

Семенихин С.О., Бабакина М.В., Федосеева О.В., Городецкий В.О.
ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ПЕРЕРАБОТКИ
МЕЛАССЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ
АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ¹

Семенихин Семен Олегович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела технологии сахара и сахаристых продуктов

Краснодарский НИИ хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (КНИИХП – филиала ФГБНУ СКФНЦСВВ), Краснодар, Россия

E-mail: semenikhin_s_o@mail.ru

Бабакина Мария Владимировна, младший научный сотрудник отдела хранения и комплексной переработки сельскохозяйственного сырья

Краснодарский НИИ хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (КНИИХП – филиала ФГБНУ СКФНЦСВВ), Краснодар, Россия

E-mail: wuhdz@mail.ru

Федосеева Ольга Валерьевна, младший научный сотрудник отдела контроля качества и стандартизации

Краснодарский НИИ хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (КНИИХП – филиала ФГБНУ СКФНЦСВВ), Краснодар, Россия

E-mail: olga_fedoseeva_89@mail.ru;

Городецкий Владимир Олегович, кандидат технических наук, заведующий отделом технологии сахара и сахаристых продуктов

Краснодарский НИИ хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (КНИИХП – филиала ФГБНУ СКФНЦСВВ), Краснодар, Россия

E-mail: gorodecky_v_o@mail.ru

Химический состав мелассы, а именно, комплекс макро- и микроэлементов, наряду с 45-50 %-ным содержанием в ней сахарозы, обуславливает перспективность получения из нее новых видов продуктов. В статье приведены результаты исследований отечественных и зарубежных ученых, направленных на микробиологическое, физико-химическое и ферментативное воздействие на мелассу с целью синтеза и выделения биологически активных веществ. Путем выявления оптимальных условий

¹ Работа выполнена по Гранту №19-416-233002 «Выявление закономерностей влияния микробиологической обработки свекловичной мелассы на состав и содержание биологически активных веществ получаемых продуктов» при поддержке РФФИ, Администрации Краснодарского края и в рамках Государственного Задания.

микробиологического воздействия на мелассу исследователям удалось синтезировать в 1 литре мелассы 4,6 г бактериальной целлюлозы, 10,5 г липидов, 176 мг низина, 14 г сукциногликана, 7 г молочной кислоты, 37 г D-психозы а также ферменты: 2237 ед. β-амилазы и 36,1 ед. инвертазы. Кроме этого, создана бактериальная суспензия, обладающая стимулирующим воздействием на развитие семян пшеницы, которая впоследствии может быть использована в качестве удобрений. Результаты исследований по обработке мелассы комплексом ферментов и/или химических реагентов позволили синтезировать гидроксиметилфурфурол, фенольные соединения, антиоксиданты, в том числе антоцианы, а также получить различные олигосахариды, противообледенители и удобрения длительного действия.

Ключевые слова: меласса, микроорганизмы, биологически активные вещества, витамины, липиды, органические кислоты.

Для цитирования: Семенихин С.О., Бабакина М.В., Федосеева О.В., Городецкий В.О. Обзор современных исследований в области переработки мелассы для получения биологически активных веществ // Новые технологии. 2019. Вып. 2(48). С. 97-107. DOI: 10.24411/2072-0920-2019-10210.

Semenikhin S.O., Babakina M.V., Fedoseeva O.V., Gorodetsky V.O.
OVERVIEW OF MODERN RESEARCH IN THE FIELD OF PROCESSING
MOLASSES FOR OBTAINING BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES²

Semenikhin Semen Olegovich, Candidate of Technical Sciences, a senior researcher of the Department of Sugar Technology and Sugar Products

Krasnodar Research Institute of Storage and Processing of Agricultural Products – a branch of the FSBSI «The North Caucasus Federal Research Center for Horticulture, Viticulture, and Wine-Making» (KSRICHI – a branch of the FSBSI NCFSCHE), Krasnodar, Russia

E-mail: semenikhin_s_o@mail.ru

Babakina Maria Vladimirovna, a junior researcher of the Department of Storage and Integrated Processing of Agricultural Raw Materials

