

УДК 664.411:674.032.14:631.527.33/34

ВЛИЯНИЕ АРАБИНОГАЛАКТАНА, ВЫДЕЛЕННОГО ИЗ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННОЙ СИБИРСКОЙ, НА ХЛЕБОПЕКАРНЫЕ ДОСТОИНСТВА МУКИ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ И КАЧЕСТВО ХЛЕБА

© *М.Ф. Ермакова¹, А.К. Чистякова¹, Л.В. Щукина¹, Т.А. Пшеничникова¹, Е.Н. Медведева^{2*}, Н.А. Неверова², Л.А. Беловежец², В.А. Бабкин²*

¹*Институт цитологии и генетики СО РАН, пр. Академика Лаврентьева, 10, Новосибирск, 630090 (Россия) E-mail: wheatpsh@bionet.nsc.ru*

²*Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН, ул. Фаворского, 1, Иркутск, 664033 (Россия) E-mail: woodemed@irioch.irk.ru*

При использовании добавок арабиногалактана (АГ), выделенного из древесины лиственницы сибирской, к муке мягкой пшеницы количество и качество клейковины, физические свойства теста и качественные показатели готового хлеба зависят от количества добавленного полисахарида. При расходе 1–3 % АГ к массе муки происходит уменьшение содержания его в готовом продукте. Избыточное количество АГ угнетает рост дрожжей, что приводит к снижению качества хлеба. Оптимальным является расход АГ 1% к массе муки, при котором технологические свойства муки и теста существенно не изменяются, а качественные показатели хлеба значительно улучшаются; при этом в процессе приготовления хлеба арабиногалактан полностью расходуется. Рекомендовано использование АГ в оптимальных дозах для повышения качества хлебобулочных изделий.

Ключевые слова: арабиногалактан из древесины лиственницы, мука мягкой пшеницы, клейковина, физические свойства теста, качество хлеба.

Введение

Пищевая ценность зерна, муки и хлеба зависит от ряда факторов: от сорта зерна, условий выращивания, и уборки урожая и т.д. Пищевую ценность муки можно повысить при размоле зерна путем увеличения выхода муки, направляя на размол не только эндосперм, но и алейроновый слой и зародыш, в которых содержится особенно много витаминов, белков и минеральных веществ. Пищевая ценность хлеба зависит от количества и качества клейковины в муке и технологии процесса выпечки.

В литературе имеется довольно много данных о значительных различиях динамики физических свойств теста в процессе брожения. Из них следует, что как при автолизе, так и при брожении физические свойства теста постепенно изменяются в направлении расслабления, причем степень и скорость последнего тем выше, чем «слабее» исходная пшеница [1, 2].

По данным Н.Н. Аверкиевой и А.Б. Вакара [3–5], в основе процесса брожения лежат структурные изменения клейковинного белка, обусловленные главным образом постепенным разрывом дисульфидных связей в его макромолекулах, что приводит к снижению механической прочности клейковинного «каркаса» теста. При этом заметного расщепления пептидных и водородных связей в клейковине не наблюдается. В процессе брожения теста количество клейковины как «сильной», так и «слабой» пшеницы, а также ее аминокислотный состав существенно не изменяются.

Для повышения качества хлеба применяются как натуральные, так и химические добавки. Одним из эффективных химических улучшителей окислительного действия является бромноватокислый калий (KBrO₃).

* Автор, с которым следует вести переписку.

Добавка его в малых дозах (0,001–0,003%) увеличивает газодерживающую способность, повышает объем хлеба, улучшает структуру пористости и цвет мякиша.

В последние годы большое значение придается разработке так называемых функциональных пищевых продуктов, т.е. продуктов, обладающих, помимо обычной пищевой ценности, дополнительными лечебно-профилактическими свойствами. Особое внимание уделяется продуктам с пребиотическим действием [6, 7]. Пребиотики – это пищевые вещества, в том числе биоактивные пищевые волокна, которые избирательно стимулируют рост и активность нормальной микрофлоры кишечника, являясь «пищей» для бифидобактерий и лактобацилл (пробиотиков). Эти бактерии исключительно важны для здоровья пищеварительной и иммунной систем, детоксикационных и гормонрегулирующих свойств организма, всасывания и переработки пищи.

