



ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

УДК 663.8

М.А. Журавлева, Н.В. Макарова

ИЗУЧЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ АНТОЦИАНОВ КЛЮКВЕННОГО СОКА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ФЕРМЕНТИРОВАНИЯ

М.А. Zhuravleva, N.V. Makarova

THE STUDY OF STABILITY OF ANTHOCYANINS OF CRANBERRY JUICE UNDER THE INFLUENCE OF THE TECHNOLOGY OF FERMENTATION

Журавлева М.А. – магистрант каф. технологии и организации общественного питания Самарского государственного технического университета, г. Самара.

E-mail: marinaguravl@mail.ru

Макарова Н.В. – д-р хим. наук, проф., зав. каф. технологии и организации общественного питания Самарского государственного технического университета, г. Самара.

E-mail: marinaguravl@mail.ru

Zhuravleva M.A. – Magistrate Student, Chair of Technology and Organization of Public Catering, Samara State Technical University, Samara.

E-mail: marinaguravl@mail.ru

Makarova N.V. – Dr. Chem. Sci., Prof., Head, Chair of Technology and Organization of Public Catering, Samara State Technical University, Samara.

E-mail: marinaguravl@mail.ru

Статья посвящена вопросу изучения влияния пектолитических ферментных препаратов Extra, XXL, Энерзим ХТ на стабилизацию окраски, содержание антоцианов, растворимых сухих веществ и выход клюквенного сока прямого отжима. Экспериментальная часть включает в себя подбор технологических режимов ферментации в зависимости от трех факторов (температура в интервалах от 30 до 50 °С, модуля ферментации, т.е. содержание ферментного препарата по отношению к массе измельченных ягод от 5 до 15 %, времени обработки ферментным препаратом от 2 до 6 ч) на основании составления поверхности отклика. Полученные данные обрабатывались с помощью программы Statistica. Проведен сравнительный анализ полученных результатов. Исходя из полученных данных делается вывод, что обработка ягодной мезги при 45 °С в течение 2 ч с 10%-м модулем ферментации

обеспечивает наивысшее содержание антоцианов, а следовательно, более устойчивую окраску и выход сока. При сравнении ферментных препаратов по уровню достигаемых показателей (содержания антоцианов и выхода клюквенного сока) можно утверждать, что наиболее подходящим для обработки мезги ягод клюквы является ферментный препарат Extra.

Ключевые слова: клюквенный сок, ферментные препараты, выход сока, антоцианы, стабилизация окраски, растворимые сухие вещества.

The research was devoted to the question of studying the influence of pectolytic enzyme preparations Extra, XXL, Energy HT on color stabilization, anthocyanin content, soluble solids and the yield of cranberry juice of direct extraction. Experimental part included the selection of technological

modes of fermentation, depending on three factors (temperature in the range from 30 to 50 °C, the fermentation module, i.e. the content of the enzyme preparation in relation to the mass of crushed berries from 5 to 15 %, the time of treatment with the enzyme preparation from 2 to 6 h) on the basis of the surface of the response. The obtained data were processed using the program Statistica. Proceeding from the obtained data the conclusion was drawn that processing of berry pulp at 45 °C during 2 h with the 10-% module of fermentation had provided the highest maintenance of anthocyanins, and therefore more stable color and juice yield. When comparing enzyme preparations on the level of achieved indicators (the content of anthocyanins and cranberry juice yield), it could be argued that the most suitable for the treatment of cranberry pulp had been the enzyme preparation Extra.

Keywords: *cranberry juice, enzymes, juice yield, anthocyanins, color stabilization, soluble dry substances.*

Введение. В настоящее время большое внимание уделяется природным антиоксидантам, источником которых являются плоды растений. К числу важнейших природных антиоксидантов относят антоцианы – водорастворимые соединения класса флавоноидов. Основным признаком присутствия большого количества антоцианов – темно-синяя (темно-красная) окраска плодов. Одним из таких растений, темноокрашенные плоды которого, по литературным данным, содержат большое количество антоцианов, являются плоды клюквы. Основным компонентом антоцианового комплекса ягод является цианидин-3-глюкозид (от 60 до 80 %) [1].

