

# ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕЛАССНОГО ПИТАТЕЛЬНОГО СУСЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОЗОНА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ДРОЖЖЕЙ

Т.П.Троцкая, докт. техн. наук, А.А. Литвинчук, ведущий инженер (РУП «БелНИИ пищевых продуктов»)

Основным сырьём дрожжевого производства, в основу которого положена биотехнология, является свежесловинная меласса. Она представляет собой отходы сахарного производства – густую вязкую непрозрачную жидкость с содержанием сухих веществ – не менее 75% и массовой долей суммы сбраживаемых сахаров – не менее 44% [1]. Из-за большой концентрации сахаров микроорганизмы в неразбавленной мелассе находятся в состоянии, близком к анабиотическому. Являясь основным компонентом питательной среды для роста дрожжевых клеток, меласса служит одним из источников её микробной обсеменённости. Основным источником вторичной контаминации мелассного питательного сусли является производственное оборудование. Посторонняя микрофлора создает неблагоприятные условия для роста и размножения дрожжевых клеток, что влияет, в первую очередь, на выход дрожжей по отношению к мелассе, а также на их качественные показатели и сохранность.

При обеззараживании мелассы возможно применение различных способов: физических – тепловая обработка, ультрафиолетовое излучение, ультразвуковая обработка, радиация; химических – хлорная известь, антибиотики, кислоты и т.д. Однако эти способы являются энергоресурсоёмкими, что снижает экономическую эффективность производства дрожжей. Кроме того, применение различного рода хлорсодержащих химикатов и антибиотиков приводит к загрязнению готового продукта и отходов производства побочными продуктами, обладающими более высокой токсичностью по сравнению с исходными.

В мировой практике озон применяется в различных областях народного хозяйства. Наиболее широко он используется в химии и химической технологии, а также при очистке питьевой и сточных вод, в качестве дезинфектанта в медицине и различных отраслях пищевой промышленности и сельского хозяйства [2,3]. Озон обладает широким спектром антимикробного действия, проявляет спороцидный (в 300 раз сильнее, чем при хлорировании) и вирулицидный эффекты. Не выявлено озоностойчивых штаммов микроорганизмов.

Нами проведены лабораторные исследования, разработана технология обеззараживания мелассного

питательного сусли, подобрано и разработано соответствующее аппаратное обеспечение для реализации данной технологии на ОАО «Дрожжевой комбинат».

В процессе исследований обеззараживания мелассного питательного сусли рассматривались следующие варианты применения озона:

- озонирование приготовленного мелассного сусли в заторных чанах методом барботирования;
- озонирование мелассы в потоке во время её подачи в заторный чан;
- озонирование воды, которая используется для приготовления мелассного сусли;
- комплексная обработка мелассы, воды и чана.

Сложность обработки мелассы заключается в её повышенной вязкости. При её обработке озono-воздушной смесью массообменные процессы протекают довольно медленно, и озон используется неэффективно. Для обработки мелассного питательного сусли барботированием необходимо подавать озono-воздушную смесь на дно чана и производить её распределение с помощью аэраторов. При проведении анализа данного способа обработки мелассного сусли выяснились его следующие недостатки: повышенное пенообразование; необходимость использования довольно мощного компрессора (производительность около 1,8 м<sup>3</sup> в минуту и потребляемая мощность порядка 11 кВт) с системой осушения и охлаждения воздуха, т.к. температура и влажность воздуха значительно влияют на производительность озонаторной установки.

Поскольку одним из основных компонентов мелассного питательного сусли, кроме самой мелассы, является вода (до 50%), то она может служить посредником между озono-воздушной смесью и мелассой. Гетерогенный процесс озонирования воды включает две стадии – физическую абсорбцию и химические реакции. Скорость химических реакций находится под значительным влиянием величины рН. С повышением значений рН скорость распада озона в воде резко увеличивается [4]. Таким образом, вода после озонирования некоторое время сохраняет часть абсорбированного озона. Если данной водой, непосредственно после озонирования проводить разбавление мелассы, то озон расходуется на реакции не только с водой, но и с мелассой. Кроме

того, результатом химических реакций озона с водой являются промежуточные продукты, отрицательно влияющие на микрофлору.

Для исследования в лабораторных условиях влияния озono-воздушной смеси на физико-химические и микробиологические показатели мелассного питательного суслу и воды для его приготовления разработана и изготовлена лабораторная установка (рис. 1).

