

**Семенихин С.О., Бабакина М.В., Федосеева О.В., Городецкий В.О.
ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО СИНТЕЗА
БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В РАСТВОРАХ
СВЕКЛОВИЧНОЙ МЕЛАССЫ¹**

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 – филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ), Россия

E-mail: semenikhin_s_o@mail.ru

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

КНИИХП – филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ, Россия

E-mail: wuhdz@mail.ru

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

КНИИХП – филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ, Россия

E-mail: olga_fedoseeva_89@mail.ru

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

КНИИХП – филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ, Россия

E-mail: gorodecky_v_o@mail.ru

*Проведены исследования обработки растворов свекловичной мелассы 5 штаммами микроорганизмов, принадлежащими к 4 видам, с целью обогащения растворов β -каротином, витамином B_2 и органическими кислотами. Выявлено влияние начального значения pH, а также оптимального содержания сухих веществ в растворах мелассы, обеспечивающие эффективную жизнедеятельность микроорганизмов с синтезом биологически активных веществ. Установлено, что *Blakeslea trispora* штаммы F-3758 и F-3759 в растворах мелассы не способны к синтезу β -каротина.*

*Установлено, что *Bacillus subtilis* штамм В-501 проявляет высокую жизнедеятельность в растворах мелассы с начальными значениями pH 7,0 и 8,5 и содержанием сухих веществ не более 20 %. В результате жизнедеятельности в растворах мелассы *Bacillus subtilis* штамм В-501 синтезирует витамин B_2 в количестве 1,42-1,93 мг/г сахаров. Выявлено, что *Debaryomyces hansenii* штамм Y-2482 в растворе мелассы с начальным значением pH 7,0 синтезирует органические кислоты в количестве 1,790 (ммоль/100 мл)/г сахаров. Кроме этого, *Debaryomyces hansenii* штамм Y-2482 способен к жизнедеятельности в растворе с начальным значением pH 8,5, однако часть продуктов его жизнедеятельности нейтрализуется. Установлено, что *Guehotomyces pullulans* Y-2305 способен к жизнедеятельности в растворах мелассы, однако продуктами его*

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 и Администрации Краснодарского края.

жизнедеятельности являются не только органические кислоты, но и некоторые соединения, имеющие оксигруппы, вследствие чего происходит их нейтрализация. В конечном итоге, количество синтезируемых *Guehotomyces pullulans* Y-2305 органических кислот составляет 0,2 (ммоль/100 мл)/г сахаров. Обосновано, что *Vacillus subtilis* штамм В-501 и *Debaryomyces hansenii* штамм Y-2482 являются перспективными штаммами для обогащения растворов свекловичной мелассы биологически активными веществами.

Ключевые слова: меласса, синтез, витамины, органические кислоты, микроорганизмы, жизнедеятельность.



Для цитирования: Исследование микробиологического синтеза биологически активных веществ в растворах свекловичной мелассы / Семенихин С.О., Бабакина М.В., Федосеева О.В., Городецкий В.О. // Новые технологии. 2020. Вып. 2(52). С. 68-79. DOI: 10.24411/2072-0920-2020-10207.

Semenikhin S.O., Babakina M.V., Fedoseeva O.V., Gorodetsky V.O.

RESEARCH OF MICROBIOLOGICAL SYNTHESIS OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES IN SOLUTIONS OF BEET MOLASSES²

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

Krasnodar SRI for Storage and Processing of Agricultural Products – a branch of the FSBNU «The North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking» (KSRICHI – a branch of the FSBSI NCF SCHVW), Russia

E-mail: semenikhin_s_o@mail.ru

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

KSRICHI – a branch of the FSBSI NCF SCHVW, Russia

E-mail: wuhdz@mail.ru

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

KSRICHI – a branch of the FSBSI NCF SCHVW, Russia

E-mail: olga_fedoseeva_89@mail.ru

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

KSRICHI – a branch of the FSBSI NCF SCHVW, Russia

E-mail: gorodecky_v_o@mail.ru

*Treatment of solutions of beet molasses with 5 strains of microorganisms belonging to 4 species in order to enrich the solutions with β -carotene, vitamin B2 and organic acids have been studied. The influence of the initial pH value, as well as the optimal dry matter content in molasses solutions, which ensure the effective vital activity of microorganisms with the synthesis of biologically active substances, has been revealed. It has been found that F-3758 and F-3759 *Blakeslea trispora* strains in molasses solutions are not capable of synthesizing β -carotene.*

² The research has been carried out within 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 RFPF and the Administration of the Krasnodar Territory.

