

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ УССР  
КИЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

65.38.29

УДК 664.644.7

В.И. Дробот, В.Ф. Доценко, Л.Ю. Арсеньева, Ю.В. Устинов,  
Н.А. Перегуда

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ЦИТРУСОВОГО, ЯБЛОЧНОГО И СВЕКЛОВИЧНОГО ПЕКТИНОВ В ХЛЕБОПЕЧЕНИИ

КИЕВ 1987

Пектиновые вещества представляют собой природные полимеры из класса полисахаридов. Основной молекулы пектиновых веществ является полигалактуроновая кислота. Карбоксильные группы полигалактуроновых кислот частично метаксилированы, частично нейтрализованы ионами  $\text{Na}^{1-}$ ,  $\text{K}^{1+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{M}'$  и др. Спиртовые группы некоторых пектиновых веществ ацетилированы.

В СССР основным сырьем для получения пектина служат яблочные выжимки. Разработаны способы получения пектина из свекловичного жома, а также корзинок подсолнечника.

Основными показателями, характеризующими физико-химические свойства пектинов, является молекулярная масса, степень этерификации (отношение количества этерифицированных карбоксильных групп свободных + этерифицированных), содержание метоксильных и ацетильных групп, а также зольных элементов. Эти показатели различны для пектинов различного природного происхождения ( табл. 1 ).

Чем больше молекулярная масса пектина, тем больше вязкость его растворов. От содержания метоксильных групп зависит растворимость и желирующая способность пектина. Чем больше метоксильных групп, тем пектин лучше растворим, тем лучше его желирующая способность и тем ниже комплексообразующая способность, хорошо растворимы в воде пектины со степенью этерификации равной 66%, При степени этерификации 39% и менее не растворимы.

На студнеобразование обратно пропорционально влияет наличие ацетильных групп. Однако при содержании их до 0,8% к массе пектина они не оказывают существенного влияния на студнеобразование.

Двухэлементные металлы способствуют повышению студнеобразующей способности пектина. Введение в молекулу пектина одновалентных ионов  $\text{Na}^{1+}$  или  $\text{K}^{1+}$  снижает студнеобразование. При одинаковом значении молекулярной массы пектина с увеличением степени метоксилированности студнеобразующая способность его возрастает, и наоборот, с увеличением содержания ацетильных групп падает.

Наибольшую степень этерификаций имеет яблочный пектин, наименьшую свекловичный.

Таблица 1

Сравнительная характеристика пектина, полученного из яблок, свекловичного жома, подсолнечника

Показатель	Яблочный БНР	Свекловичный СССР	Подсолнечный СССР
Содержание пектина (по Са-пектату), %	62,4	72-77	77-80
Степень этерификаций, %	73,6	28-40	30-60
Метоксильные группы, %	7,5	3,7-5,5	5,3-6,5
Ацетильные группа, %	0,69	0,39-0,80	0,45-0,92
Молекулярная масса (средневесовая)	43750	28000	38000
Содержание золы, %	3,4	1,2-1,7	2,46
Растворимость, %	93,2	90	90
Прочность 1,5%-ного сахарного студня мм рт. столба	480	200-600	330-600

Пектиновые вещества являются хорошим природным ионообменным материалом: средство катионов к его карбоксильным группам изменяется в ряду кальция стронций барий. Это свойство придает способность к комплексообразованию и использованию пектинов для выведения из организма тяжелых и радиоактивных металлов.

В технологии хлебопечения важным являются такие свойства пектина как растворимость, набухаемость, вязкость, способность образовывать гели, податливость кислотному и ферментативному гидролизу. Важное значение имеют радиорезистентные и детоксикационные свойства пектина. Развитие атомной энергетики, все более широкое распространение в народном хозяйстве радиоактивных устройств, развитие отраслей промышленности по получению и использованию тяжелых металлов, а также токсических веществ приводит к накоплению последних в организме человека и нежелательным последствиям, связанным с накоплением этих веществ. Это вызывает необходимость повысить значение питания в профилактике слабых лучевых поражений и ядовитых веществ. Необходимо, чтобы с пищей в организм человека систематически поступали лучезащитные и детоксические вещества.

