

Повышение эффективности производства спирта за счет проведения нескольких технологических стадий в одном аппарате.

2. Проведение механико-ферментативной обработки зернового сырья в КСИБА

Ибрагимов Т.С., Баракова Н.В., Чеботарь А.В., Новоселов А.Г. tib.eng@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

Рассматриваются пути интенсификации промышленного производства спирта. Предложено проводить процессы водно-тепловой обработки и брожения в одном аппарате. Дается описание его конструкции.

Ключевые слова: спиртовое производство, водно-тепловая обработка, КСИБА.

Создание высокоэкономичного спиртового производства во многом зависит от эффективности применяемых технологических схем подготовки крахмалсодержащего сырья к сбраживанию, а также от его современного машинно-аппаратурного оснащения, реализующего эти процессы. Одним из направлений повышения эффективности спиртового производства является последовательное проведение процессов водно-тепловой и ферментативной обработки зернового сырья, а также проведения процесса брожения в одном аппарате при высоких концентрациях сбраживаемых сахаров в сусле [1]. Успешное решение этой задачи позволит существенно снизить капитальные затраты на создание нового производства и эксплуатационные затраты на единицу готовой продукции. В работе [2] нами было предложено использовать для выше обозначенной цели конструкцию кожухотрубного струйно-инжекционного бродильного аппарата (КСИБА), которая, с технической точки зрения, позволяет реализовать все вышеперечисленные технологические стадии с достаточно высокой степенью эффективности.

Аппарат обладает высокими массообменными и теплообменными характеристиками, что позволяет, при необходимости, эффективно проводить в нем нагрев и охлаждение водно-зерновой суспензии, ферментативную обработку крахмалсодержащего сырья, активацию и подрачивание засевных микробиологических культур и проведение процесса брожения. Рабочий объем аппарата не содержит в себе внутренних поверхностей сложной конфигурации, что значительно облегчает его промывку и пропаривание. Перевод аппарата в тот

или иной режим работы не требует его переоснастки и осуществляется лишь переключением соответствующих коммуникаций при помощи запорной арматуры.

Основной задачей данных исследований являлась проверка возможности проведения водно-тепловой и ферментативной обработки зерновой суспензии в КСИБА и получение предварительных результатов для оценки эффективности проведения этого процесса. Основной проблемой, которую предстояло решить, являлась проблема резкого повышения вязкости водно-зерновой суспензии в процессе нагрева до температур клейстеризации крахмала, которая могла сказаться на работоспособности исследуемого аппарата и эффективности проведения заданного процесса.

Исследования проводились на экспериментальной установке, представленной на рис. 1.

