласно которым основные структурные изменения в пшеничном хлебе происходят в первые 48 часов его хранения [9].

Наиболее характерным внешним признаком черствения является повышение жесткости, снижение упругости мякиша изделий. В силу этого для оценки его реологических свойств использовали автоматизированный пенетрометр АП 4/1.

Установлено, что внесение карбюлозы и "Космола" в рецептуру изделий улучшает эластичность мякиша и, что особенно важно, снижает скорость изменения данного показателя во времени (таблица I). При этом обращает на себя внимание факт о различной степени влияния добавок, что, очевидно, связано с их природой.

"Космол" - сухой молочный продукт с повышенным содержанием минеральных веществ, сбалансированным белковым, жировым, углеводным составом, обогащенный витаминами группы антиоксидантов. Богатый и полноценный химический состав данного продукта благоприятно сказывается на физических свойствах теста и позволяет

получать готовую продукцию с улучшенной эластичностью и структурой пористости, большего объема, что положительно сказывается на степени свежести образцов с "Космолом".

Таблица I.

Изменение пенетрационных характеристик мякиша хлеба в процессе его хранения.

Образцы	Деформация, ед.пенетromетра								
	ОБЩАЯ, через			ПЛАСТИЧЕСКАЯ, через			УПРУГАЯ, через		
	3ч	24ч	48ч	3 ч	24 ч	48 ч	3ч	24ч	48ч
Контроль без добавок	97	71	52	87	63	46	10	8	6
С "Космолом"									
3%	102	82	67	91	72	59	11	10	8
6%	111	94	82	98	83	73	13	11	9
9%	122	107	96	108	94	86	14	13	10
С карбамидом									
0,3%	101	80	63	90	71	56	11	9	7
0,5%	108	90	75	96	80	67	12	10	8
0,8%	117	99	87	104	89	78	13	10	9

Так, показатель общей деформации мякиша изделий с "Космолом" через 24 часа превышал аналогичный показатель контроля на 16-51%, а через 48 часов - на 29-85%.

При этом у опытных образцов по сравнению с контролем наблюдалось снижение скорости черствения после первых суток хранения на 7,2-14,5% по отношению к 3ч хранения изделий после выпечки и на 12,1-25,1% по прошествию двух дней.

Аналогичное влияние на процесс черствения готовых изделий, но в меньшей степени, оказала и карбамид.

С увеличением ее дозировки сопротивление мякиша сжатию возрастало по отношению к контролю на 12,7-39,4% через 24 часа хранения и на 21,2-67,3% - через 48 часов.

Наблюдалось также и изменение скорости процесса черствения. В первые сутки хранения образцы с карбамидом черствели

медленнее контроля на 6-11,4%, а во вторые - на 8,8-20,8%.

Следовательно, использование карбюлозы и "Космола" позволило не только сохранить улучшенные характеристики упруго-эластичных свойств мякиша в течение всего срока хранения, но и способствовало замедлению интенсивности снижения этих свойств в ходе всего процесса.

Вторым, также весьма характерным свойством мякиша черствящего хлеба является изменение его гидрофильных свойств. Известно, что при черствении изделий снижается способность мякиша к набуханию и поглощению воды, а также способность коллоидов и других веществ мякиша переходить в водный раствор. При этом уменьшается и общее количество водорастворимых веществ, и растворимость в воде крахмала мякиша.

В нашей работе гидрофильные свойства мякиша исследуемых образцов оценивали по набухаемости его в воде по методу Катца [9].

Экспериментальные данные, приведенные в таблице 2, свидетельствовали о замедлении процесса снижения гидрофильности мякиша как в образцах с карбюлозой, так и в образцах с "Космолом".

Удельная набухаемость мякиша образцов с карбюлозой через 3 часа после выпечки превышала аналогичную характеристику контроля на 11,4-16,5%; через 24 часа на 13,0-19,3%; через 48 часов - на 14,9-22,5%.

В ходе эксперимента отмечено и то, что потеря гидрофильности мякиша в хлебе с карбюлозой замедлялась.

Увеличение гидратации мякиша изделий с карбюлозой обусловлено высокими гидрофильными свойствами самой карбюлозы, а также

Таблица 2.

Гидрофильные свойства мякиша хлеба в процессе его хранения.

