

УДК 664.644:613.2

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛАКТУЛОЗЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

В.И. Дробот, профессор, доктор технических наук  
Н.А. Мисечко, аспирант

Ю.В. Бондаренко, О.Д. Тесля кандидаты технических наук  
Национальный университет пищевых технологий

### Аннотация

В материалах статьи рассмотрена возможность использования кристаллической лактулозы в качестве сахарозаменителя с пребиотическими свойствами в производстве хлебобулочных изделий.

Результаты исследований свидетельствуют, что замена в изделиях адекватного количества сахарозы лактулозой сопровождается уменьшением объема и формоустойчивости изделий в следствии более низкой интенсивности брожения теста и его разжижения. Доказано, что для получения диабетических изделий по качеству не уступающих изделиям с сахарозой целесообразно использовать лактулозу в композиции с фруктозой.

Отмечено, что по сравнению с тестом не содержащим сахарозу, внесение лактулозы, способствует повышению объема изделий вследствие улучшения эластичности клейковины и газодерживающей способности теста; улучшается, вкус, запах и окраска корки изделий.

Использование лактулозы позволяет расширить ассортимент хлебобулочных изделий с пребиотическими свойствами диабетического назначения, а также изделий для широкого круга потребителей.

В настоящее время в питании большинства населения отмечается однообразие рациона, уменьшение потребления свежей растительной пищи, наличие в продуктах питания пищевых добавок химического происхождения. Это, наряду с большой эмоциональной нагрузкой, влияет на функционирование желудочно-кишечного тракта, способствует развитию инфекционных заболеваний, в том числе дисбактериоза.

Дисбактериоз влияет не только на общее состояние здоровья, но и способствует развитию аллергии, рака толстой кишки, сахарного диабета, усугубляет снижение неспецифической резистентности к неблагоприятным условиям окружающей среды [1].

Перспективным направлением решения проблемы дисбактериоза признано обогащение продуктов питания ежедневного массового потребления пребиотиками.

Пребиотики являются функциональными пищевыми ингредиентами, стимулирующими рост и активность полезной микрофлоры толстого кишечника – бифидо- и лактобактерий. К ним относят целый ряд разнообразных по строению, природе и свойствам веществ, в том числе олигосахариды (олигофруктоза, рафиноза, ксилобиоза, лактулоза) и полиспирты (сорбит, ксилит и др.) [2].

Достаточно изученным бифидогенным фактором в мире признана лактулоза. Ее считают «бифитус фактором № 1», наиболее перспективным для производства пищевых продуктов функционального назначения.

Лактулоза (4-0-β-D-галактопиранозил-D-фруктоза) – полисахарид. Молекула ее состоит из остатков галактозы и фруктозы, связанных между собой β-гликозидными связями.

Лактулозу получают из молочного сахара – лактозы методом химической модификации. Она представляет собой белое кристаллическое вещество без запаха, сладкое на вкус, хорошо растворимое в воде. Растворимость лактулозы составляет 76,4 % при 30 °С, коэффициент сладости (относительно сахарозы) – 0,48 – 0,62, калорийность – 3,4 ккал/г. Этот дисахарид восстанавливает раствор Феллинга при нагревании [3].

Медико-гигиеническими исследованиями установлено, что поскольку в организме человека нет ферментов бетагликозидаз, способных расщеплять лактулозу в верхнем отделе желудочно-кишечного тракта, она проходит транзитом в толстый кишечник, где используется его полезной микрофлорой как источник энергии и углерода. Это способствует увеличению численности бифидо- и лактобактерий. В результате метаболизма ими лактулозы в толстом кишечнике накапливаются молочная, масляная, уксусная и другие жирные кислоты, снижается рН среды, в результате чего подавляется гнилостная и патогенная микрофлора. Лактулоза стимулирует функцию печени, обладает иммуномодулирующим действием [4].

Лактулоза не повышает уровня глюкозы в крови, что позволяет использовать ее в продуктах для больных диабетом. Рекомендуемой нормой потребления лактулозы в профилактических целях считается 3 – 10 г в сутки [5].

Содержание пребиотика в обогащенном им продукте должно быть достаточным для удовлетворения 20–50 % рекомендуемой средней суточной нормы его потребления при приеме обычного количества продукта. Продукты с пребиотическими ингредиентами особенно важны для больных сахарным диабетом.