Антоцианы обладают наиболее четко выраженной капилляроукрепляющей активностью, антиоксидантным, антибактериальным, антиканцерогенным свойствами и применяются в медицине для предупреждения ряда заболеваний. Также они являются превосходными пищевыми красителями, широко используемыми в пищевой промышленности [2].

Для обработки мезги в соковом производстве в настоящее время используются различные ферментные препараты пектолитического действия, которые не только увеличивают выход соковой продукции, но и способствуют оптими-

зации экстрагирования красящих веществ используемого сырья [3].

В работе [4] изучено влияние пектолитических ферментных препаратов Fructozym MA-X-Press и Fructozym Color, Fructozym P6-L на цветность свекольного сока. Увеличение выхода сока с сохранением красящих веществ (бетацианинов и бетаксантинов) обеспечивает такой ферментный препарат, как Fructozym MA-X-Press.

Применение композиции ферментных препаратов для обработки ягод брусники при получении сока позволяет увеличить содержание флавоноидов: флавонов и флавонолов (в 5,4–5,9 раза), антоцианов (в 1,2–1,3 раза), катехинов (в 1,7 раза), проантоцианидинов (в 1,3–2 раза) [5].

В статье [6] проводилось исследование процесса экстрагирования дикорастущих ягод Сибири с использованием биокаталитических методов. Доказано, что применение пектолитических ферментных препаратов способствует увеличению содержания сухих веществ ягод клюквы и брусники.

Таким образом, на стабильность антоцианов влияют генотип ягод, климатические факторы, химический состав [7]. Отмечается снижение содержания антоцианов с повышением содержания аскорбиновой кислоты и H₂O₂. Использование технологии ферментирования способствует повышению содержания сухих веществ, фенольных соединений, антоцианов.

Цель исследований. Установление оптимальных условий ферментирования, обеспечивающих наибольший выход, стабильность антоцианов, содержание растворимых сухих веществ в клюквенном соке прямого отжима с использованием различных пектолитических ферментов.

Задачи исследований: изучение содержания антоцианов, растворимых сухих веществ, выхода клюквенного сока прямого отжима с использованием пектолитических ферментных препаратов Энерзим ХТ, Extra, XXL; обработка результатов, проведение сравнительного анализа, построение трехмерных диаграмм поверхности отклика; подбор оптимальных условий ферментации, выбор ферментного препарата, который позволяет стабилизировать окраску и повышать выход клюквенного сока.

Объекты и методы исследований. В качестве объектов исследования использовали сок прямого отжима клюквы *Vaccinium macrocarpon*, собранной в середине сентября в северных широтах России. Получение соков осуществлялось в течение трех дней после сбора культур.

Технология получения клюквенного сока прямого отжима с использованием ферментных препаратов включает в себя следующие стадии: приемка, мойка, инспекция, измельчение, обработка ферментными препаратами, отжим. Параметры ферментации: температура от 30 до 50 °С, концентрация к массе сырья от 5 до 15 %, продолжительность ферментации от 2 до 6 часов. Для анализа физико-химических показателей применяли следующие методики.

Содержание растворимых сухих веществ определяли по ГОСТ Р 51433-99. В качестве навески использовали фильтрованный сок клюквы прямого отжима [8].

Общее содержание антоцианов определяли методом рН-дифференциальной спектрофотометрии. Суммарную массовую концентрацию (массовую долю) антоцианов в соковой продукции определяли на основе изменения поглощения света с длиной волны 510 нм при изменении кислотности растворов соковой продукции с рН от 1 до 4,4 [9].

Результаты и их обсуждение. Оптимальные параметры экстрагирования спланированы трехфакторным экспериментом. Изменяемыми параметрами являлись модуль ферментации, продолжительность ферментации и температура выдержки. Процесс контролировали по выходу клюквенного сока, содержанию в нем сухих веществ и антоцианов.