Показатели	Контроль (без до- бавок)	С добавлением карбюзы, % к массе муки			С добавлением "Космола", % к массе муки		
		0,3	0,5	0,8	3	6	9
Удельная набу- хаемость, см ³ /г СВ							
через 3 часа	6,47	7,21	7,38	7,54	6,98	7,12	7,24
24 часа	5,92	6,69	6,88	7,06	6,45	6,61	6,74
48 часов	5,38	6,18	6,39	6,59	5,93	6,10	6,26

образованием белок-полисахаридных комплексов.

Несомненно, что процесс черствения хлеба объясняется образованием межмолекулярных сил, из которых большое значение имеют водородные связи. Из межмолекулярных сил водородные связи характеризуются более высоким значением энергии, чем Ван-дер-Ваальсовы связи и силы связи между диполями. При черствении хлебобулочных изделий водородные связи образуются в амилозе и амилопектине, чему активно способствует наличие в системе воды. Применение же карбюзы позволяет замедлить выделение воды из разбухших зерен крахмала путем их обволакивания, а это и препятствует образованию межмолекулярных водородных связей.

Замедление потери гидрофильности мякиша изделий наблюдалось и в образцах с "Космолом". В течении первых суток хранения скорость снижения набухаемости мякиша опытных образцов была ниже контроля на 0,9-1,6% к первоначальному, при дальнейшем хранении - на 1,8-3,3%.

В случае с "Космолом" на увеличение гидратации мякиша изделий оказывают влияние его составляющие (молочный белок, лактоза, аскорбиновая кислота). Добавление сухого молочного про-

дукта в рецептуру изделий делает структуру мякиша более прочной, гидратационные связи усиливаются, что и затормаживает потерю влаги при хранении хлеба. К тому же, при этом может положительно сказываться и образование комплексов "Космола" с основными компонентами теста.

Таким образом, использование в хлебопечении сырья, способного адсорбционно взаимодействовать с дисперсной фазой, уменьшать аттракционное поле гидрофобных участков частиц, будет снижать скорость гидратации мякиша изделий и тем самым задерживать черствение хлеба.

При изучении влияния карбюлозы и "Космола" на сохранение свежести готовой продукции заслуживал внимания и аспект сложного перераспределения влаги в мякише хлеба в процессе его хранения.

Исследования форм связи влаги в мякише изделий с карбюлозой и "Космолом" и изменений их соотношения в ходе эксперимента осуществляли с помощью дифференциального термogrавиметрического анализа на приборе "Дериватограф ОД-102-568/с".

Применение данного метода позволило определить следующие кинетические параметры процесса дегидратации мякиша хлеба: количество наиболее прочно связанной влаги (влага моно- и полимолекулярной адсорбции) и содержание менее прочно связанной влаги (влага, удерживаемая осмотически и физико-механически). Из количества менее прочно связанной влаги удалось выделить величину равновесного влагосодержания, т.е. количество воды свободно удерживаемой в объеме хлеба.

Анализ полученных данных (таблица 3) показал, что полисахарид карбюлоза и сухой молочный продукт "Космол" оказывают

Таблица 3.

Параметры дегидратации мякиша хлеба.

Образцы	Продол- житель- ность хранения, ч	Кинетические параметры процесса гидратации			Потери связан- ной влаги, %
		равновес- ное вла- госодер- жание, %	менее прочно связанная влаги, %	более прочно связанная влаги, %	
Контроль (без добавок)	3	7,0	87	13	15,4
	24	15,0	90	10	
	48	6,5	89	11	
0,5% карбюлозы	3	6,0	81	19	10,5
	24	12,0	84	16	
	48	5,5	83	17	
6,0% "Космоля"	3	6,5	83	17	11,8
	24	13,5	86	14	
	48	6,0	85	15	

существенное влияние на соотношение различных форм влаги в мякише, увеличивая долю наиболее прочно связанной: адсорбционной и микрокапиллярной в течение всего срока хранения.

Так в хлебе с карбюлозой количество более прочно связанной влаги через 24 часа было выше, чем в контроле, на 60%, через 48 часов - на 54,5%; в изделиях с "Космолом" - соответственно на 40% и 36,4%.

Можно предположить, что коллоидные свойства карбюлозы, а также быстрое образование межмолекулярных связей составляющих "Космоля" с основными полимерами хлеба смогли препятствовать сближению цепей денатурированного белка и частично клейстеризованного крахмала для образования жесткой, механически прочной сетки, характерной для черствого хлеба. Следовательно, структура мякиша опытных образцов в целом смогла сохранить подвижность, разупорядоченность, свойственную свежевыпеченному хлебу.