It has been found that B-501 Bacillus subtilis strain exhibits high activity in molasses solutions with initial pH values of 7.0 and 8.5 and a dry matter content of not more than 20 %. As a result of life activity in molasses solutions of Bacillus subtilis, strain B-501 synthesizes vitamin B2 in the amount of 1.42-1.93 mg/g of sugars. It has been revealed that Y-2482 Debaryomyces hansenii strain in molasses solution with an initial pH of 7.0 synthesizes organic acids in an amount of 1.790 (mmol/100 ml)/g of sugars. In addition, Y-2482 Debaryomyces hansenii strain is capable of vital activity in solution with an initial pH of 8.5, but some of its vital products are neutralized. It has been established that Y-2305 Guehomyces pullulans is capable of vital activity in molasses solutions, however, its vital products are not only organic acids, but also some compounds with oxy groups, as a result of which they are neutralized. Ultimately, the amount of synthesized Y-2305 Guehomyces pullulans organic acids is 0.2 (mmol/100 ml)/g of sugar. It has been proved that B-501 Bacillus subtilis strain and Y-2482 Debaryomyces hansenii strain are promising strains for enriching beet molasses solutions with biologically active substances.

Key words: molasses, synthesis, vitamins, organic acids, microorganisms, vital functions.

For citation: Research of microbiological synthesis of biologically active substances in solutions of beet molasses/ Semenikhin S.O., Babakina M.V., Fedoseeva O.V., Gorodetsky V.O. // Novye Tehnologii. 2020. Issue 2(52). P. 68-79. DOI: 10.24411/2072-0920-2020-10207.

Введение. Известно, что отсутствие возможности полного отделения несахаров от сахарозы в ходе переработки корнеплодов сахарной свеклы обуславливает образование побочного продукта производства – свекловичной мелассы. Учитывая, что большинство несахаров имеют положительный мелассообразующий коэффициент – количественная оценка способности удерживать сахарозу в растворе, то выработка мелассы тем больше, чем менее качественное сырье поступило в переработку. В связи с тем, что наибольшими мелассообразующими коэффициентами обладают соли натрия и калия, в особенности их карбонаты, наиболее низкого качества является сахарная свекла, обладающая высокой натуральной щелочностью [1]. Повышенное содержание натрия и калия способствует замещению катионов кальция в процессе известково-углекислотной очистки, ухудшая качество очищенных соков. Кроме этого, принудительно вносимые в производство перед выпарной станцией на поздних этапах сезона переработки сахарной свеклы натриевые и калийные соли с целью препятствования накипеобразования на поверхности теплообменного оборудования, так называемому «загаранию», также способствуют увеличению выхода мелассы.

Таким образом, учитывая указанные факторы, а также методично увеличивающуюся урожайность сахарной свеклы, которая в последние годы составляет 45-50 млн. т, в России вырабатывается 3,0-3,5 млн. т мелассы.

Значительное содержание сахарозы, а также макро- и микроэлементов, обусловило потребность в мелассе микробиологической промышленности для получения культурных дрожжей, а также выработки лимонной кислоты. Кроме этого, так как меласса обладает высокой кормовой ценностью, она применяется в чистом виде в качестве кормовой добавки для крупного рогатого скота, а также используется как связующий агент при грануляции комбикормов. Однако, высокая урожайность сахарной свеклы привела к переизбытку мелассы, вследствие чего наблюдается снижение ее стоимости, так как спрос остается на том же уровне.

Учитывая это, в отечественной и зарубежной научно-технической литературе в последнее время представлены результаты исследований, направленные на получение из мелассы различных биологически активных веществ, а также альтернативных видов топлива [2, 3].

Получение новых знаний по применению мелассы в новых отраслях народного хозяйства позволит повысить ее спрос.

Однако, в рассмотренных исследованиях просматривается тенденция, заключающаяся в том, что на данном этапе количество синтезируемых из сахаров мелассы веществ незначительно, а трудозатраты несоизмеримо высоки. Вследствие этого, на наш взгляд, более перспективными являются работы, направленные на насыщение мелассы биологически активными веществами с получением новых видов продукции.

Целесообразность получения новых видов продукции, обогащенной комплексом биологически активных веществ в результате микробиологической обработки свекловичной мелассы, объясняется отсутствием необходимости выделения крайне малого количества отдельного вещества из большого объема концентрированной жидкости.

В настоящее время исследования по синтезу витаминов и органических кислот на моно- и полисахаридных, а также на растительных субстратах проводят с применением различных по своей природе микроорганизмов. Однако, из их числа в Российской Федерации безопасными являются 4 вида перспективных микроорганизмов, а именно, *Blakeslea trispora*, синтезирующий β -каротин, *Bacillus subtilis*, синтезирующий витамин В₂, а также *Debaryomyces hansenii* и *Guehomyces pullulans*, синтезирующие органические кислоты [4-7].