Озоно-воздушная смесь, генерируемая озонатором 1, при помощи аспиратора 7 просасывается через обрабатываемую жидкость, находящуюся в ёмкости 3. Для осу-

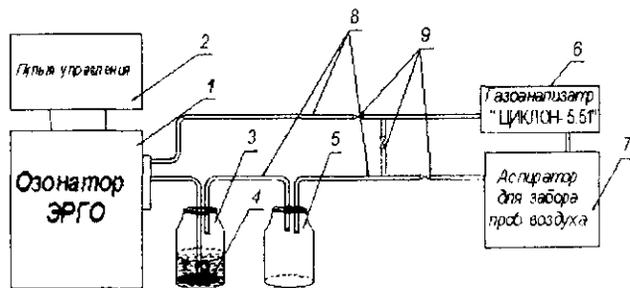


Рис. 1. Лабораторная установка:

1 - озонатор, 2 - пульт управления, 3 - ёмкость для озонирования, 4 - аэратор, 5 - ёмкость для сбора пены, 6 - газоанализатор «ЦИКЛОН-5.51», 7 - аспиратор (модель ОП-824ТЦ), 8 - системы воздухопроводов, 9 - краны

ществления более полного её контакта с обрабатываемой жидкостью в сосуде на конце трубки, через которую подается озono-воздушная смесь (ОВС), установлен аэратор 4, изготовленный с применением технологии порошковой металлургии. При выполнении экспериментов по обработке мелассного питательного суслу, имеющего высокую степень пенообразования, возникает необходимость использовать ёмкость 5 в качестве пеносборника. При помощи аспиратора производится регулировка расхода ОВС, пропускаемой через жидкость. Концентрация озона в ОВС определяется при помощи газоанализатора 6. Регулировка концентрации озона на выходе из озонатора осуществляется изменением силы тока, поступающего на блок электродов, посредством изменения положения регулятора мощности на пульте управления озонатора 2.

Система воздухопроводов позволяет производить попеременный контроль концентрации озона, поступающего в жидкость и выходящего из неё (непрореагировавшего в слое жидкости).

Исходная меласса отбиралась на ОАО «Дрожжевой комбинат» из промежуточных емкостей хранения.

Влияние озono-воздушной смеси на качественные показатели мелассного питательного суслу изучалось при двух различных способах воздействия озона:

- 1) озонировали мелассное питательное суслу методом барботирования;
- 2) озонировали воду и сразу после озонирования проводили разведение мелассы данной водой в соотношении 1:1 по массе.

Контролем служило мелассное питательное суслу, обработанное хлорной известью.

Определялись основные качественные показатели образцов озонированного мелассного суслу после различных видов обработки: рН - потенциометрическим методом, сухие вещества - рефрактометрическим, содержание сахара - сахарометрическим методами.

Обеззараживающее действие озона изучали методом микробиологических анализов, оценку эффективности обеззараживания проводили методом прямого подсчета колоний микроорганизмов, выросших на мясо-пептонном агаре. Для определения степени обеззараживания воды озono-воздушной смесью в пробах необработанной и озонированной воды определяли общее количество микроорганизмов по ГОСТ 10444.15-94. Влияние обработки озono-воздушной смесью мелассного суслу на рост (прирост биомассы) производственных дрожжей оценивали по показателю оптической плотности по окончании культивирования дрожжей в обработанном сусле [5].

В процессе выполнения работы были исследованы режимы, предусматривающие обработку мелассы озono-воздушной смесью при расходе 5 л/мин и концентрации озона в смеси 51,5 мг/м<sup>3</sup>. Продолжительность обработки варьировали в пределах 30-120 мин. На первом этапе работ было исследовано влияние доз озона на качественные показатели мелассного питательного суслу с содержанием сухих веществ 38-40%.

Было установлено, что обработка суслу озono-воздушной смесью в указанных режимах практически не оказывала воздействия на характеристики мелассы, такие как активная кислотность (рН), содержание сухих веществ и сахара (рис. 2).