Многие исследователи большое значение уделяют продуктам, содержащим пектин. Работами, проведенными в Институте гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР и ряде мединститутов установлено, что пектин является эффективным средством для выведения из организма металлов (кобальта, стронция, ртути, свинца), способствует усвоению пищи, понижает содержание сахара в крови, понижает содержание солей в скелете и мышцах, обладает бактерицидными и другими лечебными свойствами [1].

В опытах *in vitro* установлено, что пектин в кислой среде желудочного сока связывает 52,8-69,1% свинца, 16-25% кобальта. В слабощелочной среде кишечника (рН 7,1-7,6) пектин обладает особенно высокой реакционной способностью по отношению к металлам. Это объясняется тем, что в щелочной среде пектин деэтерифицируется и создаются условия для интенсивного взаимодействия кислотных радикалов пектина с ионами металла [2]. Коллоидные свойства пектина, высокая адсорбционная способность, а также способность при расщеплении образовывать ионы металлов, обладающих высокой каталитической способностью выдвигают пектиновые вещества на одно из первых мест в числе компонентов профилактического питания при различного рода профессиональных вредностях [3].

В СССР производится яблочный пектин типа А, Б, В (ОСТ П1-3-82) со степенью этерификации 70, 67-69, 60-66% соответственно. Студнеобразующая способность пектина 200 град. Тарр-Бейкера. Оптимальная профилактическая доза пектина составляет не более 2 г/сутки [4].

Во Всесоюзном заочном институте пищевой промышленности [5] предложен способ приготовления теста с добавлением яблочного пектина с целью повышения объемного выхода и пористости хлеба. Пектин замачивают в солевом растворе, используемом для приготовления теста в течение 35-60 мин при 18-20°. Выпечку хлеба ведут при 160-190°C. Пектин добавляют в количестве 1-2% к массе муки. Тесто готовят безопасным способом. Раствор пектина готовят следующим образом: 1,5 - 2,0 кг пектина смешивают с 1,5 кг соли и холодной водой. Соотношение пектина и воды 1:20. Тесто бродит 120 мин, конечная кислотность 3,5-4 град. Продолжительность расстойки 55-65 мин. Хлеб выпекают при 180-190°C. Объемный выход хлеба увеличивается на 5-8%, улучшается пористость и разжевываемость мякиша.

Этот хлеб может быть использован для профилактического питания, работающих на предприятиях свинцовой промышленности и с радиоактивными изотопами.

В ГДР разработаны рецептуры хлебобулочных изделий для больных с печеночной недостаточностью. В их состав входят картофельный, рисовый, кукурузный крахмал и 6% яблочного пектина к массе муки. Продолжительность брожения теста – 30 мин, расстойки

- 40 мин. Изделия выпекают формовыми [6]. Внесение пектина в тесто в набухшем состоянии повышает его сорбционную способность.

Аналогичное улучшающее действие на качество хлеба оказывает свекловичный пектин. При добавлении его в количестве 0,1-2,5% к массе муки высшего или первого сорта продолжительность расстойки увеличивается. Хлеб по вкусу, цвету и запаху с оптимальным содержанием пектина (0,1-0,5%) не отличается от контрольного. Увеличивается его объемный выход, формоустойчивость, кислотность хлеба. Для выпечки хлеба профилактического назначения рекомендуется вводить пектин в количестве 2-2,5% к массе муки [7]. Хлеб с пектином дольше сохраняет свежесть. Это очевидно, обусловлено наличием в его составе гидрофильных функциональных групп: карбоксильных и гидроксильных.

В Киевском технологическом институте пищевой промышленности выполнены исследования по установлению сравнительной оценки эффективности применения цитрусового, яблочного и свекловичного пектинов при производстве хлебобулочных изделий.

Тесто готовили безопасным способом из пшеничной муки I сорта со средними хлебопекарными свойствами. Расход дрожжей составил 3%. Пектины вносили в количествах 1, 2 и 3% к массе муки. Предварительно их замачивали в воде при 40-45°C в течение 30 минут. Тесто замешивали на тестомесильной машине ЛТ-900 5 минут.

Результаты опытов приведены в таблице 2.

