

Научная статья/Research Article

УДК 663.2

DOI: 10.36718/1819-4036-2024-6-206-211

Рухсара Магомедовна Мартазанова^{1✉}, Айна Гаруновна Акталиева²,
Али Хасмагометович Саламов³

^{1,2,3}Ингушский государственный университет, Магас, Республика Ингушетия, Россия

¹r.martazanova@inbox.ru

²baga@inbox.ru

³a.salamov2015@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ РАЗЛИЧНОЙ СПЕЦИФИЧНОСТИ ДЕЙСТВИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ ЯБЛОЧНОГО СОКА

Цель исследования – изучение влияния ферментативной обработки плодово-ягодного сырья при производстве спиртованных соков, морсов, виноматериалов на показатели яблочного сока. Задачи: изучение действия пектолитических препаратов на яблочную мезгу; проведение скрининга эффективных ферментативных систем, осуществляющих гидролиз полимеров растительного сырья. Приведены данные, отражающие эффективность применения ферментов различной специфичности действия на выход яблочного сока и его вязкость. В качестве ферментов были использованы β -глюканаза, пектиназа и протеаз, что способствовало более высокой сокоотдаче. При этом было установлено, что повышение расхода β -глюканазы сверх рационального способствовало увеличению глубины гидролиза гемицеллюлоз, но снижало при этом эффективность сокоотдачи. Воздействие ферментов пектолитического комплекса было эффективнее, чем ферментов протеолитического, гемицеллюлазного и целлюлолитического действия. В результате проведенных экспериментов было установлено, что ферменты целлюлолитического действия, гидролизуя структурные полисахариды растительной клетки, способствуют увеличению сокоотдачи сырья, не оказывая существенного влияния на снижение вязкости сока, и даже в некоторых случаях приводят к ее увеличению. Приведенные графические кривые влияния ферментативных комплексов различной специфичности действия на выход яблочного сока показывают, что все испытанные показатели оказывали влияние на увеличение выхода сока и его экстрактивность. При этом менее эффективны были ксиланаза и целлюлаза: количество сока, образуемое после слива без прессования, так называемого «сока-самотека», увеличивалось только на 23 и 35 % соответственно.

Ключевые слова: пектолитический комплекс, ферменты, β -глюканаза, пектиназа

Для цитирования: Мартазанова Р.М., Акталиева А.Г., Саламов А.Х. Влияние ферментных препаратов различной специфичности действия на показатели яблочного сока // Вестник КрасГАУ. 2024. № 6. С. 206–211. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-6-206-211.

Rukhsara Magomedovna Martazanova^{1✉}, Aina Garunovna Aktalievna²,
Ali Khasmagometovich Salamov³

^{1,2,3}Ingush State University, Magas, Republic of Ingushetia, Russia

¹r.martazanova@inbox.ru

²baga@inbox.ru

³a.salamov2015@mail.ru

INFLUENCE OF ENZYME PREPARATIONS WITH DIFFERENT SPECIFICITIES ON APPLE JUICE INDICATORS

The aim of the study is to investigate the effect of enzymatic treatment of fruit and berry raw materials in the production of alcoholized juices, fruit drinks, wine materials on apple juice indicators. Objectives: to study the effect of pectolytic preparations on apple pulp; screening of effective enzymatic systems that hydrolyze polymers of plant raw materials. The data reflecting the efficiency of using enzymes of different specificity of action on the yield of apple juice and its viscosity are presented. β -glucanases, pectinases and proteases were used as enzymes, which contributed to higher juice yield. It was found that an increase in the consumption of β -glucanase beyond the rational one contributed to an increase in the depth of hemicellulose hydrolysis, but reduced the efficiency of juice yield. The effect of the pectolytic complex enzymes was more effective than that of the proteolytic, hemicellulase and cellulolytic enzymes. As a result of the experiments, it was found that the cellulolytic enzymes, hydrolyzing the structural polysaccharides of the plant cell, contribute to an increase in the juice yield of the raw material, without having a significant effect on reducing the viscosity of the juice, and even in some cases lead to its increase. The given graphical curves of the effect of enzymatic complexes of different specificity of action on the yield of apple juice show that all the tested indicators had an effect on increasing the juice yield and its extractivity. At the same time, xylanase and cellulase were less effective: the amount of juice formed after draining without pressing, the so-called "gravity juice", increased only by 23 and 35 %, respectively.