Объекты и методы исследований. Для выявления эффективности синтеза биологически активных веществ в растворах свекловичной мелассы были отобраны 5 штаммов микроорганизмов, принадлежащих к 4 видам, имеющихся в наличии во Всероссийской коллекции микроорганизмов и относящихся к III и IV группам патогенности. Таким образом, объектами исследований являлись *Blakeslea trispora* штаммы F-3758 и F-3759, *Bacillus subtilis* штамм B-501, *Debaryomyces hansenii* штамм Y-2482 и *Guehomyces pullulans* штамм Y-2305.

Необходимость приобретения двух штаммов *Blakeslea trispora* обусловлена их разнополостью, а при половом взаимодействии (+) и (-) штаммов образуются половые гормоны, триспорные кислоты, которые стимулируют каротиногенез [8].

Обработку растворов свекловичной мелассы штаммами микроорганизмов осуществляли в непроточных реакторах без внесения дополнительных биогенных веществ, обеспечивая постоянную температуру $20 \pm 2^\circ\text{C}$.

На первом этапе исследований с целью выявления влияния начального значения pH среды на эффективность жизнедеятельности микроорганизмов в растворах свекловичной мелассы с содержанием сухих веществ 15 % (pH 6,7) доводили значения pH до 5,5; 7,0 и 8,5, путем добавления 0,1 Н раствора HCl или 0,1 Н раствора NaOH. Подготовленные таким образом растворы пастеризовали при 75°C в течение 15 минут, охлаждали до температуры 20°C и после этого высевали отобранные штаммы микроорганизмов.

Содержание сахаров в исходных растворах свекловичной мелассы составило 8,10 %, в том числе сахарозы – 7,85 % и редуцирующих веществ – 0,25 %.

Известно, что сахароза при высоких ее концентрациях является эффективным антисептиком, а, учитывая, что меласса наряду с сахарозой в значительных концентрациях содержит в своем составе калиевые, натриевые и другие соли, на втором этапе исследований выявляли оптимальную концентрацию сухих веществ раствора мелассы, обеспечивающую максимальную динамику накопления биологически активных веществ.

Для этого проводили разбавление мелассы дистиллированной водой до содержания сухих веществ 20, 25 и 35 %. Выбор указанных значений содержания сухих веществ обусловлен тем, что критической концентрацией сахарозы для прекращения жизнедеятельности большинства микроорганизмов является концентрация 20 %, а в соответствии с ГОСТ 30561-2017, содержание сахарозы в мелассе должно составлять не менее 43 %, или не менее 57 % при пересчете на сухие вещества.

Далее растворы мелассы доводили до оптимальных для жизнедеятельности микроорганизмов значений pH, выявленных на первом этапе исследований. После этого проводили пастеризацию растворов мелассы при температуре 75°C в течение 15 минут и охлаждение до 20°C.

Результаты и обсуждение. Представлены в виде графиков данные по изменению содержания сахаров и значения pH в растворе мелассы с содержанием сухих веществ 15 % и начальном значении pH 7,0 (рисунок 1), а также начальном значении pH 8,5 при выращивании *Blakeslea trispora* штаммы F-3758 и F-3759 (рисунок 2).

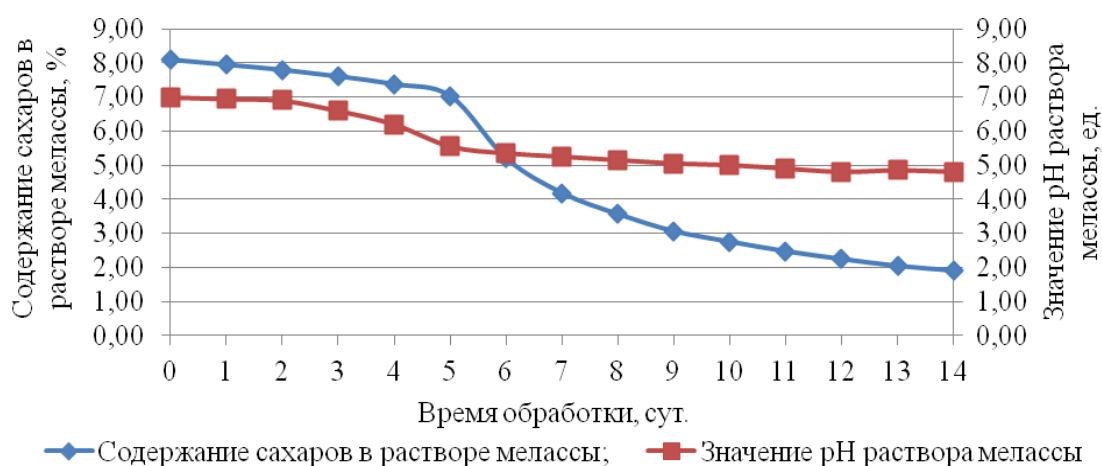


Рис. 1. Изменение содержания сахаров и значения pH в растворе мелассы с содержанием сухих веществ 15 % и начальном значении pH 7,0 при выращивании *Blakeslea trispora* штаммы F-3758 и F-3759

