

БИОТЕХНОЛОГИЯ

УДК 642.642.2-664.66 (047.31)

О.А. Титова¹, Н.К. Жабанос¹, к.т.н., Н.Н. Фурик¹, к.т.н.,
Е.В. Потеряйко², И.Е. Сыс², Н.С. Лаптенко²

¹Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь

²Государственное предприятие «Белтехнохлеб», Минск, Республика Беларусь

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СУХИХ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ЗАКВАСОК ДЛЯ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ

(Поступила в редакцию 4 апреля 2016 г.)

В статье приведены результаты работ по созданию технологии производства сухих концентрированных заквасок для хлебобулочных изделий на основе исследований отдельных штаммов молочнокислых бактерий и их консорциумов на способность к развитию в мучной среде и антагонистическую активность по отношению к *Bacillus subtilis* - возбудителю микробиологической порчи хлеба.

Ключевые слова: консорциумы молочнокислых бактерий, технология производства заквасок хлебобулочных изделий, сухие концентрированные закваски для хлебобулочных изделий, «картофельная болезнь» хлеба.

Введение. Качество хлебобулочных изделий обусловлено свойствами компонентов, которые входят в их состав, и процессами, протекающими при приготовлении полуфабрикатов, выпечке тестовых заготовок и хранении готовых изделий [1]. При хранении хлеба могут протекать микробиологические процессы, приводящие к ухудшению качества продукции. «Картофельная болезнь» – заболевание хлеба, возбудителями которого являются спорообразующие бактерии, относящиеся к видам *Bacillus subtilis* и *Bacillus mesentericus*, которые вырабатывают протеолитические ферменты, разрушающие белки, что придает зараженному хлебу резкий специфический запах. Мякиш становится липким, при разломе наблюдаются слизистые тянущиеся нити, изделие становится непригодным для употребления. При производстве хлебобулочных изделий в качестве средства борьбы с «картофельной болезнью» применяются бактериальные закваски, выведенные на культурах *Lac.lactis subsp. lactis*, *Lb. sanfrancisco*, *Lb. plantarum*, *Lb. acidophilus*, *Lb. fermenti* [2–3].

Цель работы – разработка технологии производства сухих концентрированных заквасок на основе молочнокислых бактерий.

Методы исследования. Исследование кислотообразующей активности проводится следующим образом:

Отвесить (с точностью до 0,01 г) 5 г пробы мучной болтушки. Навеску перенести в фарфоровую ступку и растереть с 50 мл дистиллированной воды. Полученную суспензию титровать раствором щелочи 0,1 моль/дм³ до появления розового окрашивания, не исчезающего в течение 1 мин. Кислотность выразить в °Н.

Расчет вести по формуле 1:

$$X=2*V*K, \quad (1)$$

где X – кислотность, °Н,

V – объем раствора щелочи, см³,

K – поправочный коэффициент раствора щелочи 0,1 моль/дм³.

Метод отсроченного антагонизма (метод штриха) [4].

Метод контроля степени зараженности картофельной болезнью муки и хлебобулочных изделий [5].

Результаты и их обсуждение. Для работы были отобраны 25 штаммов молочнокислых бактерий родов *Lactobacillus ssp.* и *Lactococcus ssp.* из Централизованной отраслевой коллекции промышленных штаммов молочнокислых бактерий РУП «Институт мясо-молочной промышленности».

Исследована кислотообразующая активность данных штаммов и их антагонистическая активность в отношении спорообразующих микроорганизмов *Bacillus subtilis*. Результаты исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Кислотообразующая активность молочнокислых бактерий

