

УДК 663.952.14

СНИЖЕНИЕ АНТИНУТРИЕНТНОЙ АКТИВНОСТИ И ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СЫРЬЯ ЧАЯ БАЙХОВОГО ПРИ ЕГО ЭКЗОФЕРМЕНТАЦИИ



REDUCED ANTI-NUTRIENT ACTIVITY AND INCREASING THE QUALITY OF THE RAW MATERIALS OF BAIHOV TEA WHEN ITS EXO FERMENTATION

Ольховатов Егор Анатольевич

кандидат технических наук,
доцент ВАК,
действительный член Российской инженерной академии – секретарь Кубанского отделения;
доцент кафедры технологии хранения и переработки растениеводческой продукции,
Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина
olhovatov_e@inbox.ru

Касьянов Геннадий Иванович

доктор технических наук,
профессор ВАК,
действительный член РИА,
профессор института пищевой и перерабатывающей промышленности,
Кубанский государственный технологический университет
g_kasjanov@mail.ru

Сымулов Виталий Олегович

студент 2-го курса бакалавриата,
факультет пищевых производств и биотехнологий,
Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина
vssymulov@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены основные виды вторично ферментированных чаёв. Высказана гипотеза о снижении количества антинутриентов чайного сырья при его экзоферментации. Проведён анализ наиболее распространенных и доступных целлюлозолитических ферментных препаратов. Предложено использовать их для улучшения физико-химических и органолептических свойств чая байхового.

Ключевые слова: чай байховый, лигноцеллюлозное сырье, вторичная ферментация, целлюлозолитические ферменты, антинутриенты, повышение качества.

Olkhovatov Egor Anatolyevich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Higher Attestation Commission,
full member of the Russian Academy of Engineering – Secretary of the Kuban branch;
Associate Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Plant Products
Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin
olhovatov_e@inbox.ru

Kasyanov Gennady Ivanovich

Doctor of Technical Sciences,
Professor of the Higher Attestation Commission,
Full member of RIA,
Professor of the Institute of Food and Processing Industry,
Kuban State Technological University
g_kasjanov@mail.ru

Symulov Vitaly Olegovich

2nd year bachelor's Student,
Faculty of Food Production and Biotechnology,
Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin
vssymulov@mail.ru

Annotation. The main types of secondary fermented teas are considered. The hypothesis is expressed about the decrease in the amount of antinutrients of tea raw materials during its exofermentation. The analysis of the most common and available cellulolytic enzyme preparations was carried out. It is proposed to use them to improve the physico-chemical and organoleptic properties of bayh tea.

Keywords: baichy tea, lignocellulose raw materials, secondary fermentation, cellulolytic enzymes, antinutrients, quality improvement.

Чаи, проходящие вторую стадию ферментации с применением экзоферментов после автолиза компонентов чайного листа, такие как Лю Бао, Лю Ань и Пуэр (рис. 1), являются по сути своей лигноцеллюлозным материалом и с технологической точки зрения относят к пост-ферментированным или вторично-ферментированным чаям. Основным производимым по этой технологии чаем является Пуэр, изготавливаемый из Маоча, прошедшего минимальную обработку: фиксацию, скручивание и сушку на солнце. Два основных вида пуэра – это: Шен-пуэр (сырой), и Шу-пуэр (зрелый). Оба они могут вырабатываться как в виде рассыпного листа, так и спрессованными в плитки различных форм, для чего проходят вторичное пропаривание, возвращающего листу клейкость.



Рисунок 1 – Основные виды постферментированного чая:
а) – Лю Бао; б) – Лю Ань; в) – Пуэр

На основании имеющихся данных о происходящих биохимических изменениях с чаем в ходе его вторичной ферментации (рис. 2), нами принято решение рассмотреть в качестве материала для вторичной ферментации низкосортный чай байховый чёрный и зелёный с целью повышения его качества и снижения содержания антинутриентов в сырье [1], основным из которых для чайного листа является щавелевая кислота (табл. 1), содержание которой в чае может достигать довольно высокого уровня, становясь значимым деминерализующим фактором питания [2].