На сегодня в хлебопечении в качестве сахарозаменителей и ингредиентов с пребиотическими свойствами используют сорбит и ксилит.

Лактулоза имеет сладость, идентичную сладости сорбита, но по сравнению с этим полиолом является более эффективным пребиотиком, поэтому ее использование открывает возможности расширения ассортимента функциональных продуктов с сахарозаменителями, имеющими пребиотические свойства.

На рынок пищевых добавок лактулозу поставляют как в кристаллической форме с содержанием сухих веществ 99,9 %, так и в виде сиропа концентрацией 66,7 % (производители Австрия, Япония, Италия). В России производят сироп лактулозы «Лактусан». В основном его используют в производстве молочных продуктов и безалкогольных напитков.

В МГАПП установлено, что внесение этого сиропа в количестве 2,5 % к массе муки благоприятно влияет на качество теста и хлеба [5, 6].

В Национальном университете пищевых технологий (Украина) в качестве сахарозаменителя с пребиотическими свойствами в булочных изделиях использовали лактулозу кристаллическую. Исследовали влияние лактулозы на технологический процесс и качество изделий, биохимические и микробиологические процессы в тесте, его структурно-механические свойства.

Учитывая рекомендуемые нормы суточного потребления лактулозы и требования к функциональным продуктам по содержанию физиологически функционального ингредиента, в наших опытах лактулозу дозировали в количестве 1,5; 3,0 и 6,0 % к массе муки. При такой дозировке в 100 г готовых изделий будет содержаться, соответственно, 1,15; 2,3 и 4,6 г лактулозы, что составляет 11,5; 23 и 46 % рекомендуемой максимальной суточной нормы – 10 г.

Готовили образцы теста без сахарозы, с упомянутым количеством лактулозы и идентичным количеством сахарозы. Учитывая, что лактулоза имеет низкую сладость (в среднем 0,55 против сахарозы), не сбрасывается хлебопекарными дрожжами, с целью интенсификации брожения теста и улучшения вкусовых свойств изделий готовили также образец теста с содержанием 6 % к массе муки композиции лактулозы и фруктозы в соотношении 1:1. Сладость фруктозы 1,7.

Анализ результатов исследования (табл. 1) показал, что лактулоза практически не влияет на конечную кислотность теста, удлиняет продолжительность расстойки тестовых заготовок на 3 – 10 мин по сравнению с образцом без сахаров и на 8 – 15 мин – с сахарозой. Качество изделий с лактулозой ниже, чем с сахарозой: удельный объем – на 4,8 – 11,1 %, формоустойчивость – на 5 – 8 %, однако лучше чем изделий с теста без добавления сахаров. Это можно объяснить улучшением газодерживающей способности теста с лактулозой в

следствие повышения эластичности клейковины, обусловленной восстанавливающей способностью лактулозы.

Окраска корки изделий с лактулозой была более выраженной. При этом структура пористости и эластичность мякиша в образцах с сахарозой и лактулозой были близки. Упомянутые выше показатели теста и готовых изделий при совместном внесении лактулозы и фруктозы значительно улучшались.

Удлинение продолжительности расстойки, уменьшение объема хлеба с лактулозой, очевидно, связано со снижением интенсивности брожения этого теста, о чем свидетельствуют данные, о количестве выделенного за время брожения и расстойки углекислого газа (рис. 1).

Таблица 1

Сравнительная характеристика влияния сахарозы и лактулозы на показатели технологического процесса и качество изделий

Показатель	Контроль (без сахарозы)	Содержание, % к массе муки						
		1,5		3,0		6,0		
		сахароза	лактuloза	сахароза	лактuloза	сахароза	лактuloза	композиция и фруктозы и лактулозы 1:1
Тесто								
Влажность, %	41,8	42,3	42,1	42,0	42,2	41,8	42,2	42,0
Продолжительность брожения, мин	170							
Конечная кислотность, град	2,0	2,2	2,2	2,3	2,2	2,4	2,3	2,2
Продолжительность расстойки, мин	55	50	58	46	60	42	65	53
Удельный объем теста, г/см <sup>3</sup>	2,27	2,47	2,32	2,58	2,38	3,65	2,42	2,40
Готовые изделия								
Удельный объем, г/см <sup>3</sup>	2,75	3,18	3,03	3,30	3,06	3,34	2,97	3,12
Формоустойчивость Н/D	0,38	0,41	0,39	0,40	0,38	0,40	0,37	0,39
Пористость, %	74	76	75	76	75	77	74	75
Кислотность, град	2,0	2,0	2,2	2,1	2,0	2,2	2,2	2,2
Состояние корки	Гладкая, без трещин и подрывов							
Окраска корки	Золотистая					Золотисто-коричневая		
Состояние мякиша	Эластичный							
Структура пористости	Средняя, равномерная, тонкостенная							
Аромат и вкус	Свойственный булочным изделиям							

