

УДК 634.733: 663.813

ФЕРМЕНТНЫЙ ПРЕПАРАТ КАК ИНСТРУМЕНТАРИЙ В ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ЯГОД ЧЕРНИКИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ СОКА**Н.Ю. Каримова, Е.В. Алексеенко**

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», Москва, Россия

Введение

Текущая экономическая и политическая обстановка бросает вызовы отечественной перерабатывающей промышленности. В настоящее время, как никогда ранее, возросла потребность в наукоёмких, эффективных и ресурсосберегающих технологиях, позволяющих интенсифицировать и усилить продуктивность технологических процессов, в том, числе, в сфере переработки плодов и ягод и получении соковой продукции с высокими качественными и потребительскими характеристиками [8, 9]. Как показал анализ существующих технологий переработки ягодного сырья, наибольший потенциал имеют биотехнологии. Использование ферментных препаратов позволяет повысить выход сока, его стабильность, улучшить цвет, снизить вязкость и пр. [1, 4, 7, 11, 12].

Цель работы – исследование влияния предварительной ферментативной обработки ягод черники препаратами различной субстратной специфичности на выход сока.

Материалы и методы

В рамках настоящего исследования объектом выступали: ягоды дикорастущей лесной черники обыкновенной (*Vaccinium myrtillus*), собранной в лесах Карелии шоковой заморозки урожаем 2021 года производитель УК «Морошка», Россия; ферментные препараты: Pectinex Yieldmash Plus, (Novozymes A/S, Дания), Celluclast BG (Novozymes A/S, Дания), ЦеллоЛюкс® -F (ООО ПО "Сиббиофарм", Россия), Фидбест® -W 2 группа (ООО ПО "Сиббиофарм", Россия).

Оборудование: термостат электрический суховоздушный ТС-1/80 СПУ, термостат электрический суховоздушный с охлаждением ТС-1/80 СПУ, мерные цилиндры на 50 см³, весы Adventurer ARA520 пределы взвешивания от 0,5 до 1500 г., шейкер OS-20.

Результаты и их обсуждение

Для предварительной ферментативной обработки ягод черники использовали ферментные препараты различной субстратной специфичности: (1). Pectinex Yieldmash Plus – пектолитический комплексный ферментный препарат (производитель *Aspergillus Oryzae*), основную его ферментативную активность обеспечивает пектинметилэстераза, которая расщепляет сложноэфирную связь метиловых эфиров галактуроновой кислоты. Пектинметилэстераза способствует снижению степени этерификации пектинов, содержащихся в клетках черники в достаточном количестве (0,50–3,80 % от массы абсолютно сухого сырья) [6, 10]. В ряде исследований установлено, что обработка ягодной мякоти ферментами с пектинэстеразной активностью снижает вязкость сока, чем и обусловлен его больший выход [8]. (2). Celluclast BG – целлюлолитический ферментный препарат (производитель *Trichoderma reesei*), гидролизующий 1,4-β-D глюкозидные связи в целлюлозе и других β-глюканах. Целлюлазы способствуют биодеструкции клеточных стенок и повышению, вследствие этого, эффективности переработки сырья при получении сока [13]. (3). ЦеллоЛюкс® -F – комплексный ферментный препарат (производитель *Trichoderma viride*), обладающий ксиланазной, β – глюканазной и целлюлазной активностями. Данный препарат обеспечивает ступенчатое расщепление целлюлозы, ксиланов и β-глюканов растительной клетки, что в свою очередь также приводит к повышению выхода сока [2]. (4). Фидбест® -W 2 группа – комплексный ферментный препарат, обладающий ксиланазной и β-глюканазной активностями, обеспечивает гидролиз некрахмальных полисахаридов (ксилана и глюкана). В таблице 1 приведены каталитические активности ферментных препаратов

Для оценки эффективности применения ферментных препаратов для обработки ягод черники при получении сока препараты вносили в мякоть предварительно размороженных при температуре 30°C ягод в различных концентрациях (0,005–0,04 % к массе мякоти), вели гидролиз в течение 150 минут при температуре 30 °C (Pectinex Yieldmash Plus, Celluclast BG) и 40 °C (ЦеллоЛюкс® -F и Фидбест® -W 2). Через каждые 30 минут фермент инактивировали нагреванием и прессованием отжимали сок. Критерием эффективности служил показатель выхода сока. В качестве контрольного варианта служила проба сока, полученного в тех же условиях, но без добавления ферментного препарата.

