

УДК: 663.81:579.6.15(045)

Профессор Е.В. Алексеенко, аспирант Е.А. Быстрова
(Моск. гос. ун-т. пищевых производств) тел. +79260119847
E-mail: tixoxod@list.ru

Professor E.V. Alekseenko, graduate E. A. Bystrova
(Moscow state university of food production) phone +79260119847
E-mail: tixoxod@list.ru

Мониторинг эффективности применения ферментных препаратов для обработки ягод брусники при получении сока

Monitoring of efficiency of application of fermental preparations for processing of berries of cowberry when receiving juice

Реферат. В статье представлены результаты исследований по применению ферментных препаратов пектолитического и глюканолитического действия для предобработки ягод брусники при получении сока. Показано, что применение ферментных препаратов способствует увеличению выхода сока. Наилучшие результаты получены с применением пектолитических ферментных препаратов. Установлено, что большего эффекта можно достичь на основе использования ферментных препаратов различной субстратной специфичности в составе композиций. Повышение выхода сока из растительной ткани тесно связано с интенсификацией таких процессов как гидролиз целлюлозы и гемицеллюлозы. Являясь компонентами растительных клеточных стенок, эти полисахариды придают им прочность и обуславливают жесткость структуры. Поэтому применение ферментов, расщепляющих целлюлозу и гемицеллюлозу, неизбежно вызовет их деструкцию, приведет к необратимым нарушениям целостности клеточной стенки, ее дестабилизации и, как следствие, увеличению выхода сока. Кроме того, гидролиз нейтральных полисахаридов сопровождается высвобождением связанных с ними органических кислот, фенольных веществ. При разрушении клеточных стенок выделяется также большое количество растительных пигментов, что особенно важно при изготовлении ягодных соков.

Summary: The investigation results of the application of pectinase and glucanase enzyme preparations for the red whortleberry raw material pretreatment during the juice production stage have been represented in this article. It has been shown that the application of enzyme preparations promotes the increasing of the juice output. The best results were obtained with the using of pectinase enzyme preparations. It has been experimentally verified that a larger effect can be achieved through the using of enzyme preparations with different substrate specificity in compositions. Increase of an output of juice from vegetable fabric is tightly connected to intensification of such processes as hydrolysis of cellulose and a hemicellulose. Being components of vegetable cellular walls, these polysaccharides give them durability and cause rigidity of structure. Therefore use of the enzymes splitting cellulose and a hemicellulose will inevitably cause their destruction, will lead to irreversible violations of integrity of a cellular wall, its destabilization and, as a result, increase in an output of juice. Besides, hydrolysis of neutral polysaccharides is followed by release of the related organic acids, phenolic substances. When corrupting cellular walls also large number of vegetable colorants that is especially important in case of manufacture of berry juice is selected.

Ключевые слова: ягоды брусники, ферментные препараты, мультэнзимная композиция, предварительная обработка, выход сока

Key words: red whortleberry raw material, enzyme preparations, multy-enzyme composition, pretreatment, juice output.

Одним из приоритетных направлений развития аграрной науки является разработка инновационных технологий переработки плодово-ягодного сырья на основе создания и применения высокоэффективных биотехнологических методов обработки сырья, интенсифицирующих производственные процессы, снижающих энергоемкость и обеспечивающих высокое качество пищевой продукции. В этом контексте успешно развивающееся направление - применение ферментных препаратов для обработки плодов и

ягод при получении сока [1-6]. В настоящее время ферментные препараты используются для обработки плодовой и ягодной мезги с целью ускорения процесса отделения сока, увеличения его выхода и особенно выхода более высококачественных «самотечных» фракций, ускорения процесса осветления сока, повышение гомогенности соков с мякотью, предотвращения окислительных процессов и развития аэробных микроорганизмов в соках и др. [3].

© Алексеенко Е.В., Быстрова Е.А., 2015

Основным препятствием к выделению сока из плодов и ягод является высокое содержание пектинов, обладающих способностью образовывать коллоидные растворы, что затрудняет или вообще делает невозможным прохождение сока по сети капилляров внутри мезги [3, 7]. Поэтому важным технологическим средством повышения выхода сока является целенаправленное применение пектолитических ферментных препаратов, под действием которых ягодная и плодовая ткань размягчаются, клеточная проницаемость возрастает, выход сока увеличивается, а его вязкость снижается [3, 7].