Keywords: pectolytic complex, enzymes, β -glucanase, pectinase

For citation: Martazanova R.M., Aktaliev A.G., Salamov A.Kh. Influence of enzyme preparations with different specificities on apple juice indicators // Bulliten KrasSAU. 2024;(6): 206–211 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-6-206-211.

Введение. В настоящее время одним из важных аспектов развития виноделия является повышение рентабельности производства и создание высококачественной и конкурентоспособной винодельческой продукции. Поэтому разработка современных биотехнологических способов переработки плодово-ягодного сырья, обеспечивающих интенсификацию процессов получения сока, повышение выхода и качества готовой продукции, является актуальным и перспективным направлением НИР.

В получении высокого качества виноматериалов в виде плодовых соков важная роль принадлежит обработке сырья ферментами. Приведенные в статье данные исследуемого плодово-ягодного сырья свидетельствуют о том, что наряду с ферментами пектолитического комплекса должны применяться также ферменты целлюлолитического, гемицеллюлазного и протеолитического действия [1].

Цель исследования – изучить влияние ферментативной обработки плодово-ягодного сырья при производстве спиртованных соков, морсов, виноматериалов на показатели яблочного сока.

Задачи: изучение действия пектолитических препаратов на яблочную мезгу; проведение скрининга эффективных ферментативных систем, осуществляющих гидролиз полимеров растительного сырья.

Результаты и их обсуждение. Вещества, формирующие вкус, специфику аромата и обуславливающие свойства растительных экстрактов, содержатся в клеточном соке растений и связаны с различными структурными элементами клеток и их оболочек. Поэтому при получении экстрактов из растительного сырья в первую очередь необходимо использовать ферменты [2], разрушающие клеточные стенки.

В зависимости от химического состава растительного сырья и его структурно-механических свойств ферментативную обработку необходимо проводить специально подобранными ферментативными комплексами, сочетая действие цитолитических ферментов с пектолитическими, протеолитическими, целлюлолитическими и амилитическими.

На рисунках 1, 2 представлены данные, отражающие эффективность применения ферментов различной специфичности действия на выход яблочного сока и его вязкость.

Практически все испытанные показатели оказывали влияние на увеличение выхода сока и его экстрактивность [3]. При этом менее эффективны были ксиланаза и целлюлаза: количество сока, образуемое после слива без прессования, так называемого «сока-самотека», увеличивалось только на 23 и 35 % соответственно.

