

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2021-17-4-33-41>

УДК 663.81:615.355

© 2021

Поступила 01.07.2021

Received 01.07.2021



Принята в печать 04.08.2021

Accepted 04.08.2021

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interests

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

ВЛИЯНИЕ ФЕРМЕНТАТИВНОГО КАТАЛИЗА НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОИЗВОДСТВА ЯБЛОЧНЫХ СОКОВ

Людмила В. Гнетько, Лилия П. Неровных*, Майя М. Удычак,
Белла Б. Сиюхова, Мира М. Коблева

*ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»;
ул. Первомайская, д. 191, г. Майкоп, 385000, Российская Федерация*

Аннотация. В статье приводятся данные по исследованию влияния ферментного катализа на технологические параметры производства яблочных соков. Яблоки отличаются наличием гетерогенного высокомолекулярного комплекса биополимеров, что затрудняет их переработку: препятствует выходу сока, затрудняет его осветление, фильтруемость виноматериалов и в дальнейшем отрицательно сказывается на коллоидной стабильности вин. Ферментативный катализ, основанный на действии препаратов микробного происхождения, во многом способствует успешному решению задач интенсификации технологических процессов переработки плодового сырья и повышению качества получаемой из него продукции. Ферментные препараты комплексного действия, обуславливая глубокий гидролиз высокомолекулярных компонентов кожицы и мякоти плодов, обеспечивают более полное извлечение жидкой фракции, лучшее осветление и фильтруемость соков. Предгорная зона Адыгеи имеет особенные почвенно-климатические условия, влияющие на формирование физико-химических характеристик сырья. Учитывая, что среди плодовых культур в Республике Адыгея первое место по площади насаждений занимает яблоня, актуальной задачей является исследование влияния ферментативного катализа на технологические свойства соков, полученных при переработке яблок, выращенных в данных почвенно-климатических условиях. В качестве объектов исследований выбраны ферментные препараты комплексного действия, рекомендованные для обработки плодовых соков и виноматериалов, производства Франции и Германии. Приведены результаты исследований по применению ферментных препаратов при обработке яблочных соков, с учетом их влияния на выход сока и такие технологические параметры, как скорость и качество осветления, фильтруемость и динамика спиртового брожения. Исследовано влияние ферментативного катализа на массовые концентрации полисахаридов, крахмала, общего азота и фенольных веществ. Установлена более высокая гидролитическая активность ферментного препарата Экстразим при его внесении в мезгу, способствующая глубокой трансформации высокомолекулярных веществ и, как следствие, оптимизации технологических параметров производства соков.

Ключевые слова: яблочный сок, ферментные препараты, гидролитическая активность, выход сока, полисахариды, крахмал, общий азот, фенольные вещества, осветление, динамика брожения

Для цитирования: Влияние ферментативного катализа на технологические параметры производства яблочных соков / Гнетко Л.В. [и др.] // Новые технологии. 2021. Т. 17, № 4. С. 33-41. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2021-17-4-33-41>.

INFLUENCE OF ENZYMATIVE CATALYSIS ON TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF APPLE JUICE PRODUCTION

**Lyudmila V. Gnetko, Liliya P. Nerovnykh*, Maya M. Udychak,
Bella B. Siyukhova, Mira M. Kobleva**

*FSBEI HE «Maykop State Technological University»;
191 Pervomayskaya str., Maykop, 385000, the Russian Federation*