Krasnodar Research Institute of Storage and Processing of Agricultural Products – a branch of the FSBSI «The North Caucasus Federal Research Center for Horticulture, Viticulture, and Enology (KSRICHI – a branch of the FSBSI NCFSCHE), Krasnodar, Russia

E-mail: wuhdz@mail.ru

Fedoseeva Olga Valerievna, a junior researcher of the Department of Quality Control and Standardization

Krasnodar Research Institute of Storage and Processing of Agricultural Products – a branch of the FSBSI «The North Caucasus Federal Research Center for Horticulture, Viticulture, and Enology (KSRICHI – a branch of the FSBSI NCFSCHE), Krasnodar, Russia

E-mail: olga_fedoseeva_89@mail.ru;

Gorodetsky Vladimir Olegovich, Candidate of Technical Sciences, head of the Department of Sugar Technology and Sugar Products

² The work was performed according to Grant No. 19-416-233002 “Identification of patterns of influence of microbiological processing of beet molasses on the composition and content of biologically active substances of the obtained products” with the support of the Russian Foundation for Basic Research, the Administration of the Krasnodar Territory and within the framework of the State Task.

Krasnodar Research Institute of Storage and Processing of Agricultural Products – a branch of the FSBSI «The North Caucasus Federal Research Center for Horticulture, Viticulture, and Enology (KSRICHI – a branch of the FSBSI NCFSCHE), Krasnodar, Russia
E-mail: gorodecky_v_o@mail.ru

The chemical composition of molasses, namely, the complex of macro- and microelements, along with the 45-50 % sucrose content in it, makes it promising to obtain new types of products from it. The article presents the results of research of domestic and foreign scientists aimed at microbiological, physical, chemical and enzymatic effects on molasses in order to synthesize and isolate biologically active substances.

By identifying the optimal conditions for microbiological exposure to molasses, the researchers synthesized 4.6 g of bacterial cellulose in 1 liter of molasses, 10.5 g of lipids, 176 mg of nisin, 14 g of succinoglycan, 7 g of lactic acid, 37 g of D-psicose as well as enzymes: 2237 units of β -amylase and 36.1 units of invertase. Moreover, a bacterial suspension was created, which had a stimulating effect on the development of wheat seeds, which can later be used as fertilizers.

The results of studies on the processing of molasses by a complex of enzymes and / or chemical reagents made it possible to synthesize hydroxymethylfurfurol, phenolic compounds, antioxidants, including anthocyanins, as well as to obtain various oligosaccharides, anti-icers and long-acting fertilizers.

Key words: molasses, microorganisms, biologically active substances, vitamins, lipids, organic acids.

For citation: Semenikhin S.O., Babakina M.V., Fedoseeva O.V., Gorodetsky V.O. Overview of modern research in the field of processing molasses for obtaining biologically active substances // *Novye tehnologii (Majkop)*. 2019. Vol. 2 (48). P. 97-107. DOI: 10.24411/2072-0920-2019-10210.

Объем сырья в отраслях, перерабатывающих сельскохозяйственную продукцию, значительно превышает выход готовой продукции, в связи с чем, образуется значительное количество вторичных ресурсов, степень вовлеченности которых в дальнейшую переработку минимальна.

Свекловичная меласса вырабатывается в России в количестве около 1000 тыс. т ежегодно и традиционно используется в качестве компонента высокопродуктивного субстрата для развития микроорганизмов. Особое внимание к свекловичной мелассе обусловлено содержанием в ней ценных макро- и микроэлементов, а также сахара. В большей степени используется в промышленности как субстрат для развития микроорганизмов, синтезирующих этиловый спирт и лимонную кислоту.

Тем не менее, постоянный прогресс обуславливает большой интерес отечественных и зарубежных исследователей к переработке мелассы с целью синтеза отдельных биологически активных веществ.

Группа турецких исследователей готовила мелассу как субстрат для развития микроорганизмов *Glucanacetobacter xylinus* штамма FC01 с целью синтеза целлюлозы [1]. В работе подробно описан метод подготовки мелассы и последующих режимов выращивания *G. xylinus* на полученном субстрате, в результате чего удалось достичь выхода целлюлозы 1,637 г/л мелассы.