№ п/п	Видовая принадлежность № штамма/состав консорциума	Кислотность, °Н		Δ ТК, °Н		
		Начало процесса	Через		Через	
			24 ч	48 ч	24 ч	48 ч
1.	<i>Lactobacillus plantarum</i> 1157 ML-AF	1,5	10,8	12,8	7,1	11,3
2.	<i>Lactobacillus plantarum</i> 1180 ML-OF	1,5	11,0	13,2	9,5	11,7
3.	<i>Lactobacillus plantarum</i> 2645 ML-O	1,5	10,5	12,5	9,0	11,0
4.	<i>Lactobacillus plantarum</i> 2640 ML-O	1,5	10,0	12,0	8,5	10,5
5.	<i>Lactobacillus plantarum</i> 1190 ML-AF	1,5	9,9	12,8	8,4	11,3
6.	<i>Lactobacillus casei</i> 1209 ML-OFR	1,7	8,5	12,8	6,8	11,1
7.	<i>Lactobacillus casei</i> 1208 ML-OFR	1,7	8,0	11,3	6,3	9,6
8.	<i>Lactobacillus casei</i> 1196 ML-OFR	1,7	8,2	11,1	6,5	9,4
9.	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> 2637 TL-O	1,6	8,2	11,2	6,6	9,5
10.	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> 2642 TL-O	1,6	8,5	11,1	6,9	9,5
11.	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> 2643 TL-O	1,6	8,0	10,4	6,4	8,8
12.	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> 2641 TL-O	1,6	9,7	11,5	8,1	10,9
13.	<i>Lactobacillus fermentum</i> 2650 TL-O	1,6	11,6	11,8	10,0	10,2
14.	<i>Lactobacillus fermentum</i> 2652 TL-O	1,6	10,8	11,9	9,2	10,3
15.	Комбинация <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> 1530 M-A, 1595 M-A, 2277 M-A	1,1	6,5	13,9	4,4	12,8
16.	Комбинация <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> 1843 M-A, 1857 M-A, 1993 M-A	1,1	6,7	13,1	5,6	12,0
17.	Комбинация <i>Lactococcus lactis</i> ssp. 763 M-A, 1005 M-A, 290 M-A, 952 M-ADG, 1658 M-AD	1,1	7,2	13,6	6,1	12,5

При брожении образцы мучной болтушки, ферментируемые молочнокислыми бактериями, имели приблизительно одинаковый внешний вид, приятный, слегка кисловатый запах, приблизительно одинаковое количество надосадочной жидкости и средней густоты консистенцию (после перемешивания).

Уже в первые сутки культивирования наблюдалось активное развитие внесенных культур в мучной среде. В микроскопических препаратах, приготовленных с образцов болтушки, ферментируемых молочнокислыми

бактериями, наблюдалось скопление микроорганизмов с морфологическими признаками, свойственными внесенным культурам (палочки, короткие и средние, однородные, в цепочках и одиночные – в образцах с добавлением лактобацилл, и кокки, диплококки и цепочки кокков разной длины – в образцах с добавлением комбинации лактококков).

Отсутствие посторонней микрофлоры в микроскопических препаратах образцов мучной болтушки, ферментируемых молочнокислыми бактериями, косвенно свидетельствовало о проявлении у молочнокислых бактерий высокой антагонистической активности к посторонней микрофлоре.

Все исследуемые штаммы развивались в мучной среде и проявляли высокую способность к кислотонакоплению, прирост титруемой кислотности колебался в пределах 8,8–12,8 °Н. Наименьшее кислотообразование (Δ ТК через 48 ч – 8,8 °Н) наблюдалось в образце, ферментируемом штаммом *Lactobacillus rhamnosus* 2643 TL-O. Через 48 ч наибольший прирост титруемой кислотности (Δ ТК=12,0–12,8°Н) наблюдался в образцах мучной болтушки, ферментируемой комбинациями *Lactococcus lactis* ssp. Остальные штаммы также показали высокую кислотообразующую активность (Δ ТК через 48 ч – 9,4 – 11,7 °Н).

Исследование антагонистической активности молочнокислых бактерий по отношению к *Bacillus subtilis* осуществляли методом отсроченного антагонизма (методом штриха). Результаты работы представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Антагонистическая активность молочнокислых бактерий

№ п/п	Видовая принадлежность, паспортный номер штамма	Зона задержки роста <i>Bacillus subtilis</i> , мм
1.	<i>Lactobacillus plantarum</i> 1157 ML-AF	16
2.	<i>Lactobacillus plantarum</i> 1180 ML-OF	отс.
3.	<i>Lactobacillus plantarum</i> 2645 ML-O	18
4.	<i>Lactobacillus plantarum</i> 2640 ML-O	18
5.	<i>Lactobacillus plantarum</i> 1190 ML-AF	20
6.	<i>Lactobacillus casei</i> 1209 ML-OFR	18
7.	<i>Lactobacillus casei</i> 1208 ML-OFR	15
8.	<i>Lactobacillus casei</i> 1196 ML-OFR	35
9.	<i>Lactobacillus casei</i> 1188 ML-OF	18
10.	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> 2637 TL-O	18
11.	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> 2642 TL-O	20
12.	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> 2643 TL-O	20
13.	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> 2641 TL-O	20
14.	<i>Lactobacillus fermentum</i> 2650 TL-O	15
15.	<i>Lactobacillus fermentum</i> 2652 TL-O	12
16.	Комбинация <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> 1530 M-A, 1595 M-A, 2277 M-A	10
17.	Комбинация <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> 1843 M-A, 1857 M-A, 1993 M-A	8
18.	Комбинация <i>Lactococcus lactis</i> ssp. 763 M-A, 1005 M-A, 290 M-A, 952 M-ADG, 1658 M-AD	9

Все штаммы *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus plantarum*, за исключением 1180 ML-OF, *Lactobacillus casei* проявили выраженную антагонистическую активность в отношении спорообразующих бактерий, при их культивировании зона задержки роста *Bacillus subtilis* составила 15–35 мм.