Разнообразие плодово-ягодного сырья, вовлекаемого в сферу промышленной переработки, отличающегося химическим составом и особенностями строения растительной ткани, требует более полного изучения и дифференцированного подхода к выбору ферментных препаратов для обработки сырья при получении сока.

Поэтому целью настоящих исследований явилось проведение мониторинга эффективности применения ферментных препаратов различной субстратной специфичности для обработки ягод брусники при получении сока.

С учетом данных химического состава ягод брусники (урожая 2012-2013 гг.) для исследований были выбраны ферментные препараты пектолитического и глюканолитического действия отечественного и зарубежного производства: Рапидаза CR (производитель- DSM-Food-Specialties, Франция), Pectinex XXL, Pectinex Yieldmash Extra (производитель- Novozymes, Дания), Целлолюкс-А (производитель- «Сиббиофарм», Россия), Целловиридин Г20Х (производитель- АО «Биовет», Болгария), Брюзайм BGX (производитель- Polfa Tarchomin Pharmaceutical Works S.A., Польша), Laminex Max Flow 4G, Laminex BG2 (производитель- Danisco, Дания).

Для создания эффективной технологии переработки ягод при получении сока требуется знание специфики сырья (его химического состава) и действия ферментов, как инструмента в достижении поставленных целей. И, действительно, дозы ферментных препаратов, вносимых в обрабатываемую мезгу, зависят от вида сырья, комплекса и активности ферментов, представленных в ферментных препаратах, а эффективность их применения обуславливается целым рядом факторов, в том числе, предварительной обработкой сырья, температурой, pH, длительностью обработки.

В связи с этим были проведены исследования по изучению свойств ферментных препаратов, определены основные и сопутствующие активности, оптимальные условия

действия, а также дана оценка эффективности их применения для обработки ягод брусники при получении сока.

Результаты проведенных исследований по характеристике ферментных препаратов показывают, что пектолитические ферментные препараты Рапидаза CR (штамм продуцент- *Aspergillus niger*), Pectinex XXL, Pectinex Yieldmash Extra содержат полноценный набор ферментов пектолитического комплекса, обеспечивающих мацерацию растительной ткани за счет последовательно-параллельного действия всех составляющих комплекса, а некоторые из них (Рапидаза CR) – ряд полезных побочных активностей, в том числе, гемицеллюлолитических, благодаря чему следует ожидать более глубоких изменений в полисахаридном комплексе ягод, усиления процесса мацерации растительной ткани и повышения ее экстрактивной способности.

В ферментных препаратах глюканолитического действия Целлолюкс-А, Целловиридин Г20Х (штамм продуцент - *Trichoderma viride*), Брюзайм BGX (штамм продуцент- *Trichoderma longibrachiatum*), Laminex Max Flow 4G, Laminex BG2 (штамм продуцент - *Trichoderma reesei*) представлены ферменты, способные расщеплять и целлюлозу и гемицеллюлозу, что дает очевидные преимущества в конверсии природного сырья, так как расщепление целлюлозы в плодово-ягодном сырье сопряжена с деструкцией гемицеллюлозы. Исследуемые препараты характеризуются наличием в их составе активных компонентов целлюлолитической системы (комплекса эндо- и экзоферментов) и содержат представительный набор гемицеллюлаз, в том числе, активную ксиланазу и β -глюканазу.

Таким образом, выбранные ферментные препараты обладают полноценным набором основных ферментных систем, способных гидролизовать пектиновые вещества, нативную и регенерированную целлюлозу и гемицеллюлозу. Полученные данные позволяют сделать благоприятный прогноз на эффективное применение выбранных ферментных препаратов для обработки ягод брусники при получении сока.

Одной из наиболее часто применяемых операций, предшествующих стадии отделения сока, является механическое измельчение (дробление), которое зачастую сопровождается термообработкой [8], что и было использовано в работе.

Для проведения гидролиза ягоды измельчали, в полученную мезгу вносили ферментные препараты в различной концентрации и вели гидролиз в оптимальных для действия фермента условиях (45°C) в течение 3-х часов.