Таблица 1 – Характеристика используемых в работе ферментных препаратов

Торговое наименование	Внешний вид	Субстратная специфичность	Активность, не менее
Pectinex Yieldmash Plus	Жидкость	Метилловые эфиры О-6-галактурановой к-ты	3,7 ед. ПЭс/см ³
Celluclast BG	Гранулы	Целлюлаза	3 200 ед. ЦЛС/г
ЦеллоЛюкс® -F	Порошок	Целлюлаза Ксиланаза β – глюконаза	2 000 ед. ЦЛС/г 10 000 ед. КсА/г 10 000 ед. β-ГЛА/г
Фидбест® -W 2 группа	Порошок	Ксиланаза β – глюконаза	20 000 ед. КсА/г 7 000 ед. β-ГЛА/г

На рисунках 1–4 приведены результаты, отражающие влияние ферментативной обработки черничной мезги указанными выше ферментными препаратами на выход сока.

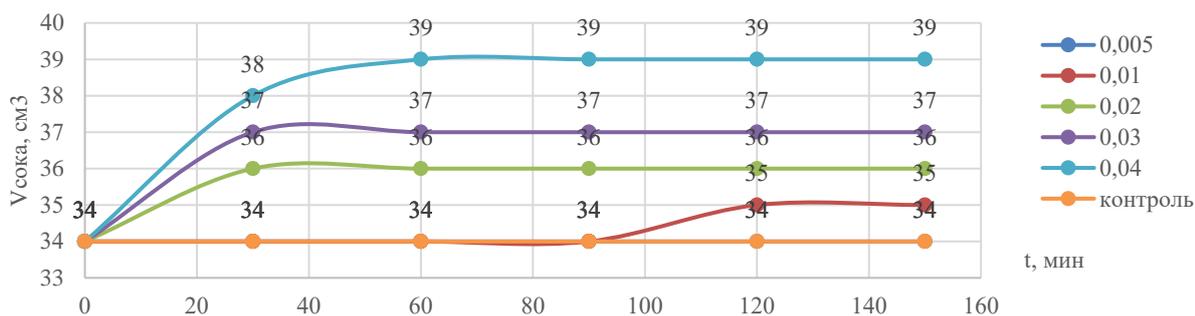


Рисунок 1 – Влияние дозировки ферментного препарата (%) Pectinex Yieldmash Plus и продолжительности ферментативного гидролиза на выход сока

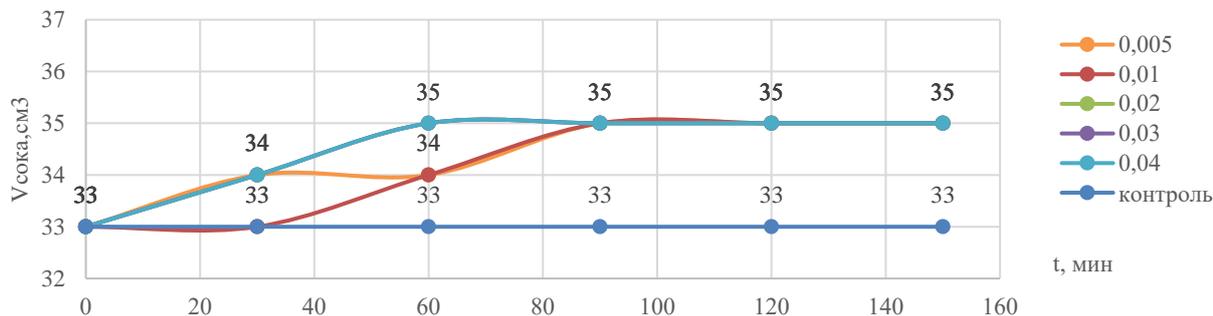


Рисунок 2 – Влияние дозировки ферментного препарата (%) Celluclast BG и продолжительности ферментативного гидролиза на выход сока

Как видно из представленных данных, применение ферментных препаратов способствует увеличению выхода сока. При использовании ФП Pectinex Yieldmash Plus гидролиз целесообразно вести в течение 60 минут. Дальнейшее увеличение длительности гидролиза не сопровождается увеличением выхода сока. Применение ФП в дозировках 0,02–0,03 % к массе мезги ягод позволяет увеличить выход сока на 6–9 %. Большого увеличения выхода сока удастся достичь при внесении Pectinex Yieldmash Plus в дозировке 0,04 % к массе мезги: выход сока увеличивается на 15 % (рис. 1).

