

УДК 664.727.085

СНИЖЕНИЕ ВРЕМЕНИ И ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КОРМОВОЙ ПАТОКИ ИЗ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ

С. К. Волончук, кандидат технических наук
И. В. Науменко, кандидат сельскохозяйственных наук
А. И. Резепин, научный сотрудник

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН
E-mail: volonchuk 2015@yandex.ru

Ключевые слова: пшеница, ферментативный гидролиз, фермент, инфракрасное излучение, де-струкция, энергозатраты, фактор.

Реферат. Результаты исследований свидетельствуют о повышении эффективности ферментативного гидролиза зерна пшеницы, подвергнутого инфракрасному облучению при производстве кормовой патоки. Установлено, что в 2 раза снижается продолжительность ферментативного гидролиза зерна до значимых концентраций сахаров в кормовой патоке и на 40 % уменьшаются энергетические затраты, а концентрация сахаров увеличивается в конце процесса на 4,0 % по сравнению с существующими технологиями.

REDUCING TIME AND ENERGY CONSUMPTION IN THE PRODUCTION OF FODDER FROM MOLASSES WHEAT

S. K. Bolonchuk, candidate of technical Sciences
I. V. Naumenko, candidate of agricultural Sciences
A. I. Retain, researcher

Siberian Federal scientific center of agrobiotechnologies RAS

Key words: wheat, enzymatic hydrolysis, enzyme, infrared radiation, destruction, energy consumption, factor.

Abstract. The results of the studies indicate an increase in the efficiency of enzymatic hydrolysis of wheat grain subjected to infrared irradiation in the production of feed molasses. It was found that the duration of enzymatic hydrolysis of grain to significant concentrations of sugars in feed molasses is reduced by 2 times and energy costs are reduced by 40 %, and the concentration of sugars increases at the end of the process by 4.0 % compared to existing technologies.

В любом технологическом процессе производства какой-либо продукции важнейшими показателями являются энергоёмкость и продолжительность. Анализ работ, посвященных преобразованию зерна пшеницы в кормовую патоку путем ферментативного гидролиза (ФГ), показал, что в этом направлении имеются резервы. В публикациях [1, 2] приводятся результаты исследований по получению зерновых патоков для животноводства. Процесс длительный и, соответственно, энергозатратный. Результаты исследований, приведенные в работе [3], показывают, что при инфракрасной обработке зерна слоем 7–10 мм перед гидролизом в 1,5–1,7 раза сокращается длительность процесса получения патоки. Но при этом обнаружилось, что часть зерна в нижних слоях не подвергается ИК-облучению. Обработка зерна при облучении его в толщиной в один слой зерновки приводит к тому, что значительно сокращается продолжительность обработки – со 180 до 60–70 с, уменьшаются энергозатраты – на 0,4 кВт·ч/кг зерна, увеличивается степень декстринизации крахмала зерна с 27–30 до 62–66 мг глюкозы на 1 г сухого вещества [4].

Целью исследования является дальнейшее изучение возможности снижения времени и энергозатрат при производстве кормовой патоки.

Исследовался процесс ферментативного гидролиза пшеничного зерна, подвергнутого ИК-обработке, с максимальной степенью декстринизации, в воде, с использованием мультиэнзимных ферментов МЭК-1, МЭК-2.

Влияние ИК-обработанного зерна на параметры получения кормовой патоки определяли на установке роторно-импульсного типа (рис. 1). Роторно-импульсные аппараты относятся к гидромеханическим преобразователям механической энергии в акустическую и тепловую энергию.

Последовательность процесса ферментативного гидролиза следующая. В ёмкость рециркуляции, заполненную необходимым количеством воды (7,0 л), равномерно подается ИК-облученное зерно в количестве 3,0 кг и подвергается обработке, проходя многократно через рабочие органы РПА. Контролируемые параметры: температура среды, частота вращения ротора дезинтегратора. Соотношение вода: зерно (гидро модуль) 2,3:1,0 установлено на основании ранее проведенных нами исследований. Данную смесь далее гидролизуют в присутствии ферментов (МЭК-1 и МЭК-2) и через определенные временные промежутки отбирают пробы реакционной среды объемом 100 мл и анализируют на содержание общего количества сахаров. Для изучения эффективности данного процесса в качестве функции отклика выбираются значения выхода сахаров в зависимости от продолжительности гидролиза.