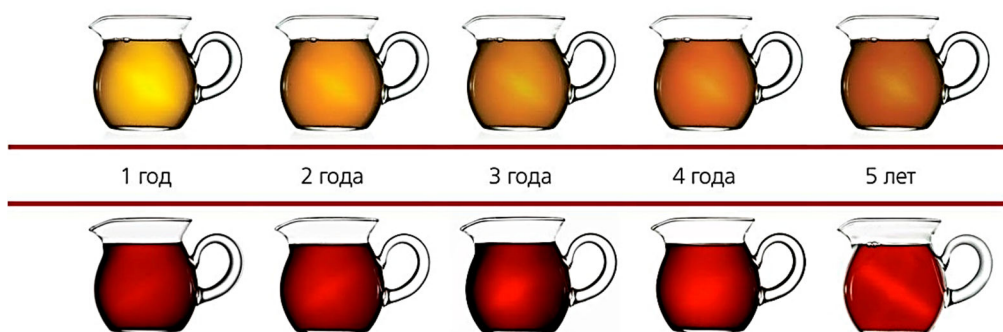


Рисунок 2 – Изменение окраски экстракта чая Пуэр с течением времени:
а) – Шэн-пуэр; б) – Шу-пуэр

Таблица 1 – Содержание щавелевой кислоты в продуктах растительного происхождения

Наименование продукта	Содержание, мг/100 г	Наименование продукта	Содержание, мг/100 г
Шпинат	1000	Чай	300...2000
Щавель	500	Бобы какао	500
Ревень	800	Свекла столовая	275

В настоящее время тема изучения влияния ферментов на лигноцеллюлозное сырье, модифицируемое под действием механической или температурной обработки, остается актуальной, поскольку такие катализаторы не загрязняют окружающую среду и не образуют отходов [3]. Однако при этом, все ферменты, являясь веществами белковой природы, восприимчивы ко многим факторам среды [4]. Основными продуцентами целлюлозолитических ферментов являются бактерии, дрожжевые и плесневые грибки [5]. Механическая денатурация собственных ферментов сырья этой группы при их совместной обработке с лигноцеллюлозным субстратом изучена слабо, а проведенные исследования затрагивают в основном аспекты механической и термической стабильности ферментных препаратов [6].

Важнейшим фактором получения качественной продукции является подбор параметров ферментализации. Основными регулируемыми параметрами при этом являются

соотношение фермента и субстрата, состав мультиэнзимных (смесевых грибных и бактериальных препаратов) композиций, давление, температура, pH среды, вид и значение ферментативной активности [4]. Достоверно установлено, что ферментные препараты в безводной форме более устойчивы к термическому воздействию, чем гидратированные. В водном растворе препарат будет денатурировать в той же степени, что и нерастворенный, если влажность ферментного препарата будет выше 30 % [3]. Однако, если влажность субстрата будет ниже 14 %, то интенсивность процесса разложения материала ферментом будут существенно снижена. При этом, для эффективного измельчения необходимо обрабатывать сырье при влажности не более 12 % и механическое воздействие осуществлять в высокоинтенсивных параметрах. В случаях, когда влажность превышает 12%, из уже полученных мелких частиц продукта будут формироваться крупные агрегаты, что также влечет за собой понижение эффективности измельчения [7].

Ферментный препарат *Celluclast* разработан и применяется при получении спирта из зерна ржи. Ферментный препарат повышает количество сбраживаемых углеводов в сырье, поскольку разрушает связи целлюлозы с крахмалом, повышая его высвобождение. Применение фермента способствует разжижающему эффекту и большему переходу сухих веществ в растворимое состояние. Показатели выхода спирта при этом повышаются благодаря способности этого препарата к расщеплению некрахмалистых полисахаридов [7]. По этой же причине препарат *Celluclast* улучшает показатели в хлебопечении [5]. *Celluclast* с успехом можно применять и для биоконверсии. Для примера рассмотрим биоконверсию подсолнечной лузги. Её высушивают до влажности не более 8 %, измельчают и готовят суспензию (10–15 %), которую выдерживают при температуре 125–130 °С в течении 30–60 мин, после чего охлаждают и доводят pH до 4–5,5. Ферментативный гидролиз раствором препарата 30–60 ЦлС на 1 г проводят в течении 18–24 ч. Затем смесь разделяют фильтрованием и центрифугированием. После этого полученный фильтрат можно использовать для культивирования дрожжей, а саму лузгу можно использовать в качестве добавки в корма для животных, в качестве абсорбента для очистки сточных вод, выращивания различных грибов, выделения пигмента фитомелан [8].

