

Эффективность применения ферментных препаратов при получении гидролизатов из возвратного пшеничного хлеба

М. Ибрахим, Ф. Ал Юсиф

канд. техн. наук Н.В. Баракова, barakova@corp.ifmo.ru

Университет ИТМО

191002, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

Исследовали влияние ферментных препаратов амиллолитического и целлюлолитического действия на режим приготовления гидролизатов из возвратных пшеничных батонов «Московский» (I сорт в нарезке в пакете с клипсой), хранившихся в пакете в течение 4 и 6 дней, при дробном внесении сырья. Установлена минимальная доза внесения ферментных препаратов: с α -амилазой – 2,5 ед. АС/г сырья, с ксиланазой – 1,0 ед. КС/г сырья. Показано, что увеличение дозы внесения ферментных препаратов приводит к сокращению времени приготовления гидролизатов с 4,5 до 2,5 ч для батонов, хранившихся 4 суток, и с 5,5 до 3,5 ч – для батонов, хранившихся 6 суток. Замесы измельченного батона и воды готовились с гидромодулем 1:3. Сырье вносилось дробно: общее количество сырья делилось на четыре равные части, которые вносились с десятиминутными интервалами. К замесу добавлялись ферментные препараты Дистицим БА-Т Специал, содержащий α -амилазу, доза внесения 1,25; 2,5 и 5,0 ед. АС/г сырья, и Дистицим GL, содержащий ксиланазу, доза внесения 0,5; 1,0 и 2,0 ед. КС/г сырья. Коэффициент динамической вязкости замесов измеряли на вискозиметре Visco Basic Plus, оснащенный шпинделем R2, при скорости вращения ротора 10 с⁻¹. Массовую долю сухих веществ в гидролизате определяли на рефрактометре Index Instruments PTR46. Математическую обработку методом ANOVA проводили при помощи пакета для анализа экспериментальных данных OriginPro 2015. Полученные результаты рекомендуется использовать при получении гидролизатов из возвратного хлеба.

Ключевые слова: переработка хлебобулочных изделий; возвратный хлеб; пшеничные батоны в нарезке; гидролизаты из возвратного хлеба; амиллолитические и целлюлолитические ферменты.

DOI: 10.17586/2310-1164-2019-12-2-36-41

The efficiency of the enzyme preparations during the hydrolysate preparation from wheat bread wastes

Monika Ibrahim, Fatima El Youssef

Ph. D. Nadezhda V. Barakova, barakova@corp.ifmo.ru

ITMO University

9, Lomonosov str., St. Petersburg, 191002, Russia

The effect of amylolytic and cytolytic enzymes on the hydrolysis of Moskovsky wheat loaves (grade 1, sliced and packaged in plastic bags with a clip) was investigated using periodic addition of the bread wastes that were previously stored for 4 and 6 days. The minimum dose of enzymes was established at 2.5 units of amylolytic power and 1.0 units of xylanase power per 1 g of the material. It is demonstrated that increasing the dose of enzymes results in shortening of the hydrolysis process from 4.5 to 2.5 hours for loaves with 4 days of storage and from 5.5 to 3.5 hours for loaves with 6 days of storage. The milled bread waste to water ratio was 1:3. The material was introduced fractionally: the total amount of the material was divided into four equal parts to be introduced in 10 minute intervals. The following enzymes were added to the mixture: Distizym BA-T Spezial at 1.25, 2.5, and 5.0 units of amylolytic power and Distizym GL at 0.5, 1.0, and 2.0 units of xylanase power per 1 g of the material. The dynamic viscosity coefficient of the mixtures was measured with a Visco Basic Plus viscometer fitted with the R2 spindle at rotor speed of 10 s⁻¹. The amount of dry matter in hydrolysates was determined with an Index Instruments PTR46 refractometer. Mathematical analysis of variance by the ANOVA method was performed using OriginPro 2015 software. The results obtained are meant for use in hydrolysing bread wastes.