Abstract. The article provides data on the investigation of the effect of enzymatic catalysis on the technological parameters of apple juice production. Apples are distinguished by the presence of a heterogeneous high-molecular complex of biopolymers, which complicates their processing: it prevents juice output, hinders its clarification, filterability of wine materials and negatively affects the colloidal stability of wines. Enzymatic catalysis based on the action of microbial preparations, contributes in many respects to the successful solution of the problems of intensifying technological processes of fruit and berry raw materials processing and improving the quality of obtained products. Enzyme preparations of complex action, causing deep hydrolysis of high-molecular components of the peel and pulp of fruits, provide a more complete extraction of the liquid fraction, better clarification and filterability of juices. The foothill zone of Adygea has special soil and climatic conditions that affect the formation of physical and chemical characteristics of raw materials. Considering that apple tree occupies the first place in terms of planting area among fruit crops in the Republic of Adygea, an urgent task is to study the effect of enzymatic catalysis on technological properties of juices obtained during the processing of apples grown in these soil and climatic conditions. Enzyme preparations of complex action, recommended for the processing of fruit juices and wine materials, made in France and Germany, have been selected as objects of the research. The results of the studies on the use of enzyme preparations in the processing of apple juices, taking into account their influence on the juice yield and such technological parameters as the speed and quality of clarification, filterability and dynamics of alcoholic fermentation, have been presented. The effect of enzymatic catalysis on the mass concentrations of polysaccharides, starch, total nitrogen and phenolic substances has been studied. A higher hydrolytic activity of the Extrazyme enzyme preparation has been established, when added to the pulp; it contributes to the deep transformation of high-molecular substances and, as a result, to optimize the technological parameters of juice production.

Keywords: apple juice, enzyme preparations, hydrolytic activity, juice yield, polysaccharides, starch, total nitrogen, phenolic substances, clarification, fermentation dynamics

For citation: *Influence of enzymative catalysis on technological parameters of apple juice production/ Gnetko L.V. [et al.] // New technologies. 2021. Vol. 17, No. 4. P. 33-41. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2021-17-4-33-41>.*

Яблоки имеют высокое содержание мякоти и отличаются наличием гетерогенного высокомолекулярного комплекса биополимеров. Данный факт препятствует выходу сока при переработке плодов, затрудняет осветление соков, фильтруемость

виноматериалов и в дальнейшем отрицательно сказывается на коллоидной стабильности вин [1].

Ферментативный катализ, основанный на действии препаратов микробного происхождения, во многом способствует успешному решению задач интенсификации технологических процессов переработки плодово-ягодного сырья и повышению качества получаемой из него продукции. Ферментные препараты комплексного действия, обуславливая глубокий гидролиз высокомолекулярных компонентов кожицы и мякоти плодов, обеспечивают более полное извлечение жидкой фракции, лучшее осветление и фильтруемость соков [5].

Предгорная зона Адыгеи имеет особые почвенно-климатические условия, влияющие на формирование физико-химических характеристик сырья. Учитывая, что среди плодовых культур в Республике Адыгея первое место по площади насаждений занимает яблоня, актуальной задачей является исследование влияния ферментативного катализа на технологические свойства соков, полученных при переработке яблок, выращенных в данных почвенно-климатических условиях.

В последние годы на рынке вспомогательных материалов широким спросом пользуются ферментные препараты фирмы «Эрсбле Гайзенхайм». Для проведения исследований были использованы ферментные препараты

группы Фруктоцим, рекомендованные для применения в плодовом виноделии, а именно Фруктоцим Р, Фруктоцим МА, Фруктоцим НТ, а также препараты Fino G и Профикс 6500 производства Германии и Экстразим производства Франции. Объектами исследований служили яблочные мезга и соки, полученные при переработке яблок среднепозднего срока созревания, произрастающие на территории Республики Адыгея.

Ферментные препараты в дозах 20 г/1000 кг вносили в яблочную мезгу перед прессованием, а также в сок перед осветлением. Продолжительность ферментации составляла 2–4 часа. Контролем служил сок, полученный без предварительной ферментации мезги.

Установлено, что обработка мезги ферментным препаратом Фруктоцим НТ позволила увеличить выход сока на 24%, в случае использования Фруктоцим Р примерно на 8% и препарата Фруктоцим МА – на 1% (рис. 1).

Внесение ферментных препаратов Профикс 6500 и Экстразим в мезгу в одинаковой степени способствовало увеличению выхода сока, а именно на 12% в сравнении с контролем.