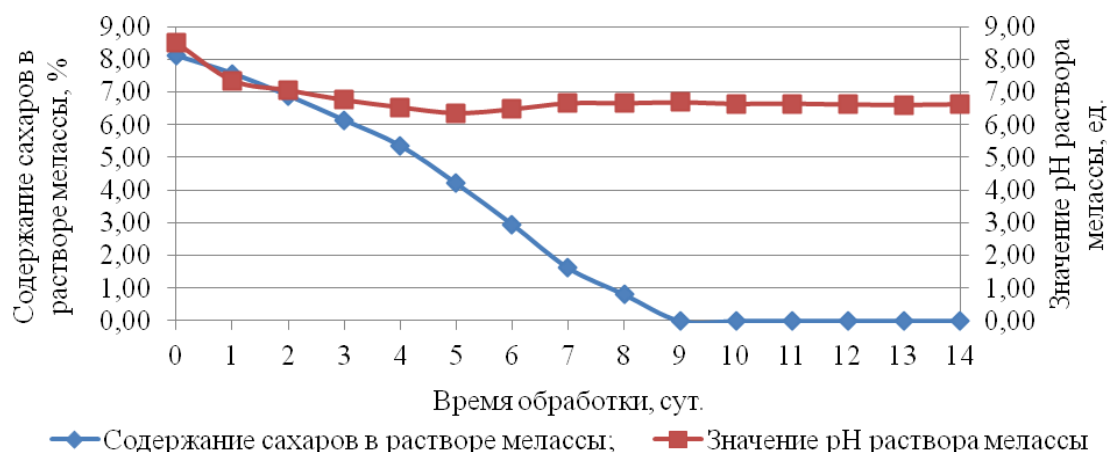


Рис. 2. Изменение содержания сахаров и значения pH в растворе мелассы с содержанием сухих веществ 15 % и начальном значении pH 8,5 при выращивании *Blakeslea trispora* штаммы F -3758 и F -3759.

Из представленных данных видно, что щелочная среда более предпочтительна по сравнению с нейтральной средой для развития *Blakeslea trispora* штаммы F -3758 и F -3759, так как в щелочной среде удалось добиться полной утилизации сахаров. Однако, в конечных продуктах не удалось обнаружить какое-либо количество β-каротина, что свидетельствует о том, что без дополнительного внесения биогенных соединений, а также поддержания оптимальных условий жизнедеятельности *Blakeslea trispora* не удастся обогатить раствор мелассы β-каротином.

Также, следует отметить, что на рисунке 1 наглядно видно, что при достижении реакции среды, близкой к 5 единицам, содержание сахаров в растворе практически перестало не снижается, что свидетельствует о том, что данное значение pH оказывает угнетающее воздействие на *Blakeslea trispora* штаммы F -3758 и F -3759.

Представлены в виде графиков данные по изменению содержания сахаров и значения pH растворов мелассы с содержанием сухих веществ 15 % и начальном значении pH 7,0 (рисунок 3), а также начальном значении pH 8,5 при выращивании *Bacillus subtilis* штамм B -501 (рисунок 4).

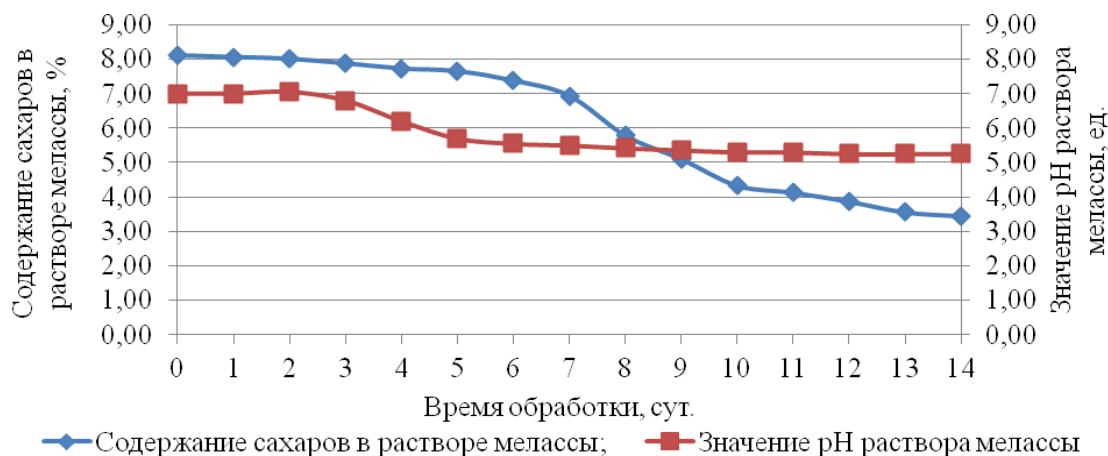


Рис. 3. Изменение содержания сахаров и значения pH в растворе мелассы с содержанием сухих веществ 15 % и начальном pH 7,0 при выращивании *Bacillus subtilis* штамм B -501

