

*Ибрагимов Тимур Сафарович, аспирант кафедры процессов и аппаратов пищевых производств факультета пищевой инженерии и автоматизации Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий, e-mail: [tim.eng@mail.ru](mailto:tim.eng@mail.ru);*

*Чеботарь Анастасия Викторовна, аспирант кафедры процессов и аппаратов пищевых производств факультета пищевой инженерии и автоматизации Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий, e-mail: [strategiay@mail.ru](mailto:strategiay@mail.ru);*

*Новоселов Александр Геннадиевич, доктор технических наук, профессор кафедры процессов и аппаратов пищевых производств факультета пищевой инженерии и автоматизации Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий, e-mail: [dekrosh@mail.ru](mailto:dekrosh@mail.ru).*

**ПРОВЕДЕНИЕ ВОДНО-ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ, ОСАХАРИВАНИЯ И  
СБРАЖИВАНИЯ ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННОГО СУСЛА В КСИБА  
С ПРИМЕНЕНИЕМ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СХЕМЫ РАЗВАРИВАНИЯ**

(рецензирована)

*Представлены результаты проведения водно-тепловой обработки, осахаривания и сбраживания крахмалсодержащего сырья в КСИБА. Изучены реологические характеристики водно-зерновых суспензий.*

*Ключевые слова: КСИБА, водно-тепловая обработка, вязкость, спирт.*

*Ibragimov Timur Safarovich, post graduate student of the Department of Processes and Machines of Food Production of the Faculty of Food Engineering and Automation, St. Petersburg State University of Refrigeration and Food Technology, e-mail: [tim.eng@mail.ru](mailto:tim.eng@mail.ru);*

*Chebatar Anastasia Viktorovna, post graduate student of the Department of Processes and Machines of Food Production of the Faculty of Food Engineering and Automation, St. Petersburg State University of Refrigeration and Food Technology, e-mail: [strategiay@mail.ru](mailto:strategiay@mail.ru);*

*Novoselov Alexander Gennadievich, Doctor of Technical Sciences, professor of the Department of The Processes and Machines of Food Production of the Faculty of Food Production Technology, St. Petersburg State University of Low-temperature and Food Technologies, e-mail: [dekrosh@mail.ru](mailto:dekrosh@mail.ru).*

**CONDUCTING OF WATER-HEAT TREATMENT, SACCHARIFICATION  
AND COFERMENTATION OF HIGHLY CONCENTRATED WORT  
IN JJIA WITH LOW - TEMPERATURE COOKING SCHEME**

(reviewed)

*The results of water-heat treatment, saccharification and fermentation of raw materials in JJIA have been presented. The rheological characteristics of water suspensions of grain have been studied.*

*Keywords: JJIA, water and heat treatment, viscosity, alcohol.*

Создание высокоэкономичного спиртового производства во многом зависит от эффективности технологических схем механико-ферментативной обработки крахмалсодержащего сырья и брожения, а также от современного машинно-аппаратурного оснащения, реализующих эти процессы.

В данной статье нами рассмотрена принципиальная возможность проведения процесса водно-тепловой обработки, осахаривания и сбраживания высококонцентрированного зернового замеса из ячменя в кожухотрубном струйно-инжекционном бродильном аппарате (КСИБА) по низкотемпературной схеме разваривания. Температурный режим работы аппарата изображен на рис. 1