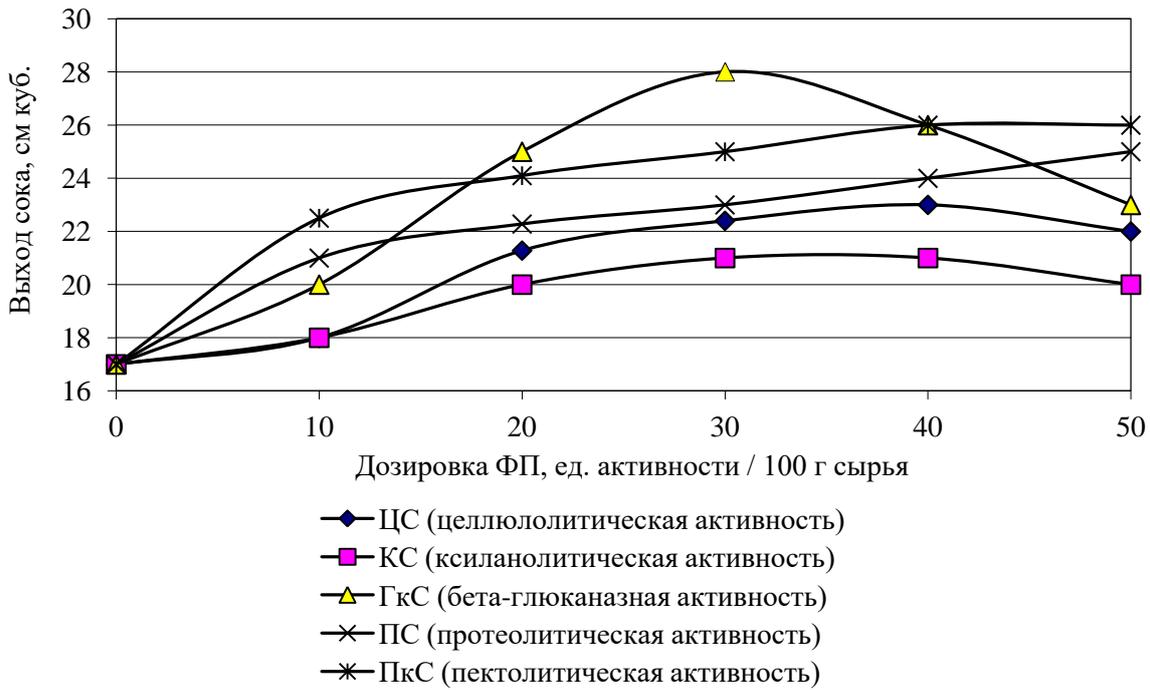


Рис. 1. Влияние ферментативных комплексов различной специфичности действия на выход яблочного сока