Из представленных данных видно, что в растворах с нейтральной и щелочной начальными средами *Bacillus subtilis* штамм B-501 проявляет высокую жизнедеятельность. Однако, добиться полной утилизации сахаров не удалось, так как наглядно видно, что при достижении реакции среды, близкой к 5,5 единицам, жизнедеятельность *Bacillus subtilis* штамм B-501 угнетается. Тем не менее, в нейтральной среде удалось добиться выработки витамина B₂ в количестве 7,58 мг/100 мл, а в щелочной – 7,06 мг/100 мл. При пересчете на потребление сахаров выработка витамина B₂ в щелочной среде составляет 1,42 мг/г сахаров, а в нейтральной – 1,93 мг/г. Таким образом, можно сделать вывод, что более предпочтительной для синтеза витамина B₂ является нейтральная среда.

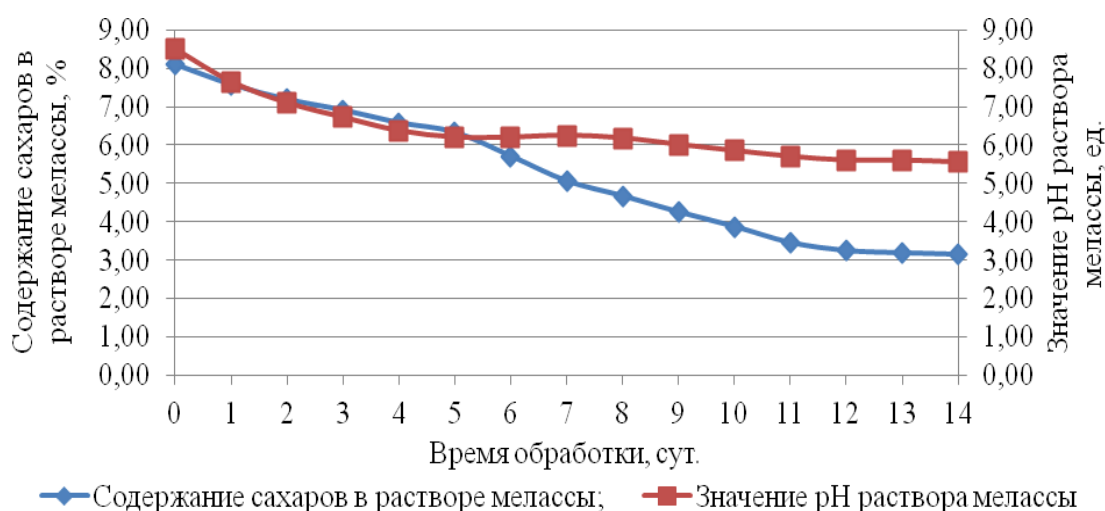


Рис. 4. Изменение содержания сахаров и значения pH в растворе мелассы с содержанием сухих веществ 15 % и начальном pH 8,5 при выращивании *Bacillus subtilis* штамм B-501

Представлены в виде графиков данные по изменению содержания сахаров и значения pH растворов мелассы с содержанием сухих веществ 15 % и начальном значении pH 7,0 (рисунок 5), а также начальном значении pH 8,5 при выращивании *Debaryomyces hansenii* штамм Y-2482 (рисунок 6).