Из данных таблицы 2 следует, что внесение в тесто пектинов повышает его начальную кислотность, снижает рН, оказывает влияние на процесс брожения в тесте и его физические свойства.

Отмечено, что при добавлении свекловичного пектина процесс брожения в тесте более активен.

Тесто с цитрусовым и яблочным пектинами имело примерно одинаковое газообразование. С повышением дозировок пектинов свыше 1% заметно увеличивается продолжительность расстойки тестовых заготовок. Подобное влияние характерно для всех пектинов. Активизация процесса брожения связана с внесением сахаров с пектинами.

Видимо в результате высокой гидрофильной способности пектинов происходит перераспределение влаги между компонентами теста, увеличивается вязкость и осмотическое давление среды, окружающей дрожжевые клетки. Это затрудняет их контакт с субстратом.

Добавление в тесто пектинов изменяет его физические свойства. Так, с увеличением вносимых количеств пектинов расплываемость шарика теста уменьшается,

что свидетельствует об упрочнении его структурно-механических свойств. При этом более заметное влияние оказывал свекловичный пектин, затем яблочный и цитрусовый.

Таблица 2

Влияние добавок пектиновых порошков на технологические показатели и качество хлеба

Показатели	Без добавок	Яблочный пектин			Свекловичный пектин			Цитрусовый пектин		
		1,0	2,0	3,0	1,0	2,0	3,0	1,0	2,0	3,0
<b>Тесто</b>										
Титруемая кислотность, град										
Нач.	1,8	2,2	2,6	3,0	2,4	2,8	3,2	2,0	2,4	2,8
Кон.	2,6	3,0	3,4	3,2	3,2	3,6	4,0	2,8	3,2	3,6
pH										
Нач.	5,94	5,70	5,51	5,57	5,57	5,49	5,33	5,73	5,57	5,44
Кон.	5,66	5,43	5,36	5,33	5,33	5,26	5,16	5,46	5,40	5,28
Продолжительность брожения, мин.	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Продолжительность расстойки, мин	50	53	62	52	52	55	60	54	60	66
Газообразование, см <sup>3</sup> /100 г, общее	542	619	652	632	632	648	664	626	638	654
Расплаваемость, %	223	210	192	208	208	192	188	209	196	190
Увеличение удельного объема, %	279	300	294	310	310	298	286	306	296	284
<b>Хлеб</b>										
Удельный объем, См <sup>3</sup> /100 г	330	342	332	348	348	340	328	340	330	322
Формоустойчивость, /Н/д	0,38	0,40	0,42	0,41	0,41	0,43	0,44	0,40	0,42	0,43
Пористость, %	68	70	69	71	71	70	68	70	69	67
Деформация мякиша, ед.пенетрометра										
через 24 часа										
Общая	55	62	59	64	64	60	53	62	58	50
Пластическая	50	56	54	59	59	54	49	57	53	46
Упругая	5	6	5	5	5	6	5	5	5	4
через 48 ч										
Общая	30	37	36	40	40	39	30	37	34	26
Пластическая	25	32	31	35	35	34	25	32	31	22
Упругая	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4

В связи с этим изучено влияние на физические свойства теста различных дозировок пектинов на фаринографе и амилографе (таблицы 3 и 4).

Установлено, что пектиновые вещества повышают БПС теста, увеличивают период его образования и эластичность.

Таблица 3  
Влияние пектинов на физические свойства теста

Пектин Дозировка, %	ВПС, %	Продолжитель- ность тестообраз. мин.	Устойчивость мин.	Эластичность, е д. прибора	Разжижение
Контроль (без добавок)	67,0	4,5	1,0	70	80
Яблочный 1	73,0	2,0	2,0	90	210
2	73,8	3,0	1,5	100	275
3	79	4,0	1,0	110	310
Свекловичный 1	73,6	3,5	2,0	100	200
2	75,2	4,0	2,0	120	260
3	80,5	4,0	1,0	140	295
Цитрусовый 1	73,2	3,0	2,0	85	235
2	74,5	3,5	1,5	95	295
3	77,8	3,0	1,0	105	355

- ВПС - водопоглолительная способность.

