

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСТРАКТОВ ЯБЛОЧНОГО ЖМЫХА ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ БИОСИНТЕЗА ЭРГОСТЕРИНА

И.В. Калинина¹, Н.В. Науменко¹, Р.И. Фаткуллин¹,
Шириш Сонауайн², Д.С. Степанова¹, Д.Д. Ну¹, С.С. Черняев¹

¹ Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

² Национальный технологический институт, г. Варангал, Штат Телангана, Индия

Целью настоящего исследования стало изучение возможности использования вторичных ресурсов переработки яблочного сырья в технологии дрожжевого биосинтеза эргостерина. Эргостерин в промышленных масштабах получают путем микробиологического синтеза. Для повышения эффективности этого процесса используют различные подходы, в том числе вариации питательных сред, используемых для культивирования дрожжей. В настоящем исследовании в качестве питательной среды использовался экстракт, полученный из отходов производства яблочного сока. Было установлено, что яблочный жмых составил более 70 % всех отходов при получении сока прямого отжима. Для интенсификации процесса извлечения ценных компонентов из яблочного жмыха было применено ультразвуковое низкочастотное воздействие в режиме обработки 189 Вт и 5 мин. Для исследования было выбрано два образца дрожжей вида *Saccharomyces*: сухие хлебопекарные и сухие винные. В рамках исследования была проведена условная оценка зрелости и физиологического состояния дрожжей, которая подтвердила возможность их использования для технологий биосинтеза. Для оценки потенциальной применимости экстракта яблочного жмыха в качестве питательной среды для культивирования дрожжей был определен его химический состав и установлено значение титруемой кислотности. Результаты показали достаточное для технологии синтеза эргостерина количество сахаров (9,3 %) и приемлемое значение титруемой кислотности (1,4 %). Эффективность биосинтеза эргостерина дрожжами на экстракте оценивали в сопоставлении с контрольной питательной средой – УР с добавлением глюкозы. Результаты определения содержания эргостерина после культивирования показали, что независимо от вида используемых дрожжей количество эргостерина было выше при культивировании дрожжей на экстрактах яблочного жмыха. При этом, для хлебопекарных дрожжей прирост составил более 200 % в сравнении с контролем.

Ключевые слова: биосинтез эргостерина, вторичные ресурсы, яблочный жмых, ресурсосберегающие технологии, ультразвуковое воздействие.

Введение

Предотвращение потерь продовольствия является задачей, которая была определена в рамках, согласованных на международном уровне Целей устойчивого развития (Задача ЦУР 12.3, которая напрямую содействует Задаче ЦУР 12.5 и Цели ЦУР 2), а также является ключевым компонентом Программы «Нулевой голод» [6].

Проблема отходов носит глобальный характер. Ежегодные объемы потребления товаров в мире стремительно растут. По данным продовольственной и сельскохозяйственной организации объединённых наций во всем мире ежегодно выбрасывается 1,3 миллиарда тонн продовольствия, что составляет треть всех произведенных продуктов.

По данным Минприроды, в России ежегодно образуется около 70 млн тонн коммунальных отходов. Органический мусор зани-

мает, по грубым оценкам участников рынка, порядка 30 % от этой массы, то есть более 20 млн тонн. Причем такие отходы не расцениваются как вторичное сырье, и поэтому в основном вывозятся на полигоны.

В перспективе следующих пяти лет, согласно прогнозам экспертов, рынок переработки органических отходов будет демонстрировать умеренную положительную динамику, обусловленную активизацией спроса со стороны сельскохозяйственной отрасли и пищевой промышленности. Увеличение доли органических отходов, подлежащих переработке, станет следствием перехода российского рынка рециклинга на стадию зрелости, ростом экологической сознательности российского общества и усилением государственной поддержки отрасли ввиду необходимости более рационального обращения с истощаемыми во времени ресурсами [6].