Влияние пектолитических ферментных препаратов Extra, XXL, Энерзим ХТ на выход клюквенного сока прямого отжима представлено на рисунке 1.

Проанализировав полученные результаты, делаем вывод, что на выход сока влияют как тип ферментного препарата, так и выбранные параметры ферментации: температура, продолжительность обработки, концентрация. На диаграммах А, В, С представлено влияние температуры и концентрации (А), температуры и продолжительности ферментации (В), концен-

трации и продолжительности обработки (С) на выход клюквенного сока с использованием ферментного препарата Extra. С учетом построенных поверхностей оптимальными параметрами при обработке ферментным препаратом Extra является концентрация 15 %, продолжительность 2 ч при 50 °С, что увеличивает выход сока на 17 %. С повышением продолжительности ферментации наблюдается незначительное снижение выхода сока на 4 %, а повышение температуры и концентрации, наоборот, способствует увеличению выхода сока.

На диаграммах D, E, F представлено влияние температуры и концентрации (D), температуры и продолжительности ферментации (E), концентрации и продолжительности обработки (F) на выход клюквенного сока. Оптимальными параметрами ферментации с использованием ферментного препарата XXL, увеличивающего выход сока на 24 %, является 10 %-й модуль ферментации при 40 °С в течение 2 ч. С увеличением концентрации и температуры повышается выход сока, увеличение продолжительности ферментации снижает выход и увеличивает вязкость исследуемого объекта.

На диаграммах K, L, M представлено влияние температуры и концентрации (K), температуры и продолжительности обработки (L), продолжительности ферментации и концентрации (M) на выход клюквенного сока с использованием ферментного препарата Энерзим ХТ. Повышение температуры и концентрации увеличивает выход сока незначительно, а увеличение продолжительности ферментации снижает выход сока на 40 %.

Если сравнивать ферментные препараты Extra, XXL, Энерзим ХТ между собой, то ферментный препарат XXL повышает выход клюквенного сока прямого отжима более чем на 20 % с меньшей концентрацией использования ферментного препарата (10 %) и меньшей температурой выдержки (40 °С) по сравнению с другими ферментными препаратами.

Влияние пектолитических ферментных препаратов Extra, XXL, Энерзим ХТ на содержание растворимых сухих веществ клюквенного сока прямого отжима представлено на рисунке 2.