Очень перспективным в качестве функциональной добавки к пищевым продуктам является арабиногалактан (АГ) – водорастворимый полисахарид, макромолекулы которого имеют высоко разветвленное строение; главная цепь состоит из галактопиранозильных звеньев, соединенных β -(1→3) связями, боковые цепи представляют собой различные сочетания галактопиранозильных и арабинофуранозильных остатков, соединенных β -(1→6) связями.

АГ характеризуется низкой токсичностью и высокой биологической активностью (пребиотической, иммуностимулирующей, гиполипидемической, гастро- и гепатопротекторной и др.) [8]. По данным американских исследователей, физиологически полезные эффекты у человека и животных проявляются при уровне потребления арабиногалактана 1,5 г/сутки (~20 мг/кг массы тела). В пищу рекомендуются готовые изделия, содержащие минимум 60 мг АГ/кг массы тела (~4,5 г/сутки) [9]. В нашей стране, согласно Перечню, утвержденному главным санитарным врачом РФ, адекватный уровень потребления АГ составляет 10 г/сутки, а верхний допустимый уровень – 20 г в сутки [10]. Очень важными для применения АГ в пищевой промышленности являются такие его свойства, как хорошая растворимость в воде, низкая вязкость концентрированных растворов, способность связывать жир и удерживать влагу, низкая калорийность, отсутствие вкуса и запаха, высокая диспергирующая способность, стабильность при термической обработке, совместимость с различными пищевыми продуктами. Перспективным источником для промышленного получения арабиногалактана служит древесина лиственницы, содержание АГ в которой достигает 20%.

Известно об успешном применении растительных полисахаридов в качестве добавки к хлебобулочным и кондитерским изделиям [8]. Авторами [11, 12] разработана рецептура хлеба «Павловский с пектином» с добавлением свекловичного пектина. В работе [13] исследована возможность производства функциональных хлебобулочных изделий с использованием промышленного продукта, выделенного из акации и выпускающегося под названием фибрегам [14]. Фибрегам представляет собой гликопротеин, макромолекулы которого состоят из протеинового кора (1–5%) и арабиногалактановых боковых цепей (95–99%). Ранее сообщалось также об использовании в хлебопечении АГ, выделенного из древесины лиственницы [15, 16].

Б.О. Суюнчевой с соавторами [13] установлено расслабляющее влияние фибрегама на клейковину пшеничной муки вследствие дегидратирующего действия восстанавливающих сахаров арабиногалактана. Наибольшее разжижение клейковины наблюдается при дозировке более 5% фибрегама к массе муки. При этом происходит увеличение эластичности теста. По другим данным [17], при замещении 1 и 2% муки арабиногалактан-пептидом, извлеченным из пшеницы, арабиногалактаном из древесины лиственницы западной или гуммиарабином из акации (фибрегамом) водопоглотительная способность муки при замесе уменьшается по сравнению с контролем, при этом увеличивается время замеса.

В данной работе изучалось влияние арабиногалактана, выделенного из древесины лиственницы сибирской, на технологические свойства пшеничной муки и качество готового хлеба.

Экспериментальная часть

Арабиногалактан выделяли из древесины лиственницы сибирской и очищали по методу [18, 19]. Для исследований использовали образец АГ со средней молекулярной массой 13500 (по данным гельпроникающей хроматографии), содержание фенольных примесей (флавоноидов) в нем составляет 0,15%.

Для изучения была использована пшеничная мука 1-го сорта промышленного производства. Технологические показатели качества муки определялись согласно методам Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [20].

Клейковину отмывали из 25 г муки ручным методом. Клейковина из муки без добавок служила контролем для образцов с добавлением 1, 2, 3 и 5% АГ от веса муки.

Качество клейковины определяли на приборе ИДК-1 (индекс качества в единицах прибора).

Физические свойства теста определяли на фаринографе Брабендера с 50 г месилкой, позволяющем измерить водопоглотительную способность муки (ВПС) – количество воды, необходимое для образования оптимальной консистенции теста (500 е.ф.), а также время образования и устойчивость теста в минутах, и его разжижение в единицах фаринографа.

Пробную выпечку хлеба проводили на лабораторном оборудовании производства США. На 100 г муки брали 1,3 г соли, 3 г сырых прессованных дрожжей, количество воды и время замеса теста, определенные по фаринографу, для контрольного образца. Стограммовые булочки выпекали при 230 °С в течение 25 мин.