Устойчивость теста во времени, с увеличением дозировок пектинов, уменьшается, увеличивается его разжижение. Таким образом можно сделать вывод о том, что пектиновые добавки несколько снижают структурно механические характеристики теста за счет их влияния на белково-протеиназный комплекс.

Изученное влияние пектинов на вязкость водно-мучной суспензии, время начала и температуру клейстеризации крахмала (таблица 4). Добавление пектиновых веществ повышает вязкость водно-мучной суспензии. Так, в наибольшей мере на этот показатель влияет свекловичный пектин, затем яблочный и цитрусовый.

Увеличивается время начала клейстеризации крахмала по отношению к контролю, повышается температура его клейстеризации.

Таблица 4

Влияние пектинов на углеводно-амилазный комплекс теста

Пектин Дозировка, %	Максимальная вязкость суспензии, ед. прибора	Время начала клейстеризации крахмала мин.	Температура начала клейстеризации, град.
Контроль (без добавок)	630	13	60
Яблочный 1	620	15,5	62,5
2	690	15,5	64
3	910	15,5	64
Свекловичный 1	650	15,5	64
2	800	15,5	64
3	1000	16,0	65
Цитрусовый 1	600	15,0	62
2	630	15,5	63
3	670	15,5	64

Полученные данные позволяют предположить, что повышение названных характеристик может явиться одной из возможных причин повышения сроков хранения хлеба в свежем виде.

Анализ качества готовой продукции (таблица 2) показал, что хлеб с добавками пектинов в количестве до 1-2% к массе муки имел более высокие характеристики или соответствующие контролю.

Хлеб с 3% пектина уступал контролю: снижался его удельный объем, пористость, мякиш становился плотным, плохо разрыхленным.

Наиболее высокие качественные характеристики шел хлеб со свекловичным пектином. Не значительно отличались по качеству хлеба с яблочным и цитрусовым пектинами.

Отмечено, что при внесении свекловичного пектина мякиш хлеба более светлый, чем хлеба с яблочным пектином.

Хлеб с добавлением пектинов медленнее черствеет, что подтверждено данными пенетрации хлеба через 24 и 48 часов его хранения.

Важным показателем, характеризующим качество хлеба с добавками, является его формоустойчивость. При добавлении пектинов этот показатель увеличивался, что

предопределяет использование пектинов при переработке "слабой" муки или с низким содержанием клейковины.

Таким образом, по полученным данным можно заключить, что из рассматриваемых пектинов наиболее эффективно на улучшение свойств теста и качество хлеба влияет свекловичный, затем яблочный и цитрусовый.

Пониженное содержание клейковины – один из самых распространенных в настоящее время дефектов пшеничной муки. В последние годы на Украине перерабатывается 70-75% такой муки. Временные нормы качества муки, хлеба и хлебобулочных изделий, разработанные Госстандартом СССР в начале 1986 г. предусматривают переработку хлебопекарными предприятиями страны муки пшеничной первого и высшего сортов с содержанием клейковины не менее 22%. В наших исследованиях использовалась пшеничная мука I сорта с содержанием клейковины 19-24%.

В работе использовали яблочный пектин, как наиболее широко вырабатываемый отечественной промышленностью.

Применение яблочного пектина, при переработке низкоклейковинной муки положительно сказывается на качестве теста и хлеба (таблица 5).

Для обеспечения возможно большего набухания коллоидов муки тесто готовили на жидкой опаре влажностью 70% с внесением в первую фазу до 35% общего количества муки. В качестве второго контроля в работе использовали хлеб из пшеничной муки I сорта с нормальным содержанием клейковины. Партия муки подбиралась с максимальным приближением к хлебопекарным свойствам низкоклейковинной муки.

Лабораторные выпечки показали, что использование пектина позволяет получить хлеб с объемным выходом, приближающимся к уровню II контроля.

Качество мякиша также улучшается: повышается пористость, упруго-эластичные свойства.

