

УДК 579.676

05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)

**СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К
БИОЛОГИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ
ПЛОДОВО-ЯГОДНОГО СЫРЬЯ**

Першакова Татьяна Викторовна
д.т.н., доцент
РИНЦ SPIN-код: 4342-6560
Scopus ID: 57201883351,
e-mail: 7999997@inbox.ru

Горлов Сергей Михайлович
к.т.н.
РИНЦ SPIN-код: 5082-8400,
Scopus ID: 57201882927,
e-mail: gorlov76@list.ru

Бабакина Мария Владимировна
аспирант
РИНЦ SPIN-код: 2580-9961,
Scopus ID: 57201875715,
e-mail: wuhdz@mail.ru
«Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» - филиал ФГБНУ "Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия", Россия, 350072, г. Краснодар, ул. Тополиная аллея, 2

Реализация Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия обеспечила в Краснодарском крае стабильный рост производства продукции растениеводства, при переработке которой образуется значительное количество вторичных ресурсов, содержащих биологически-ценные вещества (виноделие, производство соков). Утилизация отходов при этом требует значительного количества ресурсов и создает высокую экологическую нагрузку, способствуя при этом повышению себестоимости выпускаемой продукции в перерабатывающих отраслях АПК. В тоже время, с учетом влияния экологических факторов внешней среды и современных нервно-эмоциональных нагрузок необходимо обеспечение физиологических потребностей населения в пищевых веществах и энергии, макро и микроэлементах. В связи с этим актуальной проблемой в сфере фундаментальных основ сельскохозяйственных наук является поиск направлений и принципов получения новых, дополнительных источников биологически ценных веществ, в том числе с использованием пищевых одноклеточных организмов, что

UDC 579.676

05.20.01-Technologies and means of agricultural mechanization (technical sciences)

**MODERN APPROACHES TO BIOLOGICAL
TRANSFORMATION OF FRUIT AND BERRY
RAW MATERIALS**

Pershakova Tatyana Victorovna
Dr.Sci.Tech., Docent,
RSCI SPIN-code: 4342-6560
Scopus ID: 57201883351,
e-mail: 7999997@inbox.ru

Gorlov Sergey Mikhailovich
Cand.Tech.Sci.
RSCI SPIN-code: 5082-8400,
Scopus ID: 57201882927,
e-mail: gorlov76@list.ru

Babakina Maria Vladimirovna
postgraduate
RSCI SPIN-code: 2580-9961,
Scopus ID: 57201875715,
e-mail: wuhdz@mail.ru
“Krasnodar Research Institute of Agricultural Products Storage and Processing” – branch of FSBSO “North-Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture & Viniculture”, Russia, 350072, Krasnodar, st. Topolinaya alleya, 2

The implementation of the State Program for the Development of Agriculture and Regulation of Agricultural Products, Raw Materials and Food Markets ensured stable growth in crop production in the Krasnodar region, the processing of which produces a significant amount of secondary resources containing biologically valuable substances (winemaking, juice production). Waste disposal requires a significant amount of resources and creates a high environmental load, while contributing to an increase in the cost of products in the processing industries of the agro-industrial complex. At the same time, taking into account the influence of environmental factors of the external environment and modern neuro-emotional stress, it is necessary to ensure the physiological needs of the population for nutrients and energy, macro and microelements. In this regard, an urgent problem in the field of fundamental principles of agricultural sciences is the search for directions and principles for obtaining new, additional sources of biologically valuable substances, including using food unicellular organisms, which will allow developing new methods for obtaining biologically active polyfunctional complexes of natural origin, sources of amino acids, vitamins and minerals, which will be used in the technology of production of new types of functional food, with