Выпечку проводили в трех вариантах. Первый вариант выпечки контрольных булочек (без добавления АГ) и опытных булочек с добавлением к муке 1, 2 и 3% АГ проведен с одинаковым временем расстойки (брожения) до посадки в печь. Второй вариант отличается от первого увеличением времени расстойки для образцов с добавлением 2 и 3% АГ. В третьем варианте время расстойки перед выпечкой булочек с добавлением 1, 2, 3 и 5% АГ устанавливалось индивидуально для каждого образца.

Качество хлеба оценивали по методике Центральной лаборатории Госкомиссии по сортоиспытанию с/х культур [20] по восьми показателям в баллах, где измеряется объемный выход хлеба (в мл), его внешний вид, поверхность и цвет корки, форма булки, пористость, эластичность, цвет мякиша и вкус хлеба.

Экстракцию высушенных образцов хлеба проводили двумя порциями дистиллированной воды (гидроמודуль 1 : 5) при комнатной температуре в течение 3 ч. Порции экстрактов объединяли и определяли содержание в них водорастворимых полисахаридов двумя методами – весовым [21] и фотоколориметрическим с использованием методики [22].

Для исследования способности дрожжей утилизировать арабиногалактан использовалась питательная среда следующего состава (г/л): $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 5,0, K_2HPO_4 – 1,0, KCl – 0,15, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,2, CaCl_2 – 0,05, дрожжевой автолизат – 50 мл; для получения накопительной культуры к готовой среде добавляли 2 % глюкозы [23].

Накопительная культура дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* выращивалась в течение 3 сут. при 30 °С. При посеве на питательные среды, содержащие 1, 3 и 5 % АГ, в 100 мл среды вносили 1 мл инокулята и культивировали в тех же условиях. Пробы отбирали через 3 сут. после посева. Контролем служили дрожжи, посеянные на аналогичную среду, не содержащую АГ. Рост дрожжей оценивали по увеличению мутности среды и образованию углекислого газа в поплавке.

Статистическую обработку экспериментальных результатов проводили по критерию Стьюдента.

Обсуждение результатов

Контролем в эксперименте являлась мука высокого качества. Это подтверждают данные изучения ее физических свойств с помощью альвеографа Шопена. Сила муки была равна 403 единицам альвеографа, упругость теста (Р) составила 142 мм, растяжимость (L) – 86 мм, сбалансированность теста была хорошей (P/L = 1,65).

Количество клейковины, полученной из муки с добавлением 1% АГ, не отличается от контроля (табл. 1). Арабиногалактан, добавленный к муке в количестве 2, 3 и 5%, достоверно уменьшает количество клейковины. Следует отметить, что клейковина из муки с добавлением АГ трудно отмывается. Вначале она представляет собой несвязную, губчатую массу. Вероятно, АГ препятствует образованию клейковины. По мере отмывки от крахмала и АГ клейковина собирается в однородный сгусток и приобретает нормальное состояние.

Показатели качества клейковины по ИДК-1 свидетельствуют, что добавление АГ укрепляет клейковину. Чем выше процент добавки, тем она становится более упругой и менее растяжимой, чем контроль (табл. 1). Однако во всех случаях клейковина относится к группе I качества (хорошая, согласно классификации метода ее оценки по ИДК), как и контрольный образец.

При оценке качества клейковины учитывается ее цвет. С добавлением АГ к муке более 2% клейковина приобретает зеленоватый цвет.

Физические свойства теста, измеренные с помощью фаринографа, изменяются в зависимости от процентного содержания АГ (табл. 2). По мере увеличения содержания АГ ВПС снижается. Время образования теста увеличивается с 12 мин в контроле до 15,5 мин в варианте с 5% АГ. Устойчивость теста не меняется при добавлении 1% АГ, но далее существенно падает. Тесто, содержащее 3 или 5% АГ, характеризуется большей степенью разжижения.

При добавлении одинакового количества воды (ВПС = 70%, как у контроля, табл. 2) к опытным образцам с 3 и 5% АГ было обнаружено, что процесс образования теста замедляется на 4 и 9 мин соответственно. Тесто получается гораздо слабее, его консистенция не достигает уровня контроля (500 е.ф.), оставаясь существенно ниже этого значения. Причины, вызывающие эти явления при замесе теста с добавлением АГ, пока не выяснены.