За период хранения в изделиях с добавками наблюдалось уменьшение потери связанной влаги. Для хлеба с карбюлозой этот

показатель составил 10,5%, для хлеба с "Космолом" - 11,8%, при контроле - 15,4%.

Введение в рецептуру изделий исследуемого сырья способствовало приостановлению процесса упорядочения системы водовысокополимеры хлеба. За счет повышенного водопоглощения и водоудержания они служили естественными стабилизаторами, нивелирующими резкое снижение количества и молекулярной подвижности более связанной влаги.

Для наиболее полного представления о механизме влияния полисахарида карбюлозы и сухого молочного продукта "Космол" на сохранение свежести хлебопекарной продукции были проведены рентгеноструктурные исследования мякиша изделий.

Известно, что черствение хлеба обусловлено процессом ретроградации крахмала, а именно его частичным возвращением к упорядоченной структуре и кристалличности, поэтому рентгенографический анализ изделий позволил сделать выводы о степени их свежести.

Дифрактограммы образцов получены с помощью рентгеновского дифрактометра ДРОН-ЗМ на Si K_α излучении через 24 и 48ч хранения.

Характер изменений интенсивности отраженного излучения отображал изменения в состоянии крахмала мякиша хлеба в процессе его хранения.

При анализе дифрактограмм исследуемых образцов (рис.1) было установлено, что в интервале углов 16° - 54° кривые интенсивности имеют отклонения от общего фона, которые обусловлены аморфным состоянием крахмала. Поэтому, по площади превышения интенсивности над фоном судили о степени свежести образцов.