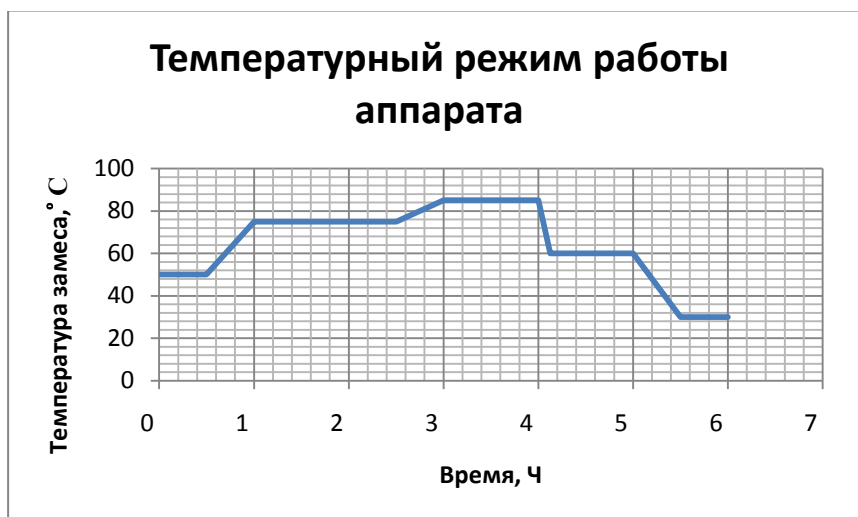


Рис.1. Режим работы аппарата при проведении ВТО и осахаривания крахмалсодержащего сырья

Низкотемпературная схема разваривания зернового сырья предполагает ведение процесса водно-тепловой обработки при температурах ниже 100 °С и атмосферном давлении, в то время как стандартная технологическая схема производства спирта предусматривает ведение процесса при температуре 130-140 °С и избыточном давлении 2-3 атм [1].

Основной задачей данных исследований являлась разработка такого аппарата, который позволял бы проводить сразу несколько технологических стадий производства этилового спирта: водно-тепловую обработку крахмалсодержащего сырья, ферментный гидролиз, а также, процесс сбраживания высококонцентрированного сусла.

На сегодняшний день для осуществления вышеуказанных технологических процессов требуется оборудование, разработанное под каждый из перечисленных процессов. К такому оборудованию предъявляются особые требования, т.к. этого требуют высокие температуры и избыточное давление.

Создание аппарата, позволяющего проводить в нем сразу несколько технологических стадий, а также, разработка современной технологии ведения процесса водно-тепловой обработки при температурах ниже 100 °С, помогли бы решить ряд задач:

- сократить потребление энергии (электроэнергия, пар, топливо)
- избавиться от оборудования, работающего под избыточным давлением
- сократить потребление воды на охлаждение и парообразование
- снизить себестоимость готовой продукции
- увеличить темпы производства

Конструкция КСИБА, а также, технологический процесс производства этилового спирта в КСИБА подробно описаны в работе [2].

Под высококонцентрированным суслом понимается водно-зерновой замес, приготовленный из ячменя тонкого помола (100 % проход через сито 1 мм) и воды в соотношении 1:2,5.

Однако, одним из существенных проблем проведения стадии водно-тепловой обработки высококонцентрированного зернового замеса является резкое увеличение вязкости водно-зерновой суспензии, которое происходит в диапазоне температур 55-75 °С (рис. 2). Это связано с тем, что двухфазная смесь (вода-зерновые частицы) изменяет свои структурно-механические свойства в виду начала процесса клейстеризации крахмала.

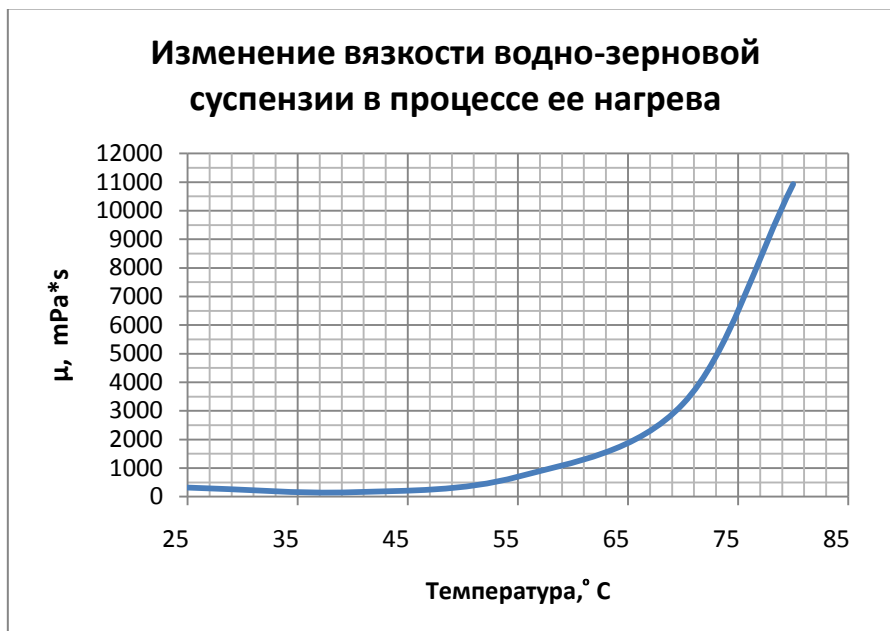


Рис. 2. Изменение вязкости водно-зерновой суспензии в процессе ее нагрева с 25 °С до 85 °С