Сегодня технология переработки плодов и овощей предусматривает образование 8–50 % отходов при инспекции, очистке, резке, протирании, прессовании и других технологических операциях. Например, при производстве яблочного сока образуется 35–45 % отходов, томатного сока – 30–40 %, закусочных консервов – 12 % и т. д. Вместе с тем, значительная часть отходов и вторичных продуктов, образующихся при переработке плодов и овощей, все еще остаются ценным источником биологически активных веществ и витаминов и могут быть вторично использованы.

Рациональное использование сырья – важнейшая задача плодо- и овощеперерабатывающей промышленности. Под этим подразумевают внедрение таких способов переработки, которые бы в конечном итоге не давали отходов вообще или свели их до минимума.

Целью настоящего исследования являлась оценка целесообразности использования вторичных ресурсов переработки яблочного сырья в качестве питательной среды для биосинтеза эргостерина дрожжами и оценка эффективности этого подхода.

Материалы и методы

Для исследования было выбрано 2 образца дрожжей *Saccharomyces*: образец 1 – дрожжи сухие хлебопекарные; образец 2 – дрожжи сухие винные.

На первом этапе была проведена условная оценка жизнеспособности и степени зрелости дрожжевых культур путем микроскопирования окрашенного метиленовым синим и раствором Люголя препарата дрожжей.

В качестве контрольной питательной среды использовалась стерильная среда УР (8×2 % пептона, 8×2 % дрожжевого экстракта) с дополнительно внесенным 20 % количеством глюкозы [1–3].

В качестве модельной питательной среды использовали экстракт яблочного жмыха, полученный с использованием ультразвукового воздействия в режиме 189 Вт и 5 мин.

В полученном экстракте определяли общее количество сахаров (по ГОСТ 8756.13-87), содержание полифенолов (метод Фолина–Чокальтеу) и флавоноидов (спектрофотометрически с хлоридом алюминия), титруемую кислотность (по ГОСТ 34127-2017).

Яблочных жмых был получен при переработке яблок сорта «Первоуральские» на сок прямого отжима и составлял 71 % объема всех полученных отходов.

Дрожжи вносили в предварительно регидратированном виде в количестве 3 об.% к объему питательной среды. Процесс биосинтеза протекал при температуре 30 °С в течение 24 часов в аэробных условиях [2, 4, 5].

В полученной биомассе дрожжей определяли содержание эргостерина спектрофотометрически. Для чего из навески 200 мг дрожжей экстрагировали эргостерин с использованием 70 % раствора этилового спирта. Определение оптической плотности вещества проводили в концентрированной серной кислоте при длине волны СФ 328 нм. Содержание эргостерина определяли по формуле

$$X = \frac{A \times 100 \times 25 \times 100}{A_{\text{ст}} \times m \times (100 - W)}, \quad (1)$$

где A – оптическая плотность испытуемого раствора; m – точная навеска анализируемого образца, мг; W – влажность сырья; $A_{\text{ст}}$ – удельный показатель поглощения чистого эргостерина.

Результаты исследования и их обсуждение

Для эффективного протекания процессов биосинтеза к состоянию дрожжевой культуры предъявляется ряд требований, в том числе контролируется количество почкующихся клеток, мертвых клеток, наличие посторонних микроорганизмов, содержание в дрожжах запасных питательных веществ (гликогена и волютина) [1, 5, 7, 15–17].

Оценка жизнеспособности и физиологического состояния исследуемых образцов дрожжей показала, что культура винных дрожжей более зрелая, чем культура хлебопекарных дрожжей (гликоген занимает 1/2–1/3 объема клетки). Клетки хлебопекарных дрожжей молодые, гликоген практически отсутствует (рис. 1 а, б). Обе культуры биологически чистые без примесей других микроорганизмов [4, 5, 8–10].

При изучении препаратов, окрашенных метиленовым синим, было отмечено умеренное количество мертвых клеток (окрашенных клеток культуры), что в целом свидетельствует о жизнеспособности исследуемых образцов дрожжевых культур (рис. 1 в, г).