Keywords: recycling of bread products; breads wastes; sliced wheat loaf; bread wastes hydrolysate; effect amylolytic and cytolytic enzymes.

Введение

Возвратный хлеб – это сырье, утратившее потребительские свойства, но без изменения основного физико-химического состава: содержания углеводов, белков, жиров [1]. Хотя в процессе выпечки батонов

эти компоненты и претерпевают определенные изменения в структуре, тем не менее, сохраняется возможность приготовления гидролизатов из возвратного хлеба и последующего их применения в различных производствах, например, спиртовом [2, 3], или технологиях микробионального синтеза [4–6].

В работе [7] были исследованы режимы приготовления гидролизатов из возвратного батона «Московский» нарезной (I сорт в нарезке) по ГОСТ 27844-88, упакованного в полиэтиленовый пакет с клипсой, и установлено, что в зависимости от срока хранения батона в пакете меняется гранулометрический состав помолов батона и вязкость замесов из помолов, температура клейстеризации крахмала, содержащегося в батоне. Было также определено, что в приготовлении гидролизатов возвратных батонов из двух рассмотренных факторов – температура и размер частиц – температура имеет решающее значение для растворения сухих веществ. В данной работе показана эффективность дробного внесения сырья. Такой прием позволил увеличить выход сухих веществ на 3,5%. Полученные данные согласуются с данными, представленными в работе [8].

Необходимо отметить, что при всех способах изменения режимов получения гидролизатов из возвратного нарезного батона, рассмотренных в работе [7], – изменение крупности помола, температуры приготовления гидролизатов, способа внесения сырья в замес, время приготовления гидролизатов – в среднем составляет 4 ч.

В работах [9–11] было показано, что ферментные препараты оказывают существенное влияние на режимы приготовления гидролизатов зернового сырья. Ферментные препараты могут снизить температуру приготовления гидролизата [12, 13], увеличить выход сухих веществ [14] и сократить время приготовления гидролизатов [15].

Возвратный хлеб готовится из муки, компоненты которой участвуют в стадиях технологического процесса (спиртовое брожение во время приготовления теста, термическая обработка при выпечке хлеба), которые изменяют структуру этих компонентов, поэтому эффективность воздействия ферментных препаратов на гидролизаты, приготовляемые из возвратного хлеба, требует дополнительных исследований.

Цель данной работы – исследовать влияние ферментных препаратов на режим приготовления гидролизатов из возвратных пшеничных нарезных батонов.

Объекты и методы исследований

Объектом исследований являлся батон «Московский» нарезной I сорта в нарезке, упакованный в полиэтиленовый пакет с клипсой, выпеченный ООО «Хлебный дом» по ГОСТ 27844-88 «Изделия булочные. Технические условия». Химический состав, указанный на упаковке: белки – 8,1%; жиры – 2,9%; углеводы – 56,2%.

Для гидролиза крахмала и некрахмалистых полисахаридов применялись ферментные препараты, характеристика которых представлена в таблице 1.

Таблица 1– Характеристика ферментных препаратов
Table 1. Characteristics of enzyme preparations

Название препарата	Основной фермент	Активность, ед/мл	Действие	Диапазон температур, °С	Оптим. температур, °С	Диапазон рН
Дистицим БА-ТСпециал	α-амилаза термостабильная	950	разжижающее	30–85	60–75	5,5–8,5
Дистицим GL	термостабильная β-глюканаза ксиланаза	700	гидролиз ксилана и β-глюкана	30–90	45–70	5,0–8,0

В качестве сырья использовали помолы возвратных пшеничных батонов «Московский» после 4 и 6 дней хранения батонов в пакете. Модуль помолов составил $M_4 = 0,9$ и $M_6 = 0,8$ для батонов с 4 и 6 днями хранения соответственно, что характеризуется как мелкий помол. Помол смешивался с водой в соотношении 1:3. Температура выдержки замесов во всех экспериментах составляла 80°С. Измельченные частицы хлеба вносили в замес дробно, при постоянном перемешивании. Общая масса вносимого сырья делилась на четыре части и вносилась в замес с интервалом в 10 мин. Гидролиз компонентов замеса проводили с применением термостабильной α-амилазы и ксиланазы с различными

концентрациями для каждой. Доза внесения термостабильной α-амилазы составляла 1,25; 2,5 и 5,0 ед. АС/г сырья, доза внесения ксиланазы – 0,25; 0,5 и 1,0 ед. КС /г сырья.