Индийская группа ученых, в свою очередь, для синтеза бактериальной целлюлозы применяла *Gluconacetobacter intermidius* штамм SNT-1. Предварительную подготовку мелассы проводили тремя способами – подогревание и подкисление серной кислотой, подогревание и подкисление соляной кислотой и контроль без обработки. Кроме этого, варьировали также другие параметры экспериментов [2]. В результате предварительной обработки мелассы кислотами удалось достичь выхода целлюлозы: 4,6 г/л мелассы для серной кислоты и 4,4 г/л – для соляной.

Группа бразильских ученых проводила исследования по синтезу бактериальной целлюлозы *Komagataeibacter rhaeticus*, выделенного из гриба Комбуха (чайного гриба) и ранее не рассматривавшегося для этих целей. По аналогии с предыдущими исследованиями, ученые варьировали условия синтеза бактериальной целлюлозы составом субстрата, температурой и рН среды, в результате чего добились ее выхода в количестве 3,9 г/л мелассы [3].

Другая группа бразильских исследователей занималась вопросом синтеза сукциногликана, широко применяемого в фармацевтической и косметической промышленности. Для его синтеза использовали *Agrobacterium radiobacter* штамм NBRC 12665 и изучали влияние различных факторов на количество синтезируемого сукциногликана [4]. Были получены данные, характеризующие реологические свойства растворов сукциногликана, а также оптимальные условия его синтеза, обеспечивающие выход на уровне 14 г/л мелассы.

Группа исследователей из Сербии проводила работы по синтезу β -амилазы на субстрате из мелассы и свекловичного жома с помощью нового штамма *Paenibacillus chitinolyticus* штамм CKS1. Свекловичный жом выступал в роли фиксатора микроорганизмов и источника веществ для синтеза белков. Меласса использовалась в качестве источника углеводов, макро- и микроэлементов. Готовили три пробы свекловичного жома – контрольный без обработки, обработанный NaOH и обработанный микроволнами и ультразвуком, другие условия среды варьировались. В определенных оптимальных условиях выход синтезируемой β -амилазы при предварительной обработке жома ультразвуком составил 2237 ед./л мелассы [5].

Ученые из Турции определили оптимальные условия синтеза липидов в растворе мелассы с внесением *Rhodotorula glutinis* штамм T29 [6]. Главная особенность состояла в выявлении оптимальных условий, при которых *R. glutinis* доминировала бы над уже имеющейся в мелассе микрофлорой. В результате проведенных исследований удалось достичь выхода липидов на уровне 10,5 г/л мелассы. Массовая доля синтезируемых жирных кислот составила: олеиновой – 63,5 %, пальмитиновой – 15,4 %, стеариновой – 9,1 %, пальмитолеиновой – 7,2 %, миристиновой – 3,0 % и линолевой – 1,8 %.

В другой работе группа турецких ученых при обработке мелассы нитчатый грибом *Cladosporium herbarum* штамм ER-25 достигла сразу двух важных результатов – синтезировала инвертазу и обесцветила раствор мелассы. Учеными были определены оптимальные условия, при которых обеспечивается выход инвертазы 36,1 ед./л мелассы, а также снижается цветность раствора на 64,8 % [7]. Следует отметить, что эксперименты проводились в нестерилизованной среде с целью определения условий, в которых *C. Herbarum* штамм ER-25 доминирует над остальной микрофлорой.

Иранские исследователи занимались вопросом синтеза низина совместным выращиванием двух микробных культур в мелассной среде – анаэробных (микроаэрофильных) бактерий *Lactococcus lactis* подвида *lactis* и аэробных дрожжей *Yarrowia lipolytica*. В работе ученых отражено, что два организма вступают в симбиоз – *L. lactis* синтезирует низин, а *Y. lipolytica* снижает количество образующейся при этом молочной кислоты. В результате исследований было выявлено увеличение выхода низина с 176 мг/л мелассы до 270 (на 50 %) и количества биомассы *L. Lactis* с 0,292 г/л до 0,435 (на 49 %), по сравнению с контрольным образцом, в котором мелассу обрабатывали только бактериями [8].