Средняя антагонистическая активность регистрировалась у микроорганизмов видов *Lactococcus lactis* ssp. и *Lactobacillus fermentum*, при их культивировании зона

задержки роста *Bacillus subtilis* колебалась в пределах 12–15 мм. Наименьшая антагонистическая активность наблюдалась у штаммов *Lactococcus lactis* ssp.

На основании проведенных исследований подобраны консорциумы штаммов молочнокислых бактерий для разработки технологии производства сухих концентрированных заквасок для хлебобулочных изделий:

- № 1 *Lactobacillus plantarum* 1157 ML-AF, *Lactobacillus casei* 1209 ML-OFR ;
- № 2 *Lactobacillus plantarum* 1157 ML-AF, *Lactobacillus casei* 1209 ML-OFR, комбинация *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* 1530 M-A, 1595 M-A, 2277 M-A;
- № 3 *Lactobacillus plantarum* 1157 ML-AF, *Lactobacillus casei* 1209 ML-OFR, *Lactobacillus fermentum* 2650 TL-O;
- №4 *Lactobacillus rhamnosus* 2641 TL-O, *Lactobacillus casei* 1209 ML-OFR, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* 1530 M-A, 1595 M-A, 2277 M-A.

В первом консорциуме использованы молочнокислые культуры, проявившие высокую кислотообразующую и антагонистическую активность, в остальных консорциумах культуры-антагонисты сочетаются с культурами-кислотонакопителями, обладающими меньшей антагонистической активностью.

На следующем этапе работы было составлено 15 консорциумов различающихся между собой процентным соотношением входящих в них культур (таблица 3).

Таблица 3 – Состав консорциумов молочнокислых бактерий

1. <i>Lactobacillus plantarum</i> 1157 ML-AF, <i>Lactobacillus casei</i> 1209 ML-OFR			
<i>Lactobacillus plantarum</i> 1157 ML-AF		<i>Lactobacillus casei</i> 1209 ML-OFR	
1.1	50	50	
1.2	70	30	
1.3	30	70	
2. <i>Lactobacillus plantarum</i> 1157 ML-AF, <i>Lactobacillus casei</i> 1209 ML-OFR, комбинация <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> 1530 M-A, 1595 M-A, 2277 M-A			
<i>Lactobacillus plantarum</i> 1157 ML-AF		<i>Lactobacillus casei</i> 1209 ML-OFR	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> 1530 M-A, 1595 M-A, 2277 M-A
2.1	33	33	33
<i>Lactobacillus plantarum</i> 1157 ML-AF		<i>Lactobacillus casei</i> 1209 ML-OFR	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> 1530 M-A, 1595 M-A, 2277 M-A
2.2	50	25	25
2.3	25	50	25
2.4	25	25	50
3. <i>Lactobacillus plantarum</i> 1157 ML-AF, <i>Lactobacillus casei</i> 1209 ML-OFR, <i>Lactobacillus fermentum</i> 2650 TL-O			
<i>Lactobacillus plantarum</i> 1157 ML-AF		<i>Lactobacillus casei</i> 1209 ML-OFR	<i>Lactobacillus fermentum</i> 2650 TL-O
3.1	33	33	33
3.2	50	25	25
3.3	25	50	25
3.4	25	25	50
4. <i>Lactobacillus rhamnosus</i> 2641 TL-O, <i>Lactobacillus casei</i> 1209 ML-OFR, комбинация <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> 1530 M-A, 1595 M-A, 2277 M-A			
<i>Lactobacillus rhamnosus</i> 2641 TL-O		<i>Lactobacillus casei</i> 1209 ML-OFR	комбинация <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> 1530 M-A, 1595 M-A, 2277 M-A
4.1	33	33	33
4.2	50	25	25
4.3	25	50	25
4.4	25	25	50

Изучены основные производственно-ценные свойства составленных комбинаций:

- кислотообразующая активность в мучной болтушке;
- антагонистическая активность в отношении 5 штаммов спорообразующих бактерий рода *Bacillus* – возбудителей «картофельной болезни» хлеба.