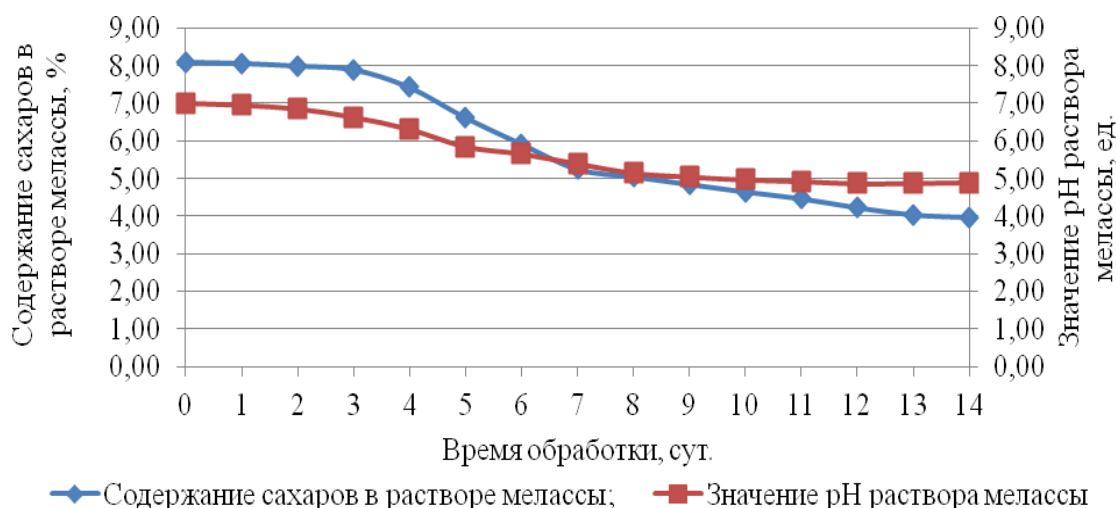


Рис. 5. Изменение содержания сахаров и значения pH в растворе мелассы с содержанием сухих веществ 15 % и начальном pH 7,0 при выращивании *Debaryomyces hansenii* штамм Y-2482

Из представленных данных видно, что начальная щелочная среда более предпочтительна для жизнедеятельности *Debaryomyces hansenii* штамм Y-2482, так как утилизация сахаров в ней была более высокой. Однако, так как *Debaryomyces hansenii* штамм Y-2482 является микроорганизмом, вырабатывающим органические кислоты, то этот факт объясняется нейтрализацией продуктов его жизнедеятельности щелочами исходного раствора и по достижении критического значения pH, близкого к 5 единицам, жизнедеятельность прекращалась, что отчетливо видно на рисунках 5 и 6. В результате обработки растворов мелассы в нейтральной среде удалось добиться выработки органических кислот в количестве 1,790 (ммоль/100 мл)/г сахаров, а в щелочной – 0,729 (ммоль/100 мл)/г сахаров. Однако, количество выработанных кислот в растворе с исходным значением pH 8,5 не является достоверным, так как часть продуктов жизнедеятельности была нейтрализована.

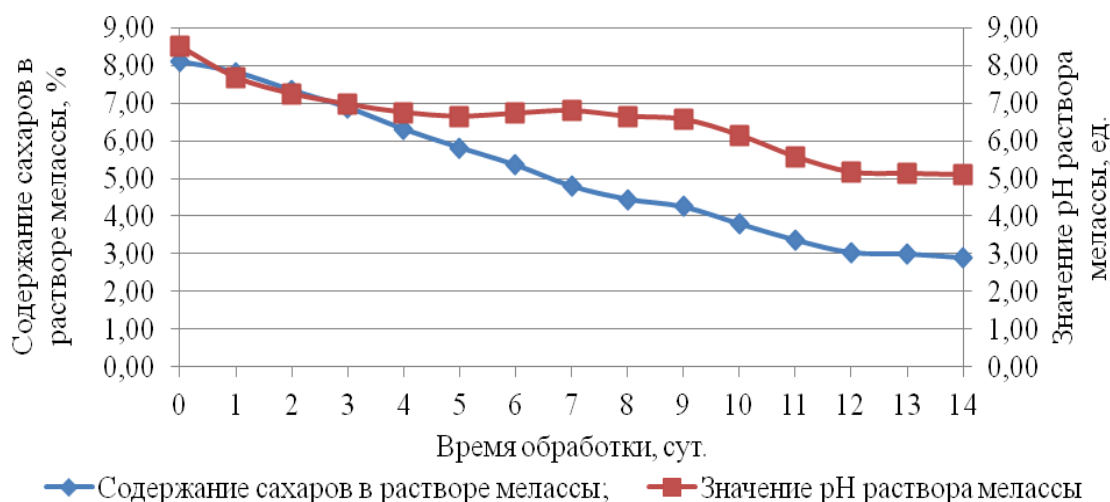


Рис. 6. Изменение содержания сахаров и значения pH в растворе мелассы с содержанием сухих веществ 15 % и начальном pH 8,5 при выращивании *Debaryomyces hansenii* штамм Y-2482

В растворе мелассы с содержанием сухих веществ 15 % и начальном pH 7,0 *Guehomycetes pullulans* штамм Y-2305 утилизировал незначительную часть сахаров в первые 2 суток обработки и более не проявлял жизнеспособности.

Представлены в виде графиков данные по изменению содержания сахаров и значения pH раствора мелассы с содержанием сухих веществ 15 % и начальном pH 8,5 при выращивании *Guehomycetes pullulans* штамм Y-2305 (рисунок 7).