Ферментный препарат *Viscozyme L* рекомендовано использовать для переработки вторичного сырья, получаемого при производстве яблочных соков. Гидролиз яблочных выжимок позволяет снизить количество непищевых веществ, облегчить их дальнейшую переработку и повысить извлечение полезных веществ. Данный препарат является мультиферментным комплексом, содержащим карбогидразы (гемицеллюлозу, маназу, ксиланазу, целлюлазу, бета-глюканазу и арабиназу) и его действие основано на синергизме последовательного действия ферментов при гидролизе субстрата. Ферментативный гидролиз позволяет уменьшить количество отходов, снизить влажность материала и рекомендован для получения высококачественного яблочного пюре таким методом (является более эффективным в сравнении с термической и кислотной обработками, что отражается на количестве выхода полуфабриката). Если вести технологический процесс в отсутствие этапа ферментации, то возникает необходимость повышения количества воды для набухания жмыха и последовательно влечет за собой понижение количества сухих веществ в полуфабрикate [9]. Применение данного ферментного препарата является одним из способов экстрагирования фенольных веществ из твёрдых частей виноградной ягоды при сбраживании сусла на мезге, когда препарат вносят одновременно с разводкой чистых культур дрожжей. По окончании брожения её прессуют, после дображивания снимают с осадка и проводят сульфитацию. Применение ферментов при переработке служит эффективным способом регулирования качества получаемого продукта [10].

Инактивировать ферменты после завершения процесса можно несколькими способами: бланшированием, обработкой под высоким давлением, использованием микроволновой энергии. Стоит заметить, что долгое воздействие высоких температур для инактивации является невыгодным, так как есть вероятность потери стойкости биологически активных веществ таких как витамины С и В [5].

Механическую обработку используют в основном, чтобы повысить реакционную способность полимеров, увеличения удельной площади поверхности, аморфизации целлюлозных кристаллов и разрыву связей. Для уменьшения степени денатурации су-

хого ферментного препарата и их смеси необходимо использовать предварительно аморфизованный субстрат и уменьшить интенсивность воздействия [4]. Денатурация ферментов и разупорядочение структуры лигноцеллюлозы осложняют протекание процесса совместной механической обработки ферментных комплексов с лигноцеллюлозным сырьем. Первый процесс приводит к замедлению или прекращению процесса, а второй – к увеличению выхода при последующем ферментативном гидролизе. При дальнейшей механической обработке полученного материала его реакционная способность не изменяется. Не изменяется она и при большой скорости подачи сырья в зону обработки, а снижение скорости за счет распределения фермента по приповерхностному слою материала приводит к возрастанию проводимости энергии и реакционной способности на 30–40 % [6].

Таким образом, можно сделать вывод о целесообразности и эффективности применения описанных целлюлозолитических ферментных препаратов для повышения качества низкосортного чая байхового зелёного и чёрного со снижением количества антинутриентов, основным из которых является щавелевая кислота, разрушаемая под действием ферментных комплексов в ходе гидролиза пектин-целлюлозной арматурной структуры.

Литература

1. Ольховатов Е.А. Инактивация антинутриентов чайного сырья путём биотехнологической и электрофизической модификации при их синергизме / Е.А. Ольховатов, Г.И. Касьянов, И.В. Тарасов // Биотехнологические, экологические и экономические аспекты создания безопасных продуктов питания специализированного назначения: материалы Международной научно-практической конференции. – Краснодар: КубГТУ, 2020. – С. 230–235.
2. Донченко Л.В. Безопасность пищевой продукции : учебник / Л.В. Донченко, В.Д. Надыкта. – М. : Юрайт, 2023. – 452 с.
3. Бычков А.Л. Денатурация целлюлозолитических ферментов в присутствии воды / А.Л. Бычков, В.А. Бухтояров, О.И. Ломовский // Химия в интересах устойчивого развития. – 2011. – Т. 19. – № 5. – С. 479–483.
4. Бухтояров В.А. Механохимическая активация целлюлозолитических ферментов совместно с лигноцеллюлозным сырьем / В.А. Бухтояров, А.Л. Бычков, О.И. Ломовский // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: материалы XI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием. – Бийск : АлтГТУ, 2018. – С. 384–386.
5. Прянишников В.В. К вопросу целесообразности использования новых видов ферментных препаратов в производстве хлебобулочных изделий / В.В. Прянишников, Н.Н. Толкунова // Образование и наука без границ: фундаментальные и прикладные исследования. – 2016. – № 3. – С. 73–74.
6. Бычков А.Л. Стабилизация целлюлозолитических ферментов сорбцией на поверхности растительного сырья / А.Л. Бычков, В.А. Бухтояров, О.И. Ломовский // Известия Академии наук. Серия химическая. – 2015. – № 5. – С. 1189.
7. Багаева А.З. Соответствие качества сырья выходу спирта / А.З. Багаева, И.А. Шабанова. – 2015. – Т. 2. – № 2. – С. 143–145.
8. Патент № 2762425 С1 Российская Федерация, МПК А23К 10/18, А23К 10/30. Способ биоконверсии подсолнечной лузги в кормовой продукт с высоким содержанием белка: № 2021112214 : заявл. 28.04.2021; опубл. 21.12.2021 / И.А. Фоменко, Л.А. Иванова, С.П. Комбаров [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет пищевых производств».
9. Нигматуллина, И.М. Оптимизация процесса ферментативного гидролиза вторичного яблочного сырья / И.М. Нигматуллина, С.В. Агафонова // Балтийский морской форум: материалы VIII Международного Балтийского морского форума.– Калининград : КГТУ, 2020. – Т. 4. – С. 113–118.
10. Зенкова Д.В. Изучение влияния ферментных препаратов на качество виноматериала из сорта винограда Каберне Совиньон, выращенного в Самарской области / Д.В. Зенкова, П.А. Чалдаев, В.В. Бахарев // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: материалы XIV Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием. – Бийск : АлтГТУ, 2021. – С. 266–268.