позволит разработать новые методы получения биологически активных полифункциональных комплексов натурального происхождения, источников аминокислот, витаминов и минеральных веществ, которые будут использованы в технологии производства новых видов функциональных продуктов питания с целенаправленными заданными качественными показателями определенного химического состава, обеспечивающих население безопасным адекватным питанием. Для биотрансформации вторичных ресурсов переработки сельскохозяйственного сырья могут быть использованы дрожжи-сахаромицеты. В связи с этим представляет интерес провести обзор современных технологий биотрансформации растительного сырья. Инновационный проект выполнен при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках Конкурса научно-инновационных проектов, ориентированных на коммерциализацию № НИП 20.1/9

Ключевые слова: БИОЛОГИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ, ВТОРИЧНЫЕ ПРОДУКТЫ ПЕРЕРАБОТКИ, ШТАММЫ ДРОЖЖЕЙ, ПАРАМЕТРЫ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ, ФОРМИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА, ДЕСТРУКЦИЯ БЕЛКОВО-ПОЛИСАХАРИДНОГО КОМПЛЕКСА, МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА, ПИЩЕВАЯ ДОБАВКА

targeted specified quality indicators of a certain chemical composition, providing the population with safe adequate nutrition. Saccharomycetes yeast can be used for biotransformation of secondary resources for processing agricultural raw materials. In this regard, it is of interest to review modern technologies for biotransformation of plant materials. The innovation project was carried out with the financial support of the Kuban Science Foundation in the framework of the Commercializable scientific and innovation projects competition № НИП20.1/9

Keywords: BIOLOGICAL TRANSFORMATION, SECONDARY PROCESSING PRODUCTS, YEAST STRAINS, CULTIVATION PARAMETERS, FORMATION OF CHEMICAL COMPOSITION, DESTRUCTION OF THE PROTEIN-POLYSACCHARIDE COMPLEX

DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-167-013>

В мире накоплен значительный опыт крупнотоннажного производства белка микробиологического происхождения на различных субстратах. Так, кормовые дрожжи, получаемые на основе углеводородсодержащего сырья и парафинов нефти (до недавнего времени до 70 % от общего объема производства белка микробиологического происхождения) характеризуются высоким содержанием протеина 60-62 %, углеводов – до 18 %, липидов – до 16 %. Перевариваемость протеина составляет в среднем 82 %. Его высокая биологическая ценность определяется как аминокислотным составом белка, так и высоким содержанием витаминов группы В и других биологически активных соединений. Широко распространено производство кормовых дрожжей на сельскохозяйственном сырье: целлюлозные гидролизаты, кормовая и

сахарная свекла, картофель. Так же кормовые дрожжи производят на таких отходах как: навоз, сульфитные щелока, различные отходы пищевых производств и т.д. [1].

Для производства биомассы в настоящее время отдельно или в смеси широко применяются следующие расы дрожжей – *S. cerevisiae* [2, 3], *Candida*, *Saccharomyces*, *Kluveromyces*, *Pichia*, *Rhodotorula*, *Rhodosporidium species* [4] и др. [5].

Дрожжи *D. hansenii* и *G. pullulans* наиболее продуктивны при культивировании на питательной среде из арабиногалактана при температуре культивирования 20 °С и проявляют β-галактазидазную активность. Определено, что при культивировании на питательной среде из арабиногалактана при температуре 20 °С наибольшую β-галактазидазную активность и, соответственно, продуктивность проявляет штамм дрожжей *G. pullulans* KB 1-34 [6].

Перспективным источником белка, аминокислотный скор которого приближается к животному (за исключением серосодержащих аминокислот), являются дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*. В работах многих исследователей показано, что белок дрожжей, состоящий из аминокислотных остатков, характеризуется хорошей сбалансированностью незаменимых аминокислот. При добавлении метионина и цистеина он не уступает белкам мяса. Дрожжевые клетки также богаты витаминами, особенно группы В, и минеральными веществами.

Кроме того, клеточные стенки дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* содержат полисахариды глюкано-маннановой природы, обладающие высокой сорбционной способностью, на основе которых возможно создание препаратов для регуляции деятельности желудочно-кишечного тракта [7, 8].

