

# Прикладная биохимия и биотехнология

УДК 663.127  
ББК 36.87

## КУЛЬТУРАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ДРОЖЖЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ АСПИРАЦИОННЫХ ОТХОДОВ ЗЕРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

*Р.Р. Зайнутдинов, М.Б. Ребезов*

Полученные результаты подтвердили возможность вторичного использования аспирационных отходов зерноперерабатывающих предприятий для получения биомассы дрожжей. В работе рассматривается возможность переработки аспирационных отходов предприятий, использующих углеводсодержащее сырьё, в дрожжевую массу.

*Ключевые слова:* гидролиз, дрожжи.

Целью исследования являлась разработка технологии перевода аспирационных отходов (пылей) зерновых предприятий во вторичный материальный ресурс в виде биомассы дрожжей [1–3], изучение возможности получения редуцирующих веществ из легко- и трудно-гидролизуемых углеводов аспирационной пыли и получение питательных сред для культивирования дрожжей [4].

Культуральные свойства дрожжей устанавливаются по особенностям роста на питательных средах. На жидких питательных средах отмечают характер распределения культуры в жидкости (равномерное, вызываемое помутнение среды, придонное или поверхностное), обусловленный отношением микроорганизмов к кислороду воздуха. Дрожжевая микрофлора развивается на поверхности, так как дрожжевые организмы относятся к аэробам, поэтому ферментаторы культивирования дрожжей всегда снабжены аэроционными системами (барботером).

Выращивание дрожжей проводили на лабораторном ферментаторе, который представляет собой закрытый сосуд с мешалкой и барботером для насыщения среды воздухом, ферментер снабжен отбойником, обеспечивающим наиболее полную гомогенизацию среды.

Для рашения дрожжевой массы необходимо рассчитать массу мелассы, необходимую для культивирования дрожжей, массу засеваемого материала и т. д.

Лабораторный ферментатор рассчитан на 500,0 г культуральной среды или мелассы,

рассчитаем ожидаемое количество  $D$ , г, по формуле

$$D = \frac{M \cdot B \cdot C}{100 \cdot 46}; \quad (1)$$

где  $M$  – количество натуральной мелассы, г; 46 – содержание сахаров в условной мелассе, %;  $B$  – выход дрожжей, %;  $C$  – содержание редуцирующих веществ в натуральной мелассе.

Выполним расчет с учетом того, что содержание редуцирующих веществ в средах 2 %, т. е. их привели путем разбавления к этому значению:

$$D = \frac{500 \text{ г} \cdot 80 \% \cdot 2 \%}{100 \cdot 46} = 17,39 \text{ г}.$$

Зная значение массы дрожжей, которое будет культивировано, рассчитаем массу засева по формуле:

$$P = \lg A - \mu \cdot t / 2,3, \quad (2)$$

где  $A$  – содержание дрожжей в конце цикла, г;  $P$  – начальное содержание дрожжей (засев), кг;  $\mu$  – удельная скорость роста,  $\text{ч}^{-1}$ ;  $t$  – длительность процесса, ч; 7 часов длительность цикла.

Удельная скорость для полноценной среды должна находиться в интервале от 0,15 до 0,16.

Рассчитаем величину засева:

$$P = \lg 17,39 - 0,16 \cdot 7 / 2,3 = 0,7531 \text{ г}.$$

Рассчитанную массу дрожжей засекали в полученные среды и наблюдали прирост биомассы нефелометрическим методом. Строим калибровочный график зависимости между величиной светорассеяния и концентрацией

дрожжей. В логарифмической фазе роста дрожжей в различных средах наблюдали прирост биомассы и удельную скорость роста, результаты сведены в табл. 1.

Удельная скорость роста вычисляется по формуле:

$$\mu = \frac{\ln m_2/m_1}{t}, \quad (3)$$

где  $m_2$  – масса дрожжей после ферментации, в логарифмической фазе культивирования, г;  $m_1$  – масса дрожжей до наступления логарифмической фазы, г;  $t$  – время ферментации, ч.