При культивировании в мучной болтушке все исследуемые варианты консорциумов показали высокую способность к кислотонакоплению. При брожении образцы мучной болтушки, ферментируемые консорциумами, имели примерно одинаковый внешний вид, слегка кисловатый запах, количество надосадочной жидкости во всех образцах 0,4–0,6 см, после перемешивания образцы имели консистенцию средней густоты. Наиболее активное брожение наблюдалось в течение первых 24 ч культивирования, затем наблюдалось некоторое замедление процесса. Результаты исследований представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Кислотообразующая активность молочнокислых бактерий

№ образца	Видовая принадлежность № штамма / состав консорциума	Кислотность, °Н		Δ ТК, °Н через 48 ч
		Начало процесса	Через 48 ч	
1	<i>Lb. plantarum</i> 1157 ML-AF, <i>Lb. casei</i> 1209 ML-OFR			
1.1	<i>Lb. plantarum</i> 1157 ML-AF, <i>Lb. casei</i> 1209 ML-OFR	1,4	12,0	10,6
1.2		1,4	12,8	11,4
1.3		1,4	12,4	11,0
1.4	<i>Lb. plantarum</i> 1157 ML-AF	1,4	11,8	10,4
1.5	<i>Lb. casei</i> 1209 ML-OFR	1,4	12,8	11,4
2	<i>Lb. plantarum</i> 1157 ML-AF, <i>Lb. casei</i> 1209 ML-OFR, комбинация <i>Lc. lactis subsp. lactis</i> 1530 M-A, 1595 M-A, 2277 M-A			
2.1	<i>Lb. plantarum</i> 1157 ML-AF, <i>Lb. casei</i> 1209 ML-OFR,	1,4	12,8	11,4
2.2		1,4	12,4	11,0
2.3	комбинация <i>Lc. lactis subsp. lactis</i> 1530 M-A, 1595 M-A, 2277 M-A	1,4	12,6	11,6
2.4		1,4	13,6	12,2
2.5	комбинация <i>Lc. lactis subsp. lactis</i> 1530 M-A, 1595 M-A, 2277 M-A	1,4	10,0	8,6
2.6	<i>Lb. plantarum</i> 1157 ML-AF	1,4	11,8	10,4
2.7	<i>Lb. casei</i> 1209 ML-OFR	1,4	12,8	11,4
3	<i>Lb. plantarum</i> 1157 ML-AF, <i>Lb. casei</i> 1209 ML-OFR, <i>Lb. fermentum</i> 2650 TL-O			
3.1	<i>Lb. plantarum</i> 1157 ML-AF, <i>Lb. casei</i> 1209 ML-OFR,	1,4	12,4	11,0
3.2		1,4	12,0	10,6
3.3		1,4	12,8	11,4
3.4	<i>Lb. fermentum</i> 2650 TL-O	1,4	11,8	10,4
3.5	<i>Lb. plantarum</i> 1157 ML-AF	1,4	11,8	10,4
3.6	<i>Lb. casei</i> 1209 ML-OFR	1,4	12,8	11,4
3.7	<i>Lb. fermentum</i> 2650 TL-O	1,4	12,2	10,8
4	<i>Lb. rhamnosus</i> 2641 TL-O, <i>Lb. casei</i> 1209 ML-OFR, комбинация <i>Lc. lactis subsp. lactis</i> 1530 M-A, 1595 M-A, 2277 M-A			
4.1	<i>Lb. rhamnosus</i> 2641 TL-O,	1,4	12,8	11,4
4.2		1,4	12,4	11,0
4.3	комбинация <i>Lc. lactis subsp. lactis</i> 1530 M-A, 1595 M-A, 2277 M-A	1,4	12,6	11,6
4.4		1,4	13,6	12,2
4.5	комбинация <i>Lc. lactis subsp. lactis</i> 1530 M-A, 1595 M-A, 2277 M-A	1,4	10,0	8,6
4.6	<i>Lb. rhamnosus</i> 2641 TL-O	1,4	11,8	10,4
4.7	<i>Lb. casei</i> 1209 ML-OFR	1,4	12,8	11,4
К	-	1,4	11,6	10,2

Как видно из таблицы 4, наименьшее кислотообразование (Δ ТК через 48 ч – 10,4°Н) наблюдалось в образце № 3.4, ферментируемом трехвидовым консорциумом, состоящим из *Lb. plantarum* 1157 ML-AF, *Lb. casei* 1209 ML-OFR, *Lb. fermentum* 2650 TL-O в соотношении 1:1:2. При увеличении содержания *Lactobacillus casei* 1209 ML-OFR в консорциуме (образец № 3.3) наблюдалось увеличение кислотности при ферментации мучной болтушки, Δ ТК через 48 ч составляет 11,4°Н (таблица 4).