При культивировании на продуктах переработки гороха грибковых штаммов *Ascomycota* (*Aspergillus oryzae*, *Fusarium venenatum*, *Neurospora*

intermedia, *Monascus purpureus*,) и *Zygomycota* (*Rhizopus oryzae*) установлено, что по выходу белка наиболее эффективным оказался штамм *A. oryzae* – 0,26 г на 1 г побочного продукта переработки гороха при выращивании в эрлифте биореактора. Предполагается, что путем интеграции технологии по переработке гороха в существующую промышленность, выход составит около 680 кг грибной биомассы или около 38 % дополнительного белка на каждую 1 тонну продуктов переработки гороха [9].

Производство дрожжевой биомассы, как правило, осуществляется с помощью ферментации. Например, накопление дрожжевой биомассы штаммов рода *Pichia* на негидролизованых целлюлозных субстратах методом глубинной и твердофазной ферментации дрожжей на разных растительных субстратах при влажности ~50–60 %, температуре ~30 °С в течение 48 ч с применением модуля «Рубец+» в лабораторных условиях позволяет получить субстанции, в дальнейшем применяемые для приготовления йогуртов, сухих завтраков и хлеба [10].

Однако пищевая ценность микробной биомассы ограничена малой доступностью содержимого клетки для действия пищеварительных ферментов. В последнее время ученые подбирают наиболее выгодные способы обработки дрожжей, чтобы повысить усвояемость внутриклеточных биологически ценных компонентов. Одним из наиболее перспективных способов является процесс ферментативной деструкции полимеров микробной клетки, необходимый для получения белково-аминокислотных обогатителей пищи и выделения протеинов.

Соколовой Е.Н., Серба Е.М. и Римаревой Л.В. разработана комплексная ферментативная система, ведущая к направленной биокаталитической деструкции субклеточных структур клеток *Saccharomyces cerevisiae*. Данная система обеспечивает получение продуктов заданного структурно-фракционного состава на основе

дрожжевой биомассы. В ее состав входят ферменты, катализирующие гидролиз полисахаридов в клеточных стенках дрожжей (β -глюканаза, протеиназа хитиназа и маннаназа) и комплекс ферментов протеолитического действия грибного происхождения (протеиназы и пептидазы), глубоко гидролизующий белковые вещества протоплазмы дрожжевых клеток. Так же авторами показана возможность получения ферментолитатов биомассы дрожжей с заданным фракционным составом белковых веществ для производства пищевых ингредиентов и продуктов питания в зависимости от степени разрушения субклеточных структур [11].

Дрожжевые экстракты, разработанные компанией LeiberGmbH, Брамше, (Германия) характеризуются высоким содержанием незаменимых аминокислот, превышающим уровни эталонного белка установленных ФАО/ ВОЗ, и высокой антиоксидантной активностью. [12].

При выборе технологии культивирования того или иного штамма микроорганизмов важно воспользоваться подходящей математической моделью кинетики их культивирования [13].

Пищевой дрожжевой экстракт в настоящее время широко применяется для получения вкусовых пищевых продуктов, таких как глутаминовая кислота, ферментативного усилителя для мясных продуктов, соусов и подлив, супов, чипсов и крекеров. Полученный из пивных дрожжей β -глюкан может быть использован в качестве загустителя, влагоудерживающего или жиросвязывающего агента, а так же эмульгирующего стабилизатора. Для этого пивные дрожжи должны быть автолизированы и клеточные стенки гомогенизированы, экстрагированы сначала щелочью, затем кислотой и затем сушкой распылением. Гомогенизированные клеточные стенки содержат β -глюкан, используемый в качестве пребиотика, избирательно стимулирующего рост и/или активацию метаболизма [14].

