

## **Исследование влияния режимов экструзионной обработки зернового сырья на технологические показатели производства спирта**

**М. А. НАЧЕТОВА, Н. В. БАРАКОВА, Е. В. СЛОЖЕНИКИН**  
[nachetova@gmail.com](mailto:nachetova@gmail.com)

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет ИТМО  
Институт холода и биотехнологий  
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9*

*Под влиянием экструзионной обработки зернового сырья увеличивается растворимость и облегчается ферментативная атакуемость крахмала, что дает возможность получения осахаренного сусла с высокими качественными показателями. Проведено исследование влияния режимов экструзионной обработки зернового сырья на технологические показатели производства спирта.*

*Ключевые слова:* спирт, экструзия, пшеница.

---

## **Research of grain raw materials extrusion mode effect on technological parameters of ethanol production**

**M. A. NACHETOVA, N. V. BARAKOVA, E.V. SLOGENIKIN**

*National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics  
Institute of Refrigeration and Biotechnologies  
191002, St. Petersburg, Lomonosov str., 9*

*Grain raw material extrusion increases its starch solubility and facilitates enzyme attack on starch. That makes possible to get saccharificated wort with better technological characteristics. Influence of grain raw material extrusion mode on technological parameters of ethanol production was studied.*

*Keywords:* ethanol, extrusion, wheat.

---

Важным технологическим показателем для проведения процесса приготовления зернового замеса и его водно-тепловой обработки является степень и однородность помола зерна, определяющие температуру и продолжительность водно-тепловой обработки замеса.

Тонкий и однородный помол обеспечивается разрушением структуры зерна. Для этого могут использоваться различные способы: измельчение сырья на измельчительных машинах с получением помола разной степени дисперсности, обработка сырья волнами различной природы (ультразвук), а также экструзия сырья.

Экструзия - процесс, совмещающий термо-, гидро- и механохимическую обработку сырья с целью получения продуктов с новой структурой и свойствами.

Наиболее важным в структуре экструдированного продукта является состояние крахмала, который теряет свою естественную кристалличность в

результате молекулярной деградации. Поэтому под влиянием экструзионной обработки увеличивается растворимость и облегчается ферментативная атакуемость крахмала [1].

При экструзионной обработке зернового сырья происходит денатурация белка, в результате чего в осахаренном сусле увеличивается количество пептидов и свободных аминокислот, которые используются дрожжами при сбраживании в качестве азотсодержащего питания.

Наряду с крахмалом и белком происходит диспергирование и других высокомолекулярных веществ, в том числе некрахмалистых полисахаридов (целлюлозы и др.) до низкомолекулярных углеводов (глюкозы), что повышает количество сбраживаемых веществ и, как следствие, увеличивает количество получаемого спирта.

В результате тонкого измельчения сырья увеличивается реакционная поверхность контакта частичек зерна, все компоненты сырья становятся более доступными воздействию тепла, воды, ферментных препаратов.

Таким образом, механохимическая деструкция высокомолекулярных соединений дает возможность получения сусла с высокими качественными показателями: с большим количеством сбраживаемых веществ (мальтоза и глюкозы) и меньшим количеством декстринов, что позволит увеличить выход спирта и уменьшить время сбраживания осахаренного сусла [2].

Ключевую роль в формировании функциональных свойств зерновых экструдатов, определяющих степень их биотехнологической конверсии, играют режимы термомеханического процесса экструзии.

Целью данного исследования было изучение влияния режимов экструзионной обработки зернового сырья на технологические показатели производства спирта.

Объектами исследования служила пшеница, обработанная на экструзионной установке при температурах 110 °С, 150 °С, 190 °С. В качестве контрольного образца использовали помол пшеницы с проходом через сито с отверстиями диаметром 1 мм 85 %.