На основании полученных результатов можно заключить, что наиболее высокой пекто- и протеолитической активностью, способствующей расщеплению высокомолекулярных компонентов кожицы и мякоти плодов, обладают Фруктоцим НТ, Профикс 6500 и Экстразим.

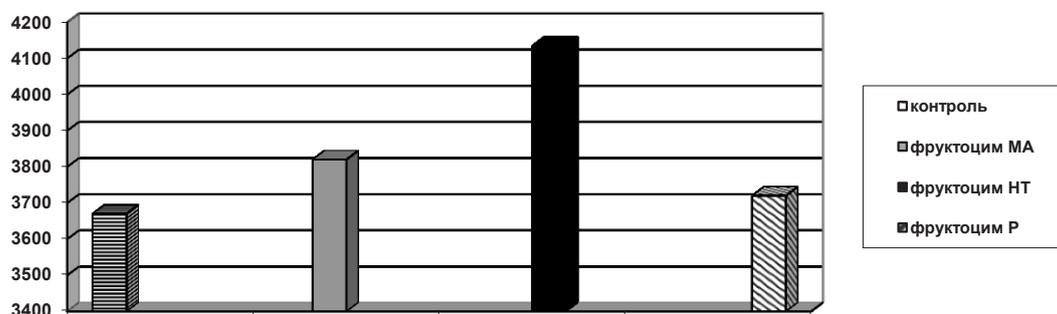


Рис. 1. Влияние ферментных препаратов на выход жидкой фракции

Fig. 1. The effect of enzyme preparations on the output of the liquid fraction



Рис. 2. Влияние ферментации на содержание полисахаридов и крахмала в яблочных соках

Fig. 2. The effect of fermentation on the content of polysaccharides and starch in apple juices

Увеличение выхода сока явилось результатом глубокого гидролиза, «биохимического» разрушения мезги, в конечном итоге приведшего к технологическому эффекту – более полному извлечению содержащегося в клетках сока. Следствием этого процесса явилось снижение вязкости среды и количества взвешенных частиц, что способствовало улучшению фильтруемости сока [1; 2].

Полученные результаты коррелировали с уменьшением массовых концентраций полисахаридов и крахмала в опытных образцах по сравнению с контролем. Так, использование ферментного препарата Профикс 6500 привело к снижению содержания полисахаридов и крахмала по сравнению с контролем на 16,4 и 28,9% соответственно. Применение препарата Экстразим способствовало уменьшению концентрации полисахаридов на 26%, концентрации крахмала на 55%, что свидетельствует о его более высокой комплексной активности (рис. 2).

Внесение ферментного препарата Экстразим в сок при его осветлении способствовало менее значительному

снижению концентрации как полисахаридов (на 110 мг/дм³, или на 8,2%), так и крахмала (на 7,3 мг/дм³, или на 23%) по сравнению с контролем.

В таблице 1 представлены результаты влияния ферментации на содержание общего азота в контрольном и опытных образцах. Фракцию общего азота в соке в основном формируют аминокислоты и пептиды, в меньшей степени белки, аммонийный и амидный азот. По данным Причко Т.Г., 60% от общего азота составляет аминный азот [3].

Полученные результаты свидетельствуют об уменьшении концентрации общего азота в ферментированных соках по сравнению с контролем. Более существенному уменьшению содержания общего азота способствовало внесение ферментных препаратов в мезгу, особенно препарата Экстразим (на 99,2 г/дм³). Причиной снижения содержания общего азота может быть глубокая трансформация высокомолекулярной фракции азотистых веществ сока и выпадение в осадок образовавшихся продуктов их гидролиза. Кроме того, данный факт может

Таблица 1

Влияние ферментации на содержание общего азота в яблочных соках

Table 1

Effect of fermentation on the total nitrogen content in apple juices

Сорт	Содержание, мг/дм ³
	общий азот
1. Контроль	810,4
2. Профикс-6500 в мезгу	722,8
3. Экстразим в мезгу	711,2
4. Экстразим в сок при осветлении	727,7