Достаточно высокую кислотность (Δ ТК через 48 ч 10,6–11,4 °Н) имели образцы, ферментируемые вариантами консорциума № 1, содержащими в различных соотношениях *Lactobacillus plantarum* 1157 ML-AF, *Lactobacillus casei* 1209 ML-OFR (таблица 4).

Через 48 ч наибольшая кислотность (Δ ТК =11,0–12,2°Н) наблюдалась в образцах мучной болтушки, ферментируемой вариантами консорциума № 2, включающими штаммы *Lactobacillus plantarum* 1157 ML-AF, *Lactobacillus casei* 1209 ML-OFR, комбинацию *Lactococcus lactis subsp. lactis* 1530 М-А, 1595 М-А, 2277 М-А, и вариантами консорциума № 4, включающими штаммы *Lactobacillus rhamnosus* 2641 TL-O, *Lactobacillus casei* 1209 ML-OFR и комбинацию *Lactococcus lactis subsp. lactis* 1530 М-А, 1595 М-А, 2277 М-А.

Максимальная величина кислотности достигнута в образцах, ферментируемых консорциумами, содержащими 50% *Lactococcus lactis subsp. lactis* 1530 М-А, 1595 М-А, 2277 М-А (таблица 4). Таким образом, увеличение содержания комбинации *Lactococcus lactis subsp. lactis* 1530 М-А, 1595 М-А, 2277 М-А в консорциуме, включающем сильные кислотообразователи *Lactobacillus plantarum* 1157 ML-AF, *Lactobacillus casei* 1209 ML-OFR, *Lactobacillus rhamnosus* 2641 TL-O, позволяет значительно усилить кислотообразующую активность консорциума.

При исследовании антагонистической активности молочнокислых бактерий по отношению к возбудителю картофельной болезни хлеба в качестве тест-культур использовали штаммы *Bacillus mesentericus vulgates*, *Bacillus mesentericus* Л-1, *Bacillus subtilis* КМ, *Bacillus subtilis* АТСС 6633-ВКПМ В-4537, *Bacillus subtilis* БИМ В-277. Результаты работы представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Антагонистическая активность консорциумов молочнокислых бактерий

Наименование штамма (консорциума)/ время, ч.		<i>B.mesen- tericus vulgates</i>	<i>B.mesentericus</i> Л-1	<i>B. subtilis</i> КМ	<i>B.subtilis</i> БИМ В-277	<i>B. subtilis</i> АТСС 6633-ВКПМ В-4537
		Зона задержки роста, мм				
1.1	24	15	н/р	30	н/р	н/р
	48	12	н/р	30	н/р	н/р
	72	10	н/р	30	н/р	н/р
1.2	24	н/р	н/р	н/р	н/р	н/р
	48	н/р	н/р	н/р	н/р	н/р
	72	н/р	н/р	н/р	н/р	н/р
1.3	24	20	н/р	21	н/р	н/р
	48	20	н/р	12	н/р	н/р
	72	20	н/р	8	н/р	н/р
2.1	24	17	н/р	21	17	н/р
	48	10	н/р	12	11	н/р
	72	8	н/р	12	9	н/р
2.3	24	н/р	н/р	н/р	н/р	н/р
	48	н/р	н/р	н/р	н/р	н/р
	72	н/р	н/р	н/р	н/р	н/р

Продолжение таблицы 5

Наименование штамма (консорциума)/ время, ч.		<i>B.mesentericus vulgates</i>	<i>B.mesentericus</i> Л-1	<i>B. subtilis</i> КМ	<i>B.subtilis</i> БИМ В-277	<i>B. subtilis</i> ATCC 6633-ВКПМ В-4537
2.4	24	н/р	н/р	н/р	н/р	н/р
	48	н/р	н/р	н/р	н/р	н/р
	72	н/р	н/р	н/р	н/р	н/р
3.1	24	н/р	н/р	20	н/р	н/р
	48	н/р	н/р	16	н/р	н/р
	72	н/р	н/р	15	н/р	н/р
3.2	24	16	н/р	9	н/р	н/р
	48	12	н/р	7	н/р	н/р
	72	9	н/р	7	н/р	н/р
3.3	24	27	н/р	25	н/р	н/р
	48	14	н/р	9	н/р	н/р
	72	11	н/р	10	н/р	н/р
3.4	24	14	н/р	10	н/р	н/р
	48	10	н/р	20	н/р	н/р
	72	8	н/р	16	н/р	н/р
4.1	24	н/р	н/р	н/р	н/р	н/р
	48	н/р	н/р	н/р	н/р	н/р
	72	н/р	н/р	н/р	н/р	н/р
<i>Lactobacillus rhamnosus</i> 2641 TL-O	24	н/р	н/р	н/р	н/р	н/р
	48	н/р	н/р	н/р	н/р	н/р
	72	н/р	н/р	н/р	н/р	н/р
<i>Lactobacillus casei</i> 1209 ML-OFR	24	н/р	н/р	н/р	н/р	25
	48	н/р	н/р	н/р	н/р	20
	72	н/р	н/р	н/р	30	10
<i>Lb. plantarum</i> 1157 ML-AF	24	28	н/р	15	н/р	н/р
	48	13	н/р	12	н/р	н/р
	72	12	н/р	10	н/р	н/р
<i>Lb. fermentum</i> 2650 TL-O	24	0	н/р	0	н/р	н/р
	48	0	н/р	0	32	26
	72	0	н/р	0	0	0
комбинация <i>Lc. lactis</i> subsp. <i>lactis</i> 1530 М-А, 1595 М-А, 2277 М-А	24	0	20	25	25	21
	48	0	18	20	12	15
	72	0	0	0	0	0