Массовую долю сухих веществ в гидролизате определяли на рефрактометре Index Instruments. PTR46. Коэффициент динамической вязкости замесов определяли на вискозиметре Visco Basic Plus, оснащённом шпинделем R2, при скорости вращения ротора 10 с⁻¹. Математическую обработку проводили методом ANOVA с помощью программы OriginPro 2015.

Результаты и обсуждение

В первом из описанной серии экспериментов из возвратных батонов, хранившихся в пакете 4 и 6 дней, готовились гидролизаты с применением ферментных препаратов в следующих дозах: термостабильной α-амилазы – 2,5 ед. АС/1 г сырья, ксиланазы – 1 ед. КС/1 г сырья. Сырье в оба приготавливаемых гидролизата вносилось дробно, температура выдержки составляла 80°C.

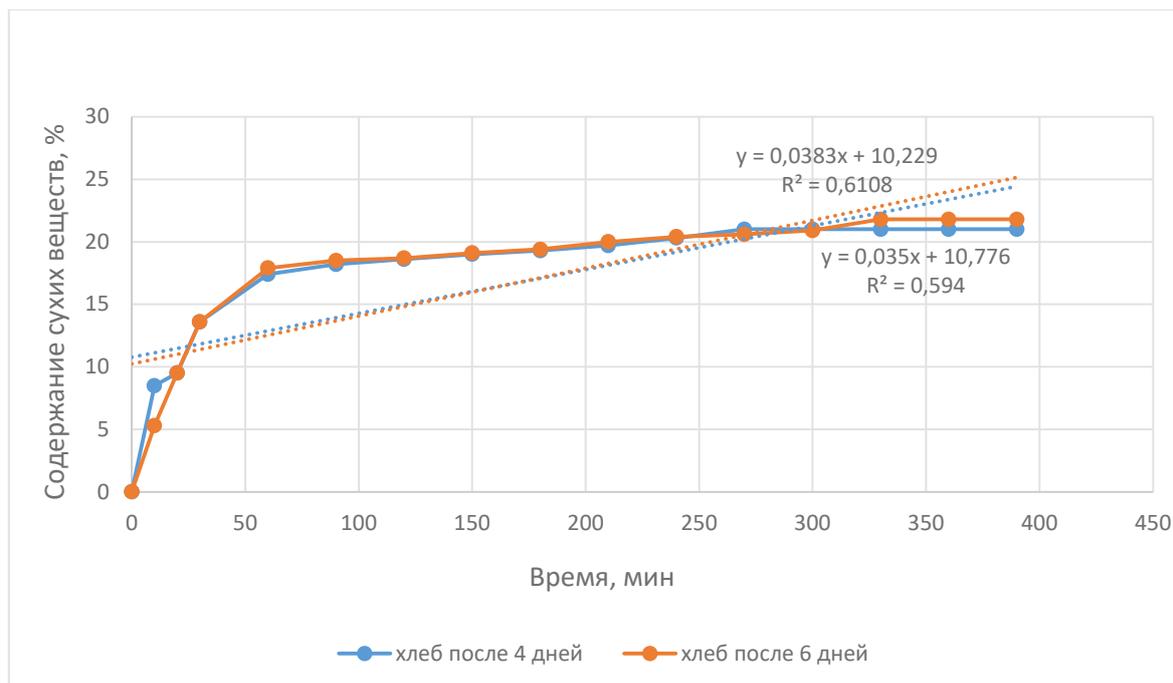


Рисунок 1– Динамика накопления сухих веществ в гидрлизатах при дозе внесения α-амилазы 2,5 ед. АС/г сырья и дозы внесения ксиланазы 1ед. КС/г сырья