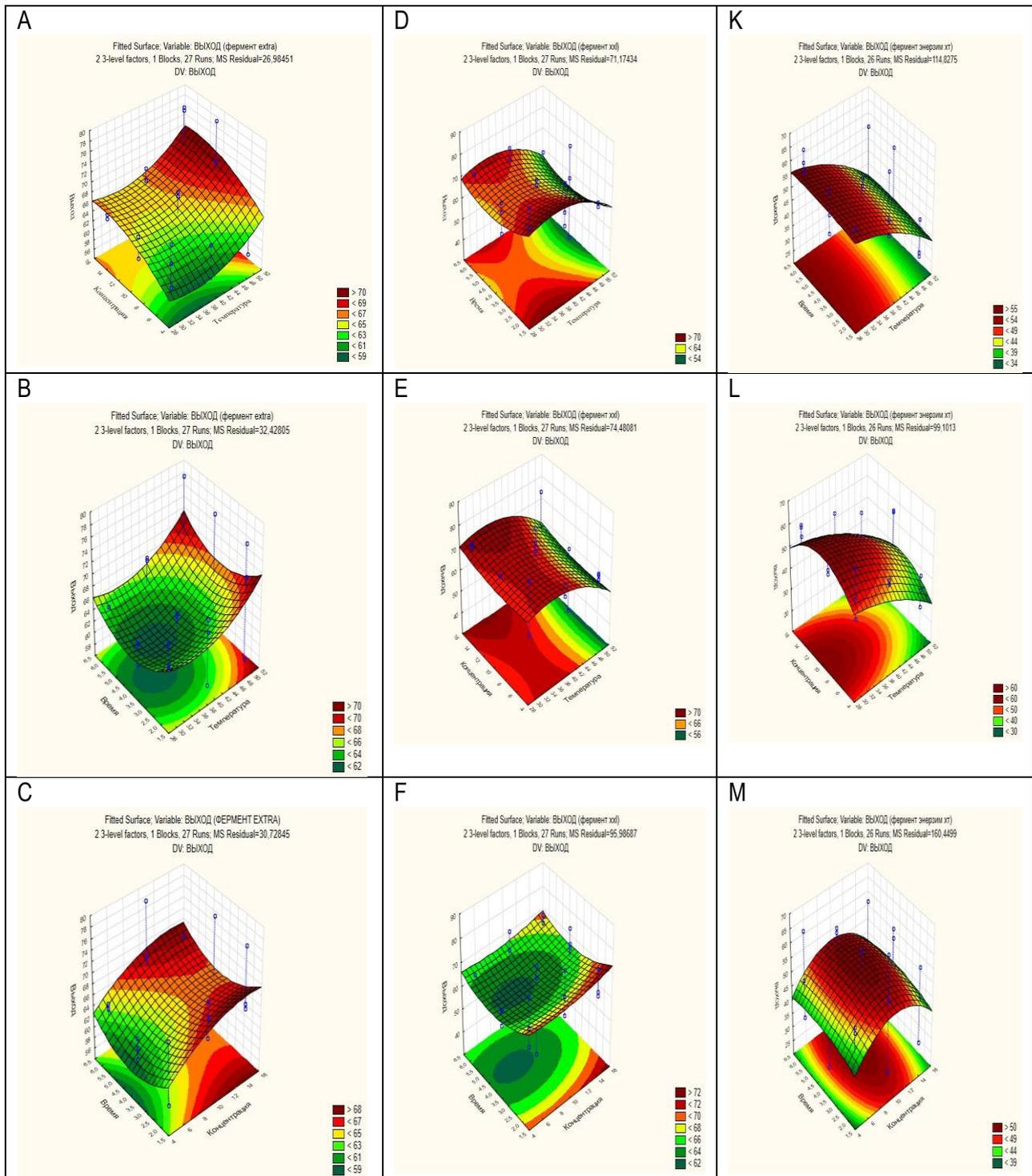


Рис. 1. Влияние пектолитических ферментных препаратов Extra, XXL, Энерзим XT на выход клюквенного сока прямого отжима