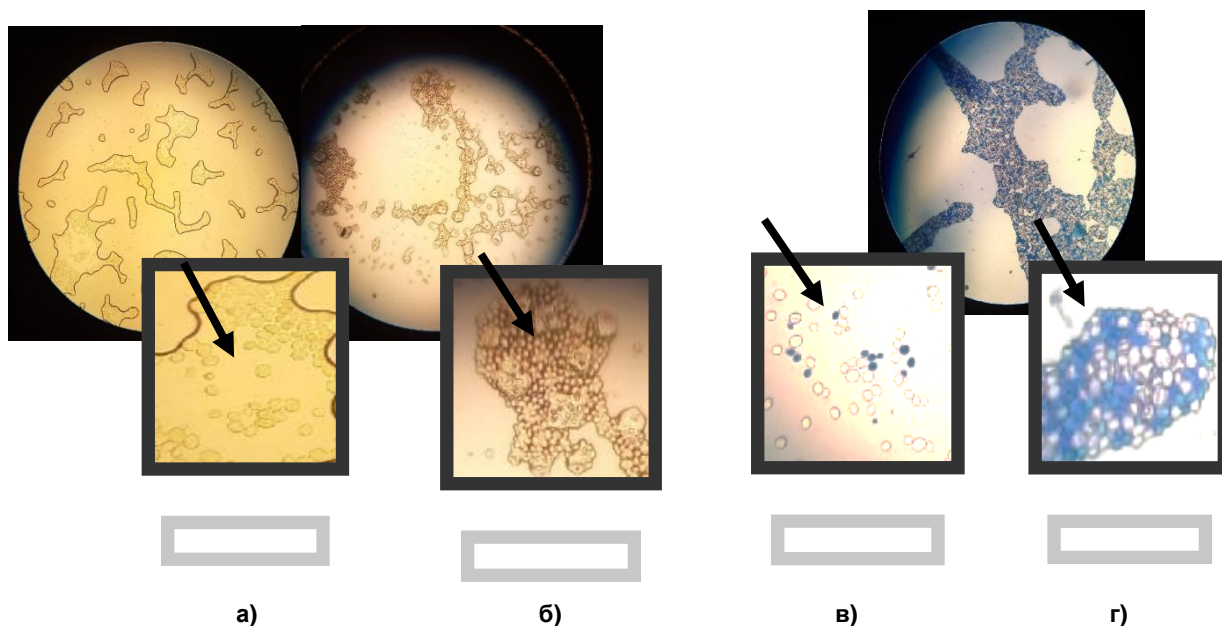


Рис. 1. Результаты микроскопии дрожжей (препарат «раздавленная капля», увеличение $\times 600$):
– окрашенный раствором Люголя: а – образец 1; б – образец 2;
– окрашенные метиленовым синим: в – образец 1; г – образец 2

Таким образом, полученные результаты показали пригодность дрожжевых культур для технологий биосинтеза, в том числе эргостерина.

В настоящее время эргостерин в промышленных масштабах производится путем дрожжевого биосинтеза. Одним из основных направлений повышения эффективности синтеза эргостерина является оптимизация культуральной среды. Различные источники углерода, азота и другие питательные вещества по-разному влияют на рост дрожжевых клеток и накопление эргостерина [9, 11–14, 16]. Содержание эргостерина может быть увеличено примерно до 2 % сухой биомассы с помощью оптимизации питательной среды.

Для оценки потенциальной возможности использования вторичных ресурсов переработки яблочного сырья в качестве питательной среды для биосинтеза эргостерина дрожжами из яблочного жмыха был получен экстракт. С целью максимального извлечения ценных компонентов яблочного жмыха в качестве воздействующего фактора было использовано низкочастотное ультразвуковое воздействие в режиме, эффективность которого была установлена в предшествующих исследованиях.

Результаты оценки химического состава экстрактов, полученных из яблочного жмыха

с применением ультразвукового воздействия, представлены на рис. 2.