Диапазон концентраций ферментных препаратов выбирали, основываясь на литературных данных по применению ферментных препаратов для обработки плодово-ягодного сырья [1, 2, 3, 7], которые составили 0,01–0,04 % к массе перерабатываемого сырья. Через определенные промежутки времени ферментный препарат инактивировали нагреванием и прессованием отжимали сок. Об эффективности применения ферментного препарата судили по выходу сока. Контролем являлся сок, полученный из мякоти ягод в тех же условиях, но без добавления фермента.

Как свидетельствуют полученные результаты, применение выбранных ферментных препаратов для обработки ягод брусники при получении сока способствуют увеличению его выхода. Наилучшие результаты получены с применением пектолитических ферментных препаратов (рисунки 1-3). Причем наиболее заметные изменения происходят в течение первого часа обработки.

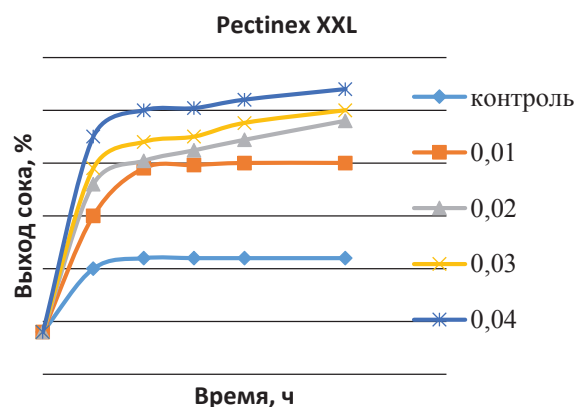


Рисунок 1. Динамика выхода сока из ягод брусники под действием ферментного препарата Pectinex XXL при различных концентрациях 0,01 % - 0,04 % к массе мякоти ягод

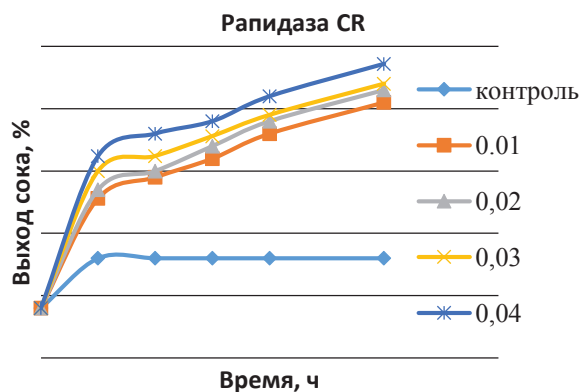


Рисунок 2. Динамика выхода сока из ягод брусники под действием ферментного препарата Рапидаз CR при различных концентрациях 0,01 % - 0,04 % к массе мякоти ягод

На основании анализа полученных результатов могут быть рекомендованы дозировки ферментных препаратов пектолитического действия Рапидаз CR, Pectinex XXL, Pectinex Yieldmash Extra для обработки ягод брусники при получении сока -0,01- 0,02% к массе мякоти ягод, применение которых через 1-1,5 часа гидролиза приводит к увеличению выхода сока на 12-18% по сравнению с контролем (рисунки 1-3). Дальнейшее увеличение концентрации ферментных препаратов и времени ферментативного воздействия нецелесообразно, поскольку выход сока меняется незначительно.

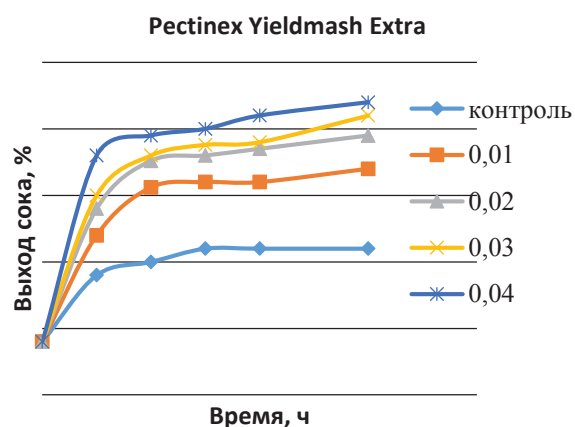


Рисунок 3. Динамика выхода сока из ягод брусники под действием ферментного препарата Pectinex Yieldmash Extra при различных концентрациях 0,01 % - 0,04 % к массе мякоти ягод