Уменьшение, по сравнению с контролем, газообразования объясняется тем, что лактулоза не сбраживается хлебопекарными дрожжами и, вследствие своей гигроскопичности, повышает осмотическое давление в жидкой фазе теста, что отрицательно влияет на бродительную активность дрожжевых клеток. Это подтверждается снижением в присутствии лактулозы подъемной силы дрожжей, повышением их осмочувствительности (рис. 2).

Наши исследования показали, что в питательной среде с лактулозой снижается почкование дрожжей, накопление их биомассы.

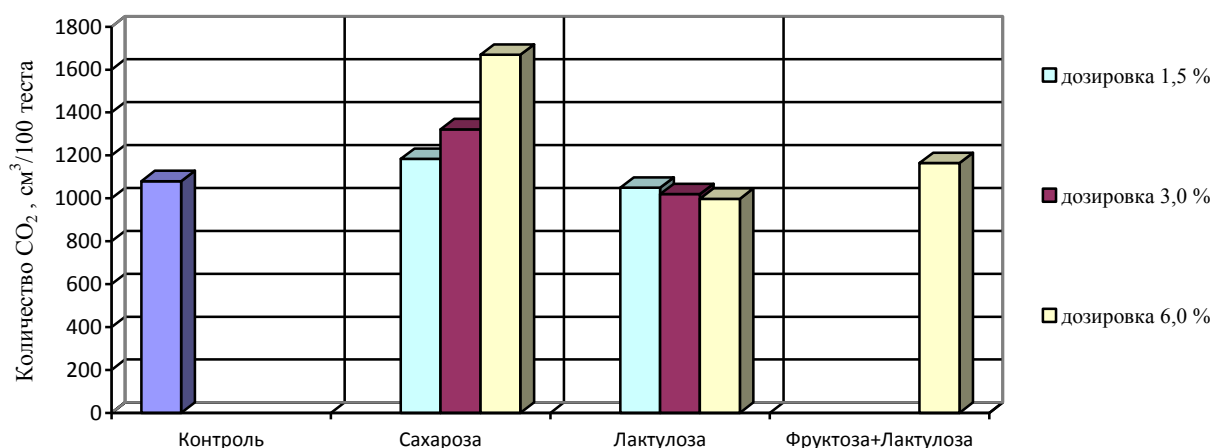
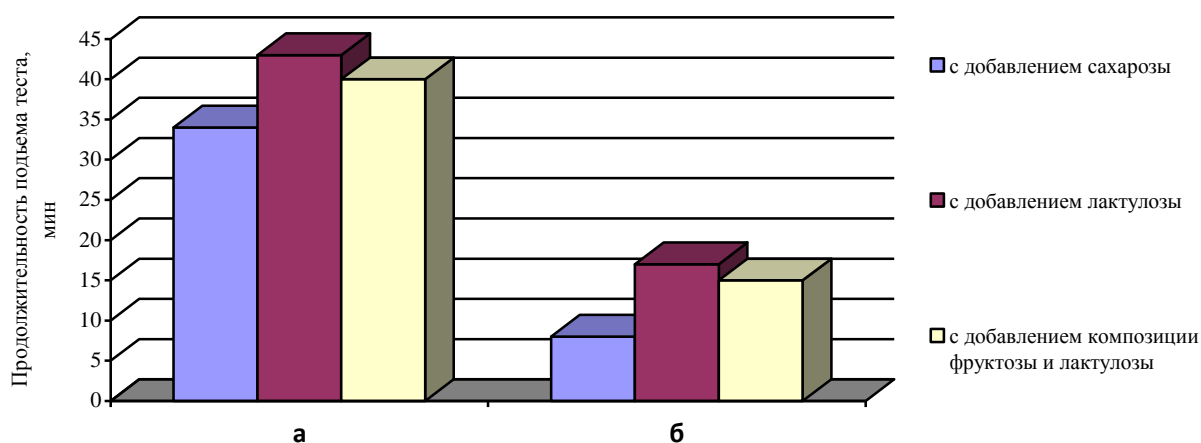


Рис. 1 Влияние сахаров на газообразование в тесте



а – подъемная сила дрожжей; б – осмочувствительность дрожжей

Рис. 2 Влияние сахаров на подъемную силу и осмочувствительность дрожжей

При совместном внесении фруктозы и лактулозы эти показатели улучшаются вследствие сбраживания дрожжами фруктозы, что положительно влияет на разрыхление теста, объем и пористость изделий.