Выводы. Разработка на основе биомассы дрожжей биологически активных полифункциональных комплексов – источников аминокислот, витаминов и минеральных веществ и их использование в технологии производства новых видов функциональных продуктов питания, с целенаправленными заданными качественными показателями определенного химического состава, обеспечивающих население безопасным адекватным питанием – актуальная задача, соответствующая основным направлениям научных исследований: «Стратегии научно-технологического развития РФ», «Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации», Стратегии развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации» и Прогнозу научно-технологического развития России: 2030.

Литература:

1. Омарова К.М., Омаров М.С. Биотехнология получения микробного белка на комплексном растительном сырье // Наука и образование Большого Алтая. – Выпуск 2. – 2016. – С. 65-69.
2. Абдуллабекова Д.А., Магомедова Е.С., Гасанов Р.З. Исследование способности дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* к образованию технологически значимых соединений // Магарач. Виноградарство и виноделие. – 2019. – 21(2). – С.143-146. DOI 10.35547/IM.2019.21.2.01
3. Новый штамм *Saccharomyces cerevisiae* A112 для получения биомасс, обогащенных цинком / Н.Т.М. Кхань, Н.Т. Чанг, Л.Д. Мань [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 4. – С. 114–120. DOI: 10.21603/2074-9414-2018-4-114-120.
4. Получение биологически активных добавок на основе обогащённой дрожжевой биомассы / Е.М. Серба, Е.Н. Соколова, Н.А. Фурсова и др. // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2018. – №2. – С. 74-79.
5. A. Bekatorou et al.: Food Grade Yeasts, Food Technol. Biotechnol. – 2006. – 44 (3). – P. 407–415.
6. Галяутдинова И.А. Эффективность культивирования дрожжей *Debaryomyces hansenii* и *Guehomyces pullulans* на питательных средах из арабиногалактана / И.А. Галяутдинова, А.В. Канарский, З.А. Канарская, А.Г. Кузнецов // Вестник технологического университета. – 2016. – Т.19, №16. – С .96-99.
7. Malin Andersson. Protein enriched foods and healthy ageing: Effects of almond flour, soy flour and whey protein fortification on muffin characteristics // SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB. – 2016. – № 02.
8. Щетинин М.П., Ходырева З.Р., Щетинина Е.М. Разработка поликомпонентных молочных консервов на основе сочетания сырья животного и растительного происхождения // ХИПС– 2019. – №2 – С. 75-84.

9. Souza Filho et al. Vegan-mycoprotein concentrate from pea-processing industry byproduct using edible filamentous fungi / *Fungal BiolBiotechnol* – 2018. – № 5:5.

10. Борисенко Е.Г. Производство дрожжевых продуктов широкого профиля / Е.Г. Борисенко, О.Б. Мадзу, Е.К. Пироговская, Т.А. Маслова, А.А. Азанова // *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств»*. – 2019. – № 1. – С. 3-9.

11. Ферментные препараты и биокаталитические процессы в пищевой промышленности / Римарева Л.В., Сербя Е.М., Соколова Е.Н. и др. // *Вопросы питания*. – 2017. – Том 86, № 5. – С 63-74.

12. Podpora B., Świdorski F., Sadowska A., Rakowska R., Wasiak-Zys G. Spent brewer's yeast extracts as a new component of functional food. *CzechJ. FoodSci.* – 2016. – № 34. – P. 554–563.

13. Тишин В.Б., Федоров А.В. Особенности поиска математических моделей кинетики культивирования микроорганизмов // *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств»* – 2016. – № 4. – С. 65-74.

14. I.M.P.L.V.O. Ferreiraetal. Brewer's *Saccharomyces* yeast biomass: characteristics and potential applications/ *Trends in Food Science & Technology*. – 2010. – № 21. – P. 77-84.

References

1. Omarova K.M., Omarov M.S. Biotexnologiya polucheniya mikrobnogo belka na kompleksnom rastitel`nom sy`r`e // *Nauka i obrazovanie Bol`shogo Altaya*. – Vy`pusk 2. – 2016. – S. 65-69.