В меньшей степени выражен эффект от применения целлюлолитических ферментных препаратов. Наилучшие результаты среди них показали Брюзайм BGX и Laminex BG 2: применение их в дозировке 0,01- 0,02% к массе мякоти ягод и продолжительности обработки 1-1,5 часа способствует увеличению выхода сока на 7-10 % по сравнению с контролем (рисунки 4, 5).

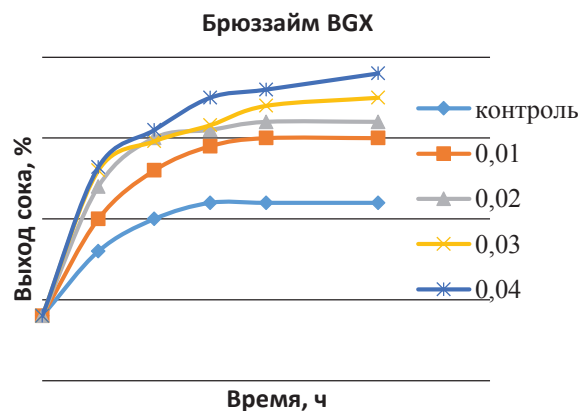


Рисунок 4. Динамика выхода сока из ягод брусники под действием ферментного препарата Брюзайм BGX при различных концентрациях 0,01 % - 0,04 % к массе мякоти ягод

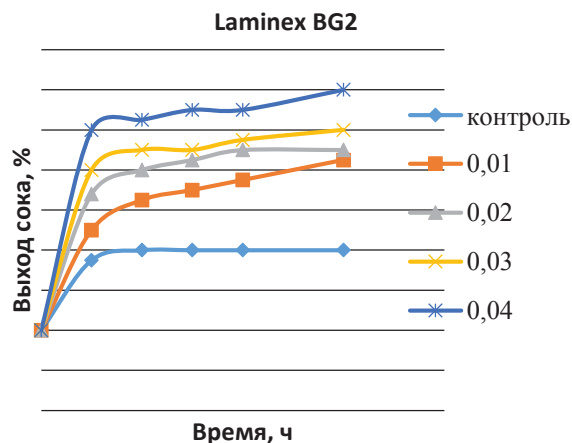


Рисунок 5. Динамика выхода сока из ягод брусники под действием ферментного препарата Laminex BG2 при различных концентрациях 0,01 % - 0,04 % к массе мезги ягод

Для более полной и глубокой конверсии природного сырья рационально комплексно воздействовать на структурные биополимеры. И с этой точки зрения целесообразным представляется создание композиции на основе ферментных препаратов пектолитического и глюканолитического действия. Моделирование и применение подобных композиций позволяет говорить о возможности комплексного воздействия на компоненты сырья; при этом мацерирующее действие пектолитических ферментов будет сочетаться с действием целлюлаз и гемицеллюлаз.

С учетом полученных результатов смоделированы мультэнзимные композиции (МЭК) различного состава на основе исследуемых ферментных препаратов. При формировании МЭК дозировку ферментных препаратов уменьшали в

2 раза по сравнению с той, которая была рекомендована по применению каждого препарата в отдельности. Установлено, что применение ферментных препаратов различной субстратной специфичности в составе композиций даже при уменьшенной вдвое дозировке позволяет достичь эффекта большего, чем при раздельном их применении, что объясняется синергетическим эффектом в действии пектолитических и целлюлолитических ферментов, который проявляется во взаимном усилении их действия, увеличении скорости гидролитического расщепления растительных полисахаридов, выражающийся в увеличении выхода продукта.

Наилучшие результаты получены с применением композиций: Рапидаза CR - Laminex BG 2 (МЭК-1) и Pectinex XXL - Брюзайм BGX (МЭК-2). Установлено, что проведение предварительной обработки ягод брусники МЭК-1 и МЭК-2 в течение 1,5 часов способствует увеличению выхода сока соответственно на 26 % и 20 %.