Высокая степень дезинфекции отмечалась при

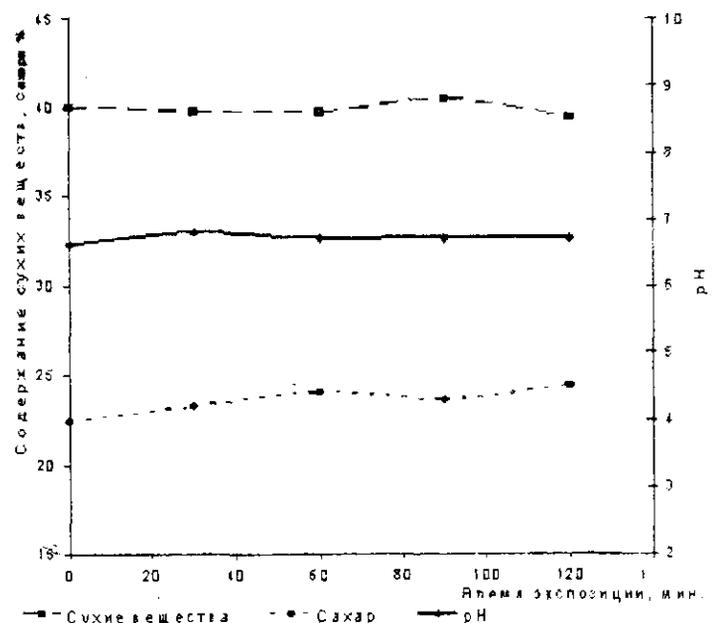


Рис. 2. Влияние озono-воздушной обработки методом барботирования на качественные показатели мелассы

обработке мелассы озонированной водой, идущей на ее разведение для приготовления питательного сусла (табл. 1). По данным таблицы, видно, что озонирование воды приводит к уменьшению обсемененности ее в 10 раз. Общая микробная обсемененность питательной среды значительно снизилась с  $8,3 \times 10^4$  до  $9 \times 10^2$ , т.е. бактерицидный эффект при данном способе обработки составил 98,8% от исходной микробной обсемененности мелассы.

Исходя из данных исследований (рис. 2 и табл. 1) озонирование, в изученных диапазонах, не ухудшает физико-химические показатели мелассного питательного сусла, при этом значительно снижая микробную загрязненность.

Для реализации на производстве разработанного в лабораторных условиях способа обеззараживания мелассного питательного сусла на основе использования озонированной воды был решен ряд технологических и инженерных задач:

- проанализирован технологический процесс приготовления мелассного питательного сусла в условиях дрожжевого производства;
- определены основные технические требования к реактору по озонированию воды;
- проведен анализ существующих реакторов и определен наиболее приемлемый для осуществления данного технологического процесса;
- рассчитан и изготовлен реактор эжекционного типа;
- подобрано аппаратное обеспечение и изготовлена на его основе опытно-промышленная установка;
- произведены сравнительные промышленные испытания приготовления мелассного питательного сусла по существующей и разработанной технологиям.

Для проведения производственных испытаний предлагаемой технологии обеззараживания мелассного питательного сусла озонированной водой на ОАО «Дрожжевой комбинат» была смонтирована опытно-производственная установка (рис. 3).

Установка смонтирована на основе заторного чана 1, в котором производится приготовление мелассного питательного сусла по существующей технологии. Для проведения локального озонирования воды непосредственно перед её подачей в заторный чан эжектор 5 разместили в верхней части заторного чана с целью уменьшения времени до контакта озонированной воды и мелассы. Генератор озона 7 и его пульт управления 6 размещались на площадке возле заторных чанов. Для удаления остаточного (непрореагировавшего) озона за пределы рабочей зоны к заторному чану присоединена труба 3.

При помощи эжектора производили озонирование воды в потоке, при её подаче в заторные чаны. Озонированный воздух от озонатора до эжектора подавался по гофрированному шлангу из искусственной кожи. К соплу эжектора была подведена

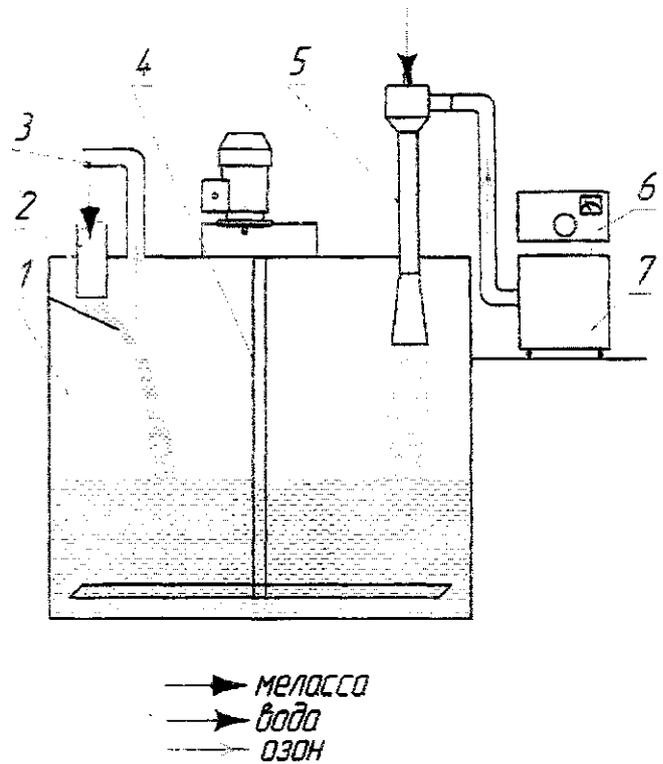


Рис. 3. Принципиальная схема производственной установки для обеззараживания мелассного питательного сусла на ОАО «Дрожжевой комбинат»:

1 - заторный чан, 2 - труба для подачи мелассы, 3 - труба для отвода остаточного (не прореагировавшего) озона из заторного чана, 4 - мешалка для перемешивания мелассного сусла, 5 - эжектор, 6 - пульт управления генератора и озона, 7 - генератор озона ЭРГО  
вода из системы водоснабжения завода.