Таблица 5

Влияние пектина на технологический процесс и качество хлеба из муки с 20% клейковины

Показатели	Из муки с 28% клейковины	Из муки с 20% клейковины	
		Без добавок	С 1,0% пектина
<b>Опара</b>			
Кислотность, град. нач.	2,4	2,4	2,6
кон.	3,4	3,4	3,6
рН нач.	5,76	5,78	5,37
кон.	5,49	5,50	5,01
Газообразование, см <sup>3</sup> /100г	568	570	578
Подъемная сила, мин	21	20	20
<b>Тесто</b>			
Кислотность, град. нач.	2,6	2,6	2,8
кон.	3,0	3,0	3,2
рН нач.	5,60	5,56	5,11
кон.	5,56	5,57	5,01
Подъемная сила, мин	15	15	15
<b>Хлеб</b>			
Удельный объем, см <sup>3</sup> /100г	310	264	300
Н/Д	0,43	0,35	0,40
Кислотность, град.	1,8	2,8	3,0
Пористость, %	78	66	78
Деформация мякиша, ед. пенетromетра			
Общая	94	70	94
Пластическая	66	54	64
Упругая	28	26	30

Очевидно, пектин, обладая гидрофильными свойствами, способен компенсировать недостаток клейковины в муке и функции его при образовании и брожении теста подобны функциям слизистых веществ ржаной муки.

Выполнены исследования по установлению оптимального способа тестоведения при выработке хлеба с пектином.

Тесто готовили на жидкой и густой опарах влажностью 70 и 45% соответственно, а также на дисперсной фазе, эмульсии и безопасным способом. Пектин вносили в первую фазу.

Эмульсию готовили по опыту работы хлебозаводов г. Рига. В эмульгатор вносили все сырье, кроме муки и всю рецептурную вону, диспергировали в течение 3-4 мин при частоте оборотов рабочего органа 960. Смесь подавали на замес теста. Установлено, что

хлеб, приготовленный на жидкой опаре, имел наиболее высокое качество. Ему несколько уступал хлеб на дисперсной фазе, густой опаре, эмульсии (таблица 6).

Таблица 6

## Качество хлеба с пектином

Показатели.					
	на жидкой опаре	на густой опаре	На дисперсной фазе	На эмульсии	Безопарным способом
Удельный объем, см <sup>3</sup> /100 г	344	330	338	328	326
Формоустойчивость Н/Д	0,45	0,46	0,44	0,44	0,45
Пористость, %	70	68	69	67	66

Исходя из полученных результатов исследований разработан сорт хлеба лечебно-профилактического назначения.

В связи с некоторым снижением качественных характеристик хлеба при повышении дозировок пектинов в его рецептуру включено 5% хлебопекарных дрожжей, сахар и масло растительное. Это позволило довести дозировку свекловичного пектина в хлеб до 2% к массе муки при одновременном получении высокого качества продукции.

Хлеб обладает радиорезистентными свойствами, т.е. способен связывать в организме человека радиоизотопы. Он может быть рекомендован людям, работающим в условиях повышенного радиоактивного фона, на атомных электростанциях, контактирующих с тяжелыми металлами.

За счет потребления 300 г такого хлеба человек получает свыше 4 г пектина в сутки, что рекомендуется учеными гигиенистами.

Данный сорт хлеба одобрен дегустационной комиссией Министерства хлебопродуктов УССР.

В настоящее время на данный сорт хлеба разрабатывается нормативно-техническая документация.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кашинская и др. Исследование антибактериальных свойств яблочного пектина. – Консервная и овощная промышленность, 1975, № 4, с. 35-37.
2. Сапожникова Е.Б., Тищенко В.П. Химические особенности пектиновых веществ и связанные с ними детоксические свойства. В кн.: Труды 3 Всесоюзного семинара по биологически активным (лечебным) веществам плодов и ягод. Свердловск, 1968, с. 359-364.
3. Петровский К.С. Гигиена питания. – М.: Медицина, 1975.
4. Архипова О.Т. и др. Комплексы в клинике профилактических заболеваний. – М.: Медицина, 1975.
5. Дробот В.И. Использование нетрадиционного сырья в хлебопекарном производстве. – К.: Урожай, 1987 .
6. Бесклеиковинные и низкобелковые хлебобулочные изделия для употребления в пищу при почечной недостаточности. ФКХ 1981, ЮР 176.