Таким образом, анализ полученных результатов показывает, что применение ферментных препаратов как индивидуально, так и в составе МЭК для предобработки ягод брусники при получении сока способствует увеличению его выхода. По всей видимости, практические рекомендации по применению ферментных препаратов могут быть даны на основе всестороннего изучения биохимического состава брусничного сока, полученного с применением предварительной ферментативной обработки ягод, что и определяет спектр дальнейших исследований в этом направлении.

ЛИТЕРАТУРА

1 Киселева Л.В., Ломачинский В.А., Синецкая О.А., Синецын А.П. Биокатализаторы в технологии соков с мякотью и пюре // Пиво и напитки. 2009. №2. С. 30–32.

2 Кардовский А.А., Кожухова А.В., Коваленко А.В., Солод Л.Ю. Получение свекольного сока с использованием ферментных препаратов // Известия вузов. Пищевая технология. 2006. № 6. С. 99-100.

3 Иванова Л.А., Войно Л.И., Иванова И.С.; под ред. И.М. Грачевой. Пищевая биотехнология. Кн. 2. Переработка растительного сырья. М.: КолосС, 2008. 472 с.

4 Матвеева И.В., Мартынов В.Ю. Ферментные препараты: безопасность, инновационные применения, защита окружающей среды // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. 2010. № 2. С. 24–28.

5 Алексеенко Е.В. Биокаталитические методы обработки плодово-ягодного сырья // Хранение и переработка сельхозсырья. 2008. № 5. С. 62-65.

6 Алексеенко Е.В., Дикарева Ю.М., Остащенко Н.В., Траубенберг С.Е. Применение ферментных препаратов для переработки плодов облепихи // Известия вузов. Пищевая технология. 2011. № 2-3. С. 48-52.

7 Кислухина О.В. Ферменты в производстве пищи и кормов. М.: «ДеЛи Принт», 2002. 336 с.

8 Шобингер У. Фруктовые и овощные соки: научные основы и технологии. Пер. с нем. под общим науч. ред. А.Ю. Колеснова, Н.Ф. Берестя и А.В. Орещенко. СПб: Профессия, 2004. 640 с.

REFERENCES

- 1 Kiseleva L.V., Lomachinskii V.A., Sinitsyna O.A., Sinitsyn A.P. Biocatalysis technology juice with pulp and puree. *Pivo i napitki*. [Beer and beverages], 2009, no. 2, pp. 30-32. (In Russ.).
- 2 Kardovsky A.A. Kozhukhova A.V., Kovalenko A.V., Solod L.Yu. Obtaining beet juice using enzyme preparations. *Izvestiya vuzov*. [Proceedings of the universities. Food technology], 2006, no. 6, pp. 99-100. (In Russ.).
- 3 Ivanova L.A., Voino L.I., Ivanova I.S., Gracheva I.M. *Pishchevaya biotekhnologiya* [Food and bio-technology. Bk. 2. Processing of vegetable raw materials]. Moscow, Koloss, 2008. 472 p. (In Russ.).
- 4 Matveeva I.V., Martynov V.Yu. Fir-element preparations: safety, innovative applications, protection of the environment. *Pishchevye ingredient*. [Food Ingredients. Raw materials and additives], 2010, no. 2, pp 24-28. (In Russ.).
- 5 Alekseenko E.V. Biocatalytic methods of processing fruit raw material. *Khranenie i pererabotka sel'khozsr'ya*. [Storage and processing of agricultural raw materials], 2008, no. 5, pp. 62-65. (In Russ.).
- 6 Alekseenko E.V., Dikareva Yu.M., Ostashenkova N.V., Traubenberg S.E. Application of enzyme preparations for the processing of sea buckthorn. *Izvestiya vuzov*. [Proceedings of the universities. Food technology], 2011, no. 2-3, pp. 48-52. (In Russ.).
- 7 Kislukhina O.V. *Fermenty v proizvodstve pishchi i kormov* [The enzymes in the production of food and feedstuffs]. Moscow, DeLee Print, 2002. 336 p. (In Russ.).
- 8 Shobinger U., *Fruit and vegetable juice. Scientific bases and technologies*. SPb; Professiya, 2004.