Примечание – «н/р» - нет роста

Все составленные на данном этапе консорциумы проявили выраженную антагонистическую активность (зона задержки роста тест-культур более 3 мм), хотя входящие в их состав штаммы антагонистичны не ко всем тест-культурам, следовательно, консорциумы проявляют более высокую антагонистическую активность, чем отдельные штаммы.

Наименьшую антагонистическую активность в отношении бактерий рода *Bacillus* проявили комбинации на основе трехвидового консорциума, включающего *Lb. plantarum* 1157 ML-AF, *Lb. casei* 1209 ML-OFR, *Lb. fermentum* 2650 TL-O.

Комбинации № 1.2, 2.3, 2.4, 4.1 подавили рост всех тест-культур, вызывающих «картофельную болезнь» хлеба. Таким образом, данные комбинации являются сильными антагонистами бактерий рода *Bacillus*.

Остальные комбинации проявили достаточно высокую степень антагонизма к возбудителям «картофельной болезни» хлеба.

На основании оценки данных о способности к антагонизму и кислотонакоплению исследуемых консорциумов заквасочных культур отобраны

четыре комбинации молочнокислых бактерий для исследования возможности применения в хлебопечении:

- № 1.2 *Lactobacillus plantarum* 1157 ML-AF, *Lactobacillus casei* 1209 ML-OFR;
- № 2.3, 2.4 *Lactobacillus plantarum* 1157 ML-AF, *Lactobacillus casei* 1209 ML-OFR, комбинация *Lactococcus lactis subsp. lactis* 1530 M-A, 1595 M-A, 2277 M-A;
- № 4.1 *Lactobacillus rhamnosus* 2641 TL-O, *Lactobacillus casei* 1209 ML-OFR, комбинация *Lactococcus lactis subsp. lactis* 1530 M-A, 1595 M-A, 2277 M-A.

На основе подобранных консорциумов разработана технология производства сухих концентрированных заквасок, которая включает следующие операции:

- изготовление сухих концентрированных заквасок *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactococcus ssp.*;
- смешивание сухих концентрированных заквасок в заданных пропорциях;
- расфасовка готовой поливидовой закваски.

Выработаны экспериментальные партии четырех видов заквасок сухих концентрированных.

Изучена антагонистическая активность заквасок в отношении технически вредной микрофлоры в хлебобулочных изделиях. Для изготовления хлебобулочных изделий использовалась мучная болтушка, приготовленная на заквасках. Для определения антагонистической активности использовался метод контроля степени зараженности картофельной болезнью хлебобулочных изделий (таблица 6).

Таблица 6 – Антагонистическая активность консорциумов молочнокислых бактерий в хлебобулочных изделиях

Образец	Вид внесенной закваски	Органолептическая характеристика хлебобулочных изделий через			
		24 ч	48 ч	72 ч	96 ч
1	Контроль (без внесения закваски)	норма	незначительный запах	сильный специфический запах, липкость	специфический запах, много очагов заболевания
2	1.2 <i>Lactobacillus plantarum</i> 1157 ML-AF, <i>Lactobacillus casei</i> 1209 ML-OFR	норма	норма	специфический запах	1 очаг заболевания
3	2.3 <i>Lactobacillus plantarum</i> 1157 ML-AF, <i>Lactobacillus casei</i> 1209 ML-OFR, комбинация <i>Lactococcus lactis subsp. lactis</i> 1530 M-A, 1595 M-A, 2277 M-A (в соотношении 1:2:1)	норма	норма	специфический запах	4 слабовыраженных очага заболевания
4	2.4 <i>Lactobacillus plantarum</i> 1157 ML-AF, <i>Lactobacillus casei</i> 1209 ML-OFR, комбинация <i>Lactococcus lactis subsp. lactis</i> 1530 M-A, 1595 M-A, 2277 M-A (в соотношении 1:1:2)	норма	норма	специфический запах	1 слабовыраженный очаг заболевания
5	4.1 <i>Lactobacillus rhamnosus</i> 2641 TL-O, <i>Lactobacillus casei</i> 1209 ML-OFR, комбинация <i>Lactococcus lactis subsp. lactis</i> 1530 M-A, 1595 M-A, 2277 M-A	норма	норма	специфический запах	1 очаг заболевания