Зная величину засева и удельную скорость роста для каждой среды, рассчитаем массу дрожжей в лабораторном ферментаторе в конце семичасового цикла. Полученные расчетные показатели подтверждаются прак-

тическими результатами (табл. 2).

Рассчитаем выход дрожжевой массы из суспензии, полученной на основе белой, серой, черной аспирационной пыли зерноперерабатывающих предприятий:

$$\eta = \frac{(m_1 - m_2) \cdot k \cdot 100\%}{m}, \quad (4)$$

где  $\eta$  – выход дрожжей в % на 1 г аспирационной пыли;  $m$  – масса аспирационной пыли, г;  $m_1$  – практическая масса дрожжей полученная лабораторным путем;  $m_2$  – масса засевного материала, г;  $k$  – коэффициент разбавления среды.

Результаты расчетов сводим в табл. 3.

Массу дрожжей, полученную из одной тонны пыли, получают путем умножения выхода на одну тонну аспирационной пыли зер-

**Таблица 1**  
**Определение удельной скорости роста дрожжей для различных сред полученных путем гидролиза**

Гидролизная среда	Логарифмическая фаза		$\mu, \text{ч}^{-1}$
	Масса в момент		
	начала ферментации, г	конца ферментации, г	
Из суспензии белой пыли посредством 1 % серной кислоты	1,234	1,462	0,17
Из суспензии белой пыли посредством 3 % серной кислоты	2,345	2,835	0,19
Из суспензий белой пыли посредством 5 % серной кислоты	3,745	4,307	0,14
На основе серой пыли посредством 1 % серной кислоты	2,346	2,725	0,15
На основе серой пыли посредством 3 % серной кислоты	1,224	1,436	0,16
На основе черной пыли посредством 3 % серной кислоты	1,119	1,300	0,15

**Таблица 2**  
**Масса дрожжей, которая образуется в конце семичасового цикла ферментации (без учета лаг-фазы), в лабораторном ферментаторе**

Среда для культивирования дрожжей	Удельная скорость роста	Засев дрожжей, г	Масса дрожжей в конце культивирования	
			расчетная	экспериментальная
Из суспензии белой пыли посредством 1 % серной кислоты	0,17	0,7531	18,64	17,94
Из суспензии белой пыли посредством 3 % серной кислоты	0,19		21,44	19,38
Из суспензий белой пыли посредством 5 % серной кислоты	0,14		15,10	16,45
На основе серой пыли посредством 1 % серной кислоты	0,15		16,20	14,28
На основе серой пыли посредством 3 % серной кислоты	0,16		17,37	17,28
На основе черной пыли посредством 3 % серной кислоты	0,15		16,20	15,39

Таблица 3

Выход дрожжей в зависимости от состава среды

Среда	Выход дрожжей, %	Масса дрожжей на 1 т аспирационной пыли
Из суспензии белой пыли посредством 1 % серной кислоты	68,76	687,6
Из суспензии белой пыли посредством 3 % серной кислоты	91,28	912,8
Из суспензий белой пыли посредством 5 % серной кислоты	83,43	834,3
На основе серой пыли посредством 1 % серной кислоты	33,82	338,2
На основе серой пыли посредством 3 % серной кислоты	41,32	413,2
На основе черной пыли посредством 3 % серной кислоты	36,60	366,0

ноперерабатывающих предприятий.

Результаты, представленные в табл. 3, подтверждают эффективность процессов ферментации дрожжей на основе аспирационных пылей.

Эксперименты проводились на примере штаммов дрожжей (СК-4-1; Л-2-3.2; Д-3-4.1) (табл. 4).