Физико-химические показатели объектов исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Физико-химические показатели объектов исследования**

Характеристика образцов	Физико-химические показатели	
	Крахмалистость, %	Влажность, %
Помол пшеницы	55,4	12,0
Экструдированная пшеница $t_{\text{экструзии}} = 110 \text{ }^{\circ}\text{C}$	56,3	11,9
Экструдированная пшеница $t_{\text{экструзии}} = 150 \text{ }^{\circ}\text{C}$	56,3	7,2
Экструдированная пшеница $t_{\text{экструзии}} = 190 \text{ }^{\circ}\text{C}$	59,7	6,6

Для оценки влияния режимов экструзионной обработки сырья на качественные показатели осахаренного суслу готовили замесы образцов с гидромодулем 1:2,5. Выбор гидромодуля 1:2,5 объясняется тем, что уменьшение гидромодуля замеса является перспективным направлением интенсификации спиртового производства, так как позволяет сократить расход электроэнергии, поскольку на нагрев 1 кг зерна необходимо лишь третья часть энергии, требуемой на нагрев 1 кг воды [2].

Водно-тепловую обработку замесов исследуемых образцов проводили по механико-ферментативной схеме при температуре 60 °С в течение 3 ч. Для получения высококонцентрированного суслу применяли ферментные препараты целлюлолитического (Дистицим XL), разжижающего (Дистицим БА-Т Специал). Осахаривание суслу проводили ферментным препаратом Дистицим АГ в течение 30 минут после накопления в замесах максимального количества сухих веществ.

Наращение сухих веществ в замесах в процессе водно-тепловой обработки (ВТО) представлено на рис. 1.

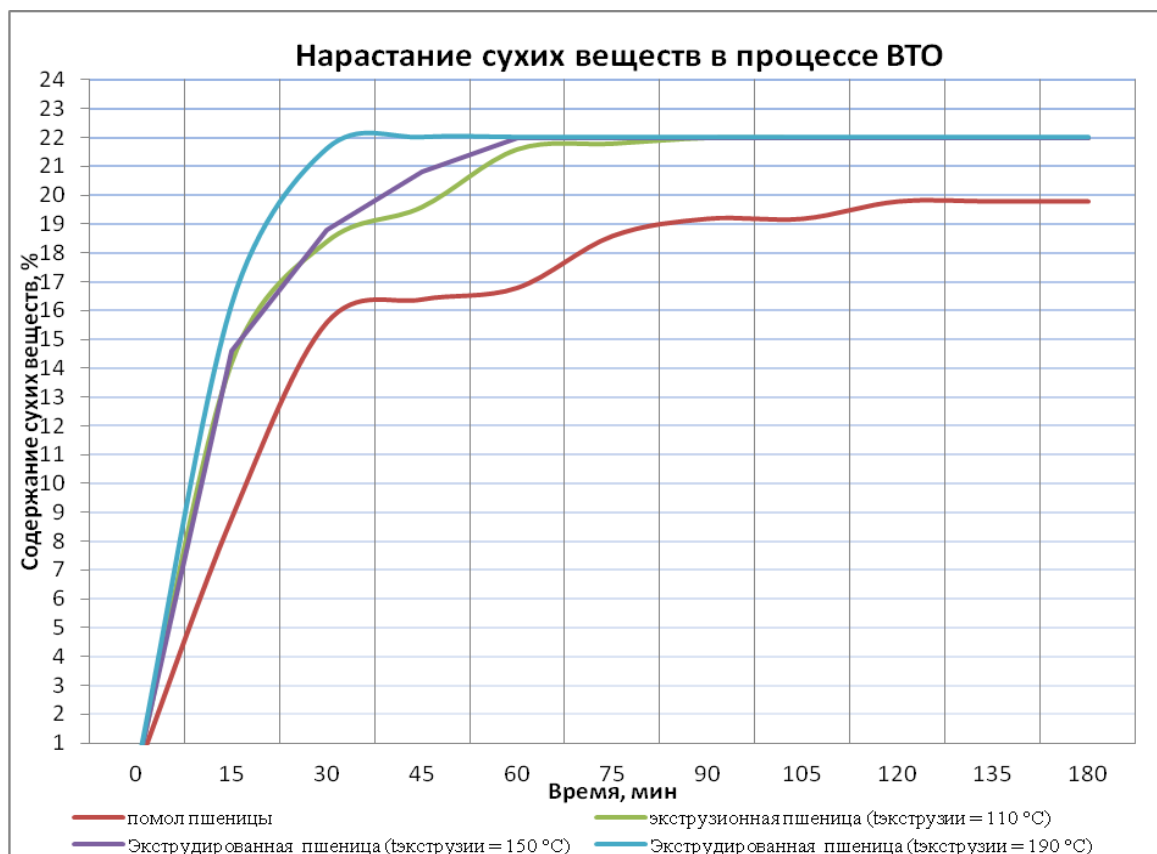


Рис. 1. График нарастания сухих веществ в замесах в процессе ВТО

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что повышение температуры экструзионной обработки пшеницы, способствуют сокращению времени накопления сухих веществ в замесе. Использование пшеницы, обработанной на экструзионной установке при 190 °С позволяет получить максимальный выход сухих веществ (22 %) за 45 минут, в то время

как при использовании пшеницы, проэкструдированной при температуре 110 °С и 150 °С для этого требуется 60-90 мин.