Опираясь на исследования, представленные в открытой печати, можно отметить, достаточное количество сахаров в полученном экстракте для эффективного синтеза эргостерина дрожжевыми клетками. Считается, что содержание доступных сахаров в питательной среде должно составлять 8–10 %. Вместе с тем, сведения о влиянии полифенолов и флавоноидов на процессы биосинтеза представлены минимально и носят разрозненный характер. Ряд исследователей указывает на то, что некоторые из флавоноидов и полифенолов могут быть источниками питания для дрожжей. Однако избыточное их количество может сказаться негативно на процессах роста дрожжевой культуры, поскольку формирует повышенную кислотность питательной среды [10, 16, 17]. Для контроля этого параметра была определена титруемая кислотность экстракта, значение которой составило 1,4 %, что является достаточно низким значением и вероятно не будет оказывать угнетающее воздействие на дрожжевую культуру.

Результаты определения эргостерина в исследуемых образцах дрожжей представлены на рис. 3 и свидетельствуют о том, что исследуемые образцы дрожжей способны синте-

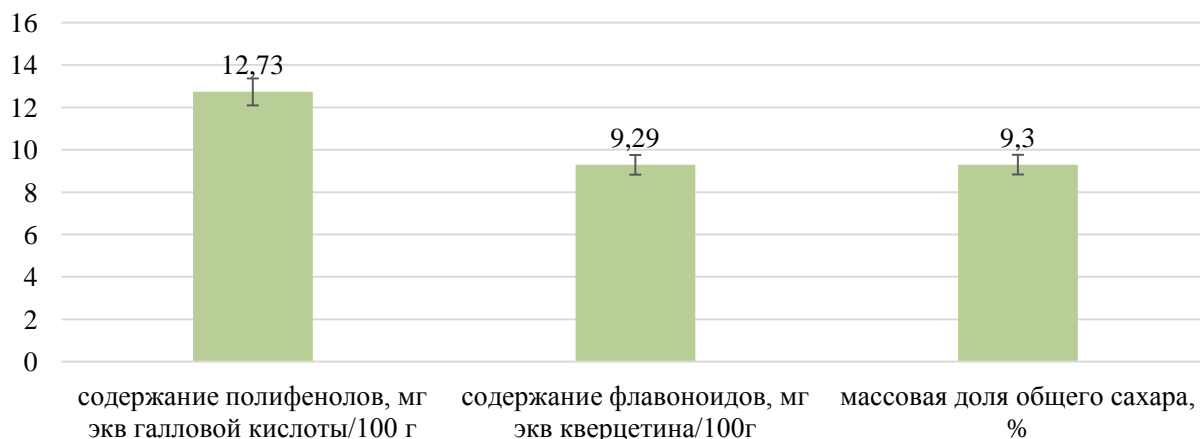


Рис. 2. Химический состав экстрактов яблочного жмыха, полученных с применением ультразвукового воздействия