Анализ результатов исследований, полученных с использованием целлюлолитических и гемицеллюлазных препаратов, показывает, что гидролиз мезги ягод под действием отечественных комплексных ФП Целлолюкс F и Фидбест® -W 2 целесообразно вести в течение 60 и 90 минут соответственно. Причем примечательно, что использование препарата Целлолюкс F позволяет достичь тех же показателей по выходу сока, что использование ФП Фидбест® -W 2, при этом длительность гидролиза сокращается с 90 минут до 60 минут. Показано, что применение Целлолюкс F в дозировках 0,02–0,03 % к массе мезги сопровождается увеличением выхода сока на 6,5–13 % через 60 минут гидролиза, в то время как при использовании Фидбест® -W 2 в тех дозировках выход сока увеличивается на 6,5–9 % (рисунки 3,4). Рациональной дозировкой ФП Celluclast BG для обработки мезги ягод черники следует считать концентрацию 0,02 % к массе мезги ягод и длительность гидролиза 60 минут (рис. 2). Выход сока увеличивается на 6 % по сравнению с контролем.

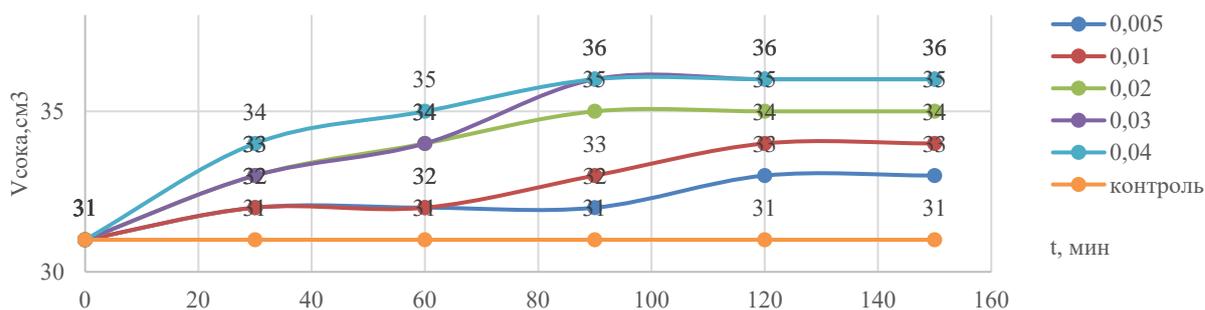


Рисунок 3 – Влияние дозировки ферментного препарата (%) Фидбест® -W 2 и продолжительности ферментативного гидролиза на выход сока

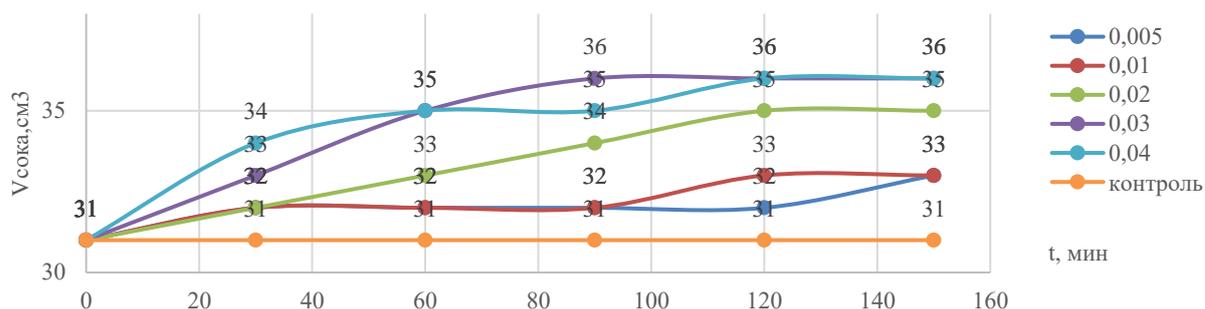


Рисунок 4 – Влияние дозировки ферментного препарата (%) Целлолюкс F и продолжительности ферментативного гидролиза на выход сока