Таблица 2

Влияние ферментации на содержание фенольных веществ в яблочных соках

Table 2

The effect of fermentation on the content of phenolic substances in apple juices

Наименование ферментного препарата	Содержание, мг/дм ³		
	витамина Р	лейкоантоцианов	полифенолов
1. Контроль	43,8	52,2	199,8
2. Профикс в мезгу	47,3	57,4	212,6
3. Экстразим в мезгу	52,3	59,5	216,4
4. Экстразим в сок при осветлении	42,0	49,2	190,0

указывать на то, что наряду с гидролитическими процессами при ферментации мезги может происходить сорбция азотистых веществ на твердых частях плодов.

Снижение содержания общего азота в соке, ферментированном при осветлении, можно объяснить взаимодействием между фенольными веществами и веществами белковой природы, с образованием и выпадением в осадок танно-белковых комплексов, а также взаимодействием белков с пектиновыми и пектовыми кислотами, что приводит к выпадению хлопьевидных осадков и снижению концентрации общего азота.

Результаты определения массовой концентрации фенольных веществ в контроле и опытных образцах представлены в таблице 2.

Внесение ферментных препаратов Профикс-6500 и особенно Экстразим в

мезгу привело к увеличению массовой концентрации полифенолов, витамина Р и лейкоантоцианов, также обладающих, по данным Маскалье и Пуана [4], Р-витаминной активностью. Содержание фенольных веществ при внесении ферментного препарата в сок при осветлении осталось на уровне контрольного образца. Полученные данные согласуются с литературными и подтверждают мацерирующую способность ферментации, обуславливающую высвобождение фенольных веществ и их накопление, в результате большего разрушения клеточных стенок кожицы плодов и большей экстракции из нее фенольных веществ. Это означает, что внесение ферментных препаратов в мезгу интенсифицирует экстракционные процессы.

Одним из основных этапов технологии производства плодовых вин является

осветление соков. При этом важное значение имеет деградация пектиновых веществ, сопровождающаяся снижением вязкости и увеличением скорости седиментации взвешенных частиц.

Многочисленными исследованиями [1; 2] показана эффективность применения мацерационных ферментных препаратов как для увеличения выхода сока, так и с целью интенсификации процессов осветления. Полисахаридные комплексы, в том числе и пектиновые вещества, находясь в гидратированном состоянии, образуют трудноотделяемые объемные аморфные осадки. В результате ферментативного гидролиза полисахаридов происходит переход воды из связанного состояния в свободное, что увеличивает выход сока и способствует структурированию осадков. Нами была исследована возможность применения ферментных препаратов группы Fino (Fino G) на стадии осветления яблочного сока перед брожением. Установлено, что полнота осветления сока, оцениваемая по времени полного осаждения взвешенных частиц, обеспечивалась внесением минимальной дозы ферментного препарата. Увеличение концентрации фермента в испытываемой технологической среде не приводило к увеличению эффективности осветления. Время седиментации взвесей с увеличением количества вносимого препарата практически не изменялось и в среднем длилось 6–8 час., в отличие от контрольного образца – 24 час.

В опытных образцах зафиксирована также более высокая скорость

фильтрации соков. При этом увеличение концентрации ферментного препарата приводило к более значительному увеличению скорости фильтрации (табл. 3).

Было изучено влияние ферментации на динамику спиртового брожения и последующее осветление полученных виноматериалов. Сбраживанию подвергали соки после ферментации с использованием препаратов Профикс 6500 и Экстразим, вносимых в мезгу, и препарата Экстразим, дозированного в сок при осветлении, в качестве контроля использовали неферментированный сок. Контрольный и опытные образцы соков были подвергнуты сбраживанию с помощью расы дрожжей Турбо. Брожение проводили при температуре от +15°C в ночное время и до +23°C – в дневное. В ходе брожения осуществлялся визуальный контроль за динамикой процесса и изменение массовой концентрации сахаров. Продолжительность и качество осветления сброженных соков оценивались по времени полной седиментации взвешенных частиц и по прозрачности полученных виноматериалов.