Figure 1. Dry matter content dynamics in hydrolysates at the application rate of at 2.5 units of amylolytic power and 1.0 units of xylanase power per 1 g of the material

Из графиков, представленных на рисунке 1, следует, что при дробном внесении сырья в гидролизате, приготовленном из измельченных батонов в нарезке после 4 суток хранения, максимальное количество сухих веществ накапливается по истечении 4,5 ч в количестве 21%; в гидролизате, приготовленном из измельченных батонов в нарезке после 6 дней хранения – по истечении 5,5 ч в количестве 21,8%. Значение коэффициента динамической вязкости в гидролизате, приготовленном из батонов после 4 суток хранения, составило 1590 мП·с, в гидролизате, приготовленном из бетонов после 6 суток хранения – 1945 мП·с.

В следующем эксперименте доза внесения ферментных препаратов во время во время приготовления гидролизатов была увеличена в два раза и составила для α-амилазы 5 ед. АС/г сырья, для ксиланазы – 2 ед. КС/г сырья.

Приведенные на рисунке 2 графические данные показывают, что максимальное количество сухих веществ гидролизата измельченных батонов после 4 суток хранения 21,5% достигается за 2,5 ч, а в гидролизате, приготовленном из измельченных батонов после 6 суток хранения, – 22,4% за 3,5 ч. Значение коэффициента динамической вязкости гидролизата, приготовленного из батонов после 4 суток хранения, составило 1437 мП·с, гидролизата батонов после 6 суток хранения – 1743 мП·с.

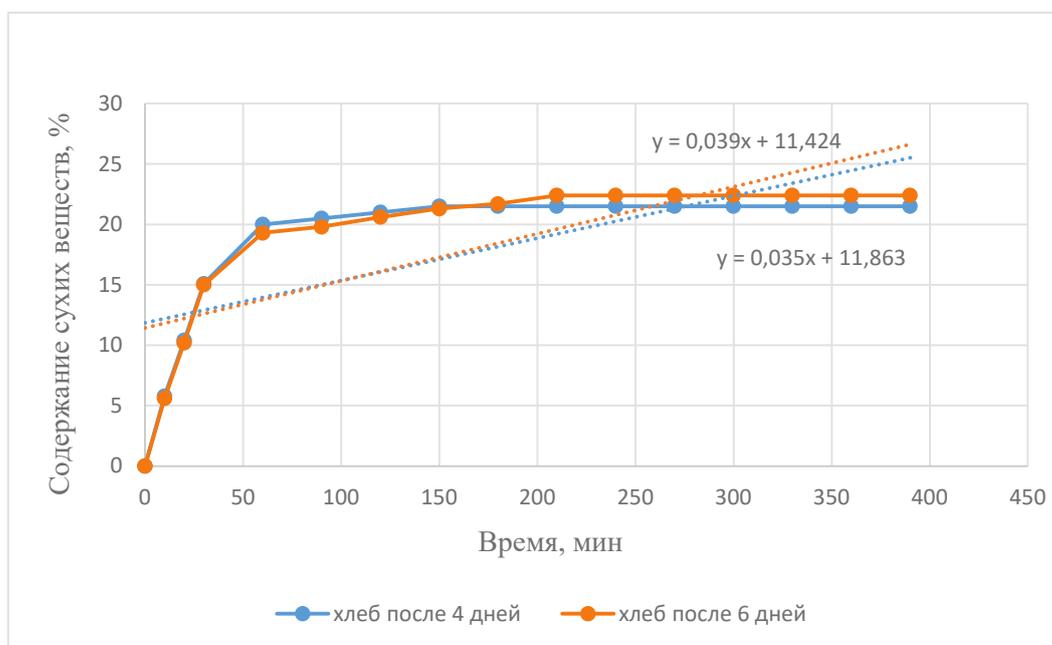


Рисунок 2 – Динамика накопления сухих веществ в гидрлизатах при дозе внесения α -амилазы 5,0 ед. АС/г сырья и дозы внесения ксиланазы 2ед. КС/г сырья

