

УДК 577.151

## ВЛИЯНИЕ ЛИПОКСИГЕНАЗЫ СЕМЯН СОИ НА ХЛЕБОПЕКАРНЫЕ СВОЙСТВА ПШЕНИЧНОЙ МУКИ

© 2011 г. М. Д. Пермякова, В. А. Труфанов

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск, 664033

e-mail: gluten@sifibr.irk.ru

Поступила в редакцию 14.04.2010 г.

Исследовано изменение хлебопекарных свойств пшеничной муки при действии липоксигеназы семян сои и полиненасыщенных жирных кислот. Показано положительное влияние соевой муки, добавленной при замесе пшеничного теста в количестве 2%. Рекомендован способ ферментации теста, приводящий к увеличению объема хлеба, улучшению органолептических показателей и общей хлебопекарной оценки.

Формирование клейковины пшеницы и вязко-эластичной структуры теста происходит после добавления воды к муке, в результате чего разобщенные молекулы запасных белков эндосперма — глиадина и глютелина образуют сплошную гомогенную трехмерную сеть. Важнейшим фактором укрепления белкового комплекса клейковины является окисление SH-групп с образованием межмолекулярных и внутримолекулярных S—S-связей [1, 2]. Было показано, что действием окислителей и восстановителей можно изменять функциональные свойства клейковинных белков в процессе замеса теста [1, 3].

Для улучшения реологических свойств муки в хлебопекарном производстве используются быстродействующие окислители: бромат калия, пероксид бензоила, аскорбиновая кислота и другие. Более перспективным способом улучшения теста в технологии хлебопечения является применение окислительных ферментов, таких, как пероксидаза, глюкозооксидаза и липоксигеназа [4].

Липоксигеназа (линолеат: кислород оксидоредуктаза, ЛОГ, КФ 1.13.11.12) катализирует присоединение молекулярного кислорода к полиненасыщенным жирным кислотам с образованием пероксидов и гидропероксидов жирных кислот. Эти супероксидные радикалы способны окислять SH-группы запасных белков пшеницы, образуя дисульфидные сшивки, укрепляющие клейковину.

Исследование влияния соевой ЛОГ на качество пшеничного теста показало, что добавленный фермент (в виде соевой муки или частично очищенной соевой ЛОГ) действовал как обесцвечивающий агент, увеличивал устойчивость теста к замесу и улучшал его реологические свойства [5, 6]. Была показана также положительная роль ЛОГ при производстве хлеба с добавлением отрубей [7, 8].

Цель работы — изучение влияния на хлебопекарные параметры пшеничной муки добавления

минимального количества соевой липоксигеназы и ее субстрата — полиненасыщенных жирных кислот в процессе замеса теста и поиск оптимальных условий для их положительного действия.

### МЕТОДИКА

При определении хлебопекарного качества пшеницы для замеса теста использовали 50 г продажной муки низкого качества, 31.5 мл воды, 2 г дрожжей, распущенных в 5 мл воды, 32°C, 0.5 г соли.

Показатель качества пшеничного теста, характеризующий его формоустойчивость, определяли по отношению высоты  $H$  к диаметру  $D$  ( $H/D$ ).

В опыте по действию очищенных фермента и субстрата на  $H/D$  шарика теста через 60 мин расстойки при замесе теста вносили 0.004 г стандартного препарата кристаллической соевой липоксигеназы (тип 1-S), содержащие 4680 единиц активности и 0.1 мл линолевой кислоты (“Sigma”, США).

Экстракты ЛОГ из муки семян пшеницы (сорт Тулунская 12) и продажной сои получали экстрагированием в течение 30 мин 0.1 М трис-HCl-буферным раствором, содержащим 1 мМ ЭДТА в соотношении 1 : 10 с последующим центрифугированием при 8000 г в течение 30 мин. Супернатант использовали для определения содержания белка по Лоури и активности фермента. Активность ЛОГ определяли спектрофотометрически по методике [9] с модификациями [10]. Удельную активность выражали в единицах активности Е/мг белка в мл экстракта.