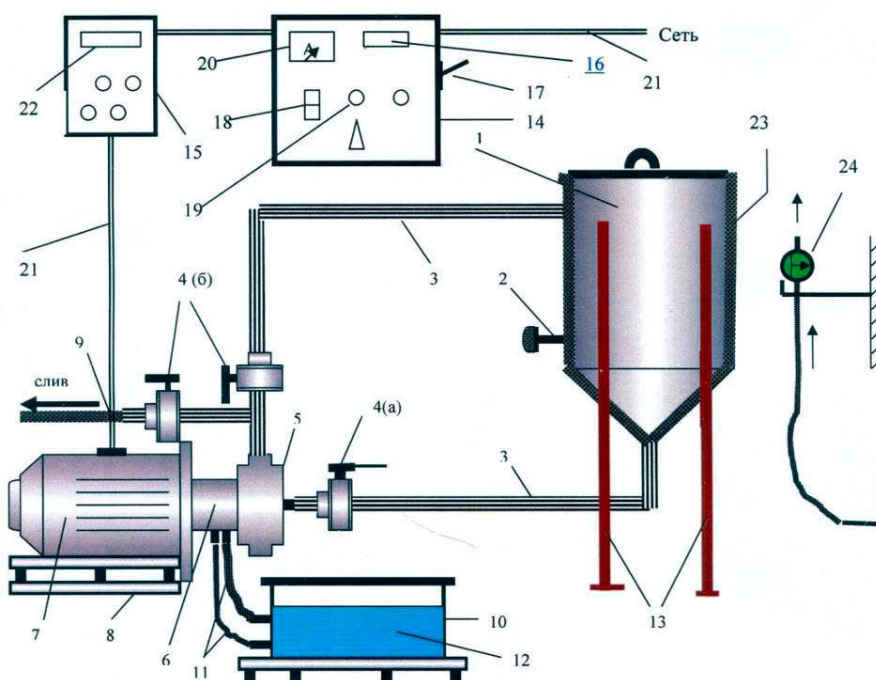


Рис. 1. Принципиальная схема гидродинамической установки с кавитационной ячейкой:

1 – емкость рециркуляции со съемной крышкой; 2 – датчик температуры; 3 – продуктопровод; 4 (а, б) – затворы; 5 – кавитационная ячейка; 6 – охлаждаемый сальниковый узел; 7 – электродвигатель; 8 – рама-компенсатор вибраций; 9 – канал для слива готовой продукции или слив в канализацию; 10 – модуль охлаждения сальникового узла; 11 – водоподводящие шланги; 12 – вода; 13 – стойки ёмкости рециркуляции; 14 – щит управления двигателем; 15 – частотный преобразователь HYUNDAI N700 E; 16 – цифровой индикатор температуры; 17 – вводный выключатель; 18 – кнопки «Пуск» и «Стоп»; 19 – кнопка аварийного отключения; 20 – амперметр-индикатор питания двигателя; 21 – подводящий кабель электропитания; 22 – индикатор скорости вращения двигателя; 23 – теплоизоляция (вспененный фольгированный полиэтилен); 24 – расходомер воды и шланг подвода воды

В процессе ферментативного гидролиза синхронно с заборами проб производят мониторинг энергозатрат (соответствующих данному времени биоконверсии). Содержание общего сахара определяется согласно ГОСТ 26176–91 [2].

Результаты опытной проверки режимов получения патоки кормовой представлены в таблице.

Экспериментальные данные по ферментативному гидролизу необлученного и ИК-облученного зерна пшеницы

Вариант	Номер образца	Продолжительность обработки (t), мин	Энергозатраты, кВт · ч	Концентрация общего сахара, %
Без облучения	1	60	2,4	3,08 ± 0,68
	2	120	4,3	9,62 ± 1,20
	3	180	5,5	13,41 ± 1,51
	4	240	6,7	15,66 ± 1,79
	5	300	7,9	16,94 ± 1,69
	6	360	9,2	17,32 ± 1,82
Облученное	7	60	2,0	8,57 ± 1,12
	8	120	4,1	12,38 ± 1,42
	9	180	5,5	17,86 ± 1,86
	10	240	6,9	18,44 ± 1,91
	11	300	8,1	20,62 ± 2,08
	12	360	9,3	21,42 ± 2,15

Анализ полученных данных по биоконверсии необлученного и ИК-облученного зерна в патоку показал, что уже на начальной стадии клейстеризации-желатинизации наблюдаются различия по количеству общих сахаров в реакционной смеси, когда разница в выходе глюкозы достигает 5,49 % (образцы № 1 и № 7). Это, вероятно, вызвано тем, что ИК-облучение приводит к существенной потере кристалличности крахмальных гранул, т.е. к их аморфизации, что уже на стадии клейстеризации вызывает повышение количества общего сахара в реакционной массе.

После внесения ферментов на стадиях разжижения и осахаривания количество общего сахара в реакционной смеси в ИК-облученных образцах превалирует над необлученным зерном, нарастая по мере протекания процесса биоконверсии зернового крахмала. Причем разница в содержании углеводов нарастает по мере прохождения процесса ферментативного гидролиза (рис. 2). Вероятно, это вызвано тем, что молекулы амилозы и амилопектина в результате физических воздействий, а именно ИК-облучения, подверглись предварительной декстринизации, что облегчает прохождение ферментативного гидролиза.