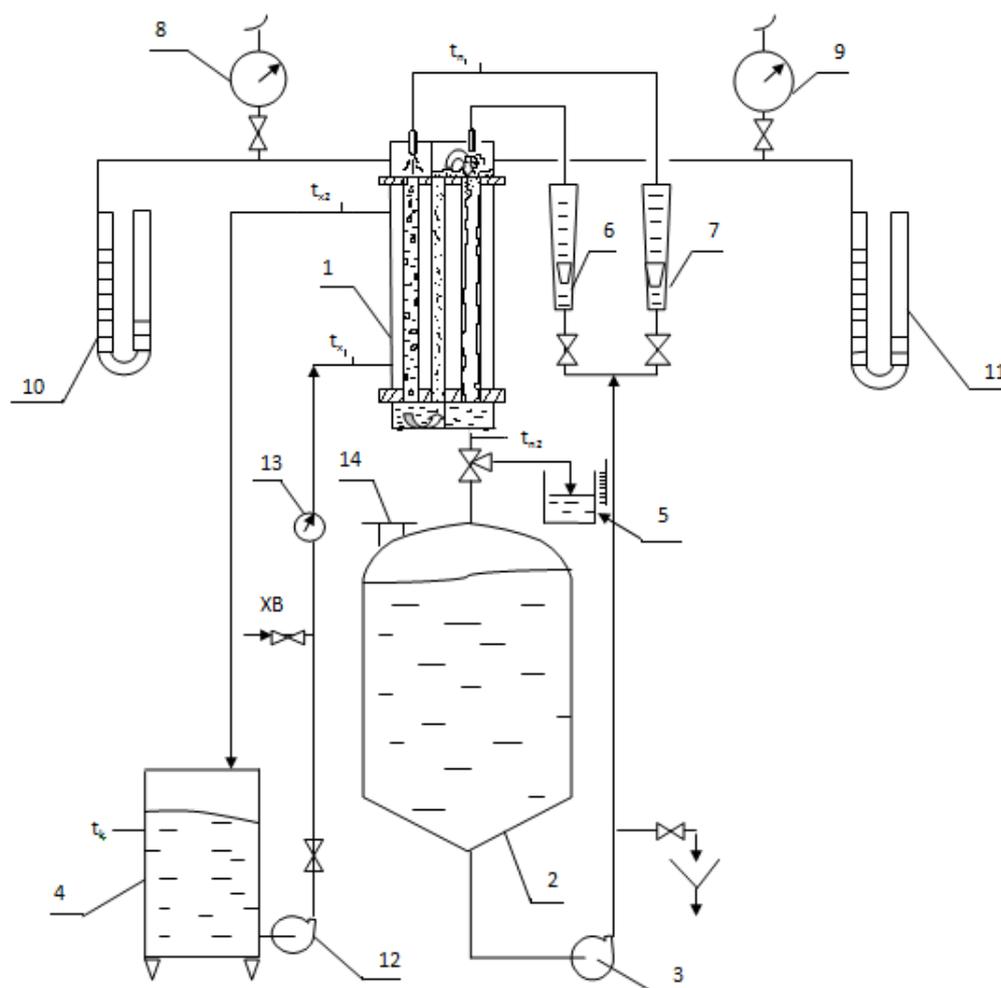


Рис.1 Схема экспериментальной установки для проведения процессов водно-тепловой и ферментативной обработки зерновой суспензии в КСИБА

Экспериментальная установка состояла из модели кожухотрубного струйно-инжекционного аппарата (КСИА) 1, емкости-накопителя, (Е-Н) 2, циркуляционного насоса 3, водяного бака с электроподогревом 4, устройства для измерения расхода суспензии объемным способом 5, жидкостных ротаметров 6 и 7, газовых объемных счетчиков 8 и 9, дифференциальных жидкостных манометров 10 и 11, циркуляционного насоса на линии подачи теплоносителя 12, объемного счетчика для измерения расхода тепло- или хладоносителя 13, датчиков температуры t_k , t_{x1} , t_{x2} , t_{n1} , t_{n2} . Все аппараты, насосы, коммуникации и запорная арматура были выполнены из нержавеющей стали. КСИА и Е-Н имели термоизоляционные рубашки для исключения потерь тепла в атмосферу.

В качестве крахмалосодержащего сырья использовалось зерно ячменя, которое было измельчено до 1 мм (100 % проход через сито 1 мм). Исходное содержание крахмала в зерне составляло 50,1 %.

Из данного зернового сырья была приготовлена суспензия из расчета 1 кг сырья на 4 кг воды (гидромодуль 1:4). Количество вносимого в аппарат зернового сырья выполнялось из расчета 20 литров воды, т.е. общий вес водно-зерновой суспензии в наших экспериментах составлял 25 кг.

Эксперимент проводился следующим образом. В аппарат через патрубок 14 подавалась водно-зерновая суспензия в требуемом объеме. Включался насос 3, электроподогрев и осуществлялся нагрев суспензии до 50 °С в циркуляционном режиме. Затем вносили разжижающий фермент α -амилазу из расчета 1 едАС/гр. Крахмала и фермент целлюлолитического действия XL (0,5 едКС/гр. крахмала). После внесения ферментов суспензию циркулировали через аппарат в течение 30 мин. при температуре 50 °С для равномерного распределения внесенных ферментов по всему объему суспензии.

Затем температура суспензии повышалась до 70-75 °С и выдерживалась в течение 1.5 часов при этой температуре, после чего температура суспензии вновь повышалась до 85 °С и выдерживалась в течении 1 часа. После выдержки полученное сусло охлаждалось до 60 °С, вносили в него глюкамилазу, из расчета 6.5 едГС/гр. крахмала, и выдерживали при непрерывной циркуляции сусла через аппарат, в течение 1 часа.

После проведения процесса осахаривания сусло охлаждалось до 25 °С, и было подготовлено для сбраживания.

В процессе проведения эксперимента контролировались: температуры t_k , t_{x1} , t_{x2} , t_{n1} , t_{n2} , объемные расходы тепло- или хладоносителя и суспензии, концентрация сухих растворенных веществ, динамическая вязкость суспензии.