В эксперименте по определению условий для действия минимального количества экзогенных фермента и субстрата источником ЛОГ служила соевая мука с высокой активностью фермента, а в качестве субстрата применяли нерафинированное подсолнечное масло, богатое ненасыщенными

жирными кислотами. Было использовано 4 варианта приготовления теста. **Вариант 1** – контроль, без добавок. **Вариант 2** – добавление при замесе теста 1 мл подсолнечного масла. **Вариант 3** – добавление в тесто 1 г соевой муки. **Вариант 4** – внесение при замесе теста предварительно приготовленного соево-дрожжевого гомогената. Для этого соевую муку (1 г) и подсолнечное масло (1 мл) гомогенизировали в 20 мл воды при 150 об/мин в течение 1 мин на лабораторном гомогенизаторе (тип Р-216, Польша). Затем вносили 15 г пшеничной муки, 2 г дрожжей в 5 мл воды, 0.5 г соли и гомогенизировали еще дважды (4 и 1 мин) с интервалом 15 мин. После чего в полученную массу добавляли еще 35 г пшеничной муки, 11.5 мл воды и замешивали тесто вручную.

Для активации фермента тесто интенсивно перемешивали, насыщая кислородом. В отдельных случаях дополнительно активировали тесто кислородом в течение 1 мин.

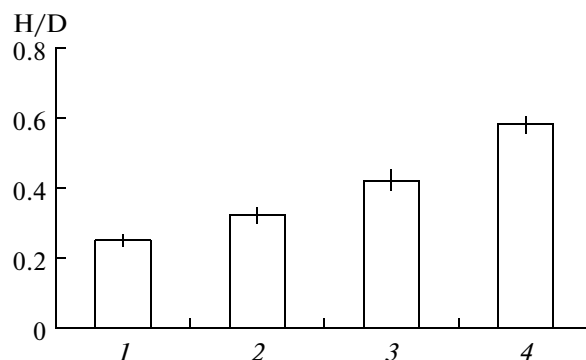
Для брожения и расстойки тесто помещали в термостат при температуре 32°C. Время брожения составляло 120 мин. Перебивки теста производили вручную каждые 60 мин брожения. Затем тесто делили на 2 равные части, формировали подовые микрохлебцы и оставляли на 120 мин для расстойки. Показатели Н, D и Н/D определяли через 60 и 90 мин расстойки. Пробные выпечки микрохлебцев делали в термостате при 230°C в течение 20 мин.

Хлебопекарные параметры определяли по стандартным методам [11]. Измеряли объем теста через 60, 90 и 120 мин брожения, определяли показатели Н, D и Н/D через 60 и 90 мин расстойки. Параметры готовых хлебцев Н, D, Н/D измеряли в абсолютных значениях и Н/D в баллах. Объем хлеба определяли в мл, в пересчете на 100 г муки и в баллах. Также проводили органолептическую оценку по 5-бальной системе и общую хлебопекарную оценку как среднее арифметическое из оценок объемного выхода, внешнего вида, пористости, цвета мякиша, эластичности, вкуса и формоустойчивости подового хлеба.

Эксперименты проводили в 3–4-кратных повторностях. Рассчитывали выборочные средние значения и ошибку среднего. Достоверность различий средних значений по отношению к контролю оценивали по *t*-критерию Стьюдента.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

**Действие стандартных препаратов линолевой кислоты и соевой ЛОГ на показатель Н/D теста.** При внесении линолевой кислоты в тесто в процессе его приготовления показатель Н/D увеличивался по сравнению с контролем в 1.3 раза (рис. 1). Вероятно, добавление субстрата активировало эндогенные ЛОГ пшеницы, действующие на двойные связи полиеновых жирных кислот, что приводило к небольшому увеличению показателя Н/D.



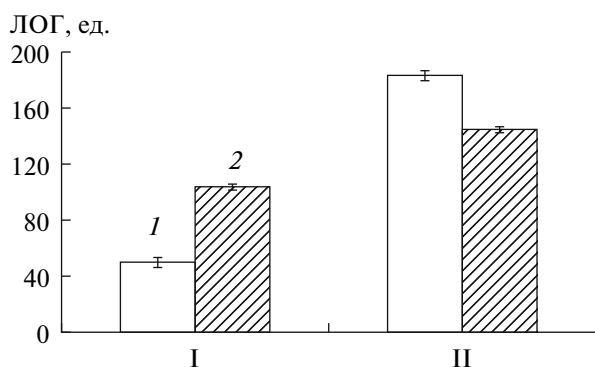
**Рис. 1.** Действие линолевой кислоты и соевой ЛОГ на формообразующую способность (Н/D) пшеничного теста. Контроль (1, без добавок), внесение линолевой кислоты (2), препарата соевой ЛОГ тип I–S (3), фермента и субстрата (4).