Из представленных данных видно, что *Guehomycetes pullulans* штамм Y-2305 способен утилизировать все сахара, однако реакция среды при этом оставалась нейтральной в течение всего времени обработки. В конце процесса общее содержание кислот в растворе составило 0,2 (ммоль/100 мл)/г сахаров. На наш взгляд, это объясняется тем, что продуктами жизнедеятельности этого микроорганизма в растворе мелассы являлись не только органические кислоты, но и некоторые соединения, имеющие оксигруппы, вследствие чего произошла их нейтрализация.

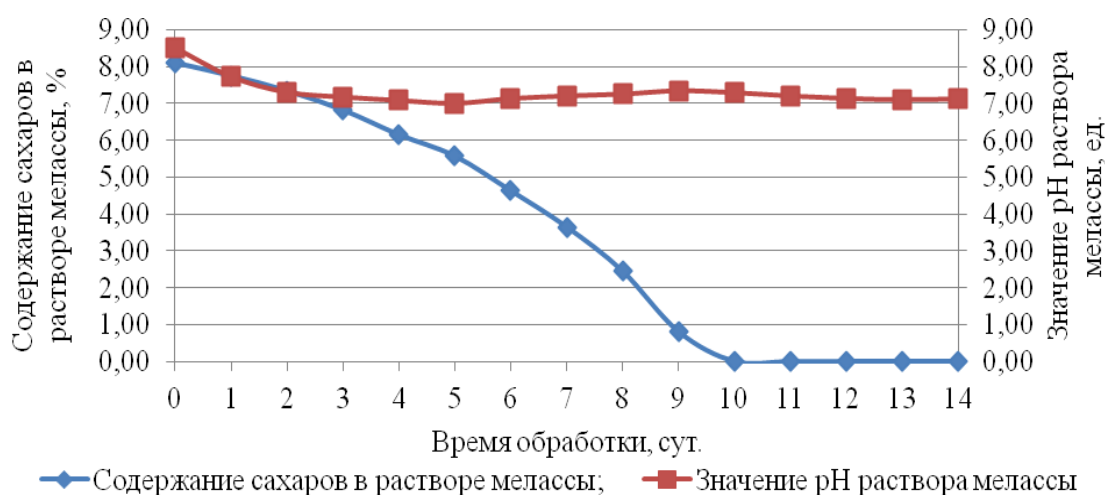


Рис. 7. Изменение содержания сахаров и значения pH в растворе мелассы с содержанием сухих веществ 15 % и начальном pH 8,5 при выращивании *Guehomyces pullulans* штамм Y-2305

Для следующего этапа исследований из 5 штаммов микроорганизмов были отобраны 2 – *Bacillus subtilis* штамм B-501 и *Debaryomyces hansenii* штамм Y-2482. Оставшиеся 3 штамма, были исключены из исследований, так как *Blakeslea trispora* штаммы F-3758 и F-3759 не синтезировали β-каротин, а *Guehomyces pullulans* штамм Y-2305 синтезировал органические кислоты в меньшем количестве, чем *Debaryomyces hansenii* штамм Y-2482.

На втором этапе исследований проводили посев отобранных 2 штаммов микроорганизмов в растворы мелассы с содержанием сухих веществ 20, 25 и 35 %. Следует отметить, что начальное значение pH растворов мелассы, в которые проводился посев микроорганизмов, соответствовало оптимальному начальному значению pH, выявленному ранее при обработке растворов мелассы с содержанием сухих веществ 15 %.

Установлено, что при обработке растворов мелассы с содержанием сухих веществ 25 и 35 % в непроточных реакторах исследуемые микроорганизмы к жизнедеятельности не способны.

В результате 17-ти дневной микробиологической обработки растворов мелассы с содержанием сухих веществ 20 %, начальное содержание сахаров в которых составило 9,50 %, удалось достичь следующих показателей по синтезу биологически активных веществ:

- *Bacillus subtilis* штамм B-501 синтезировал витамин B₂ в количестве 1,82 мг/г сахаров, утилизировав 5,15 % сахаров;

- *Debaryomyces hansenii* штамм Y-2482 синтезировал органические кислоты в количестве 0,210 (моль H⁺/100 мл)/г сахаров, утилизировав 3,90 % сахаров.

Выводы. В результате проведенных исследований впервые получены экспериментальные данные, позволившие оценить эффективность микробиологического синтеза биологически активных веществ в растворах мелассы без дополнительного внесения биогенных веществ, а также без поддержания оптимальной pH среды для 4 видов микроорганизмов, а именно, *Blakeslea trispora*, *Bacillus subtilis*, *Debaryomyces hansenii* и *Guehomyces pullulans*.