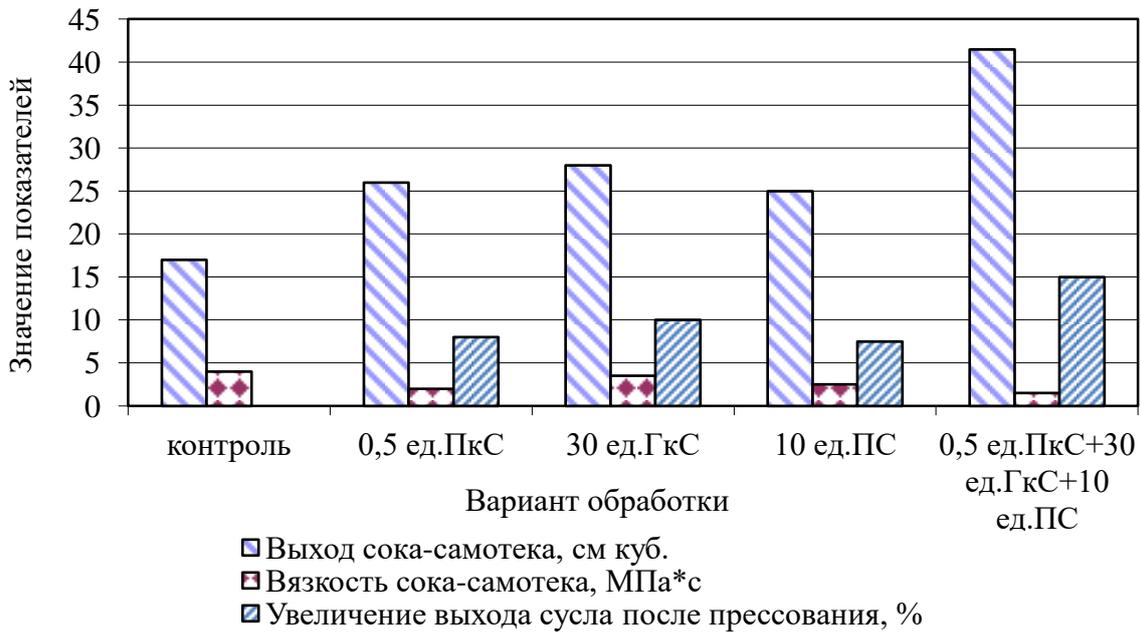


Рис. 2. Влияние ферментативной обработки на выход и вязкость яблочного сока

Применение β -глюканаз, пектиназ и протеаз способствовало более высокой сокоотдаче [4, 5]. Количество сока под действием этих ферментов увеличивалось с 17 до 28; 26 и 25 см³ соответственно, а вязкость снижалась в

1,5–2 раза (рис. 2). Было установлено также, что повышение расхода β -глюканазы сверх рационального способствовало увеличению глубины гидролиза гемицеллюлоз, но снижало при этом эффективность сокоотдачи.

Наибольший эффект при получении виноматериалов из яблочного сырья оказывал мультиэнзимный комплекс, действие которого позволило увеличить общее количество сока после прессования с 65 до 78 см³, т. е. на 10–15 %. Также было отмечено увеличение содержания органических кислот в 1,2 раза, сухих веществ и улучшение органолептических показателей [6].

При совместном использовании подобранных ферментативных систем их расход существенно снижался, по-видимому, в результате синергизма действия ферментов на полисахариды и белковые вещества, а также на белково-углеводные комплексы и фенольные вещества яблочного сырья (табл. 1, 2).

Таблица 1

Влияние ферментных препаратов на показатели яблочного сока

Ферментный препарат	Дозировка ФП, ед/100 г	Динамическая вязкость, мПа·с	Кислотность, г/100 см ³	pH	СВ, %	Общие фенольные вещества, мг/дм ³	Редуцирующие углеводы, мг/см ³
Без ферментов	–	3,7	0,31	3,7	12,6	96,5	64,3
Пектофоетидин	0,2	3,5	0,319	3,72	12,6	96,5	64,4
	0,4	3,5	0,320	3,68	12,7	69,4	64,4
	0,6	3,0	0,329	3,66	12,8	51,2	64,4
Пектинекс I	0,2	2,90	0,360	3,66	12,8	30,9	64,4
	0,4	2,48	0,382	3,64	13,0	36,5	65,2
	0,6	2,30	0,390	3,62	13,8	33,3	65,7
Амилопротооризин (ПС)	10	2,50	0,328	3,70	12,8	92,0	64,8
	20	2,40	0,330	3,69	12,9	91,2	65,0
	50	2,30	0,332	3,69	13,1	91,2	65,8
Целловиридин (ЦС)	20	3,23	0,326	3,67	12,7	70,4	76,8
	50	3,24	0,328	3,68	13,0	75,6	78,6
	60	3,65	0,327	3,71	13,6	84,5	84,4

Здесь и далее: ФП – ферментный препарат.

Таблица 2

Влияние комплексного использования ФП пектолитического, протеолитического и глюканазного действия на показатели яблочного сока

Ферментный препарат	Дозировка ФП, ед/100 г	Динамическая вязкость, мПа·с	Кислотность, г/100 см ³	pH	СВ, %	Общие фенольные вещества, мг/дм ³	Редуцирующие углеводы, мг/см ³
Пектофоетидин (ПкФ)	2,0	1,95	0,356	3,62	12,8	41,2	66,8
ПС	10,0						
ПкФ	2,0	1,9	0,360	3,63	13,9	48,1	103,5
ЦС	40,0						
ПкФ	1,0	1,87	0,366	3,65	13,5	47,6	107,8
ПС	10,0						
ГКС	40,0						
ПкФ	1,0	1,80	0,395	3,69	13,1	41,4	105,8
ПС	10,0						
ГКС	30						