Таблица 1. Количество и качество клейковины при добавлении разных доз арабиногалактана к муке

Показатели	Контроль (без добавок)	С добавкой АГ, % от массы муки			
		1	2	3	5
Количество клейковины, %	32,2 ± 0,2	31,7 ± 0,4	30,43 ± 0,7*	29,9 ± 0,2**	29,5 ± 0,4**
Качество по ИДК-1, е.п.***	71 ± 1	62 ± 1**	59 ± 3**	55 ± 1**	52 ± 2**

*P ≤ 0,01; **P ≤ 0,001, *** е.п. – единицы прибора.

Таблица 2. Влияние арабиногалактана на физические свойства теста по фаринографу при консистенции 500 е.ф.*

Образец	Водопоглощительная способность, %	Время образования теста, мин	Устойчивость теста, мин	Разжижение теста, е.ф.
Контроль	70,0	12,0	4,0	40
1% АГ	69,4	14,0	4,0	40
2% АГ	69,2	14,0	2,0	50
3% АГ	68,5	13,5	1,5	70
5% АГ	67,2	15,5	1,5	60

*единицы фаринографа.

Выпечка хлеба с добавлением АГ показала, что в определенных дозах он может положительно влиять на хлебопекарные качества муки. В первом варианте опытные булочки были выпечены одновременно с контрольными. Время расстойки в этом случае составило 2 ч 10 мин от начала замеса. Результаты анализа выпечки показали, что по объемному выходу хлеба только образец с добавлением 1% АГ достоверно превосходит контроль при P ≤ 0,05 (табл. 3). Следует отметить, что в образцах с добавлением 2 и 3% АГ в процессе брожения идет сильное газообразование, как и при добавлении фибрегама [13], а созревание теста замедляется. Поэтому во втором варианте выпечки для образцов с добавлением АГ увеличили время расстойки теста на 20 мин. Объем хлеба с 1 и 2% АГ достоверно превосходит контроль при P ≤ 0,001. Добавление 3% АГ дало недостоверное увеличение объема хлеба.

В третьем варианте выпекали булочки с добавлением 1, 2, 3 и 5% АГ, а время расстойки увеличили еще на 10 мин. по сравнению со вторым вариантом. И в этом случае образец с добавлением 1% АГ достоверно увеличил объем хлеба (P ≤ 0,001), по сравнению с контролем. Объем хлеба, содержащего 2% АГ также достоверно выше (P ≤ 0,05). Добавление 3 и 5 % АГ не дало достоверного увеличения объема хлеба.

Внешний вид хлеба представлен на рисунке. Как у контрольных, так и у опытных булочек верх овальной формы; поверхность корочки, кроме образцов с добавлением 3% АГ, гладкая. Следует отметить, что при увеличении добавки АГ цвет корочки у булочек приобретает более интенсивную окраску. Так, у контроля цвет корки светло-желтый, с 1% АГ – светло-коричневый, с 2 и 3% АГ – коричневый с золотистым оттенком и с 5% – густо-коричневый.

Хлеб с добавлением 1% АГ отличается мелкой и равномерной пористостью, а также нежным и шелковистым мякишем; контрольные булочки и с добавлением 2, 3 и 5% АГ уступают ему по этим показателям. Цвет мякиша контрольных булочек и с добавлением 1% АГ одинаковый – кремовый с желтым оттенком. С добавлением 2% АГ мякиш имеет сероватый оттенок, с 3 и 5% АГ – грязно-желтый с зеленоватым оттенком. Как контрольные, так и опытные образцы имеют хороший вкус.

По сумме баллов образцы хлеба с 1% АГ имеют оценку «отлично». Образцы контрольных булочек и с добавлением 2% АГ оценены как «хорошие», с 3% АГ – «вполне удовлетворительные» и с 5% АГ – «удовлетворительные».

Следовательно, технологические свойства муки и теста, а также качество хлеба в значительной степени зависят от количества арабиногалактана, добавляемого к муке. В наших опытах лучшие результаты получились при выпечке с добавлением АГ в количестве 1%.

Следует отметить, что исследования проведены на муке хорошего качества. Для более полного изучения влияния АГ на хлебопекарные свойства планируются испытания на разных сортах муки, полученной из зерна сильной, средней силы и слабой пшеницы.