Как видно из таблицы 6 признаки «картофельной болезни» у всех исследуемых хлебобулочных изделий были зафиксированы позже, чем у контрольного образца, изготовленного без применения заквасок, что указывает на способность консорциумов сдерживать развитие технически вредной микрофлоры в хлебобулочных изделиях.

Для дальнейшей работы отобраны закваски на основе консорциумов 1.2, 2.4, 4.1, поскольку закваска на основе консорциума 2.3 проявила более низкую антагонистическую активность, чем остальные.

Разработаны технические условия ТУ ВУ 100098867.365-2014 на закваски сухие концентрированные для хлебобулочных изделий. Количество молочнокислых микроорганизмов в 1 г закваски составляет не менее 10 млрд. КОЕ. В зависимости от состава микрофлоры выделено 3 вида заквасок (таблица 7):

Таблица 7 – Виды заквасок сухих концентрированных

Наименование заквасок и их условное обозначение	Состав микрофлоры
Закваска сухая концентрированная для хлебобулочных изделий Хлеб-1	<i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus casei</i>
Закваска сухая концентрированная для хлебобулочных изделий Хлеб-2	<i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus casei</i> , <i>Lactococcus lactis ssp.</i>
Закваска сухая концентрированная для хлебобулочных изделий Хлеб-3	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> , <i>Lactobacillus casei</i> , <i>Lactococcus lactis ssp.</i>

Разработан и утвержден сборник рецептур на закваски сухие концентрированные для хлебобулочных изделий РЦ ВУ 100098867.3460-2014 - РЦ ВУ 100098867.3462-2014 и технологическая инструкция по изготовлению заквасок сухих концентрированных для хлебобулочных изделий ТИ ВУ 100098867.385 – 2014.

Установлен срок годности заквасок сухих концентрированных для хлебобулочных изделий Хлеб-1, Хлеб-2, Хлеб-3, изготавливаемых по ТУ ВУ 100098867.365-2014 – 6 месяцев с момента изготовления при температуре хранения не выше минус 4°C, в том числе 5 суток хранения при нерегулируемой температуре.

Разработаны способы применения заквасок при изготовлении хлебобулочных изделий:

- путем непосредственного внесения в подготовленное сырье;
- путем приготовления лабораторной закваски.

При непосредственном внесении закваски в подготовленное сырье содержимое пакета растворяют в воде и вносят при замесе теста. Заквашенную смесь перемешивают. Ферментацию теста производят при температуре 30–32°C в течение 150–170 мин. При приготовлении лабораторной закваски сквашивание смеси производят при температуре (37±1)°C до кислотности смеси 12–17 °Н. Лабораторная закваска вносится в подготовленное сырье согласно технологическим инструкциям по производству продуктов, утвержденным в установленном порядке.

Заключение. Из подобранных по совокупности физиолого-биохимических свойств консорциумов, включающих штаммы микроорганизмов разных видов: *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactococcus lactis subsp. lactis*, составлено 15 комбинаций микроорганизмов, различающихся между собой видовым составом и соотношением входящих в них культур. Изучены их кислотообразующая активность на мучной

среде и антагонистическая активность в отношении 5 штаммов спорообразующих бактерий рода *Bacillus* – возбудителей «картофельной болезни» хлеба.

Разработана технология производства сухих концентрированных заквасок на основе консорциумов микроорганизмов. Для изготовления заквасок сухих концентрированных использовались консорциумы, обладающие наиболее высокой антагонистической активностью с учетом их кислотообразующей активности в мучной среде.

Для исследования антагонистической активности заквасок в хлебобулочных изделиях, изготовлены экспериментальные образцы хлебобулочных изделий с использованием разработанных заквасок и контрольный образец без внесения бактериальных культур. Признаки «картофельной» болезни хлеба в экспериментальных образцах появились на 24 ч позже, чем в контрольном образце, очаги имели слабовыраженный характер.

Таким образом, установлено, что исследуемые комбинации микроорганизмов проявляют антагонистическую активность по отношению к спорообразующим бактериям рода *Bacillus* не только в лабораторных условиях, но и в условиях, приближенных к производственным.