Следует отметить, что воздействие ферментов пектолитического комплекса было эффективнее, чем ферментов протеолитического, гемицеллюлазного и целлюлолитического действия. В результате проведенных экспериментов было установлено, что ферменты целлюлолитического действия, гидролизуя структурные полисахариды растительной клетки, способствуют увеличению сокоотдачи сырья, не оказывая существенного влияния на снижение вязкости сока, и даже в некоторых случаях приводят к ее увеличению [7]. Действие пектолитических ферментов оказалось более эффективным и привело к увеличению выхода сусла, а также снижению его вязкости. Ферментативная обработка яблочной мезги повышала не только выход сока при снижении его вязкости, но и увеличивала содержание органических кислот. Выход органических кислот связан с гидролизом структурных элементов клеточных стенок, прежде всего целлюлозы.

Влияние ферментного гидролиза на содержание общих фенольных веществ до конца не изучено и требует более глубокого исследования. Известно, что основными фенольными веществами в яблоках являются катехины и лейкоантоцианы – фракции фенольных веществ, наиболее склонные к окислению [8–10]. Повидимому, воздействие ферментов, приводящее к снижению их содержания в сусле, позволяет снизить вероятность окисления фенольных веществ и, как следствие, удлинить сроки хранения виноматериалов.

Таким образом, анализ полученных результатов действия ферментных препаратов с различной специфичностью и соотношением ферментативных активностей позволил подобрать рациональные дозировки ферментов для эффективного катализа полимеров яблочной массы с целью наиболее полного использования сырья и повышения качества полупродуктов винодельческого производства.

Заключение. На основании полученных данных можно сделать вывод, что для ферментативной обработки яблочного сырья в зависимости от количественного содержания структурных полисахаридов, таких как целлюлоза, гемицеллюлозы, пектин, необходимо наличие таких ферментов, как пектиназа (пектинэстераза, полигалактуроназа), β -глюканаза, амилаза, протеаза.

Установлено, что наиболее результативными из тестируемых пектолитических ФП оказались препараты, в составе пектолитического комплекса которых преобладает фермент пектинэстеразного действия и отмечается содержание высокоактивного полигалактуроназного целлюлазного комплекса ферментов («Фруктоцим А», «Пектинекс»). Наименее эффективным оказался препарат с наиболее низким содержанием пектинэстеразы (Пектофоетидин). Так, при дозировке 0,4 ед ПкС/100 г мезги выход сока-самотека составил 30–32 см³ при использовании препаратов «Пектинекс» и «Фруктоцим А» соответственно.

Исследования по применению ферментных препаратов с направленными целлюлолитической, ксиланолитической, β -глюканазной и протеолитической активностями показали, что лучшие результаты по выходу сока обеспечивал вариант, где гидролиз сырья осуществляли препаратом с преобладающей β -глюканазной и ксиланазной активностью. Рациональная дозировка препарата составила 20 ед β -ГкС на 100 г мезги и позволила увеличить выход сока-самотека с 17 (контрольный образец) до 23,8 см³. Дальнейшее увеличение дозировки приводило к незначительному повышению выхода (до 26 см³ при дозировке 40 ед. ГкС на 100 г мезги). Применение целлюлаз позволило увеличить выход сока-самотека до 24,7 см³ при дозировке 50 ед. ЦС на 100 г мезги. Наименее эффективным оказалось действие ксиланолитических и протеолитических ферментов, при этом выход сока составлял в среднем 21 см³.

Список источников

1. Market News: World Apple Situation: Apples / United States Agriculture Department, Foreign Agricultural Service. Washington: USDA, 2008. URL: https://researchgate.net/publication/23960932_Effects_of_Trade_Barriers_on_US_and_World_Apple_Markets (дата обращения: 23.09.2023).
2. Уайтхерст Р. Дж., ван Оорт М. Ферменты в пищевой промышленности / пер. с англ. С.В. Макарова. СПб.: Профессия, 2014. 408 с.
3. Шобингер У. Фруктовые и овощные соки: научные основы и технологии. СПб.: Профессия, 2004. 640 с.