Обобщение полученных результатов показывает, что субстратная специфичность применяемых ФП практически не оказывает влияние на выход сока: при условии их индивидуального применения выход сока находится примерно на одном уровне. По всей видимости, это обусловлено набором ферментативных активностей в препаратах и строением клеточной стенки растительного сырья. Большого эффекта следовало ожидать от применения пектолитического препарата Pectinex Yieldmash Plus, но судя по полученным результатам, можно предположить, что в наборе ферментов этого препарата присутствует полиметилгалактуроназа, которая действует на метоксилированную полигалактуроновую кислоту, вследствие чего доминирующая в препарате пектинэстеразная активность подавляет полиметилгалактуроназную.

Для более полной и глубокой конверсии природного сырья рационально создавать и применять мультэнзимные композиции (МЭК), включающие ФП различной субстратной специфичности. Для оценки эффективности применения были созданы 4 МЭК, в каждом из которых были представлены пектолитические ферменты, а также целлюлазы и гемицеллюлазы в различных соотношениях. При конструировании МЭК дозировки ФП уменьшали в 2 раза по сравнению с индивидуальным применением, гидролиз вели при температурах 30 и 40 °С в течение 90 минут. По окончании гидролиза ферменты инактивировали нагреванием и прессованием отжимали сок.

Полученные результаты отражены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты обработки черничной мезги МЭК

Состав МЭК*	Температура, °С	Увеличение выхода сока, %
МЭК-1	30,0	16,0
МЭК-2	30,0	19,0
МЭК-1	40,0	23,0
МЭК-2	40,0	26,0
МЭК-3	30,0	16,0
МЭК-4	30,0	19,0
МЭК-3	40,0	26,0
МЭК-4	40,0	29,0

*МЭК-1 – Pectinex Yieldmash 0,01 % + Целлолюкс F 0,01 %; МЭК-2 – Pectinex Yieldmash 0,015 % + Целлолюкс F 0,015 %; МЭК-3 – Pectinex Yieldmash 0,01 % + Фидбест W 2 0,01 %; МЭК-4 – Pectinex Yieldmash 0,015 % + Фидбест W 2 группа 0,015 %.

Анализ полученных результатов показывает, что температура проведения гидролиза существенно влияет на выход сока.

При использовании одних и же композиционных составов МЭК при повышении температуры гидролиза с 30 до 40 °С выход сока увеличивается в абсолютном выражении на 7–10 % (таблица 2). Одинаковые результаты достигаются за счет использования МЭК-2 и МЭК-3: констатируем увеличение выхода сока на 26 %. По видимому, такая взаимозаменяемость композиций объясняется спецификой состава и строением клеточной стенки ягод черники и набором ферментов, присутствующих в составе МЭК. Можно предположить, что в составе полисахаридов ягод черники присутствуют ксиланы, потому что эффективным оказывается применение Фидбест® -W 2 с доминирующей ксиланазной активностью (в 2 раза превосходит препарат ЦеллоЛюкс® -F) и для достижения такого же эффекта по выходу сока, но уже с применением МЭК, содержащей ЦеллоЛюкс® -F, дозировку этого препарата, как и впрочем, Pectinex Yieldmash Plus надо увеличивать в 1,5 раза. Согласно данным таблицы 2, наибольший выход сока был получен при использовании МЭК-4, состоящей из Pectinex Yieldmash и Фидбест W 2 (в дозировках 0,015 % к массе мезги каждый): отмечено увеличение выхода сока на 29,0 % по сравнению с контролем и на 24,6 и 19,4 % выше, чем при использовании индивидуальных ФП в аналогичных дозировках и длительности гидролиза 90 мин.