Figure 2. Dry matter content dynamics in hydrolysates at the application rate of at 5.0 units of amylolytic power and 2.0 units of xylanase power per 1 g of the material

Таким образом, сравнивая графики, представленные на рисунках 1 и 2, можно сделать вывод, что увеличение дозы внесения ферментных препаратов в два раза (с 2,5 до 5,0 ед. АС/г сырья и с 0,5 до 1,0 ед. КС/г сырья) привело к сокращению времени приготовления гидролизатов в 2,0 и 1,6 раза соответственно, то есть с 4,5 до 2,5 ч. для батонов с 4 сутками хранения в пакете и с 5,5 до 3,5 ч для батонов после 6 суток хранения; при этом выход растворимых сухих веществ увеличился на 2,3 и 2,8% соответственно, а вязкость замесов снизилась на 5–10%.

В последнем эксперименте доза внесения ферментных препаратов была уменьшена в два раза относительно первоначально выбранного значения: α -амилазы – 1,25 ед. АС/г сырья и ксиланазы – 0,5 ед. КС/г сырья. Это привело к тому, что после внесения всего рассчитанного количества сырья вязкость замеса увеличилась, замес превратился в густую, кашеобразную массу и дальнейшее приготовление гидролизата стало невозможным.

Накопление сухих веществ в замесе в процессе приготовления гидролизата представлено на рисунке 3.

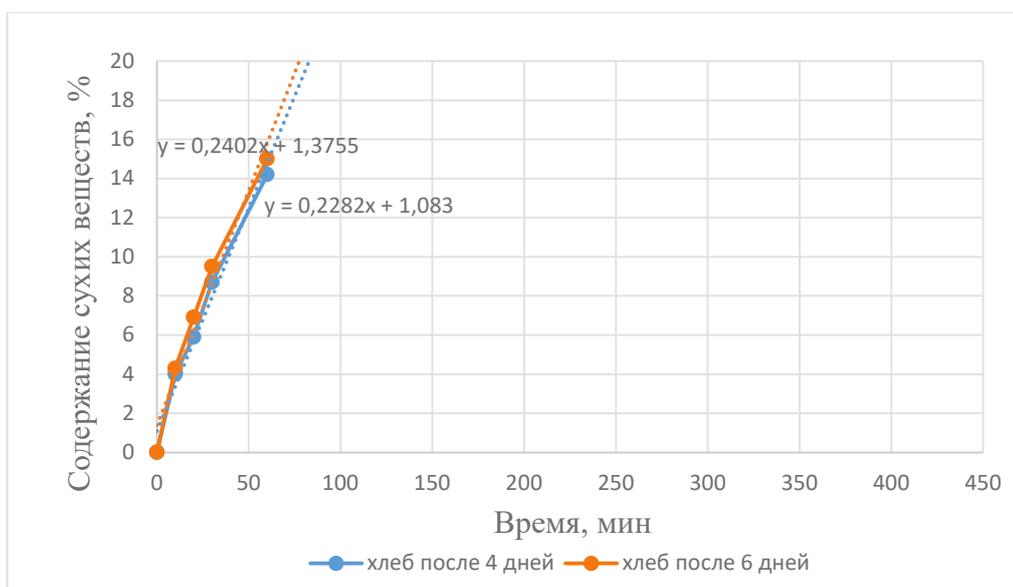


Рисунок 3 – Динамика накопления сухих веществ в гидрлизатах при дозе внесения α -амилазы 1,25 ед. АС/г сырья и дозы внесения ксиланазы 0,5 ед. КС/г сырья

Figure 3. Dry matter content dynamics in hydrolysates at the application rate of at 1.25 units of amylolytic power and 0.5 units of xylanase power per 1 g of the material

Из графиков, представленных на рисунке 3, следует, что в гидролизате, приготовленном из измельченных батонов после 4 суток хранения, максимальное количество сухих веществ составило 14,2% через час после начала эксперимента, а в гидролизате, приготовленном из измельченных батонов в нарезке после 6 суток хранения, – 15%.