В результате установлено, что забраживание как ферментированного, так и неферментированного соков проходило примерно одновременно. Процесс брожения у опытных образцов №№ 1 и 2 проходил равномерно, продолжительность его была на 1–2 суток меньше контроля, и закончился полным сбраживанием сахаров. Эти же образцы были близки по времени и качеству осветления. Однако

Таблица 3

Влияние доз ферментного препарата на технологические параметры плодовых соков

Table 3

Influence of enzyme preparation doses on technological parameters of fruit juices

Ферментный препарат	Время осветления, час.	Скорость фильтрации, см ³ /мин.
Контроль	24	2,7
Fino G – 10 мг/кг	8	2,9
Fino G – 15 мг/кг	8	3,7
Fino G – 20 мг/кг	6	6,6

Таблица 4

Влияние ферментации на технологические параметры яблочного сока

Table 4

Influence of fermentation on technological parameters of apple juice

Ферментный препарат		Продолжительность брожения, сут.	Продолжительность осветления, сут.	Качество осветления
Контроль		10	4	прозрачный
№ 1	Профикс 6500 (в мезгу)	9	5	легкая опалесценция
№ 2	Экстразим (в мезгу)	8	3	прозрачный с блеском
№ 3	Экстразим (в сок)	12	30	мутный

следует отметить, что опытный образец, полученный при ферментации мезги с помощью препарата Экстразим, осветлился на 2 суток раньше, чем образец, ферментированный препаратом Профикс 6500, и на сутки раньше контроля. При этом отличался кристальной прозрачностью с блеском и имел интенсивную, яркую светло-золотистую окраску.

Опытный образец № 1 бродил дольше (9 суток), дольше осветлялся (5 суток) до слабой опалесценции, дальнейшее наблюдение за процессом не дало адекватного улучшения качества седиментации взвешенных частиц.

Образец, полученный с ферментацией сока перед брожением, бродил значительно дольше (12 суток) и оставался мутным продолжительное время, пока велось наблюдение (30 суток) (табл. 4).

На основании полученных данных можно заключить, что более качественное и более быстрое осветление сока достигается при внесении в мезгу перед прессованием ферментного препарата Экстразим, обладающего более высокой комплексной активностью. Входящие в состав ферментного препарата пектинэстеразы действуют на пектин, расщепляя сложноэфирную связь с образованием пектиновых и пектовых кислот,

которые, взаимодействуя с различными компонентами сока и виноматериала, выпадают в осадок. В результате действия полигалактуроназы уменьшается молекулярная масса полисахаридов, в том числе пектиновых веществ, входящих в состав кожицы, мякоти и сока яблочка, значительно снижается вязкость, накапливаются свободные восстанавливающие группы, улучшается и ускоряется самопроизвольное (спонтанное) осветление среды. Такие процессы способствуют значительному снижению дозировок минеральных сорбентов в период осветления сока отстаиванием и при обработке виноматериалов.

Таким образом, полученные результаты исследований подтверждают большую роль ферментативного катализа в плодовом виноделии. Применение ферментных препаратов обеспечивает глубокую трансформацию высокомолекулярных фракций полисахаридов, что обеспечивает оптимальный выход сока, улучшение его осветления и фильтруемости, а также решает проблему коллоидной стойкости виноматериалов. Кроме того, ферментация обуславливает интенсификацию экстракционных процессов, ведущих к обогащению среды биологически активными веществами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Агеева Н.М. Ферментативный катализ в производстве напитков: научно-практические рекомендации. Краснодар, 2003. 47 с.
2. Агеева Н.М., Гугучкина Т.И., Петровичев В.А. Ферментные препараты компании Novozymes A/S для виноделия Кубани // Виноделие и виноградарство. 2002. № 3. С. 24–25.
3. Биохимическая оценка плодово-ягодного сырья Кубани / Т.Г. Причко [и др.] // Садоводство и виноградарство. 2006. № 4. С. 15–17.
4. Теория и практика виноделия. Т. 2 / Ж. Рибера-Гайон [и др.]. М.: Пищ. пром-сть, 1979. 353 с.
5. Шовгенова С.А. Совершенствование технологии производства плодовых вин в Республике Адыгея с целью повышения их качества и потребительской безопасности: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Краснодар, 2009. 25 с.