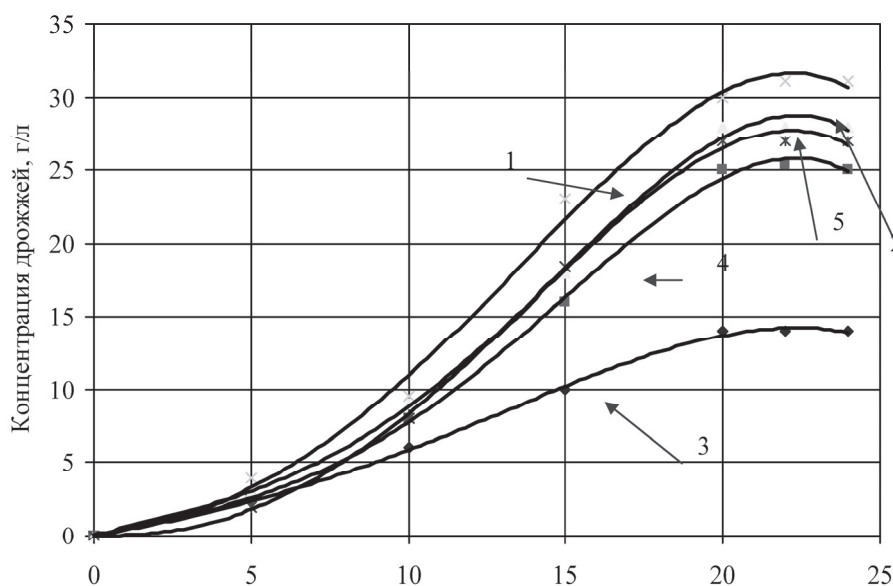
Процессы протекали по 24 часовому циклу, представленному на рисунке.

Таким образом, наибольший выход дрожжей составил при использовании 3 % серной кислоты при гидролизе белой аспира-

ционной пыли. Среда, полученная на основе черной пыли, дает наименьший выход дрожжей, что связано с ее высокой зольностью.

#### Литература

1. Химический состав аспирационных пылей зерноперерабатывающих и хлебопекарных предприятий / Р.Р. Зайнутдинов, М.Б. Ребезов, В.В. Верхотуров, Ф.Е. Трацковская // Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания: в 3 т. Том III: Качество. Экономика. Образование: сб. матер. III Всерос.



Процессы накопления биомассы дрожжей (штамм Ск-4-1) в результате ферментации из различных видов аспирационной пыли: 1 – концентрация дрожжей при ферментации на гидролизатах белой аспирационной пыли, 2 – серой, 3 – черной, 4 – смешанного типа пыли, 5 – контрольный опыт

Таблица 4  
Выходы дрожжей при использовании различных видов сред и штаммов дрожжей

Используемая среда, подготовленная на основе	Штаммы дрожжей	Выход биомассы дрожжей в процессе 24 часовой ферментации на основе питательной среды											
		из белой аспирационной пыли			из серой аспирационной пыли			из черной аспирационной пыли			из смешанной аспирационной пыли (1:1:1)		
		X, мг/АСВ на мл	S (РВ), мг/мл	Y <sub>x/s</sub> , %	X, мг/АСВ на мл	S (РВ), мг/мл	Y <sub>x/s</sub> , %	X, мг/АСВ на мл	S (РВ), мг/мл	Y <sub>x/s</sub> , %	X, мг/АСВ на мл	S (РВ), мг/мл	Y <sub>x/s</sub> , %
1 % раствора кислоты	СК-4-1	2,0	5,1	38,9	1,9	5,3	35,9	1,1	7,7	14,2	2,4	8,5	28,4
	Л-2-3.2	2,1	6,8	31,0	2,2	7,3	30,0	1,2	9,2	13,1	2,3	8,4	27,5
	Д-3-4.1	1,9	6,5	29,1	1,3	5,4	24,1	1,2	11,8	10,1	3,0	8,9	33,4
3 % раствора кислоты	СК-4-1	3,4	7,7	43,8	3,4	8,3	40,8	1,5	8,2	18,1	3,1	7,9	39,2
	Л-2-3.2	3,1	7,7	40,1	3,1	9,6	32,1	0,7	4,1	17,0	2,1	5,5	38,2
	Д-3-4.1	4,1	10,7	38,1	2,9	9,6	30,1	0,8	5,5	14,5	1,9	5,9	32,2
5 % раствора кислоты	СК-4-1	1,7	4,8	35,1	2,0	6,0	33,1	0,9	6,4	14,1	1,7	5,8	29,2
	Л-2-3.2	1,6	4,8	33,4	1,8	5,7	31,4	0,2	1,9	10,1	1,6	6,8	23,4
	Д-3-4.1	1,5	4,9	30,1	1,7	6,0	28,1	0,1	1,1	9,2	1,5	7,0	21,4