Внесение в тесто препарата кристаллической соевой ЛОГ приводило к увеличению показателя Н/D в 1.7 раза по отношению к контрольному варианту опыта. Вероятно, добавление ЛОГ заметно устраняло дефицит в пшеничной муке SH-оксидантной активности и окислительное действие экзогенного фермента на эндогенные полиненасыщенные жирные кислоты пшеничной муки приводило к определенному увеличению показателя Н/D.

И наконец, при совместном внесении фермента и его субстрата показатель Н/D возрастал в сравнении с контролем в 2.3 раза, то есть достигался наибольший эффект в повышении устойчивости теста к расплыванию. Очевидно, что это происходило за счет превращения ферментативно окисленными продуктами ненасыщенных жирных кислот свободных SH-групп цистеиновых остатков запасных белков пшеничной муки и белков соевой муки в S–S-связи, стабилизирующие структурный остов клейковинного комплекса.

**Сравнение ферментативной активности ЛОГ пшеничной и соевой муки.** Известно о высоком содержании ЛОГ у растений сои. В семенах сои этот фермент может составлять до 2% общего белка [12]. На рис. 2 продемонстрирована более высокая активность ЛОГ в экстракте соевой муки в сравнении с экстрактом из пшеничной муки. Среднее значение единиц активности ЛОГ в семенах сои было на 371.9% выше, чем в семенах пшеницы. Содержание белка в экстракте соевой муки было больше, чем у пшеницы в 4 раза. Удельная активность ЛОГ соевых бобов превышала удельную активность ЛОГ зерна пшеницы на 140%.

**Определение оптимальных условий для действия экзогенных фермента и субстрата.** Известно, что ферментативно активная соевая мука, как источник ЛОГ, используется различными производителями в составе коммерческих препаратов для улучшения пшеничного теста. В нашей работе для по-



**Рис. 2.** Ферментативная активность ЛОГ в экстрактах пшеничной (I) и соевой (II) муки: 1 – активность, ед., 2 – удельная активность.

иска условий ее положительного влияния в минимальном количестве, мы использовали различные варианты замеса теста (табл. 1).

Показатели на стадии брожения теста во всех вариантах опыта достоверно не отличались от контроля. Параметры расстойки теста и органолептическая оценка хлебцев в вариантах 2 и 3 мало отличались от контрольного варианта, а показатели объема хлеба оказались ниже контроля. Параметры хлебцев во 2 варианте достоверно не отличались от контрольного варианта, а в 3 варианте ухудшались. Общая хлебопекарная оценка в вариантах опыта 2 и 3 была низкой, как и в контроле. Положительное влияние внесения в тесто фермента и субстрата в составе соево-дрожжевого гомогената (вариант 4) проявилось в достоверном увеличении параметра Н/D на стадии расстойки теста и у готовых хлебцев, а также в увеличении объема хлеба и всех параметров органолептической оценки. Общая хлебопекарная оценка в этом варианте опыта оказалась высокой.

В связи с тем, что для действия ЛОГ требуется молекулярный кислород, тесто дополнительно интенсивно перемешивали в течение 1 мин, насыщая кислородом. Результаты перечисленных выше вариантов опыта, но с дополнительным активированием теста кислородом, представлены в табл. 2. Сравнение данных табл. 1 и 2 показало, что при дополнительном активировании теста кислородом все хлебопекарные параметры, за исключением объема хлеба, значительно увеличивались как в контроле, так и во всех вариантах опыта. Это связано с тем, что насыщение теста кислородом способствует активации не только экзогенного фермента, но и эндогенных пшеничных ЛОГ, а также других оксидоредуктаз пшеничной муки.