REFERENCES:

1. Ageeva N.M. Enzymatic catalysis in the beverage industry: scientific and practical recommendations. Krasnodar, 2003. 47 p.
2. Ageeva N.M., Guguchkina T.I., Petrovichev V.A. Enzyme preparations of the Novozymes A / S company for the Kuban winemaking // Winemaking and Viticulture. 2002. No. 3. P. 24–25.
3. Biochemical assessment of fruit and berry raw materials of the Kuban / T.G. Prichko [et al.] // Gardening and Viticulture. 2006. No. 4. P. 15–17.
4. Theory and practice of Wemaking. V. 2 / J. Ribero-Gaillon [et al.]. M.: Food industry, 1979. 353 p.
5. Shovgenova S.A. Improvement of the technology of production of fruit wines in the Republic of Adygea in order to improve their quality and consumer safety: author. dis. ... Cand. of Tech. sciences. Krasnodar, 2009. 25 p.

Информация об авторах / Information about the authors

Людмила Васильевна Гнетько, доцент кафедры технологии машин и оборудования пищевых производств ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет», кандидат технических наук, доцент
gazizovgnetko@yandex.ru
тел.: 8 (961) 971 40 28

Лилия Петровна Неровных, доцент кафедры технологии машин и оборудования пищевых производств ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет», кандидат технических наук

nerovnyx@mail.ru
тел.: 8 (918) 424 06 06

Майя Мугдиновна Удычак, доцент кафедры технологии машин и оборудования пищевых производств ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет», кандидат философских наук, доцент
mayyja-udychak@rambler.ru

Lyudmila V. Gnetko, an associate professor of the Department of Technology of Machines and Equipment for Food Production, FSBEI HE «Maykop State Technological University», Candidate of Technical Sciences, an associate professor
gazizovgnetko@yandex.ru
tel.: 8 (961) 971 40 28

Liliya P. Nеровnykh, an associate professor of the Department of Technology of Machines and Equipment for Food Production, FSBEI HE «Maykop State Technological University», Candidate of Technical Sciences

nerovnyx@mail.ru
tel.: 8 (918) 424 06 06

Maya M. Udychak, an associate professor of the Department of Technology of Machines and Equipment for Food Production, FSBEI HE «Maykop State Technological University», Candidate of Philosophy, an associate professor
mayyja-udychak@rambler.ru

тел.: 8 (928) 468 50 47

Белла Батмизовна Сиюхова, старший преподаватель кафедры технологии машин и оборудования пищевых производств ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»
siyuhowa@mail.ru

тел.: 8 (928) 474 00 40

Мира Мугдиновна Коблева, старший преподаватель кафедры технологии машин и оборудования пищевых производств ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»

kobleva.mira@yandex.ru

тел.: 8 (961) 522 78 66

tel.: 8 (928) 468 50 47

Bella B. Siyukhova, a senior lecturer of the Department of Technology of Machines and Equipment for Food Production, FSBEI HE «Maykop State Technological University»

siyuhowa@mail.ru

tel.: 8 (928) 474 00 40

Mira M. Kobleva, a senior lecturer of the Department of Technology of Machines and Equipment for Food Production, FSBEI HE «Maykop State Technological University»

kobleva.mira@yandex.ru

tel.: 8 (961) 522 78 66