Оценку образцов полученного сусла проводили по содержанию сухих веществ, растворимых углеводов и  $\alpha$ -аминого азота

Технологические параметры осахаренного сусла представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Технологические показатели осахаренного сусла**

№	Степень деструкции сырья	Время ВТО, мин	Показатели осахаренного сусла		
			Содержания сухих веществ, %	$\alpha$ -аминый азот, г/100см <sup>3</sup>	C <sub>су</sub> , г/100см <sup>3</sup>
1	Помол пшеницы	120	19,8	9,2	14,24
2	Экструдированная пшеница t <sub>экструзии</sub> = 110 °С	90	22,0	12,2	20,23
3	Экструдированная пшеница t <sub>экструзии</sub> = 150 °С	60	22,0	12,2	20,32
4	Экструдированная пшеница t <sub>экструзии</sub> = 190 °С	45	22,0	12,8	20,54

Как видно из таблицы 2, максимальное количество растворенных сухих веществ, максимальное количество растворимых углеводов и  $\alpha$ -аминого азота содержится в образце, полученном из пшеницы, обработанной на экструдере при температуре 190 °С. Таким образом, при одном и том же виде сырья, при одинаковых режимах приготовления сусла и одинаковой дозе внесения ферментных препаратов повышение температуры экструзии дает возможность получения сусла с более высокими качественными показателями.

Для сбраживания полученных образцов были подготовлены дрожжевые разводки из активированных сухих дрожжей фирмы Fermiol. Брожение проводили при температуре 30 °С.

Технологические показатели зрелой бражки представлены в таблице 3.

По результатам экспериментальных данных, представленных в таблице 3, можно сделать вывод, что повышение температуры экструзионной обработки зерна улучшает его технологические свойства, так как в образце бражки, полученной из пшеницы, проэкструдированной при 190 °С, обнаружено минимальное количество нерастворенного крахмала, что говорит о более высокой степени растворения крахмала по сравнению с другими образцами. За счет более полного использования крахмала сырья и более высокого содержания свободного аминного азота, который способствует повышению бродильной активности дрожжей, в последнем образце выход спирта выше, чем в трех других.

## Технологические показатели зрелой бражки

№	Степень деструкции сырья	Количество углеводов			Крепость бражки, % об.
		Соб, г/100см <sup>3</sup>	Сру, г/100см <sup>3</sup>	Снк, г/100см <sup>3</sup>	
1	Помол пшеницы	0,912	0,446	0,420	8,6
	Экструдированная пшеница $t_{\text{экструзии}} = 110 \text{ }^{\circ}\text{C}$	0,553	0,284	0,242	11,6
	Экструдированная пшеница $t_{\text{экструзии}} = 150 \text{ }^{\circ}\text{C}$	0,560	0,293	0,231	11,6
2	Экструдированная пшеница $t_{\text{экструзии}} = 190 \text{ }^{\circ}\text{C}$	0,452	0,234	0,196	12,2

Использование экструдированной пшеницы при температуре 190 °С дает возможность более эффективно провести растворение компонентов сырья и получить сусло с более высоким содержанием растворимых сухих веществ, меньшим количеством нерастворенного крахмала, что дает возможность увеличить выход спирта.

## Список литературы

1. Технология экструзионных продуктов / А.Н. Остриков, Г.О. Магомедов, Н.М. Дерканосова, В.Н. Васиенко, О.В. Абрамов, К.В. Платов. – СПб: Проспект Науки, 2007. 202 с.
2. Йенсер Э., Андерсен Э., Чечнев Р., Кадиева А. Снижение вязкости при сбраживании сусла высокой концентрации // Производство спирта и ликероводочных изделий. 2007. № 4. С. 23-26.