научн.-практ. конф. с междунар. участием, г. Челябинск, 11 декабря 2009 г. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2010. – С. 287–290.

2. Зайнутдинов, Р.Р. Кислотный гидролиз полисахаридов аспирационной пыли зерноперерабатывающих предприятий / Р.Р. Зайнутдинов, М.Б. Ребезов, Н.Н. Максимюк // Современная наука: теория и практика: эл. научн. журнал ф-ла ГОУ ВПО «Байкальский гос. университет экономики и права» в г. Якутск. – Эл. свид. о рег. СМИ Эл. № ФС77-42519 от 01.11.2010. – Якутск : БГУЭП, 2010. – Т. 1. – № 1. – С. 108–117.

3. Мальгина, Т.М. Альтернативные источники белка, получаемые на основе реакции гидролиза из углеводов отходов зерновых культур / Т.М. Мальгина, Р.Р. Зайнутдинов, Ю.И. Габзалилова и др. // Экономика и бизнес. Взгляд молодых: матер. междунар. заочной научн.-практ. конф. молодых ученых, 3 декабря 2012 г. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2012. – С. 257.

4. Способ получения хлебопекарных дрожжей / М.Б. Ребезов, Р.Р. Зайнутдинов, Н.Н. Максимюк и др. // Патент на изобретение РФ № 2466183 от 10.11.2012. Приоритет изобретения 20.12.2010.

**Зайнутдинов Рамиль Равильевич.** Преподаватель, ГАОУ СПО «Колледж сервиса г. Оренбурга». Область научных интересов – биотехнология. Телефон: (8-351) 267-99-65; e-mail: pbio@ya.ru

**Ребезов Максим Борисович.** Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Прикладная биотехнологий» Института экономики, торговли и технологий, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск). Область научных интересов – биотехнология; технология и товароведение пищевых продуктов и функционального и специализированного назначения. Телефон: (8-351) 267-99-65; e-mail: rebezov@ya.ru

---

## CULTURAL PROPERTIES OF YEAST DERIVED FROM ASPIRATING WASTE GRAIN PROCESSING ENTERPRISES

*R.R. Zajnutdinov, M.B. Rebezov*

The results confirm the possibility of recycling aspirating waste of grain processing enterprises to produce biomass of yeast. The paper considers the possibility of aspirating waste processing of enterprises into yeast mass using carbohydrate raw materials.

*Keywords: hydrolysis, yeast.*

**Zajnutdinov Ramil Ravilevich**, lecturer, State Autonomous Educational Institution of Secondary Vocational Education “College of Services”, Orenburg. Research interests: biotechnology. Tel: (8-351)267-99-65; email: pbio@ya.ru

**Rebezov Maxim Borisovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, head of Applied Biotechnology Department of the Institute of Economy, Trade and Technology, South Ural State University, Chelyabinsk. Research interests: biotechnology; technology and merchandizing of food goods of a functional and specialized purpose. Tel: (8-351) 267-99-65; e-mail: rebezov@ya.ru

*Поступила в редакцию 22 октября 2013 г.*