Индийские исследователи использовали мелассу для развития *Leuconostoc mesenteroides* штамм *MTCC 10508*, синтезирующего в результате своей жизнедеятельности олигосахариды. В результате действия дестрансуказы, имеющейся в *L. mesenteroides*, образовалась D-фруктоза, которая в дальнейшем подвергалась эпимеризации путем добавления в раствор фермента Smt3-D-псиказы 3-эпиме-разы в D-псиказу, обладающую нулевой калорийностью [9]. Ученым удалось достичь выхода D-псиказы 37 г/л мелассы, тем самым создав условия для исследований по производству пребиотиков и продуктов функционального назначения на основе проведенных работ.

Российские исследователи занимались вопросом синтеза молочной кислоты L-формы на модифицированной питательной среде на основе мелассы с помощью *Chlorella vulgaris*. В результате проведенной работы были определены оптимальные условия накопления биомассы и дозы посевного материала, обеспечивающие выход молочной кислоты на уровне 7 г/л мелассы [10].

Другая группа российских исследователей, в свою очередь, использовала свекловичную мелассу не для синтеза какого-либо вещества в результате жизнедеятельности микроорганизмов, а для создания бактериальной суспензии с целью последующего использования в сельском хозяйстве в качестве удобрения [11]. Были определены оптимальные условия, обеспечивающие наибольший прирост биомассы *Pseudomonas aureofaciens* штамм *2006*, а также получена суспензия, обладающая стимулирующим воздействием на развитие семян пшеницы.

Рассматривая приведенные работы по микробиологическому синтезу веществ из мелассы, явно прослеживается тенденция низкого выхода конечного продукта, а также малого разнообразия, обусловливаемого наличием в микроорганизмах только лишь 1-2 действующих ферментов. В то же время, в исследованиях по направлению ферментативного и физико-химического воздействия на мелассу ученые вводят в мелассу сразу комплекс веществ, активно участвующих в синтезе соединений.

Ученые из США занимались вопросом получения противообледенителей из свекловичной и тростниковой мелассы [12]. Так, на первом этапе они переводили сахарозу в глюкозу и фруктозу с помощью инвертазы, а затем обрабатывали раствор с помощью АсОН и NaОН с целью деактивации инвертных сахаров, в результате чего точка замерзания ферментированной мелассы достигла минус 20°C.

Индонезийские ученые исследовали возможность использовать отходы тростниковосахарного производства для получения удобрений длительного действия [13]. Золубагассы (тростникового жмыха) смешивали с сульфатом аммония и хлоридом калия, а меласса использовалась в качестве связующего агента. Полученную смесь прессовали в

цилиндрические гранулы. В работе описано влияние температуры сушки и давления гранулирования на высвобождаемость питательных веществ из гранул. Установлено, что указанные технологические параметры оказывали влияние на высвобождение азота, но практически не влияли на высвобождение калия.

Бразильские исследователи обрабатывали растворы сахаридов и тростниковую мелассу химическими реагентами для получения гидроксиметилфурфурола (ГМФ) [14]. В качестве реагентов использовали кислоты Льюиса ($ZnCl_2$ и $AlCl_3$) и Бренстеда (HCl) в двухфазной системе, состоящей из экстракционного растворителя и реакционного растворителя. Для избежания потерь ГМФ в побочных реакциях использовался тетрагидрофуран в околонушенном растворе хлорида натрия. В результате было установлено, что система $AlCl_3/HCl$ эффективна для получения ГМФ из глюкозного раствора, а $ZnCl_2/HCl$ для получения ГМФ из тростниковой мелассы. Выработка ГМФ составила 65,6 и 49,6 % от исходного содержания сахара соответственно.

Китайские исследователи в своей работе пытались выделить содержащиеся в мелассе полифенолы, обладающие асептическим эффектом [15]. Выделенные из мелассы физико-химическим способом полифенолы способны приводить к денатурации белков клеточных стенок четырех пищевых патогенов, переносимых пищевыми продуктами. Окончательный механизм действия в работе до конца не изучен, но исследователи полагают, что антибактериальный механизм может быть обусловлен повреждением цитоплазматической мембраны и бактериальных белков полифенолами мелассы сахарной свеклы, а полифенолы мелассы сахарной свеклы могут изменять физиологию и морфологию бактериальных клеток.