2. Abdullabekova D.A., Magomedova E.S., Gasanov R.Z. Issledovanie sposobnosti drozhzhej *Saccharomyces cerevisiae* k obrazovaniyu tekhnologicheskimi znachimy`x soedineniy // *Magarach. Vinogradarstvo i vinodelie*. – 2019. – 21(2). – S.143-146. DOI 10.35547/IM.2019.21.2.01

3. Novy`j shtamm *Saccharomycescerevisiae* A112 dlya polucheniya biomass, obogashhenny`x cinkom / N.T.M. Kxan`, N.T. Chang, L.D. Man` [i dr.] // *Texnika i tekhnologiya pishhevy`x proizvodstv*. – 2018. – T. 48, № 4. – S. 114–120. DOI: 10.21603/2074-9414-2018-4-114-120.

4. Poluchenie biologicheskimi aktivny`x dobavok na osnove obogashhyonnoj drozhzhevoj biomassy` / E.M. Serba, E.N. Sokolova, N.A. Fursova i dr. // *Xranenie i pererabotka sel`xozsy`r`ya*. – 2018. – №2. – S. 74-79.

5. A. Bekatorou et al.: Food Grade Yeasts, *Food Technol. Biotechnol.* – 2006. – 44 (3). – P. 407–415.

6. Galyautdinova I.A. E`ffektivnost` kul`tivirovaniya drozhej *Debaryomyces hansenii* i *Guehomyces pullulans* na pitatel`ny`x sredax iz arabinogalaktana / I.A. Galyautdinova, A.V. Kanarskij, Z.A. Kanarskaya, A.G. Kuznecov // *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta*. – 2016. – T.19, №16. – S .96-99.

7. Malin Andersson. Protein enriched foods and healthy ageing: Effects of almond flour, soy flour and whey protein fortification on muffin characteristics // *SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB*. – 2016. – № 02.

8. Shhetinin M.P., Xody`reva Z.R., Shhetinina E.M. Razrabotka polikomponentny`x molochny`x konservov na osnove sochetaniya sy`r`ya zhivotnogo i rastitel`nogo proisxozhdeniya // *XIPS*– 2019. – №2 – S. 75-84.

9. Souza Filho et al. Vegan-mycoprotein concentrate from pea-processing industry byproduct using edible filamentous fungi / *Fungal BiolBiotechnol* – 2018. – № 5:5.

10. Borisenko E.G. Proizvodstvo drozhzhevy`x produktov shirokogo profilya / E.G. Borisenko, O.B. Madzu, E.K. Pirogovskaya, T.A. Maslova, A.A. Azanova // *Nauchny`j*

zhurnal NIU ITMO. Seriya «Processy` i apparaty` pishhevy`x proizvodstv». – 2019. – № 1. – S. 3-9.

11. Fermentny`e preparaty` i biokataliticheskie processy` v pishhevoj promy`shlennosti / Rimareva L.V., Serba E.M., Sokolova E.N. i dr. // Voprosy` pitaniya. – 2017. – Tom 86, № 5. – S 63-74.

12. Podpora B., Świdorski F., Sadowska A., Rakowska R., Wasiak-Zys G. Spent brewer's yeast extracts as a new component of functional food. CzechJ. FoodSci. – 2016. – № 34. – P. 554–563.

13. Tishin V.B., Fedorov A.V. Osobennosti poiska matematicheskix modelej kinetiki kul'tivirovaniya mikroorganizmov // Nauchny`j zhurnal NIU ITMO. Seriya «Processy` i apparaty` pishhevy`x proizvodstv» –2016. – № 4. – S. 65-74.

14. I.M.P.L.V.O. Ferreiraetal. Brewer's Saccharomyces yeast biomass: characteristics and potential applications/ Trends in Food Science & Technology. – 2010. – № 21. – P. 77-84.