Таблица 3. Средний объем хлеба (мл) с добавлением арабиногалактана в сравнении с контролем

Варианты опыта	Контроль (без добавок)	С добавкой АГ, % от массы муки			
		1	2	3	5
1	612 ± 22	658 ± 4*	600 ± 20	575 ± 20	–
2	628 ± 22	745 ± 10**	725 ± 18**	643 ± 28	–
3	633 ± 11	748 ± 19**	695 ± 25*	660 ± 15	665 ± 15

* P ≤ 0,05; **P ≤ 0,001



Хлебцы, выпеченные из муки с различным содержанием арабиногалактана. Слева направо: контроль, хлебцы с содержанием 1, 2, 3, 5% АГ, соответственно

Для производства пищевых продуктов с лечебно-профилактическими свойствами, обогащенных биологически активным веществом, необходим контроль содержания его в готовой продукции. В известных нам литературных источниках информации о методах определения полисахаридов в хлебобулочных изделиях нет. Отмечая улучшение качества хлеба при добавлении пектина [11, 12], фибрегама [13], АГ из лиственницы [15, 16], авторы не учитывали возможность утилизации полисахарида дрожжами, вероятность которой, благодаря его пребиотическим свойствам, в процессе приготовления теста очень велика. Термическая деструкция АГ при выпечке хлеба маловероятна; проведенные нами эксперименты показали, что он устойчив при нагревании до 250 °С (потеря массы < 3 %).

Опыты по установлению влияния арабиногалактана на рост дрожжей показали, что через 3 суток культивирования дрожжей с 1% АГ в культуральных фильтратах не обнаруживается даже следовых количеств полисахарида. В то же время АГ активно утилизируется дрожжами только в случае отсутствия в питательной среде другого источника углерода. При добавлении к питательной среде альтернативного источника углерода утилизации АГ не происходит. Таким образом, можно утверждать, что для дрожжей АГ является энергетически невыгодным субстратом, использование которого возможно только после выработки более легкодоступных веществ. Однако внесение АГ в питательную среду в количестве 1% стимулирует рост дрожжей и увеличивает количество образуемого ими углекислого газа. Этим же можно объяснить необходимость удлинения времени расстойки теста.

Содержание АГ в водных экстрактах хлеба определяли по разности значений для образцов, полученных с добавлением АГ, и контроля (без АГ). В таблице 4 представлены средние результаты, полученные при анализе 4–5 образцов экстрактов двумя методами – весовым (по сухому остатку водного экстракта) и фотоколориметрическим. Приведенные данные свидетельствуют о том, что при добавлении к муке 1–3% АГ его содержание в процессе приготовления хлеба снижается. При этом наиболее качественный хлеб получается при полном расходовании АГ (добавка 1%). Остаточные количества АГ отрицательно сказываются на качестве хлеба. Высокая доза добавки (5% к массе муки) приводит к резкому ухудшению внешнего вида и органолептических показателей хлеба. Это связано в первую очередь с подавлением развития дрожжей. Добавление такого количества АГ в питательную среду, содержащую глюкозу, ведет к задержке пролиферации дрожжей. Результаты нивелируются только после 3 суток культивирования.

Следовательно, добавку АГ (до 1%) можно рекомендовать для повышения качества хлебобулочных продуктов без придания им лечебно-профилактических свойств. С другой стороны, при добавлении 2% АГ хлебопекарные свойства муки также улучшаются, однако в выпеченном хлебе сохраняется около половины внесенного АГ, что, вероятно, может быть полезным для потребителя.

Таблица 4. Результаты анализа водных экстрактов образцов хлеба, содержащего АГ, %

Образец	Сухой остаток водного экстракта		Содержание полисахаридов в хлебе (фотоколориметрия)		Оставшийся в хлебе АГ	
	Найдено	Теоретически возможный с учетом АГ	Найдено	Теоретически возможное с учетом АГ	Весовой метод	Фотоколориметрия
Контроль	13,31	13,31	12,56	12,56	0	0
1% АГ	13,13	14,31	12,14	13,56	0	0
2% АГ	14,26	15,31	13,57	14,56	47,6	50,5
3% АГ	14,63	16,31	13,65	15,56	44,0	36,3
5% АГ	18,35	18,31	17,57	17,56	1,0	100

Выводы

1. При добавлении к муке 1% арабиногалактана количество и качество клейковины и физические свойства теста существенно не изменяются.
2. Добавление 2% и более арабиногалактана незначительно, но достоверно уменьшают количество клейковины и ее эластичность.
3. При замесе теста на фаринографе с добавлением к муке 2% арабиногалактана и более существенно изменяются его физические свойства: уменьшается ВПС и увеличивается время замеса теста.
4. Добавление к муке 1% арабиногалактана приводит к значительному улучшению качественных показателей хлеба. При этом в процессе приготовления хлеба АГ полностью расходуется за счет утилизации его дрожжами.
5. Для повышения качества хлебобулочных изделий можно рекомендовать использование добавки арабиногалактана в количестве 1% к массе муки.