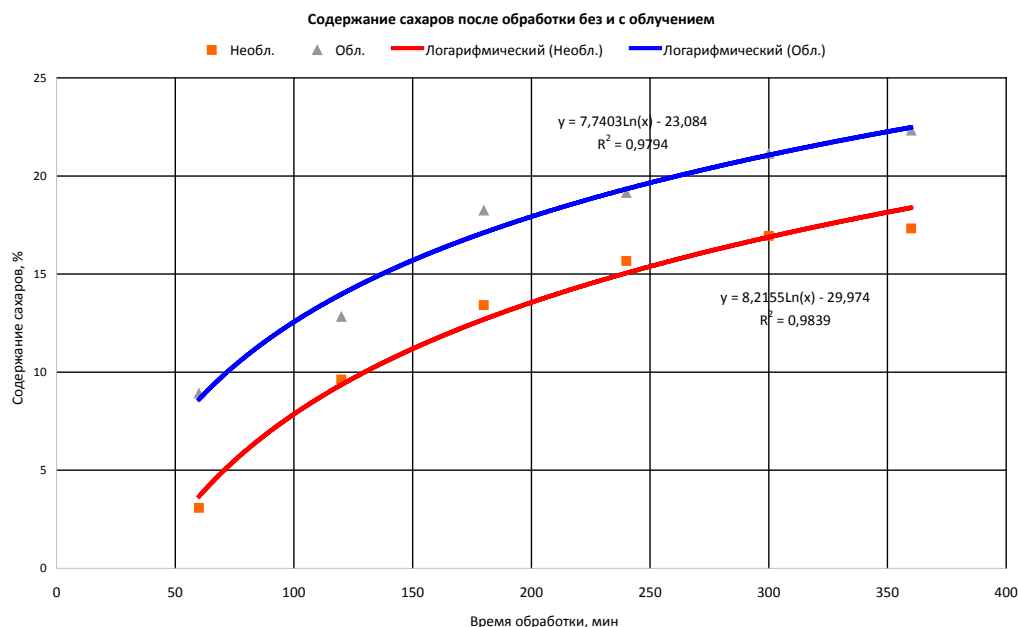


Рис. 2. Динамика содержания углеводов в реакционной смеси при ферментативной конверсии необлученного (Y_0) и ИК-облученного (Y_1) зерна пшеницы

В результате математической обработки экспериментальных данных с использованием аппроксимации методом наименьших квадратов получены уравнения, описывающие динамику процесса ферментативного гидролиза облученного и необлученного зерна пшеницы:

$$Y_0 = 8,2155 \ln(t) - 29,974; R^2 = 0,9839; \quad (1)$$

$$Y_1 = 7,7403 \ln(t) - 23,084; R^2 = 0,9794, \quad (2)$$

где Y_0 – зависимость выхода сахаров от продолжительности обработки для необлученного зерна;

Y_1 – зависимость выхода сахаров от времени обработки для облученного зерна.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при биоконверсии ИК-облученного зерна снижается с 360 до 180 мин продолжительность ферментативного гидролиза зерна до значимых концентраций углеводов в кормовой патоке и на 40 % уменьшаются энергетические затраты, при этом концентрация сахаров увеличивается в конце процесса на 4,0 % по сравнению с существующими технологиями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аксенов В. В. Комплексная переработка растительного крахмалосодержащего сырья в России // Вестн. КрасГАУ. – 2007. – № 5. – С. 213–218.
2. Нанокобиотехнология производства зерновых паток для животноводства: метод. рекомендации / К. Я. Мотовилов, О. К. Мотовилов, В. В. Аксенов В. В. [и др.]. – Новосибирск, 2015. – 60 с.
3. Совершенствование способа получения кормовой патоки из ИК облученного зерна пшеницы / С. К. Волончук, В. В. Аксенов, С. А. Дубкова, А. И. Резепин// Успехи современного естествознания. – 2015. – № 12. – С. 9–12.
4. Совершенствование технологии подготовки зерна пшеницы перед скармливанием животным / С. К. Волончук, В. В. Аксенов, И. В. Науменко, А. И. Резепин// Инновации и продовольственная безопасность. – 2018. – № 1.

REFERENCES

1. Aksenov V. V. Kompleksnaya pererabotka rastitelnogo krahmalosoderzhashego syirya v Rossii // Vestn. KrasGAU. – 2007. – N 5. – S. 213–218.
2. Nanoeobiotehnologiya proizvodstva zernovyih patok dlya zhivotnovodstva: metod. rekomendatsii / K. Ya. Motovilov, O. K. Motovilov, V. V. Aksenov V. V. [i dr.]. – Novosibirsk, 2015. – 60 s.
3. Sovershenstvovanie sposoba polucheniya kormovoy patoki iz IK obluchennogo zerna pshenitsyi. / S. K. Volonchuk, V. V. Aksenov, S. A. Dubkova, A. I. Rezepin// Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. – 2015. – N 12. – S. 9–12.
4. Sovershenstvovanie tehnologii podgotovki zerna pshenitsyi pered skarmlivaniem zhivotnyim / S. K. Volonchuk, V. V. Aksenov, I. V. Naumenko, A. I. Rezepin// Innovatsii i prodovolstvennaya bezopasnost. 2018. – N1.