Тем не менее по отношению к контролю во всех вариантах наблюдалось некоторое увеличение показателей на стадии брожения теста и значительное увеличение параметров хлебцев. Наиболее высокими эти показатели оказались в варианте 3 при

добавлении соевой муки непосредственно в тесто. В этом варианте опыта, а также в варианте 4 улучшались и основные параметры органолептической оценки, а в варианте 2 при добавлении растительного масла ухудшались. Сочетание дополнительного активирования теста кислородом с внесением в тесто соево-дрожжевого гомогената (вариант 4) показало такие же результаты на стадии брожения и расстойки теста, параметры хлебцев и органолептическую оценку, как и при непосредственном добавлении соевой муки в тесто. Однако в этом случае значительно увеличивались показатели объема хлеба, в то время как отдельное внесение фермента или субстрата (варианты 2 и 3) на объем хлеба влияния не оказывало. Общая хлебопекарная оценка в варианте 4 была высокой.

Таким образом, добавление непосредственно в тесто при замесе небольшого количества (2%) соевой муки с высоким содержанием ЛОГ или растительного масла, содержащего субстрат фермента – полиненасыщенные жирные кислоты, не улучшало хлебопекарных показателей и уменьшало объем хлеба. Дополнительное насыщение теста кислородом в течение 1 мин приводило к значительному увеличению всех показателей, за исключением объема хлеба, увеличивая общую хлебопекарную оценку до среднего значения. Ферментация, происходящая в соево-дрожжевом гомогенате, значительно увеличивала все изучаемые параметры по отношению к контролю, повышая общую хлебопекарную оценку до высокого значения как при дополнительном активировании теста кислородом, так и без него. Однако наиболее высокие хлебопекарные показатели были получены при сочетании внесения в тесто соево-дрожжевого гомогената и дополнительного активирования теста кислородом. При этих условиях параметры готовых хлебцев увеличивались на 185%, а показатели объема хлеба – на 23.7%.

**Обесцвечивающий эффект фермента и его влияние на объем хлеба.** Известно, что разные изоформы ЛОГ играют различную роль в хлебопечении. Например, среди 3 изоферментов зерновки пшеницы изоформа L-3 значительно увеличивала объем хлеба, а изоформы L-1 и L-2 мало влияли на объем хлеба, но осветляли его мякиш и корочку [13]. Действие изоферментов ЛОГ сои на физические свойства теста может быть подобно пшеничным.

Обесцвечивающее действие связано со способностью некоторых ЛОГ разрушать каротиноидные пигменты муки [14, 15]. В нашем исследовании осветляющее действие ЛОГ соевой муки можно проследить по изменению параметра “Цвет мякиша” в варианте с добавлением соевой муки на 0.3 балла и в варианте с дополнительной ферментацией на 0.6 балла (табл. 1). Дополнительное активирование теста кислородом, вероятно, способствует интенсивному обесцвечиванию каротиноидов эндогенными пшеничными ЛОГ, поэтому в данном случае этот эффект проявился уже в контрольном варианте опыта (табл. 2).