Так, ученым из Японии путем введения в мелассу ряда химически чистых ферментов удалось синтезировать 11 олигосахаридов и идентифицировать их с помощью углерод-целитовой хроматографии и последующей высокоэффективной жидкостной хроматографии [16]. В результате структурного анализа полученных олигосахаридов было установлено, что основными составными частями в них являются сахароза, D-фруктоза, D-манноза, D-ксилоза или их комбинации.

Другой группой китайских ученых, в свою очередь, путем ферментативной обработки мелассы при ультразвуковой экстракции и добавления в нее соляной кислоты и этанола были синтезированы порядка десяти фенольных соединений, антиоксидантов и антоцианов [17]. Суммарный выход фенольных соединений составил 17,36 мг-экв. галловой кислоты/100 мл мелассы, активность антиоксидантов 16,66 мг-экв. Тролокса/г, а суммарный выход антоцианов – 31,81 г/100 г сухих веществ мелассы.

Из проведенного обзора исследований по обработке мелассы культурами микроорганизмов, а также ферментативному воздействию, на наш взгляд, наиболее перспективными являются работы, направленные на формирование заданного состава и соотношения биологически активных веществ в продуктах, получаемых при обработке мелассы. Указанные работы создают базу для исследования контролируемой обработки мелассы неконкурирующими между собой культурами микроорганизмов, продуцирующими биологически активные вещества.

Следует отметить, что в указанных направлениях исследований и трудах отечественных и зарубежных исследователей меласса традиционно выступает в качестве субстрата для развития микроорганизмов, синтезирующих в результате своей

жизнедеятельности какое-либо биологически активное вещество. Кроме этого, как меласса, так и предварительные субстраты, на которых выращивают отобранные микроорганизмы, подвергаются различным обработкам перед внесением в них микроорганизмов – разбавлению, центрифугированию, фильтрованию, выведением в осадок и т.д. Эти же процессы потребуются провести и для выведения синтезированного вещества в чистом виде, как в случае микробиологической обработки мелассы, так и в случае физико-химического воздействия.

Учитывая это, на наш взгляд, более целесообразно получать из мелассы новые виды продукции, обогащенные комплексом биологически активных веществ в результате микробиологической обработки. В этом случае отсутствует необходимость выделения крайне малого количества отдельного вещества из большого объема концентрированной жидкости. Обогащенные продукты микробиологической обработки мелассы имеют перспективу широкого применения в народном хозяйстве, так как позволят улучшить кормовую базу сельскохозяйственных животных.

Литература:

1. Improvement production of bacterial cellulose by semi-continuous process in molasses medium [Совершенствование производства бактериальной целлюлозы полунепрерывным способом в мелассной среде] [Текст] / F. Caçar [et al.] / Carbohydrate Polymers. 2014. №106. P. 7-13.

2. Tyagi N., Suresh S. Production of cellulose from sugarcane molasses using *Gluconacetobacter intermidius* SNT-1: optimization and characterization [Производство целлюлозы из тростниковой мелассы, используя *Gluconacetobacter intermidius* SNT-1: оптимизация и характеристика] / Journal of Cleaner Production. 2016. №112. P. 71-80.

3. *Komagataeibacter rhaeticus* grown in sugarcane molasses-supplemented culture medium as a strategy for enhancing bacterial cellulose production [*Komagataeibacter rhaeticus*, выращенный в дополненной тростниковой мелассой культуральной среде, как стратегия для усиления производства бактериальной целлюлозы] R.T.A. Machado [et al] // Industrial Crops and Products. 2018. №122. P. 637-646.

4. Biosynthesis of succinoglycan by *Agrobacterium radiobacter* NBRC 12665 immobilized on loofa sponge and cultivated in sugar cane molasses. Structural and rheological characterization of biopolymer [Биосинтез сукциногликана *Agrobacterium radiobacter* NBRC 12665, иммобилизованном на губке из люфы и культивируемом в тростниковой мелассе. Структурная и реологическая характеристика биополимера] S.P. Ruiz [et al] // Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic. 2015. №122. P. 15-28.