Интенсивность отраженного излучения, условные единицы

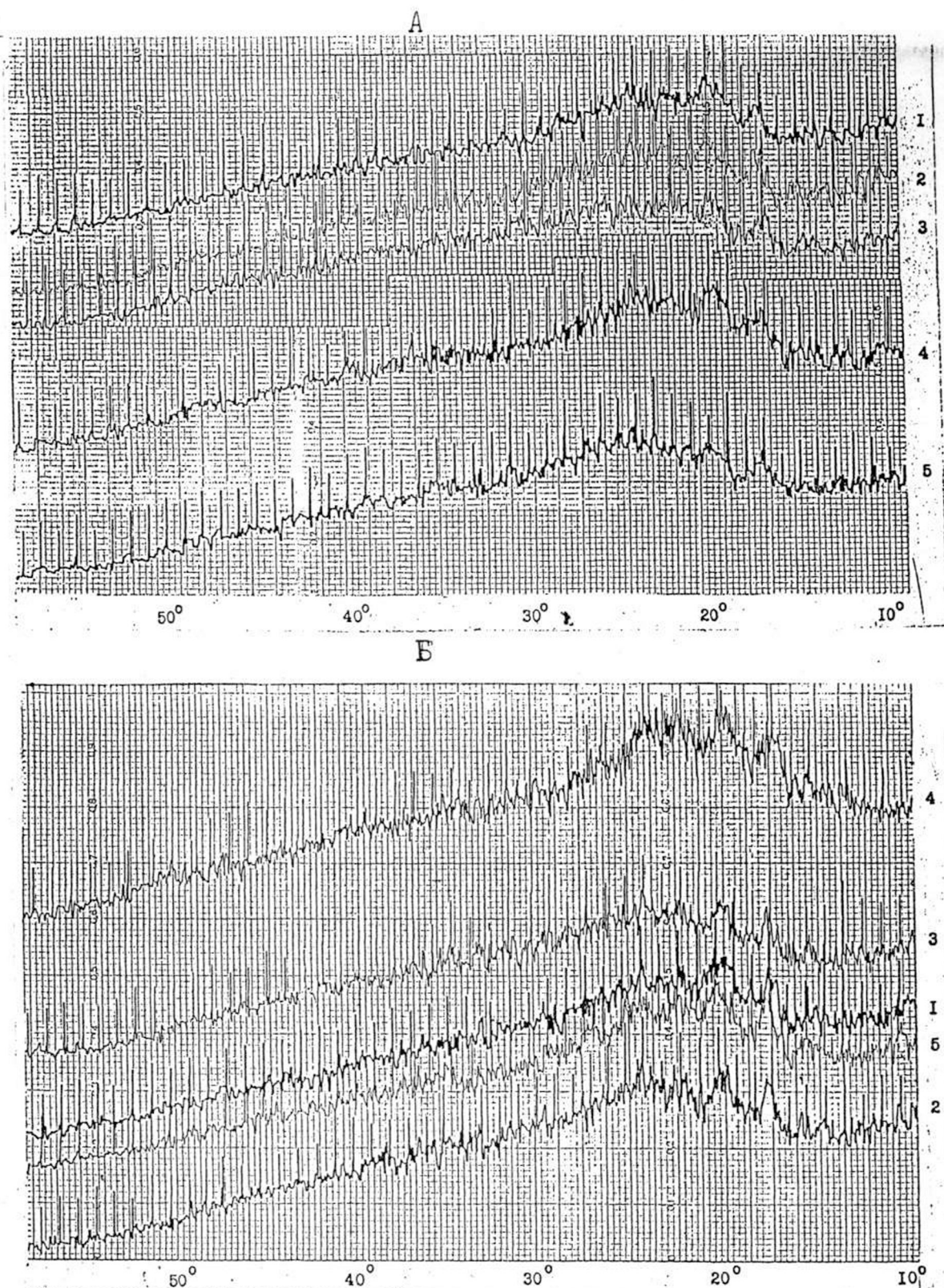


Рис. I. Дифрактограммы хлеба в процессе его хранения -
А - через 24 часа; Б - через 48 часов:
1 - 3% "Космола"; 2 - 9% "Космола";
3 - 0,3% карбюлозы; 4 - 0,8% карбюлозы;
5 - контроль (без добавок).

Относительное сравнение результатов эксперимента свидетельствовало о замедлении процесса черствения в изделиях с карбюлозой и "Космолом".

Так, через 24 часа хранения площадь отклонения для хлеба с полисахаридом превышала контроль на 7,9-15,2%, через 48 часов - на 30,5-48,8%. Для хлеба с "Космолом" этот показатель соответственно составил 0,9-3,3% и 7,3-20,4%.

Из приведенных данных видно, что при хранении хлеба скорость перехода крахмала из аморфного состояния в кристаллическое в опытных образцах значительно ниже, чем в контроле.

Наблюдаемые явления, вероятно, объяснимы физико-химическими свойствами используемого сырья, которые способствуют замедлению процесса образования в изделиях четкой кристаллической структуры.

Проведенные исследования позволили подтвердить органолептически установленное замедление процесса черствения хлебобулочных изделий с полисахаридом карбюлозой и сухим молочным продуктом "Космол" и показали целесообразность и эффективность использования этого нетрадиционного сырья для сохранения свежести хлеба в течение достаточно длительного срока его хранения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Авдеева М.Л. Влияние эфиров глицерина с карбоновыми кислотами и пищевых поверхностно-активных веществ на процессы, протекающие при хранении хлеба из пшеничной муки: Автореф. Дис. ... канд. тех. наук. - М., 1981. - 30 с.
2. Ауэрман Л.Я. Технология хлебопекарного производства. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. - 416 с.
3. Горячева А.Ф., Аверина В.А., Игнатьева Н.М., Селанова В.С. Сохранение свежести хлеба. - М.: ЦНИИТЭИпищепром, 1970. - 40 с.
4. Горячева А.Ф., Кузьминский Р.В. Сохранение свежести хлеба. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. - 240 с.
5. Козьмина Н.П. Биохимия хлебопечения. - М.: Пищевая промышленность, 1978. - 278 с.
6. Козьмина Н.П., Ильинская Т.Н. Современные аспекты черствения хлеба. - М.: ЦНИИТЭИпищепром, 1973. - 37 с.
7. Кузьминский Р.В., Горячева А.Ф. Сохранение свежести хлеба. - М.: ЦНИИТЭИпищепром, 1980. - 45 с.
8. Кульман А.Г. Коллоиды в хлебопечении. - М.: Пищепромиздат, 1953. - 247 с.
9. Мартыненко Н.С. Исследование влияния некоторых улучшителей на сохранение свежести пшеничного хлеба: Автореф. Дис.... канд. техн. наук. - М., 1976. - 28 с.
10. Baker's Digest, 1977, 41, N3, p.38-44.