Сравнение графиков, представленных на рисунках 1 и 2, с графиками на рисунке 3, позволяет сделать вывод, что при приготовлении гидролизатов из возвратных пшеничных батонов при дробном внесении сырья и выдержке замесов при температуре 80°C, доза внесения ферментных препаратов амилолитического и целлюлолитического действия должна составлять не менее чем 2,5 ед. АС/г сырья и 1,0 ед. КС/г сырья.

Заключение

В работе показана эффективность действия ферментных препаратов на компоненты, входящие в состав пшеничной муки и прошедших стадию тестоведения и выпечки. Установлено, что при приготовлении гидролизатов из возвратного пшеничного хлеба доза внесения ферментных препаратов амилолитического и целлюлолитического действия должны составлять не менее чем 2,5 ед. АС/г сырья и 1,0 ед. КС/г сырья. Кроме того показано, что увеличение дозы внесения ферментных препаратов существенно снижает время приготовления гидролизатов. Полученные результаты рекомендуется учитывать при приготовлении гидролизатов из другого вида возвратного хлеба, например, ржано-пшеничного.

Литература

- Oda Y., Park B.S., Moon K.H., Tonomura K. Recycling of bakery wastes using an amylolytic lactic acid bacterium. *Bioresource Technology*. 1997, V. 60, pp. 101–106.
- Haroon S., Vinthan A., Negron L., Das S., Berenjian A. Biotechnological approaches for production of high value compounds from bread waste. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*. 2016, V. 12, no. 2, pp. 102–109.
- Судьякин М.Э. Разработка технологии этанола из возвратных отходов хлебопекарного производства: дис. ... канд. техн. наук. Воронеж, 2014. 151 с.
- Demirci A.S., Palabiyik I., Gumus T. Bread wastage and recycling of waste bread by producing biotechnological products. *Journal of Biotechnology*. 2016, V. 231, pp. 13.
- Hudečková H., Šupinová P., Babák L. Optimization of enzymatic hydrolysis of waste bread before fermentation. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2017, V. 65, no. 1, pp. 35–40.
- Ebrahimi F., Khanahmadi M., Roodpeyma S., Taherzadeh M.J. Ethanol production from bread residues. *Biomass and Bioenergy*. 2008, V. 32, no. 4, pp. 333–337.
- Ибрахим М., Ал Ю.Ф., Баракова Н.В. Определение режимов получения гидролизатов из пшеничных нарезных батонов // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2018. № 4(38). С. 42–48.
- Ačanski M., Pastor K., Razmovski R., Vučurović V., Psodorov D. Bioethanol production from waste bread samples made from mixtures of wheat and buckwheat flours. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*. 2014, V. 18, no. 1, pp. 40–43.
- Wojciech B., Adrian C., Daria S.P. Kinetic modeling of simultaneous saccharification and fermentation of cornstarch for ethanol production. *Acta Biochim Pol.* 2014, V. 61, no. 1, pp. 153–162.
- Mónica I.R., Clara I.S., Rodrigo G.T., Daniel R.M. Enzymatic hydrolysis of cassava starch for production of bioethanol with a Colombian wild yeast strain. *J. Braz. Chem. Soc.* 2011, V. 22, no. 12, pp. 2337–2343.
- Betiku E., Akindolani O.O., Ismaila A.R. Enzymatic hydrolysis optimization of sweet potato (*Ipomoea batatas*) peel using a statistical approach. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*. 2013, V. 30, no. 3, pp. 467–476.
- Баракова Н.В., Леонов А.В., Тишин В.Б. Исследование влияния ферментных препаратов на вязкость высококонцентрированных замесов из ячменя при производстве этилового спирта // Производство спирта и ликероводочных изделий. 2010. № 4. С. 24–26.
- Sükrü D.A., Ibrahim P., Tuncay G., Şeymanur Ö. Waste bread as a biomass source: optimization of enzymatic hydrolysis and relation between rheological behavior and glucose yield. *Waste Biomass Valor.* 2017, no. 8, pp. 775–782.
- Helena H., Petra Š., Libor B. Optimization of enzymatic hydrolysis of waste bread before fermentation. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2017, no. 65, pp. 35–40.
- Kawa-Rygielska J., Czubaszek A., Pietrzak W. Some aspects of baking industry wastes utilization in bioethanol production. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. 2013, V. 575, pp. 71–77.