На производство заквасок разработан и утвержден комплект технической документации. Срок годности заквасок сухих концентрированных для хлебобулочных изделий – 6 месяцев с момента изготовления при температуре хранения не выше минус 4°C, в том числе 5 суток хранения при нерегулируемой температуре. Закваски могут использоваться при производстве хлебобулочных изделий в качестве средства борьбы с «картофельной болезнью» хлеба на стадии приготовления лабораторной закваски или теста.

Список использованных источников

1. Сидорова, О.А. Биологические способы повышения микробиологической чистоты хлебобулочных изделий / О.А. Сидорова, О.Н. Бердышникова // Хлебопекарное производство. 2011. – №10. – С. 17–21.

Sidorova, O.A. Biologicheskie sposoby povysheniya mikrobiologicheskoj chistoty hlebobulochnyh izdelij [Biological ways of increase of microbiological purity of bakery products] / O.A. Sidorova, O.N. Berdyshnikova // Hlebopekarnoe proizvodstvo 2011. – №10. – S. 17–21.

2. Суюнчева, Б.О. Использование пробиотиков и пребиотиков в хлебопекарной промышленности / Б.О. Суюнчева, П.В. Вавренюк, М.С. Ткачева // Сб. науч. тр. / СевКавГТУ, серия «Продовольствие». – Северо-Кавказский государственный технический университет, 2006. – № 2.

Sujuncheva, B.O. Ispol'zovanie probiotikov i prebiotikov v hlebopekarnoj promyshlennosti [Use of probiotics and prebiotics in the baking industry] / B.O. Sujuncheva, P.V. Vavrenjuk, M.S. Tkacheva // Sb. nauch. tr. / SevKavGTU, serija «Prodovol'stvie». – Severo-Kavkazskij gosudarstvennyj tehnikeskij universitet, 2006. – № 2.

3. Способ производства хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки: пат. RU 2161407: МКИ А21D8/02, А21D8/04 / З.Г. Власова, О.В.Романова, А.Г. Давлетшина, З.А. Салимова; дата публ.: 10.01.2001.

Sposob proizvodstva hleba iz smesi rzhanoj i pshenichnoj muki [Way of production of bread from mix of rye and wheat flour]: pat. RU 2161407: МКИ А21D8/02, А21D8/04 / Z.G. Vlasova, O.V.Romanova, A.G. Davletshina, Z.A. Salimova; data publ.: 10.01.2001.

4. Технологическая инструкция по подбору культур в состав многоштаммовых заквасок и концентратов: утв. РУП «Институт мясо-молочной промышленности» 15.06.2009. – Минск: РУП «Институт мясо-молочной промышленности», 2009.

Tehnologicheskaja instrukcija po podboru kul'tur v sostav mnogoshammovyh zakvasok i koncentratov [The technological instruction for selection of cultures in structure the mnogoshammovykh of ferments and concentrates]: utv. RUP «Institut mjaso-molochnoj promyshlennosti» 15.06.2009. – Minsk: RUP «Institut mjaso-molochnoj promyshlennosti», 2009.

5. Методические указания по проведению санитарно-микробиологического контроля на хлебопекарных предприятиях: утв. Департаментом по хлебопродуктам Министерства сельского хозяйства и продовольствия РБ 02.09.2002. – Минск, 2002.

Metodicheskie ukazaniya po provedeniju sanitarno-mikrobiologicheskogo kontrolja na hlebopekarnyh predpriyatijah [Methodical instructions on carrying out sanitary and microbiological control at the baking enterprises]: utv. Departamentom po hleboproduktam Ministerstva sel'skogo hozjajstva i prodovol'stvija RB 02.09.2002. – Minsk, 2002.

*O. Titova¹, N. Zhabanos¹, N. Furik¹,
E. Poteryayko², I. Sys², N. Lapyonok²*

¹ *Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus*

² *State enterprise "Beltechnohleb", Minsk, Republic of Belarus*

DEVELOPMENT OF PRODUCTION TECHNOLOGY OF DRY CONCENTRATED STARTERS BASED ON MILK ACID BACTERIA FOR BAKED GOODS

Summary

*The article reveals the results of the work on the development of production technology of dry concentrated starters for baked goods on the basis of the research of certain strains of lactic acid bacteria and consortium on the developmental potency in the flour medium and antagonistic activity towards *Bacillus subtilis*, which is a causative microorganism of microbiologic spoiling of bread.*

Keywords: consortium of lactic acid bacteria, production technology of starters for baked goods, dry concentrated starters for baked goods, rope spoilage of bread.