Заключение

Проведение предварительной ферментативной обработки ягод черники ФП пектолитического, целлюлазного и гемицеллюлазного действия способствует увеличению выхода сока. Индивидуальное применение Pectinex Yieldmash Plus, Celluclast BG, ЦеллоЛюкс® -F, Фидбест® -W 2 в дозировках 0,02–0,03 % к массе мезги ягод и длительности гидролиза 60 минут приводит к повышению выхода сока на 6–13 % по сравнению с контролем. Большого эффекта удается достичь за счет применения композиций ФП различной субстратной специфичности при уменьшенной вдвое дозировке по сравнению с индивидуальным применением и повышения температуры гидролиза с 30 до 40 °С.

Наилучшие результаты получены за счет применения МЭК, состоящей из Pectinex Yieldmash и Фидбест W 2 (в дозировках 0,015 % к массе мезги каждый); через 90 минут гидролиза при температуре 40 °С выход сока увеличивается на 29 %. Экспериментально показана возможность замены Фидбест W 2 на ЦеллоЛюкс® -F в той же концентрации в составе МЭК, что позволяет увеличить выход сока на 26 %.

Литература

1. Алексеев, Е.В. и др. Влияние предварительной обработки ягод клюквы на экстракцию антоциановых пигментов, выход сока и его антиоксидантную активность // *Хранение и переработка сельхозсырья*. – 2019. – № 4. – С. 10–27.
2. Аполинарьева, И.К. и др. Использование ферментативной мацерации ягод для получения семян с высоким качеством у крупноплодной земляники (*FRAGARIA* и *ANANASSA DUCH.*) // *Достижения науки и техники АПК*. 2013. № 12. С. 27–29.
3. Бакин, И.А., Мустафина А.С., Лукин П.Н. Совершенствование технологии экстрагирования ягодного сырья с использованием ультразвуковой обработки // *Вестник КрасГАУ*. – 2015. – № 12 (111). – С. 91–95.
4. Белокурова Е.С., Борисова Л.М., Панкина И.А. Инновационные технологии получения ферментированных напитков функционального назначения // *Вопросы питания*. – 2016. – № 2. – С. 133–134
5. Иванова, М.А., Демченко В.А., Тамбулатова Е.В., Кравченко Н.Н. Влияние ультразвуковых волн на качественные показатели концентрата морса // *Новые технологии*. – 2019. – № 1. – С. 69–77.
6. Колотий, Т.Б., Хатко З.Н. Аналитические характеристики пектина из некоторых видов дикорастущих плодов и ягод предгорной зоны Адыгеи // *Новые технологии*. – 2012. – № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiticheskie-harakteristiki-pektina-iz-nekotoryh-vidov-dikorastuschih-plodov-i-yagod-predgornoy-zony-adygei> (дата обращения: 16.07.2022).
7. Панкина, И.А., Белокурова Е.С. Интенсификация технологии получения сока из плодово-ягодного сырья с высоким содержанием пектина // *Научный журнал НИУ ИТМО. «Процессы и аппараты пищевых производств»*. 2017. № 1. С. 36–41.
8. Попов, И.А., Максимов И.В., Манжесов В.И. Влияние ферментных препаратов на выход сока // *Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции*. – 2017. – № 2 (9). – С. 102–144.
9. Савельев, Ю.В. Биотехнологический потенциал лесных регионов России и технико-экономическое обоснование комплексной переработки лесного биотехнологического сырья // *Отходы и ресурсы*. – 2022. – Т. 9. – № 1.
10. Типсина, Н.Н., Мучкина Е.Я., Струпан Е.А., Коршунова Т.В. Исследование пищевой ценности порошка черники обыкновенной // *Вестник КрасГАУ*. – 2010. – № 5. – С. 158–162.
11. Fang, Z. & Huang, J. & Xu, Q. & Hu, Xinyong & Liao, Xiaojun & Chen, Fang & Zhang, Yalian. Study on enzymatic hydrolysis in processing blueberry juice. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*. – 2013. – V. 13. – P. 97–102.
12. Kumar S. Role of enzymes in fruit juice processing and its quality enhancement. *Advances in Applied Science Research*. – 2015. – V. 6(6). – P. 114–124.
13. Pantelidis G. et al. Antioxidant Capacity, Phenol, Anthocyanin and Ascorbic Acid Contents in Raspberries, Blackberries, Gooseberries and Cornelian Cherries // *Food Chemistry*. 2007. V. 102. I. 3. P. 777–783.