5. Improved B-amylase production on molasses and sugar beet pulp by a novel strain *Paenibacillus chitinolyticus* CKS1 [Совершенствование производства β-амилазы на мелассе и свекловичном жоме новым штаммом *Paenibacillus chitinolyticus* CKS1] / K.R. Mihajlovski [et al] // Industrial Crops and Products. 2016. №80. P. 115-122.

6. Lipid production from sugar beet molasses under non-aseptic culture conditions using the oleaginous yeast *Rhodotula glutinis* T29 [Получение липидов из сахарной свеклы в условиях неасептической культуры с использованием маслянистых дрожжей *Rhodotula glutinis* T29] / M. Taskin [et al] / Renewable Energy. 2016. №99. P. 198-204.

7. Invertase production and molasses decolourization by cold-adapted filamentous fungus *Cladosporium herbarum* ER-25 in non-sterile molasses medium [Производство инвертазы и

обесцвечивание мелассы холодно-адаптированным нитчатым грибом *Cladosporium herbarum ER-25* в нестерильной мелассовой среде] / M. Taskin [et al] // Process Safety and Environmental Protection. 2016. №103. P. 136-143.

8. Ariana M., Hamed J. Enhanced production of nisin by co-culture of *Lactococcus lactis* sub sp. *lactis* and *Yarrowia lipolytica* in molasses based medium [Улучшение производства низина путем совмещения культур *Lactococcus lactis* подвида *lactis* и *Yarrowia lipolytica* в среде на основе мелассы] // Journal of Biotechnology. 2017. №256. P. 21-26.

9. A novel approach of integrated bioprocessing of cane molasses for production of prebiotic and functional products [Новый подход к комплексной биообработке тростниковой мелассы для производства пребиотиков и продуктов функционального назначения] / M. Sharma [et al] // Bioresource Technology. 2016. №219. P. 311-318.

10. Совершенствование условий биосинтеза молочной кислоты лактобактериями / Д.С. Дворецкий [и др.] // Вестник технологического университета. 2017. Т. 20, №8. С. 126-130.

11. Получение бактериальной суспензии *Pseudomonas aureofaciens* 2006 на мелассе и изучение некоторых ее свойств / Ю.А. Бурова, С.А. Ибрагимова, В.В. Ревин // Вестник Оренбургского государственного университета, 2012. №10(46). С. 61-65.

12. Yang B.Y., Montgomery R. Alkaline degradation of invert sugar from molasses. [Щелочная деактивация инвертного сахара из мелассы] // Bioresource Technology. 2007. №98. P. 3084-3089.

13. Slow release fertilizer preparation from sugar cane industrial waste [Производство удобрений долгого действия из отходы тростниковосахарного производства] / C.W. Purnomo, A. Respito, E.P. Sitanggang, P. Malyono // Environmental Technology and Innovation. 2018. №10. P. 275-280.

14. Gomes G.R., Rampon D.S., Ramos L.P. Production of 5-(hydroxymethyl)-furfural from water-soluble carbohydrates and sugarcane molasses [Производство 5-(гидроксиметил) фуфурола из водорастворимых углеводов и патоки сахарного тростника] // Applied Catalysis A: General. 2017. Vol. 545. P. 127-133.

15. Chen M., Zhao Z., Meng H., Yu S. The antibiotic activity and mechanisms of sugar beet (*Beta vulgaris*) molasses polyphenols against selected food-borne pathogens [Антибиотическая активность и механизм действия полифенолов мелассы сахарной свеклы (*Beta vulgaris*) против отдельных пищевых патогенов] // LWT – Food Science and Technology. 2017. №82. P. 354-360.

16. Structural confirmation of novel oligosaccharides isolated from sugar beet molasses. [Структурное подтверждение новых олигосахаридов, выделенных из свекловичной мелассы] / T. Abe [et al] // Food Chemistry. 2016. №202. P. 284-290.