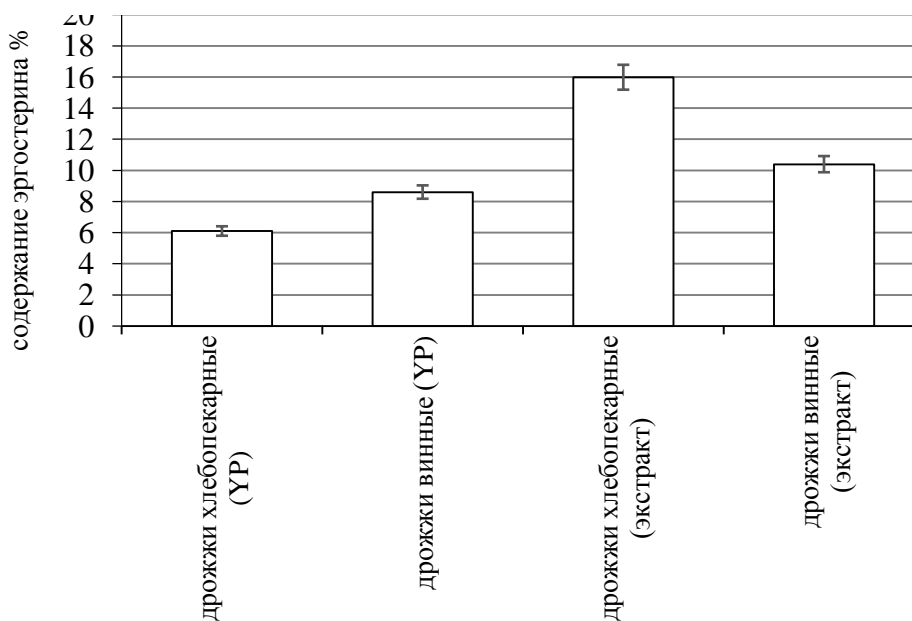


Рис. 3. Содержание эргостерина в биомассе исследуемых образцов дрожжей, %

зирать эргостерин в количествах, достигающих 10–15 % сырой биомассы.

Было установлено, что более высокое количество эргостерина синтезировано дрожжами, выращенными на экстракте яблочного жмыха не зависимо от культуры используемых дрожжей. При этом для хлебопекарных дрожжей прирост был более значительным и составил 262 % по сравнению с контролем.

Заключение

Таким образом, проведенные исследования показали возможность использования вто-

ричных ресурсов переработки яблочного сырья (жмыха яблок сорта «Первоуральские») в качестве питательной среды для эффективного биосинтеза эргостерина дрожжами *Saccharomyces*. Благодаря использованию ультразвукового воздействия из яблочного жмыха удалось извлечь достаточное количество сахаров, флавоноидов, органических кислот и других физиологически ценных компонентов, что определило возможность использования полученных экстрактов в качестве питательной среды для дрожжевого биосинтеза.

Вместе с тем, для оценки эффективности рассматриваемых подходов требуется развитие исследований, в том числе в направлении расширения используемых сортов яблок, подборе оптимальных режимов биосинтеза, использования альтернативных подходов получения экстрактов и т. д.

Литература

1. Бабьева, И.П. Биология дрожжей / И.П. Бабьева, И.Ю. Чернов. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 239 с.

2. Калинина, И.В. Оценка эффективности процесса биосинтеза этанола дрожжами рода *Saccharomyces* / И.В. Калинина, Р.И. Фаткуллин, Н.В. Попова, А.Р. Шарипова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2018. – Т. 6, № 4. – С. 74–82. DOI: 10.14529/food180410

3. Меледина Т.В., Давыденко С.Г., Васильева Л.М. Физиологическое состояние дрожжей: учебн. пособие. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. 48 с.

4. Паймулина, А.В. Влияние полисахаридов бурых водорослей на процессы жизнедеятельности дрожжей *Saccharomyces Cerevisiae* / А.В. Паймулина, И.Ю. Потороко, И.В. Калинина // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2020. – Т. 8, № 3. – С. 90–98. DOI: 10.14529/food200311

5. Палагина, К.К. Технологические расчеты дрожжевого производства / К.К. Палагина. – М.: Пищевая промышленность, 2008. – 54 с.

6. Потери продовольствия и пищевые отходы. – <http://www.fao.org/policy-support/policy-themes/food-loss-food-waste/ru/>

7. Устинова А.С., Баракова Н.В., Борисова Е.В. Влияние углеводного состава высококонцентрированного ячменного сусла на бродительную активность спиртовых дрожжей // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2013. – № 3. – С. 37–40.

8. Arweiler E., Sameith K., Margaritis T., Brabers N., van de Pasch L., Bakker L.V., van Leenen D., Holstege F.C., Kemmeren P. Yeast glucose pathways converge on the transcriptional regulation of trehalose biosynthesis // BMC Genomics. – 2012. – V. 13. – P. 239.

9. Alexandre H., Rousseaux I., Charpentier C. Ethanol adaptation mechanisms in *Saccharomyces cerevisiae* // Biotechnol. Appl. Biochem. – 1994. – V. 20 (Pt 2). – P. 173–183.