**Таблица 1.** Хлебопекарные свойства теста при различных вариантах замеса без дополнительного активирования кислородом

Хлебопекарный параметр	Вариант			
	1	2	3	4
<b>Брожение</b>				
V, мл 60 мин	81.8 ± 4.2	—	—	86.5 ± 1.0
90 мин	102.8 ± 3.5	87.0 ± 6.7	97.5 ± 2.5	96.0 ± 1.0
120 мин	108.2 ± 4.8	110.0 ± 7.0	120.0 ± 5.0	104.7 ± 4.3
<b>Расстойка</b>				
60 мин, Н	18.0 ± 1.0	17.0 ± 0.7*	20.0 ± 1.0	24.3 ± 0.3***
D	63.6 ± 2.3	58.5 ± 3.2***	65.5 ± 2.5	55.3 ± 0.4***
H/D	0.3 ± 0.02	0.3 ± 0.02	0.3 ± 0.03	0.4 ± 0.01***
90 мин, Н	19.5 ± 1.0	17.0 ± 0.1	—	23.6 ± 0.5
D	67.0 ± 0.9	57.5 ± 0.5	—	58.1 ± 4.1
H/D	0.3 ± 0.02	0.3 ± 0.05	—	0.4 ± 0.04*
<b>Хлебцы</b>				
Вес, г	25.9 ± 0.4	27.4 ± 0.3*	27.2 ± 0.5	26.4 ± 0.2
H	25.7 ± 2.1	24.5 ± 1.9	15.5 ± 0.5**	37.6 ± 2.3***
D	63.6 ± 1.8	63.3 ± 3.0	70.5 ± 3.5	56.3 ± 3.3
H/D	0.4 ± 0.03	0.4 ± 0.03	0.2 ± 0.02***	0.7 ± 0.1***
Балл	2.7 ± 0.02	2.7 ± 0.05	2.0 ± 0.01***	4.7 ± 0.1***
<b>Объем хлеба</b>				
мл	77.3 ± 5.6	68.3 ± 0.8	75.0 ± 5.0	88.0 ± 5.8
на 100 г муки	359.0 ± 7.6	311.0 ± 3.5***	341.0 ± 23.0	403.0 ± 19.1*
Балл	1.2 ± 0.07	0.3 ± 0.08***	0.8 ± 0.05**	2.0 ± 0.1***
<b>Органолептическая оценка</b>				
Внешний вид	3.0 ± 0.2	3.0 ± 0.1	2.8 ± 0.02	4.3 ± 0.1***
Поверхность	3.4 ± 0.2	4.0 ± 0.1*	3.0 ± 0.1	4.0 ± 0.1*
Форма	3.1 ± 0.1	3.5 ± 0.2	3.0 ± 0.04	4.5 ± 0.1***
Цвет корки	3.1 ± 0.2	2.3 ± 0.1**	2.5 ± 0.02*	4.3 ± 0.1**
Пористость	3.2 ± 0.2	3.3 ± 0.1	3.0 ± 0.01	3.9 ± 0.1**
Эластичность	4.0 ± 0.1	4.0 ± 0.1	4.0 ± 0.1	4.0 ± 0.02
Цвет мякиша	3.7 ± 0.2	3.5 ± 0.2	4.0 ± 0.1	4.3 ± 0.1*
Вкус, запах	3.8 ± 0.1	3.8 ± 0.1	4.0 ± 0.02	4.0 ± 0.3
<b>Общая хлебопекарная оценка</b>				
Балл	3.1 ± 0.1	2.9 ± 0.1	2.9 ± 0.1	3.9 ± 0.1***
Оценка	Низкая	Низкая	Низкая	Высокая

Примечание к табл. 1 и 2. Варианты: 1 – контроль, 2 – добавление растительного масла, 3 – добавление соевой муки, 4 – добавление соево-дрожжевого гомогената.

Даны средние значения ± ошибка среднего. Прочерк – нет данных.

H – высота, мм; D – диаметр, мм. Параметры органолептической оценки указаны в баллах.

Достоверность различия с контролем:  $P < 0.05^*$ ,  $P < 0.01^{**}$ ,  $P < 0.001^{***}$ .