Обрабатываемая вода подавалась в чан через эжектор с одновременной подачей в эжектор озонированного воздуха, где происходило их смешивание. Обработка подаваемой мелассы осуществлялась вследствие перемешивания с озонированной водой и при её контакте во время подачи в чан. При этом вода обрабатывается озоном в количестве 0,8-1,2 г озона на 1 м<sup>3</sup> воды.

Доказана эффективность обеззараживания озоном мелассного сусла посредством озонированной воды. По полученным данным, приготовленное таким образом питательное сусло было менее инфицировано, в сравнении с суслом, приготовленным по традиционной технологии. Результаты сравнительных микробиологических анализов мелассного питательного сусла, приготовленного с использованием озона (опыт) и по традиционной технологии (контроль), показали, что количество молочнокислых бактерий в опытном образце ниже по сравнению с контролем на 91,4%, лейкостока - на 96%, диких дрожжей - на 86%. Гнилостные бактерии и плесневые грибы не обнаружены [6].

Полученные прессованные дрожжи на озонированном мелассном сусле по показателям качества

**1. Эффективность обеззараживания мелассного питательного суслу с применением озонированной воды**

1	Образец	Кол-во озона	Время обработки	КМАиФАиМ, КОЕ/мл			Эффект обеззараживания, %
				1 Повт.	2 Повт.	Средн. значен.	
2	3	4	5	6	7	8	
1.	Вода неозонированная	-	-	$1 \times 10^2$	$9 \times 10$	$1 \times 10^2$	-
2.	Вода озонированная	0,62	2	10	10	10	99,9
3.	Вода озонированная	37,5	20	8	10	9,5	99,9
4.	Мелассное суслу на необработанной воде	-	-	$8 \times 10^4$	$86 \times 10^4$	$8,3 \times 10^4$	-
5.	Мелассное суслу на воде (см.п.2)	0,62	2	$8 \times 10^2$	$1 \times 10^3$	$9 \times 10^2$	98,9

соответствовали требованиям ГОСТ 171-81.

Таким образом, применение озонирования при приготовлении питательных сред дрожжевого производства позволяет производить их обеззараживание на 86-96% эффективнее хлорирования. Замена хлорирования озонированием даёт возможность исключить применение хлорной извести. Внедрение данной технологии на ОАО «Дрожжевой комбинат» при годовом плане производства 18000 тонн дрожжей позволяет экономить 50400 тонн хлорной извести, что по ценам на январь 2006 г. составляет 45,76 млн. руб.

### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 30561-98 «Меласса свекловичная».
2. Определить эффективность бактериальной деkontаминации воздушной среды и предметов обстановки в лабораторных условиях и в условиях лечебно-профилактических учреждений с помощью

озонатора ЭРГО: Отчет о НИР/Белорусский институт усовершенствования врачей. Рук. работы М.И. Римжа, регистрационный номер 19993164 в ГКНТ Республики Беларусь. – Минск, 1999.

3. Кривошишин И.Г. Озон в промышленном птицеводстве. – М., 1988.

4. Кожинов В.Ф., Кожинов И.В. Озонирование воды. – М., 1974.

5. Влияние озоно-воздушной обработки на качественные показатели мелассы и рост дрожжей. / Материалы международной научно-практической конференции (2-4 октября 2002 г.) «Новые технологии в пищевой промышленности».

6. Разработка проекта стерилизации мелассы на основе использования озона: Отчет о НИР/РУП «БелНИИ пищевых продуктов». Рук. работы Т.П. Трощая. Государственный реестр НИОКР № 20023022. – Минск, 2003. 109с.

## Редакция журнала «Агропанорама»

приглашает к сотрудничеству представителей академической, вузовской, отраслевой науки и производства.

Надеемся, что ваши докторанты, аспиранты, соискатели и магистранты станут подписчиками нашего издания и авторами статей.

Рассмотрим предложения по выпуску специальных номеров журнала «Агропанорама».

Телефоны редакции: 267-22-14; 267-30-12.