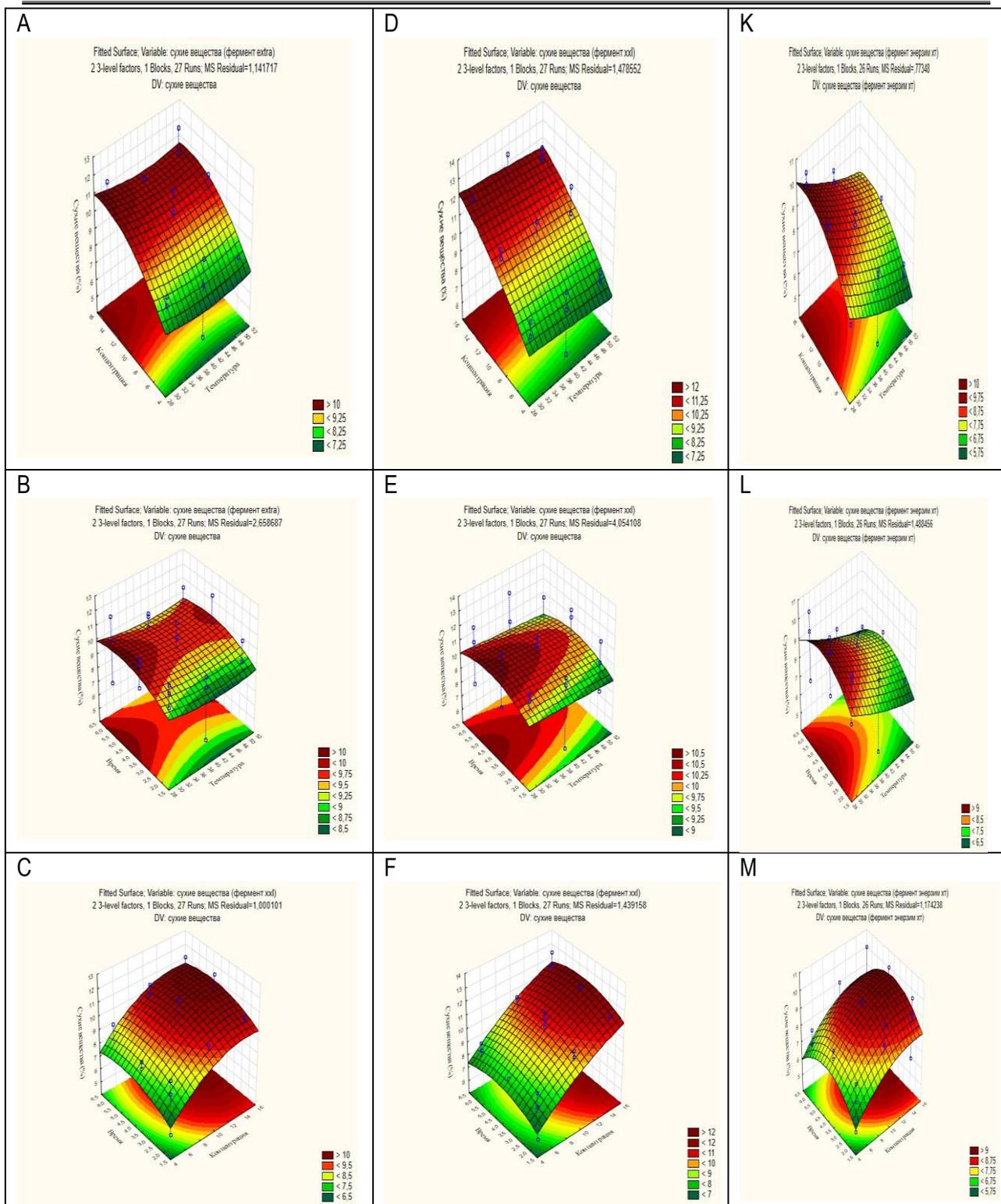


Рис. 2. Влияние пектолитических ферментных препаратов Extra, XXI, Энерзим XT на содержание сухих веществ клюквенного сока прямого отжима

На диаграммах А, В, С представлено влияние температуры и концентрации (А), температуры и продолжительности ферментации (В), продолжительности ферментации и concentra-

ции (С) на содержание растворимых сухих веществ с использованием ферментного препарата Extra. Повышение концентрации и продолжительности ферментации увеличивает содержа-

ние растворимых сухих веществ (до 10,5 %), а с возрастанием температуры наблюдается снижение показателей (до 8 %). Такую же тенденцию отмечаем и с использованием ферментных препаратов XXL (с повышением концентрации и продолжительности ферментации увеличивается содержание растворимых сухих веществ до 11,8 %, а с возрастанием температуры снижается до 8 %), представленную на диаграммах D (зависимость температуры и концентрации), E (зависимость продолжительности ферментации и концентрации), F (продолжительности ферментации и концентрации) и Энерзим ХТ (с повышением концентрации и продолжительности ферментации увеличивается содержание растворимых сухих веществ до 10,5 %, а с возрастанием температуры снижается до 6,5 %), K (зависимость температуры и концентрации), L (зависимость температуры и продолжительности ферментации), M (зависимость продолжительности ферментации и концентрации).

Обработка мезги ферментным препаратом Extra, XXL, Энерзим ХТ при температуре 30 °С с 15%-й концентрацией ферментного препарата в течение 4 ч дает наибольшие показатели растворимых сухих веществ: Extra (10,5 %), XXL (11,8 %), Энерзим ХТ (10,5 %). Все три ферментных препарата увеличивают содержание растворимых сухих веществ почти в два раза по сравнению с контролем (клюквенный сок до пастеризации – 4,9 %).