На основании комплекса полученных экспериментальных данных установлено, что в разбавленных растворах мелассы синтез β -каротина при помощи *Blakeslea trispora* штаммы F-3758 и F-3759 не возможен. Теоретически, для синтеза β -каротина необходимо поддерживать оптимальные условия в реакторе, а именно, значение pH, не угнетающее микроорганизмы, а также обогащение растворов биогенными веществами, такими, как азотные и/или фосфорные соединения, так как в работах зарубежных исследователей *Blakeslea trispora* синтезирует β -каротин в чистых растворах полисахаридов.

Для микробиологического синтеза витамина B₂ *Bacillus subtilis* штамм B-501 является перспективным микроорганизмом, так как он проявляет высокую жизнедеятельность в значительном диапазоне значений pH и содержания сухих веществ в растворе свекловичной мелассы. Тем не менее, перспективно, на наш взгляд, дальнейшее проведение исследований по влиянию внесения биогенных веществ в растворы мелассы на количество синтезируемого при помощи *Bacillus subtilis* штамм B-501 витамина B₂.

Для синтеза органических кислот более перспективным является *Debaryomyces hansenii* штамм Y-2482, по сравнению с *Guehomyces pullulans* штамм Y-2305, так как он синтезирует большее количество органических кислот и менее требователен к начальному значению pH растворов мелассы.

Литература:

1. Сапронов А.Р., Сапронова Л.А., Ермолаев С.В. Технология сахара. СПб.: Профессия, 2013. 296 с.
2. Обзор современных исследований в области переработки мелассы для получения биологически активных веществ / Семенихин С.О. [и др.] // Новые технологии. 2019. Вып. 2. С. 97-107.
3. Анализ способов микробиологической обработки мелассы для получения альтернативных видов топлива / Семенихин С.О. [и др.] // Известия ВУЗов. Пищевая технология. 2019. №5/6. С. 6-9.
4. Kaura P., Ghoshala G., Jainb A. Utilization of fruits and vegetables waste to produce β -carotene in solidstate fermentation: Characterization and antioxidant activity // Process Biochemistry. 2019. Vol. 76. P. 155-164.
5. Roukas T. Modified rotary biofilm reactor: A new tool for enhanced carotene productivity by *Blakeslea trispora* // Journal of Cleaner Production. 2018. No. 174. P. 1114-1121.
6. Hohmann H.-P., Stahmann K.-P. Biotechnology of Riboflavin Production // Comprehensive Natural Products II. 2010. Vol. 7. P. 115-139.
7. Юсупова А.М., Канарская З.А. Использование психротолерантных дрожжей штаммов *D. Hansenii H4651* и *G. Pullulans* для получения органических кислот и этанола // Актуальные вопросы современного химического и биохимического материаловедения: материалы V Международной молодежной научно-практической школы-конференции. Уфа: БГУ, 2018. С. 336-340.
8. Верещагина О.А. Триспориды и липиды в каротинообразовании мицелиального гриба *Blakeslea trispora*: автореф. дис. ... канд. биолог. наук: 03.02.03. М., 2013. 23 с.

Literature:

1. Saprnov A.R., Saprnova L.A., Ermolaev S.V. Sugar technology. SPb.: Profession, 2013. 296 p.
2. Overview of modern research in the field of molasses processing to obtain biologically active substances / Semenikhin S.O. [et al.] // *Novye Tehnologii*. 2019. Issue 2. P. 97-107.
3. Analysis of the methods of microbiological treatment of molasses to obtain alternative fuels / Semenikhin S.O. [et al.] // *Proceedings of universities. Food technology*. 2019. No 5/6. P. 6-9.
4. Kaura P., Ghoshala G., Jainb A. Utilization of fruits and vegetables waste to produce β -carotene in solidstate fermentation: Characterization and antioxidant activity // *Process Biochemistry*. 2019. Vol. 76. P. 155-164.
5. Roukas T. Modified rotary biofilm reactor: A new tool for enhanced carotene productivity by *Blakeslea trispora* // *Journal of Cleaner Production*. 2018. No. 174. P. 1114-1121.
6. Hohmann H.-P., Stahmann K.-P. Biotechnology of Riboflavin Production // *Comprehensive Natural Products II*. 2010. Vol. 7. P. 115-139.
7. Yusupova A.M., Kanarskaya Z.A. Use of psychrotolerant *D. Hansenii* H4651 and *G. Pullulans* yeast strains for the production of organic acids and ethanol // *Actual problems of modern chemical and biochemical materials science: materials of the V International Youth Scientific and Practical School-Conference*. Ufa: BSU, 2018. P. 336-340.
8. Vereshchagina O.A. Trispoids and lipids in the carotene formation of the *Blakeslea trispora* mycelial fungus: abstr. dis. ... *Cand. of Biology: 03.02.03. M., 2013. 23 p.*