References

- Oda Y., Park B.S., Moon K.H., Tonomura K. Recycling of bakery wastes using an amylolytic lactic acid bacterium. *Bioresource Technology*. 1997, V. 60, pp. 101–106.

2. Haroon S., Vinthan A., Negron L., Das S., Berenjian A. Biotechnological approaches for production of high value compounds from bread waste. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*. 2016, V. 12, no. 2, pp. 102–109.
3. Sudyakin M.E. Development of ethanol technology from returnable bakery production wastes. *Candidate's thesis*. Voronezh. 2014. 151 p. (In Russian).
4. Demirci A.S., Palabiyik I., Gumus T. Bread wastage and recycling of waste bread by producing biotechnological products. *Journal of Biotechnology*. 2016, V. 231, pp. 13.
5. Hudečková H., Šupinová P., Babák L. Optimization of enzymatic hydrolysis of waste bread before fermentation. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2017, V. 65, no. 1, pp. 35–40.
6. Ebrahimi F., Khanahmadi M., Roodpeyma S., Taherzadeh M.J. Ethanol production from bread residues. *Biomass and Bioenergy*. 2008, V. 32, no. 4, pp. 333–337.
7. Ibrakhim M., Al Youssef F., Barakova N.V. Determination modes of hydrolysates preparation from wheat sliced loaves: *Processes and Food Production Equipment* 2018, no. 4(38), pp. 42–48 (In Russian).
8. Ačanski M., Pastor K., Razmovski R., Vučurović V., Psodorov D. Bioethanol production from waste bread samples made from mixtures of wheat and buckwheat flours. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*. 2014, V. 18, no. 1, pp. 40–43.
9. Wojciech B., Adrian C., Daria S.P. Kinetic modeling of simultaneous saccharification and fermentation of cornstarch for ethanol production. *Acta Biochim Pol.* 2014, V. 61, no. 1, pp. 153–162.
10. Mónica I.R., Clara I.S., Rodrigo G.T., Daniel R.M. Enzymatic hydrolysis of cassava starch for production of bioethanol with a Colombian wild yeast strain. *J. Braz. Chem. Soc.* 2011, V. 22, no. 12, pp. 2337–2343.
11. Betiku E., Akindolani O.O., Ismaila A.R. Enzymatic hydrolysis optimization of sweet potato (*Ipomoea batatas*) peel using a statistical approach. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*. 2013, V. 30, no. 3, pp. 467–476.
12. Barakova N.V., Lnonov A.V., Tishin V.B. Investigation of the effect of enzyme preparations on the viscosity of highly concentrated mixtures of barley in the production of ethyl alcohol. *Manufacture of alcohol and liqueur & vodka products*. 2010, no. 4, pp. 24–26 (In Russian).
13. Sükrü D.A., Ibrahim P., Tuncay G., Şeymanur Ö. Waste bread as a biomass source: optimization of enzymatic hydrolysis and relation between rheological behavior and glucose yield. *Waste Biomass Valor.* 2017, no. 8, pp. 775–782.
14. Helena H., Petra Š., Libor B. Optimization of enzymatic hydrolysis of waste bread before fermentation. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2017, no. 65, pp. 35–40.
15. Kawa-Rygielska J., Czubaszek A., Pietrzak W. Some aspects of baking industry wastes utilization in bioethanol production. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. 2013, V. 575, pp. 71–77.

Статья поступила в редакцию 22.04.2019