Влияние пектолитических ферментных препаратов Extra, XXL, Энерзим ХТ на содержание антоцианов клюквенного сока прямого отжима представлено на рисунке 3.

На диаграммах А, В, С представлена зависимость температуры и концентрации (А), температуры и продолжительности ферментации (В), продолжительности ферментации и концентрации (С) от содержания антоцианов с использованием ферментного препарата Extra. Увеличение температуры повышает показатели, а увеличение продолжительности ферментации (более 2 ч) и концентрации (более 10 %) резко

снижает содержание антоцианов на величину около 50 %. Ферментный препарат Extra повышает содержание антоцианов до 94,27 мг цианидина-3-гликозида на 100 г исходного сырья по сравнению с контролем (клюквенный сок без ферментного препарата – 71,03 мг цианидина-3-гликозида/100 г исходного сырья). Оптимальные параметры ферментации с использованием ферментного препарата Extra, которые позволяют максимально повысить содержание антоцианов: 5%-я концентрация при 40 °С в течение 2 ч.

На диаграммах E, D, F представлена зависимость температуры и концентрации (E), температуры и продолжительности ферментации (D), продолжительности ферментации и концентрации (F) от содержания антоцианов с использованием ферментного препарата XXL. Повышение концентрации и продолжительности ферментации резко снижает содержание антоцианов до 40,78 мг цианидина-3-гликозида на 100 г исходного сырья, а повышение температуры практически не изменяет содержание антоцианов. Оптимальные параметры ферментации с использованием ферментного препарата XXL: 5%-я концентрация при 50 °С в течение 2 ч. Содержание антоцианов при таких условиях равно 69,03 мг цианидина-3-гликозида на 100 г исходного сырья.

На диаграммах K, L, M представлена зависимость температуры и концентрации (K), температуры и продолжительности ферментации (L), продолжительности ферментации и концентрации (M) от содержания антоцианов с использованием ферментного препарата Энерзим ХТ. С повышением температуры, концентрации и продолжительности ферментации отмечается увеличение содержания антоцианов. Однако по сравнению с контролем (клюквенный сок без ферментного препарата – 71,03 мг цианидина-3-гликозида) происходит значительное снижение содержания антоцианов до 44,46 мг цианидина-3-гликозида на 100 г исходного сырья.