10. Blaga, A.C., Ciobanu, C, Caşcaval, D., Galaction, A. Enhancement of ergosterol production by *Saccharomyces cerevisiae* in batch and fed-batch fermentation processes using n-dodecane as oxygen-vector // Biochemical Engineering Journal. – 2018. – V. 131. – P. 70–76.

11. He, X., Huai, W., Tie, C., Liu Y., Zhang, B. Breeding of high ergosterol-producing yeast strains // J Ind Microbiol Biotechnol. – 2000. – V. 25. – P. 39–44.

12. Hounsa C.G., Brandt E.V., Thevelein J., Hohmann S., Prior B.A. Role of trehalose in survival of *Saccharomyces cerevisiae* under osmotic stress // Microbiology. – 1998. – V. 144. – P. 671–680.

13. Huang L., Cao Y., Xu H., Chen G., Separation and purification of ergosterol in *Anoectochilus roxburghii* (wall) Lindl by high-speed counter-current chromatography // J. Sep. Sci. – 2011 – V. 34. – P. 385–392.

14. Pahlman A.K., Granath K., Ansell R., Hohmann S., Adler L. The yeast glycerol 3-phosphatases Gpp1p and Gpp2p are required for glycerol biosynthesis and differentially involved in the cellular responses to osmotic, anaerobic, and oxidative stress // J. Biol. Chem. – 2001. – V. 276. – P. 3555–3563.

15. Souza C.M., Schwabe T.M., Pichler H., Ploier, B., Leitner E., Guan X.L., Wenk M.R., Riezman I., Riezman H., A stable yeast strain efficiently producing cholesterol instead of ergosterol is functional for tryptophan uptake, but not weak organic acid resistance // Metab. Eng. – 2011. – V. 13. – P. 555–569.

16. Tan, T., Zhang, M., Cao, H. Ergosterol production by fed-batch fermentation of *Saccharomyces cerevisiae* // Enz. Microb. Technol. – 2003. – V. 33. – P. 366–370.

17. Vosvik J., Hrnčirik P., Nahlik J., Mares J., Adaptive control of *Saccharomyces cerevisiae* yeasts fed batch cultivations // Chem. Biochem. Eng. Q. – 2013. – V. 27. – P. 297–306.

Калинина Ирина Валерьевна, доктор технических наук, профессор кафедры пищевых и биотехнологий, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), kalininaiv@susu.ru

Науменко Наталья Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры пищевых и биотехнологий, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), naumenkonv@susu.ru

Фаткуллин Ринат Ильгидарович, кандидат технических наук, доцент кафедры пищевых и биотехнологий, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), fatkullinri@susu.ru

Шириш Сонауайн, доктор философских наук, профессор Департамента химической инженерии, Национальный технологический институт (Индия, Штат Телангана, г. Варангал), shirish@nitw.ac.in

Степанова Дарья Сергеевна, студент кафедры пищевых и биотехнологий, направления подготовки 19.04.01, группа МБ-205, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), ds-ilenka@mail.ru

Ни Даниил Дмитриевич, студент кафедры пищевых и биотехнологий, направления подготовки 19.04.01, группа МБ-205, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), wwmenn@gmail.com

Черняев Степан Сергеевич, студент кафедры пищевых и биотехнологий, направления подготовки 19.04.01, группа МБ-205, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), vagner777@mail.ru

Поступила в редакцию 25 января 2021 г.

DOI: 10.14529/food210208

THE USE OF APPLE CAKE EXTRACTS FOR THE INTENSIFICATION OF ERGOSTEROL BIOSYNTHESIS

I.V. Kalinina¹, N.V. Naumenko¹, R.I. Fatkullin¹, Shirish Sonawane², D.S. Stepanova¹, D.D. Ni¹, S.S. Chernyaev¹