В целях снижения вязкости суспензии применялись амилолитические ферментные препараты Дистицим БА-Т (2 едАС/гр крахм.) и Дистицим XL (1 едКС/гр. крахм.). Характер изменения вязкости в процессе ВТО и осахаривания показан на рис. 3.



Рис. 3. Изменение коэффициента динамической вязкости  $\mu$  зернового замеса из ячменя с гидромодулем 1:2.5 в процессе водно-тепловой обработки в КСИБА (окружная скорость сдвига 100 об/мин)

Одним из основных показателей эффективности работы аппарата при проведении процесса ВТО является изменение растворимых сухих веществ (%) во времени (рис.4).



Рис. 4. Изменение концентрации растворимых сухих веществ в сусле во времени

Сбраживание полученного в КСИБА суслу производилось в этом же аппарате путем незначительных манипуляций с запорной арматурой, позволяющей стравливать избыточное давление  $\text{CO}_2$ .

Ряд проведенных экспериментов показал, что максимальное объемное содержание спирта в бражке достигается уже через 96 часов брожения (рис.5).

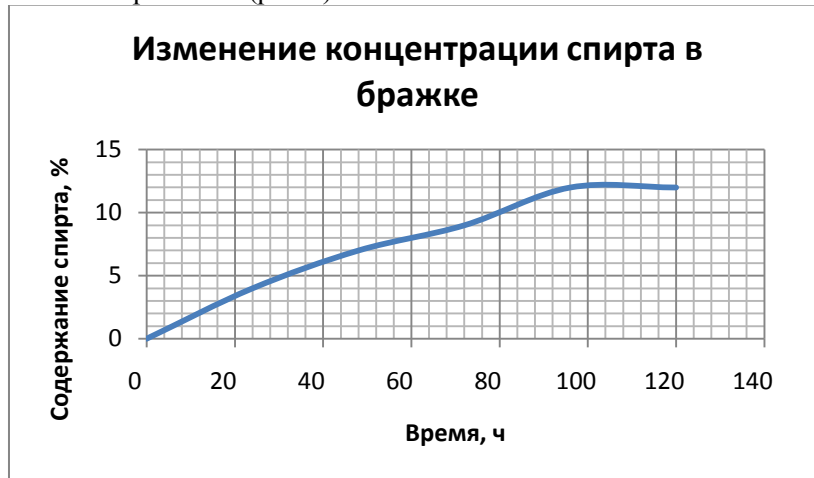


Рис.5. Изменение спиртосодержания в бражке при получении и сбраживании высококонцентрированного суслу в КСИБА

Таким образом, проведенные эксперименты в кожухотрубном струйно-инжекционном аппарате подтвердили теорию о возможности проведения основных трех технологических стадий производства спирта в одном аппарате без снижения основных технологических показателей.

#### Литература:

1. Производство спирта с использованием механико-ферментативной обработки сырья / Устинников Б.А. [и др.]. М.: АгроНИИТЭИПП, 1989. Серия 24, вып.4. С. 32 .
2. 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. [и др.] // Процессы и аппараты пищевых производств: электрон. науч. журн. 2011. № 1(март). С.1-6. URL: <http://processes.open-mechanics.com/>

#### References:

1. Spirit production using enzyme-mechanical processing of raw material. Ustinnikov B.A. [and oth.] M.: RSRITEI Agroprom. 1989. Series 24, iss.4. 32 p.
2. Improving the efficiency of spirit production by carrying out several processing steps into one device. 2. Conducting of mechanic and enzymatic processing of raw grain in JJA/ Ibragimov T.S. [and oth.] Processes and equipment for food industries: electronic scientific journal. 2011. №1. March. P.1-6. URL: <http://processes.open-mechanics.com/>