4. INPIT. Индустрия питания. URL: <http://inpit.ru/news/578> (дата обращения: 23.09.2023).
5. Киселева Т.Ф. Теоретические основы консервирования: учеб. пособие. Кемерово, 2008. С. 27.
6. Северденко В.П., Клубович В.В. Применение ультразвука в промышленности. Минск: Наука и техника, 1967.
7. Поморцева Т.И. Технология хранения и переработки плодоовощной продукции: учеб. пособие. 2-е изд., стереотип. М., 2003.
8. Контрольное фильтрование вин. URL: <http://altair-aqua.ru/info/4> (дата обращения: 23.09.2023).
9. Теория и практика виноделия / Ж. Рибера-Гайон [и др.]. М.: Пищевая промышленность, 1979. Т. 2. С. 195.
10. Агеева Н.М., Тихонова А.Н., Бирюков А.П. Влияние ферментных препаратов на ароматобразующие компоненты красных столовых вин // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2020. № 2. С. 251–260.
- US_and_World_Apple_Markets (data obrascheniya: 23.09.2023).
2. *Uajtherst R. Dzh., van Oort M.* Fermenty v pischevoj promyshlennosti / per. s angl. S.V. Makarova. SPb.: Professiya, 2014. 408 s.
3. *Shobinger U.* Fruktovye i ovoschnye soki: nauchnye osnovy i tehnologii. SPb.: Professiya, 2004. 640 s.
4. INPIT. Industriya pitaniya. URL: <http://inpit.ru/news/578> (data obrascheniya: 23.09.2023).
5. *Kiseleva T.F.* Teoreticheskie osnovy konservirovaniya: ucheb. posobie. Kemerovo, 2008. S. 27.
6. *Severdenko V.P., Klubovich V.V.* Primenenie ultrazvuka v promyshlennosti. Minsk: Nauka i tehnika, 1967.
7. *Pomorцева T.I.* Tehnologiya hraneniya i pererabotki plodoovoschnoj produkcii: ucheb. posobie. 2-e izd., stereotip. M., 2003.
8. Kontrol'noe fil'trovanie vin. URL: <http://altair-aqua.ru/info/4> (data obrascheniya: 23.09.2023).
9. Teoriya i praktika vinodeliya / *Zh. Ribero-Gajon [i dr.]*. M.: Pischevaya promyshlennost', 1979. T. 2. S. 195.
10. *Ageeva N.M., Tihonova A.N., Biryukov A.P.* Vliyanie fermentnyh preparatov na aromatobrazuyushchie komponenty krasnyh stolovyh vin // Izvestiya vuzov. Prikladnaya himiya i biotekhnologiya. 2020. № 2. S. 251–260.

Referenses

1. Market News: World Apple Situation: Apples / United States Agriculture Department, Foreign Agricultural Service. Washington: USDA, 2008. URL: https://researchgate.net/publication/23960932_Effects_of_Trade_Barriers_on_

Статья принята к публикации 18.01.2024 / The article accepted for publication 18.01.2024.

Информация об авторах:

Рухсара Магомедовна Мартазанова¹, доцент кафедры химии, кандидат технических наук, доцент
Айна Гаруновна Акталиева², доцент кафедры химии, кандидат химических наук, доцент
Али Хасмагометович Саламов³, исполняющий обязанности заведующего кафедрой, профессор кафедры химии, кандидат педагогических наук, доцент

Information about the authors:

Rukhsara Magomedovna Martazanova¹, Associate Professor at the Department of Chemistry, Candidate of Technical Sciences, Docent
Aina Garunovna Aktaliev², Associate Professor at the Department of Chemistry, PhD in Chemistry, Docent
Ali Khasmagometovich Salamov³, Acting Head of Department, Professor at the Department of Chemistry, Candidate of Pedagogical Sciences, Docent