¹ South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

² National Institute of Technology, Telangana State, Warangal, India

The purpose of this study was to study the possibility of using secondary resources for processing apple raw materials in the technology of yeast biosynthesis of ergosterol. Ergosterol is produced on an industrial scale by microbiological synthesis. To increase the efficiency of this process, various approaches are used, including variations of the nutrient media used for yeast cultivation. In the present study, an extract obtained from the waste products of apple juice production was used as a nutrient medium. It was found that apple cake made up more than 70 % of all waste in the production of direct-pressed juice. To intensify the process of extracting valuable components from apple cake, low-frequency ultrasonic exposure was applied in the processing mode of 189 W and 5 min. Two samples of *Saccharomyces* yeast were selected for the study: dry baking yeast and dry wine yeast. As part of the study, a conditional assessment of the maturity and physiological state of yeast was carried out, which confirmed the possibility of their use for biosynthesis technologies. To assess the potential applicability of apple cake extract as a nutrient medium for yeast cultivation, its chemical composition was determined and the titratable acidity value was determined. The results showed a sufficient amount of sugars for the technology of ergosterol synthesis (9.3 %) and an acceptable value of titratable acidity (1.4 %). The effectiveness of ergosterol biosynthesis by yeast on the extract was evaluated in comparison with the control nutrient medium – YP with the addition of glucose. The results of the determination of the ergosterol content after

cultivation showed that, regardless of the type of yeast used, the amount of ergosterol was higher when the yeast was cultured on apple cake extracts. At the same time, for baking yeast, the increase was more than 200 % in comparison with the control.

Keywords: ergosterol biosynthesis, secondary resources, apple cake, resource-saving technologies, ultrasonic impact.

References

1. Bab'eva I.P., Chernov I.Yu. *Biologiya drozhdzhey* [Biology of yeasts]. Moscow, 2004. 239 p.
2. Kalinina I.V., Fatkulkin R.I., Popova N.V., Sharipova A.R. The Analysis on Efficiency of Ethanol Biosynthesis By *Saccharomyces* Yeast. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2018, vol. 6, no. 4, pp. 74–82. (in Russ.) DOI: 10.14529/food180410
3. Meledina T.V., Davydenko S.G., Vasil'eva L.M. *Fiziologicheskoe sostoyanie drozhdzhey* [Physiological state of yeast]. St. Petersburg, 2013. 48 p.
4. Paymulina A.V., Potoroko I.Yu., Kalinina I.V. Influence of Brown Algae Polysaccharides on the Life Processes of Yeast *Saccharomyces Cerevisiae*. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2020, vol. 8, no. 3, pp. 90–98. (in Russ.) DOI: 10.14529/food200311
5. Palagina K.K. *Tekhnologicheskie raschety drozhdzhevogo proizvodstva* [Technological calculations of yeast production]. Moscow, 2008. 54 p.
6. *Poteri prodovol'stviya i pishchevye otkhody* [Food Loss and Food Waste]. Available at: <http://www.fao.org/policy-support/policy-themes/food-loss-food-waste/ru/>
7. Ustinova A.S., Barakova N.V., Borisova E.V. Influence of the carbohydrate composition of highly concentrated barley wort on the fermentation activity of alcoholic yeast. *Proizvodstvo spirta I likero-vodochnykh izdeliy* [Production of alcohol and alcoholic beverages], 2013, no. 3, pp. 37–40. (in Russ.)
8. Arweiler E., Sameith K., Margaritis T., Brabers N., van de Pasch L., Bakker L.V., van Leenen D., Holstege F.C., Kemmeren P. Yeast glucose pathways converge on the transcriptional regulation of trehalose biosynthesis. *BMC Genomics*, 2012, vol. 13, pp. 239. DOI: 10.1186/1471-2164-13-239
9. Alexandre H., Rousseaux I., Charpentier C. Ethanol adaptation mechanisms in *Saccharomyces cerevisiae*. *Biotechnol. Appl. Biochem.*, 1994, vol. 20 (Pt. 2), pp. 173–183.
10. Blaga A.C., Ciobanu C., Cașcaval D., Galaction A. Enhancement of ergosterol production by *Saccharomyces cerevisiae* in batch and fed-batch fermentation processes using n-dodecane as oxygen-vector. *Biochemical Engineering Journal*, 131 (2018), pp. 70–76. DOI: 10.1016/j.bej.2017.12.010
11. He, X., Huai, W., Tie, C., Liu Y., Zhang, B. Breeding of high ergosterol-producing yeast strains. *J Ind Microbiol Biotechnol*, 2000, vol. 25, pp. 39–44.
12. Hounsa C.G., Brandt E.V., Thevelein J., Hohmann S., Prior B.A. Role of trehalose in survival of *Saccharomyces cerevisiae* under osmotic stress. *Microbiology*, 1998, vol. 144, pp. 671–680. DOI: 10.1099/00221287-144-3-671
13. Huang L., Cao Y., Xu H., Chen G., Separation and purification of ergosterol and stigmaterol in *Anoectochilus roxburghii* (wall) Lindl by high-speed counter-current chromatography. *J. Sep. Sci.*, 2011, vol. 34, pp. 385–392.
14. Pahlman A.K., Granath K., Ansell R., Hohmann S., Adler L. The yeast glycerol 3-phosphatases Gpp1p and Gpp2p are required for glycerol biosynthesis and differentially involved in the cellular responses to osmotic, anaerobic, and oxidative stress. *J. Biol. Chem.*, 2001, vol. 276, pp. 3555–3563. DOI: 10.1074/jbc.m007164200
15. Souza C.M., Schwabe T.M., Pichler H., Ploier, B., Leitner E., Guan X.L., Wenk M.R., Riezman I., Riezman H. A stable yeast strain efficiently producing cholesterol instead of ergosterol is functional for tryptophan uptake, but not weak organic acid resistance. *Metab. Eng.*, 2011, vol. 13, pp. 555–569.
16. Tan T., Zhang M., Cao H. Ergosterol production by fed-batch fermentation of *Saccharomyces cerevisiae*. *Enz. Microb. Technol.*, 2003, vol. 33, pp. 366–370. DOI: 10.1016/S0141-0229(03)00132-7
17. Vosvik J., Hrnčirik P., Nahlik J., Mares J., Adaptive control of *Saccharomyces cerevisiae* yeasts fed batch cultivations. *Chem. Biochem. Eng. Q.*, 2013, vol. 27, pp. 297–306.