References

1. Olkhovатов E.A. Inactivation of antinutrients of tea raw materials by biotechnological and electro-physical modification with their synergism / E.A. Olkhovатов, G.I. Kasyanov, I.V. Tarasov // Biotechnological, ecological and economic aspects of creating safe food for specialized purposes: materials of the International scientific and practical Conference. – Krasnodar : KubSTU, 2020. – P. 230–235.
2. Donchenko L.V. Food safety : textbook / L.V. Donchenko, V.D. Nadykta. – M. : Yurayt, 2023. – 452 p.
3. Bychkov A.L. Denaturation of cellulolytic enzymes in the presence of water / A.L. Bychkov, V.A. Bukhtoyarov, O.I. Lomovsky // Chemistry in the interests of sustainable development. – 2011. – Vol. 19. – № 5. – P. 479–483.
4. Bukhtoyarov V.A. Mechanochemical activation of cellulosic enzymes together with lignocellulose raw materials / V.A. Bukhtoyarov, A.L. Bychkov, O.I. Lomovsky // Technologies and equipment of chemical, biotechnological and food industry: materials of the XI All-Russian scientific and practical conference of students, aspirants and young scientists with international participation. – Biysk : AltSTU, 2018. – P. 384–386.
5. Pryanishnikov V.V. On the question of the expediency of using new types of enzyme preparations in the production of bakery products / V.V. Pryanishnikov, N.N. Tolkunova // Education and science without borders: fundamental and applied research. – 2016. – № 3. – P. 73–74.
6. Bychkov A.L. Stabilization of cellulolytic enzymes by sorption on the surface of vegetable raw materials / A.L. Bychkov, V.A. Bukhtoyarov, O.I. Lomovsky // Proceedings of the Academy of Sciences. Chemical series. – 2015. – № 5. – P. 1189.
7. Bagaeva A.Z. Conformity of raw material quality to alcohol yield / A.Z. Bagaeva, I.A. Shabanova. – 2015. – Vol. 2. – № 2. – P. 143–145.
8. Patent № 2762425 C1 Russian Federation, IPC A23K 10/18, A23K 10/30. Method of bioconversion of sunflower husk into a feed product with a high protein content: № 2021112214: application 28.04.2021: publ. 21.12.2021 / I.A. Fomenko, L.A. Ivanova, S.P. Kombarova [et al.]; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Moscow State University of Food Production».
9. Nigmatullina I.M. Optimization of the process of enzymatic hydrolysis of secondary apple raw materials / I.M. Nigmatullina, S.V. Agafonova // Baltic Sea Forum: proceedings of the VIII International Baltic Sea Forum. – Kaliningrad : KSTU, 2020. – Vol. 4. – P. 113–118.
10. Zenkova D.V. Studying the effect of enzyme preparations on the quality of wine material from the Cabernet Sauvignon grape variety grown in the Samara region / D.V. Zenkova, P.A. Chaldae, V.V. Baharev // Technologies and equipment of chemical, biotechnological and food industry: materials of the XIV All-Russian Scientific and practical Conference of students, graduate students and young scientists with international participation. – Biysk : AltSTU, 2021. – P. 266–268.