Авторы выражают благодарность Ю.А. Мячину за помощь в работе.

Список литературы

1. Ауэрман Л.Я. Технология хлебопечения. М., 1956. 467 с.
2. Козьмина А.П. Биохимические основы улучшения качества зерна, М., 1959. 402 с.
3. Аверкиева Н.Н. Изменение клейковины и физических свойств теста в процессе тестоведения пшеницы разной «силы» // Тезисы докладов научной конференции молодых специалистов и аспирантов ВНИИЗ. М., 1965. С. 13.
4. Аверкиева Н.Н., Вакар А.Б. Изменение дисульфидных связей и сульфгидрильных групп клейковины в тесте // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. 1968. №6. С. 6–7.
5. Аверкиева Н.Н., Вакар А.Б. Качество клейковины теста и ее аминокислотный состав // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. 1968. №3. С. 8–11.
6. Шендеров Б.А. Современное состояние и перспективы развития концепции «Функциональное питание» // Пищевая промышленность. 2003. №5. С. 4–7.
7. Суюнчева Б.О., Вавренюк П.В., Ткачева М.С. Использование пробиотиков и пребиотиков в хлебопекарной промышленности // Сборник научных трудов СевКавГТУ. Серия «Продовольствие». 2006. №2.
8. Медведева Е.Н., Бабкин В.А., Остроухова Л.А. Арабиногалактан лиственницы – свойства и перспективы использования (обзор) // Химия растительного сырья. 2003. №1. С. 27–37.
9. Ohr L.M. Arabinogalactan Adds More than Health Benefits // Prepared Foods. 2001. V. 170. №1. P. 55.
10. Рациональное питание. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ // Методические рекомендации МР 2.3.1. 19150-04. Утверждены 2 июля 2004 г.
11. Васютин А.А., Гребенкин А.Д., Кузнецова Е.А., Лукин А.Л., Тертычная Т.Н. Использование пектина при выпечке хлеба // Российский пектин: история – настоящее – перспективы : матер. научно-практич. конф. Воронеж, 2006. С. 71–73.
12. Гребенкин А.Д. Экологические аспекты получения и применения высокоочищенных препаратов пектина: автореф. дис. ... канд. сельхоз. наук. Воронеж. 2006. 24 с.
13. Суюнчева Б.О., Гетман А.А., Николаенко И.В. Исследование возможности применения растворимого пищевого волокна при производстве хлебобулочных и кондитерских изделий // Сборник научных трудов СевКавГТУ. Серия «Продовольствие». 2005. №1.
14. Fibregum. A bioactive natural soluble fibre from acacia // Bulletin S30/D, Colloids Naturels International. R&D, October 1998. 24 с.
15. Цыганова Т. Б., Ильина О.А., Чемакина А.Б., Тюкавкина Н.А., Руленко И.А., Колесник Ю.А., Козырева Н.А. Новая пищевая добавка для производства мучных изделий // Хлебопечение России. 1997. №3. С. 23–24.
16. Чемакина А.В., Цыганова Т.Б., Ильина О.А. О функциональных свойствах арабиногалактана // Хранение и переработка сельхозсырья. 1998. №1. С. 44–45.
17. Loosveld A.-M.A., Delcour A. The significance of arabinogalactan-peptide for wheat flour bread-making // Journal of Cereal Science. 2000. V. 32. №2, P. 147–157.
18. Патент №2256668 РФ. Способ получения арабиногалактана / В.А. Бабкин, Л.Г. Колзунова, Е.Н. Медведева, Ю.А. Малков, Л.А. Остроухова // 2005. БИ №20.
19. Медведева Е.Н., Бабкин В.А., Макаренко О.А., Николаев С.М. и др. Получение высокоочищенного арабиногалактана лиственницы и исследование его иммуномодулирующих свойств // Химия растительного сырья. 2004. №4. С. 17–23.
20. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1988, 121 с.
21. Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы. М., 1991. 320 с.
22. Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rebers P.A., Smith F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances // Analytical Chemistry. 1956. V. 28. №3. P. 350–356.
23. Практикум по микробиологии: учеб. пособие для студ. вузов / под ред. А.И. Нетрусова. М., 2005. 608 с.

Поступило в редакцию 12 мая 2008 г.