**Таблица 2.** Хлебопекарные свойства теста при различных вариантах замеса с дополнительным активированием кислородом

Хлебопекарный параметр	Вариант			
	1	2	3	4
<b>Брожение</b>				
V, мл 60 мин	77.3 ± 2.0	89.2 ± 2.1**	81.5 ± 1.5	88.3 ± 1.4**
90 мин	90.0 ± 5.1	96.3 ± 2.7	90.0 ± 0.1	99.7 ± 2.6
120 мин	101.8 ± 2.4	109.7 ± 5.2	109.0 ± 1.0*	109.0 ± 2.9
<b>Расстойка</b>				
60 мин, Н	23.7 ± 1.4	21.7 ± 1.2	25.5 ± 0.5	21.7 ± 0.7
D	57.0 ± 1.8	54.3 ± 4.4	47.0 ± 1.0***	52.5 ± 2.0
H/D	0.4 ± 0.04	0.4 ± 0.04	0.54 ± 0.01***	0.4 ± 0.01
90 мин, Н	24.3 ± 1.0	26.3 ± 1.6	25.0 ± 0.1	24.3 ± 0.2
D	60.0 ± 3.5	51.3 ± 1.3*	48.5 ± 0.5**	58.0 ± 2.6
H/D	0.4 ± 0.04	0.5 ± 0.02*	0.5 ± 0.01*	0.4 ± 0.03
<b>Хлебцы</b>				
Вес, г	26.0 ± 0.5	27.5 ± 0.4	29.1 ± 1.4	26.4 ± 0.3
H	35.5 ± 2.3	39.3 ± 1.6	44.0 ± 1.0**	41.3 ± 2.7
D	56.0 ± 1.8	56.7 ± 2.7	53.0 ± 0.1	53.0 ± 4.9
H/D	0.6 ± 0.04	0.7 ± 0.04	0.8 ± 0.02***	0.8 ± 0.08***
Балл	4.0 ± 0.04	4.7 ± 0.3*	5.0 ± 0.1***	5.0 ± 0.2***
<b>Объем хлеба</b>				
мл	80.0 ± 6.4	81.8 ± 1.4	77.5 ± 2,5	95.6 ± 2.5*
на 100 г муки	359.0 ± 26.4	372.0 ± 6.5	362.0 ± 11.0	426.0 ± 10.2*
Балл	1.2 ± 0.4	1.5 ± 0.4	1.3 ± 0.2	2.5 ± 0.3
<b>Органолептическая оценка</b>				
Внешний вид	4.1 ± 0.1	3.7 ± 0.04***	4.3 ± 0.01***	4.3 ± 0.01***
Поверхность	3.8 ± 0.1	3.8 ± 0.1	4.0 ± 0.1	4.2 ± 0.1*
Форма	4.2 ± 0.3	4.7 ± 0.1	5.0 ± 0.1*	4.7 ± 0.1**
Цвет корки	4.2 ± 0.1	2.7 ± 0.1**	4.0 ± 0.1	4.2 ± 0.1
Пористость	4.0 ± 0.2	3.7 ± 0.1	3.0 ± 0.01***	4.0 ± 0.01
Эластичность	4.0 ± 0.01	4.2 ± 0.03	4.5 ± 0.01***	4.3 ± 0.1*
Цвет мякиша	4.3 ± 0.2	3.8 ± 0.1	3.5 ± 0.1**	4.3 ± 0.1
Вкус, запах	4.0 ± 0.01	4.0 ± 0.2	4.0 ± 0.1	4.0 ± 0.1
<b>Общая хлебопекарная оценка</b>				
Балл	3.7 ± 0.1	3.7 ± 0.1	3.7 ± 0.1	4.1 ± 0.1**
Оценка	Средняя	Средняя	Средняя	Высокая

Увеличение объема хлеба в нашем исследовании происходило только при внесении соеводожжевого гомогената. Очевидно, в этом случае

происходит более длительная ферментация теста, что создает наиболее благоприятные условия для действия экзогенной ЛОГ.

**Добавление в тесто полиеновых жирных кислот.** Изменения реологических свойств во время ферментации теста являются следствием окисления сульфгидрильных групп пероксидами и гидропероксидами жирных кислот, образованными при действии ЛОГ на липиды. Для ферментативной функции ЛОГ требуются свободные липиды. Это подтверждается тем, что ЛОГ не изменяла свойств обезжиренной муки, а добавление к обезжиренной муке линолевой кислоты восстанавливало ее действие [5, 6]. В нашей работе отдельное внесение ненасыщенных жирных кислот при замесе теста в соотношении 1 : 50 не изменяло значительно параметры хлеба, а в некоторых случаях даже ухудшало их (табл. 1). Однако в случае дополнительного активирования теста кислородом происходило улучшение отдельных хлебопекарных показателей, достоверно отличающихся от контроля, а при совместном внесении в тесто полиеновых жирных кислот и фермента в составе соево-дрожжевого гомогената наблюдался большой положительный эффект (табл. 2).

Добавление ЛОГ соевой муки к пшеничной муке действует подобно добавлению химических оксидантов, но действие ЛОГ более мягкое. Вероятно, связывание продуктов окисления ЛОГ приводит к уменьшению поверхностной гидрофобности растворимых глютелинов, структурным изменениям в белках теста и укреплению клейковины и теста.

Ранее нами было показано, что активность эндогенной ЛОГ зерновки пшеницы связана с такими технологическими параметрами, как сила муки, упругость, растяжимость, смесительные свойства теста, а фермент действует на клейковину и тесто, уменьшая параметр растяжимости теста [10]. По этой причине ЛОГ может применяться только для улучшения муки и теста низкого качества с высокой растяжимостью.