С целью выяснения влияния лактулозы на накопление сахаров в тесте вследствие ферментативного гидролиза крахмала, готовили образцы дрожжевого и бездрожжевого теста, аналогичные упомянутым ранее, а также тесто без добавок.

По разнице содержания сахаров в бездрожжевых образцах после замеса и после четырех часов ферментации определяли накопление сахаров. Выяснилось, что в тесте с лактулозой образовалось в среднем на 10,2 % меньше сахаров, чем в остальных образцах. Очевидно, лактулоза угнетающе влияет на активность  $\beta$ -амилазы, что также сказывается на жизнедеятельности дрожжевой микрофлоры в тесте.

Лактулоза заметно влияет на структурно-механические свойства теста.

Исследованиями, проведенным с помощью фаринографа, установлено, что на скорость образования теста, его стойкость лактулоза влияет аналогично сахарозе, но по сравнению с сахарозой увеличивает эластичность и разжижение теста (табл. 2).

Несколько большее разжижение теста с лактулозой в сравнении с сахарозой можно объяснить различиями в гидрофильности этих сахаров, вследствие чего в тесте с лактулозой образуется больше жидкой фазы, что приводит к его разжижению.

Таблица 2

Влияние сахарозаменителей на структурно-механические свойства теста по консистенции 500 ед. прибора

Содержание, % к массе муки	ВПС, см <sup>3</sup> /100 г	Продолжительность образования теста, мин	Стойкость, мин	Эластичность, ед. прибора	Разжижение, ед. прибора	
					после замеса	через 60 мин
Контроль (без сахара)	59,2	2,0	2,4	130	50	90
<b>Сахароза</b>						
- 1,5	54,6	2,0	2,1	110	58	115
- 3,0	51,3	2,5	1,8	85	70	130
- 6,0	47,2	2,8	1,6	72	85	155
<b>Лактулоза</b>						
- 1,5	53,8	2,0	1,8	112	70	125
- 3,0	49,1	2,5	1,6	100	80	145
- 6,0	45,6	2,7	1,5	91	92	165

Разжижение теста связано с его вязкостью. Наши исследования показали, что при замене сахарозы лактулозой вязкость тестовой системы уменьшается, вследствие чего снижается формоустойчивость изделий (рис. 3)