17. Chen M., Zhao Y., Yu S. Optimization of ultrasonic-assisted extraction of phenolic compounds, antioxidants, and anthocyanins from sugar beet molasses. [Оптимизация ультразвуковой экстракции фенольных соединений, антиоксидантов и антоцианов из свекловичной мелассы] // Food Chemistry. 2015. №172. P. 543-550.

Literature:

1. Improvement of the production of bacterial cellulose by semi-continuous processing of molasses medium /F. Cakar [etal.] / Carbohydrate Polymers. 2014. №106. P. 7-13.
2. Tyagi N., Suresh S. Production of cellulose from sugarcane molasses using *Gluconacetobacter intermidius SNT-1*: optimization and characteristics // Journal of Cleaner Production. 2016. №112. P. 71-80.
3. *Komagataeibacter rhaeticus* grown in supplemented sugarcane molasses culture medium as a strategy for enhancing bacterial cellulose production / R.T.A. Machado [et al] // Industrial Crops and Products. 2018. №122. P. 637-646.
4. Biosynthesis of succinoglycan by *Agrobacterium radiobacter NBRC 12665* immobilized on loofa sponge and cultivated in sugar cane molasses. Structural and rheological characterization of biopolymer/ S.P. Ruiz [et al.] / Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic. 2015. №122. P. 15-28.
5. Improved B-amylase production on molasses and sugar beet pulp by a novel strain *Paenibacillus schitinolyticus CKS1*/ K.R. Mihajlovski [et al.] / Industrial Crops and Products. 2016. №80. P. 115-122.
6. Lipid production from sugar beet molasses under non-aseptic culture conditions using the oleaginous *T29 Rhodotula glutinis* yeast / M. Taskin [et al.] / Renewable Energy, 2016. №99. P. 198-204.
7. Invertase production and molasses decolourization by cold-adapted filamentous *ER-25 Cladosporium herbarum* fungus in non-sterile molasses medium / M. Taskin [et al.] / Process Safety and Environmental Protection, 2016. №103. P. 136-143.
8. Ariana M., Hamedi J. Enhanced production of nisin by co-culture of *Lactococcus lactis* sub sp. *lactis* and *Yarrowia lipolytica* in molasses based medium // Journal of Biotechnology. 2017. №256. P. 21-26.
9. A new approach of integrated bioprocessing of cane molasses for the production of prebiotic and functional products / M. Sharma [et al.] / Bioresource Technology, 2016. №219. P. 311-318.
10. Improving the conditions of lactic acid biosynthesis by lactobacilli/ D.S. Dvoreckii [et al.]// Bulletin of a technological university. 2017. V.20. №8. P. 126-130.
11. Preparation of bacterial suspension of *Pseudomonas aureofaciens 2006* on molasses and study of some of its properties / Y.A. Burova, S.A. Ibragimova, V.V. Revin / Bulletin of Orenburg state university, 2012. №10(46). P. 61-65.
12. Yang B.Y., Montgomery R. Alkaline deactivation of invert sugar from molasses // Bioresource Technology. 2007. №98. P. 3084-3089.
13. Production of long-lasting fertilizers from sugarcane industrial waste / C.W. Purnomo, A. Respito, E.P. Sitanggang, P. Malyono / Environmental Technology and Innovation, 2018. №10. P. 275-280.
14. Gomes G.R., Rampon D.S., Ramos L.P. Production of 5-(hydroxymethyl)-furfural from water-soluble carbohydrates and sugarcane molasses // Applied Catalysis A: General. 2017. Vol. 545. P. 127-133.
15. Chen M., Zhao Z., Meng H., Yu S. The antibiotic activity and the mechanisms of sugar beet (*Betavulgaris*) molasses polyphenols against selected food-borne pathogens // LWT – Food Science and Technology. 2017. №82. P. 354-360.

16. Structural confirmation of new oligosaccharides isolated from sugar beet molasses / T. Abe [et al] // Food Chemistry. 2016. №202. P. 284-290.

17. Chen M., Zhao Y., Yu S. Optimization of ultrasonic extraction of phenolic compounds, antioxidants and anthocyanins from sugar beet molasses // Food Chemistry. 2015. №172. P. 543-550.