Кроме того, для хорошего качества клейковины необходим оптимальный диапазон уровня активности ЛОГ [10]. Как и при применении химических оксидантов, чрезмерное количество фермента и его высокая активность могут стать причиной образования слишком большого числа дисульфидных связей, уменьшения растяжимости теста и очень сильного укрепления клейковины и теста, приводящего к их ухудшению.

В данной работе было подтверждено положительное влияние ЛОГ соевой муки на хлебопекарные свойства пшеницы низкого качества и были найдены условия, при которых это влияние проявлялось при добавлении 2% соевой муки при замесе пшеничного теста.

По механизму и результатам действия ферментативно активная соевая мука прекрасно подходит для целенаправленной корректировки муки низ-

кого качества с высокой растяжимостью клейковины и с успехом может заменить дорогостоящие окислительные улучшители и препараты сухой клейковины известных производителей. Более того, она может быть более эффективна, чем препараты сухой клейковины при переработке муки из пшеницы с примесью зерна, поврежденного клопом-черепашкой, когда действие клейковины будет снижено, так как протеолитические ферменты клопа дезагрегируют как собственные белки муки, так и внесенной клейковины.

Продemonстрированное нами достоверное увеличение показателей на стадии брожения и расстойки теста, параметров хлебцев, объема хлеба и органолептической оценки при добавлении 2% соевой муки и подсолнечного масла в составе соево-дрожжевого гомогената в тесто из пшеничной муки при дополнительном активировании его кислородом, позволяет применить этот экономичный способ улучшения теста в хлебопекарном производстве.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Труфанов В.А. Клейковина пшеницы: проблемы качества. Новосибирск: Наука, 1994. 166 с.
2. Shewry P.R., Tatham A.S. // J. Cereal Sci. 1997. V. 25. № 3. P. 207–227.
3. Békés F., Grass P.W., Gupta R.B. // Cereal Chem. 1994. V. 71. № 1. P. 44–50.
4. Dunnewind B., van Vliet T., Orsel R. // J. Cereal Sci. 2002. V. 36. № 3. P. 357–366.
5. Hosoney R.C., Rao H., Faubion J., Sighu J.S. // Cereal Chem. 1980. V. 57. № 3. P. 163–166.
6. Faubion J.M., Hosoney R.C. // Cereal Chem. 1981. V. 58. № 3. P. 175–180.
7. Lai C.S., Davis A.B., Hosoney R.C. // Cereal Chem. 1989. V. 66. № 3. P. 224–246.
8. Nelles E.M., Randall P.G., Taylor J.R.N. // Cereal Chem. 1998. V. 75. № 4. P. 536–540.
9. Zimmerman D.C., Vick B.A. // Plant Physiol. 1970. V. 3. № 3. P. 445–453.
10. Пермякова М.Д., Труфанов В.А., Пшеничникова Т.А., Ермакова М.Ф. // Прикл. биохимия и микробиология. 2010. Т. 46. № 1. С. 96–102.
11. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Госагропром, 1988. 122 с.
12. Siedow J.N. // Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 1991. V. 42. № 1. P. 145–188.
13. Shiiba K., Negishi Y., Okada K., Nagao S. // Cereal Chem. 1991. V. 68. № 2. P. 115–122.
14. McDonald C.E. // Cereal Chem. 1979. V. 50. № 4. P. 292–302.
15. Lomnitski L., Bar-Natan R., Sklan D., Grossman S. // Biochim. Biophys. Acta. 1993. V. 1167. № 3. P. 331–338.

## Effect of Soybean Lipoxygenase on Baking Properties of Wheat Flour

M. D. Permyakova and V. A. Trufanov

*Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,  
Irkutsk, 664033 Russia*

*e-mail: gluten@sifibr.irk.ru*

Received April 14, 2010

**Abstract**—Changes in bread-baking properties of wheat flour caused by soybean lipoxygenase and polyunsaturated fatty acids were studied. A positive effect of soybean flour added during dough kneading in an amount of 2% was demonstrated. A method for dough fermentation increasing the loaf volume and improving organoleptic characteristics and total bread-baking estimate is recommended.