Результаты проведенного эксперимента показали, что проведение водно-тепловой и ферментативной обработки зернового сырья в КСИБА дает вполне обнадеживающие результаты. В частности, продолжительность всего процесса, с момента загрузки аппарата водой ($t=10\text{ }^{\circ}\text{C}$) до окончания охлаждения осахаренного сусла, составила 7 часов. График температурных изменений работы аппарата во времени показан, для большей наглядности, на рисунке 2.



Рис. 2 Изменение температуры сусла в рабочем объеме КСИБА в процессе водно-тепловой и ферментативной обработки крахмалсодержащего сырья.

I-нагрев воды, II- составление затора, III- нагрев до $75\text{ }^{\circ}\text{C}$, IV- выдержка, V- нагрев до $85\text{ }^{\circ}\text{C}$, VI- выдержка, VII – охлаждение сусла до $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, VIII – осахаривание, IX – охлаждение сусла до $25\text{ }^{\circ}\text{C}$

Изменение концентрации сухих веществ в сусле в процессе водно-тепловой обработки с применением амилолитических и целлюлолитических ферментов, в указанных выше дозировках, представлено на рис.3.



Рис. 3 Изменение концентрации растворенных сухих веществ в рабочем объеме КСИБА в процессе водно-тепловой и ферментативной обработки крахмалсодержащего сырья.

Из графика видно, что рост концентрации растворенных сухих веществ практически прекращается после третьего часа водно-тепловой обработки. Таким образом, если исключить время, затраченное на прогрев аппарата с водой, которое, в соответствии с рис.1, составило 1 час 15 минут, то процесс экстракции водорастворимых веществ из измельченного зерна завершился за 2 часа.

В процессе эксперимента проводилась оценка величины коэффициента динамической вязкости суслу μ . Изменение вязкости суслу во многом связано с изменением структурно-механических свойств суспензии, и, в первую очередь, с трансформацией молекулярной решетки крахмальных зерен, состоящих из двух полисахаридов – амилозы и амилопектина. На начальной стадии, при низких температурах, измельченные частицы крахмала, имеющие вязко-упругую структур, образуют при гидратации классическую суспензию (твердая частица – жидкость). Вязкость суспензии определяется количеством частиц, их размерами и формой, а также температурой воды. При повышении температуры свыше 50°C начинается клейстеризация крахмала, которая проявляется в набухании крахмальных зерен (увеличении их размеров) и потере прочностных свойств присущих частицам твердой фазы. Классическая суспензия постепенно превращается в гелевый раствор с определенными физическими свойствами. При этом резко возрастает вязкость суслу, которая при движении суслу в трубах КСИБА может существенно повысить энергетические затраты, связанные с работой аппарата.

Для снижения вязкости обычно применяют либо химическое, либо ферментативное воздействие на полисахариды крахмала. В нашем случае, для снижения вязкостных свойств суслу при его водно-тепловой обработке применялся амилолитический фермент α -амилаза Дистицим БА-Т special с активностью 950 едАС/мл.

Измерение вязкостных свойств суспензии проводилось на вискозиметре ViscoBasic + при числе оборотов ротора 100 об/мин. Результаты этих измерений представлены на рис. 4



Рис.4 Изменение коэффициента динамической вязкости суслу в процессе проведения его водно-тепловой обработки

Проведенные исследования позволили получить вполне обнадеживающие результаты и дальнейшие работы будут направлены на изучение работы КСИБА при более низких значениях гидромодуля.

Список литературы

1. Устинов Б.А., Пыхова С.В., Громов С.И., Карайчев С.И. Производство спирта с использованием механико-ферментативной обработки зерна. ВНИИТЭИАгропром, 1989, серия 24, вып.4.-32 с.
2. Баракова Н.В., Ибрагимов Т.С, Начетова М.А., Новоселов А.Г.. Повышение эффективности производства спирта за счет проведения нескольких технологических стадий в одном аппарате 1. Кожухотрубный струйно-инжекционный бродильный аппарат (КСИБА): Электронный научный журнал «Процессы и аппараты пищевых производств»/ ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий,- Электронный журнал - Санкт-Петербург: СПбГУНиПТ, 2010.- №2.- сентябрь 2010.»

Improving the efficiency of alcohol production by carrying out several process steps in one unit.

2. Making of mechanics and enzymatic processing of grain raw material in KSIBA

Ibragimov T.S, Barakova N.V, Chebotar A.V, Novoselov A.G tib.eng @ mail.ru

St. Petersburg State University of Refrigeration and Food Technologies

The ways of intensification of alcohol production. Suggested to carry out the processes of gran by water, heat and ferments in a single unit.

Description of the construction.

Key words: alcohol production, water and heat treatment KSIBA