Irina V. Kalinina, doctor of technical sciences, professor of the department of food technology and biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, kalininaiv@susu.ru

Natalya V. Naumenko, candidate of sciences (Engineering), associate professor at the Department of Food and Biotechnology, South Ural State University (Chelyabinsk), Naumenko_natalya@mail.ru

Rinat I. Fatkullin, candidate of technical sciences, associate professor of the department of food technology and biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, fatkullinri@susu.ru.

Shirish Sonawane, Dr. Sci. (Philos.), professor, chemical engineering department, National Institute of Technology, Telangana State, Warangal, India, shirish@nitw.ac.in

Darya S. Stepanova, student of the department of food technology and biotechnology, Training program 19.04.01, MB-205 group, South Ural State University, Chelyabinsk, ds-ilenka@mail.ru.

Daniil D. Ni, student of the department of food technology and biotechnology, Training program 19.04.01, MB-205 group, South Ural State University, Chelyabinsk, wwmenn@gmail.com

Stepan S. Chernyaev, student of the department of food technology and biotechnology, Training program 19.04.01, MB-205 group, South Ural State University, Chelyabinsk, vagner777@mail.ru

Received January 25, 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Использование экстрактов яблочного жмыха для интенсификации биосинтеза эргостерина / И.В. Калинина, Н.В. Науменко, Р.И. Фаткуллин и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2021. – Т. 9, № 2. – С. 75–82. DOI: 10.14529/food210208

FOR CITATION

Kalinina I.V., Naumenko N.V., Fatkullin R.I., Shirish Sonawane, Stepanova D.S., Ni D.D., Chernyaev S.S. The Use of Apple Cake Extracts for the Intensification of Ergosterol Biosynthesis. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2021, vol. 9, no. 2, pp. 75–82. (in Russ.) DOI: 10.14529/food210208