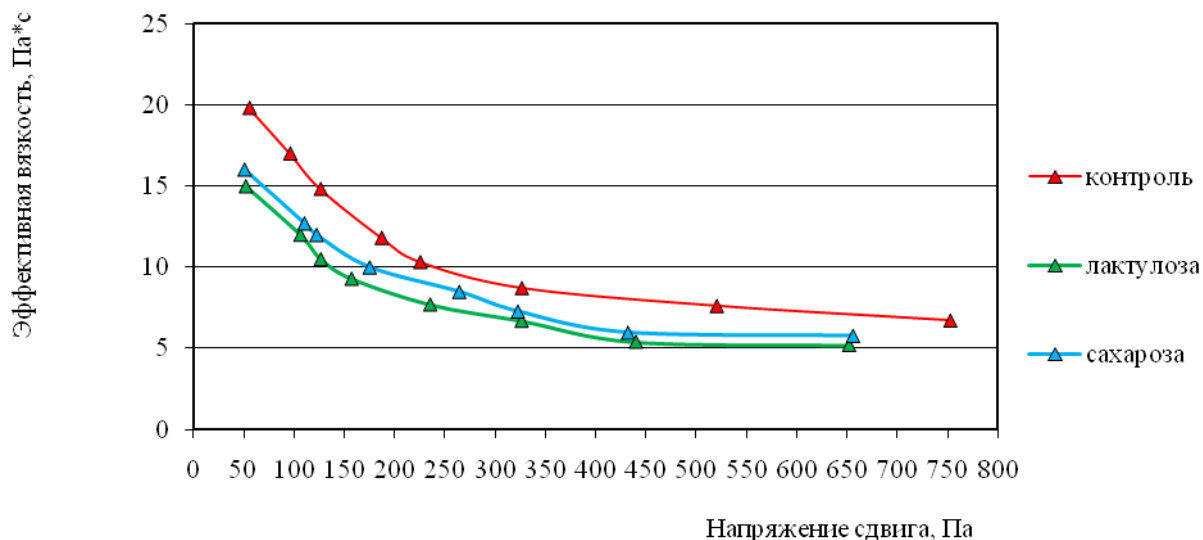


Рис. 3 Влияние сахаров на вязкость теста

Структурно-механические свойства теста связаны с количеством и качеством клейковины. Разветвленный эластичный клейковинный каркас удерживает выделяющийся при брожении CO<sub>2</sub> и обеспечивает увеличение объема теста при условии достаточной бродильной активности дрожжей.

На формирование клейковинного каркаса в тесте существенно влияют дегидрирующие ингредиенты, такими являются и сахара.

Исследованиями влияния сахара и сахарозаменителей на количество и качество клейковины, отмываемой из теста, содержащего 6 % сахарозы к массе муки, теста с адекватным

количеством лактулозы и композиции фруктозы с лактулозой, клейковину отмывали через 20 мин после его замешивания. Установлено (табл. 3), что при замене сахарозы лактулозой, а также композицией фруктозы и лактулозы, содержание сырой клейковины, отмываемой из теста, незначительно уменьшается, снижается ее упругость, увеличивается гидратационная способность и растяжимость.

Это, очевидно, обуславливает лучшую эластичность теста с лактулозой, что при меньшем выделении CO<sub>2</sub> положительно влияет на развитие объема готовых изделий.

Таблица 3

Количество и качество клейковины в тесте с сахаром и сахарозаменителями

Показатели	Внесено в тесто, 6 % к массе муки		
	сахарозы	лактuloзы	композиции фруктозы и лактулозы (1:1)
Количество сырой клейковины, %	30,3	29,9	29,0
Гидратационная способность, %	188	201	190
ИДК, ед. прибора	66	71	69
Растяжимость, см	15,0	16,5	16,2

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что лактулоза угнетает жизнедеятельность хлебопекарных дрожжей, снижает активность амилалитических ферментов, улучшает эластичность клейковины, снижает вязкость и увеличивает разжижение теста.

Замена сахарозы адекватным количеством лактулозы сопровождается уменьшением объема и формоустойчивости изделий в следствии более низкой интенсивности брожения теста и его разжижения. Для получения диабетических изделий по качеству не уступающих изделиям с сахарозой целесообразно использовать лактулозу в композиции с фруктозой.

По сравнению с контролем, не содержащим сахарозы, внесение лактулозы в тесто, способствует повышению объема изделий вследствие улучшения эластичности клейковины и газодерживающей способности теста; улучшается их вкус, запах, окраска корки.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о целесообразности использования лактулозы в качестве сахарозаменителя с пребиотическими свойствами для производства хлебобулочных изделий диабетического назначения, а также изделий для широкого круга потребителей.

Дозирование лактулозы может быть в количестве 3 – 6 % к массе муки, что обеспечивает ее содержание в булочке массой 100 г примерно 23–45 % рекомендуемого дневного потребления этого пребиотика.

#### Литература

1. Стальникова И.А. Дисбактериоз – как экологически зависимое заболевание / И.А. Стальникова // Сб. матер. научно-практ. конф. «Актуальные вопросы защиты и сохранения природообразующих систем, информации». – Пенза, 2006. – С. 43–48.
2. Шевелева С.А. Пробиотики, пребиотики и пробиотические продукты. Современное состояние вопроса / С.А. Шевелева // Вопросы питания. – 1999. – № 3. – С. 32–40.
3. Рябцева С.А. Технология лактулозы / С.А. Рябцева. – М.: ДеЛи принт, 2003. – 207 с.
4. Леонов В.Ю. Лактулоза: диапазон использования в пищевой промышленности / В.Ю. Леонов // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2011. – № 10. – С. 34–35.
5. Храмцов А.Г. Обогащение хлебобулочных и кондитерских изделий лактулозой из молочного сырья / А.Г. Храмцов // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2011. – № 3. – С. 35–36.
6. Цыганова Т.Б. Хлеб с лактулозой / Т.Б. Цыганова, И.А. Стальникова // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2009. – № 11. – С. 26–28.