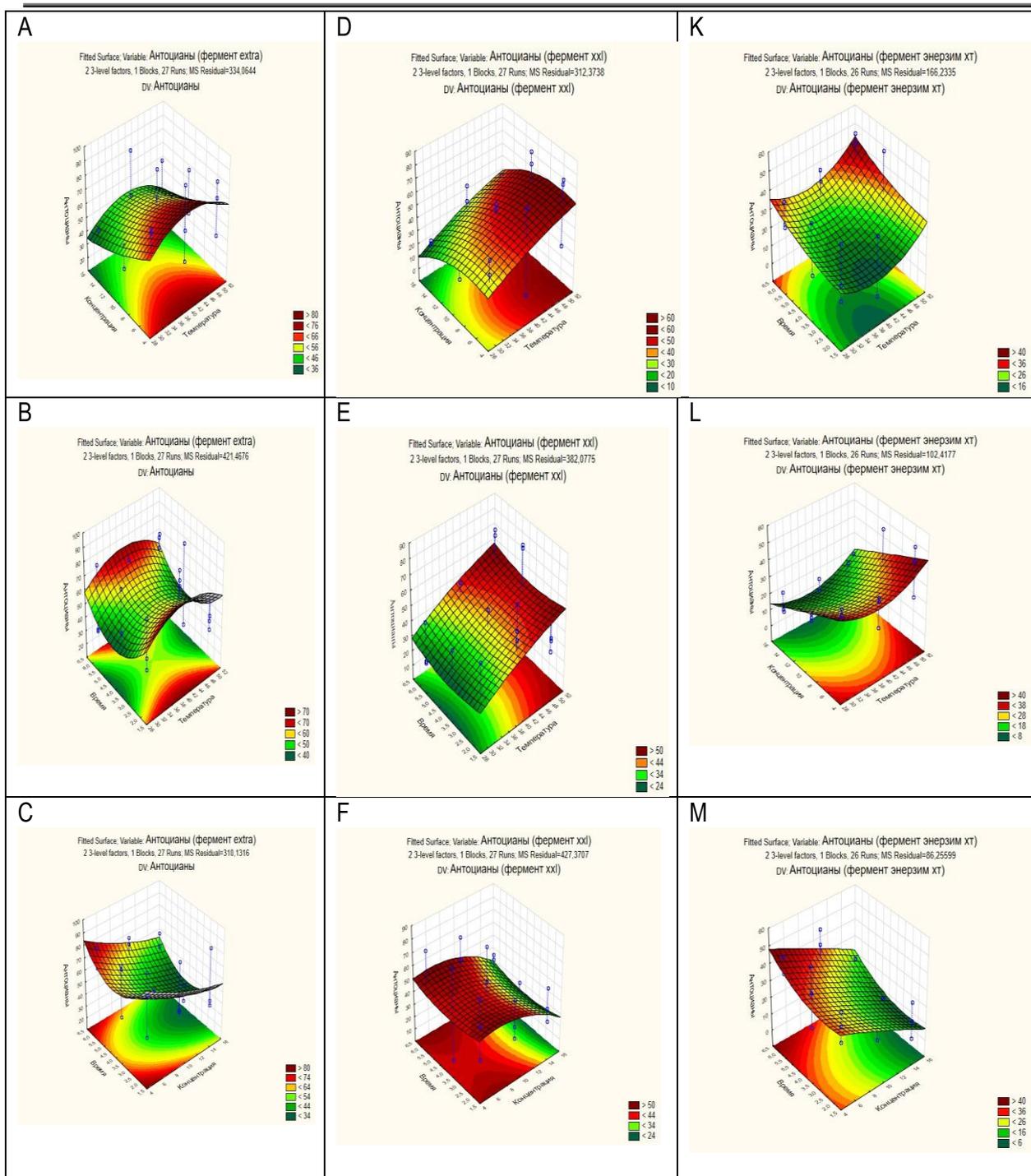


Рис. 3. Влияние пектолитических ферментных препаратов Extra, XXI, Энерзим ХТ на содержание антоцианов клюквенного сока прямого отжима

Заключение. Пектолитические ферментные препараты позволяют ускорить технологический процесс, повысить выход клюквенного сока прямого отжима, стабильность антоцианов, а также физико-химические показатели.

Сравнивая ферментные препараты XXL, Extra, Энерзим ХТ, можно сделать вывод, что получение клюквенного сока прямого отжима с

наибольшими показателями выхода сока, содержания растворимых сухих веществ, антоцианов обеспечивает ферментный препарат Extra. Оптимальными условиями ферментации выбраны параметры с 10%-й концентрацией ферментного препарата при 45 °С в течение 2 ч.

Литература

Literatura

1. Федина П.А., Яшин А.Я., Черноусова Н.И. Определение антиоксидантов в продуктах растительного происхождения амперометрическим методом // Химия растительного сырья. – 2010. – № 2. – С. 91–97.
 2. Аббасова Т.Ю., Новрузов Э.Н., Мамедов Э.И. Антоцианы плодов некоторых видов *Crataegus* L. // Химия растительного сырья. – 2012. – № 3. – С. 177–180.
 3. Панкина И.А., Белокурова Е.С. Интенсификация технологии получения сока из плодово-ягодного сырья с высоким содержанием пектина // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2017. – № 1. – С. 35–41.
 4. Кардовский А.А., Кожухова М.А., Коваленко А.В. [и др.]. Получение свекольного сока с использованием ферментных препаратов // Известия вузов. Пищевая технология. – 2006. – № 6. – С. 99–100.
 5. Алексеенко Е.В., Быстрова Е.А., Дикарева Ю.М. Исследование влияния предварительной обработки ягод брусники с применением ферментных препаратов на химический состав сока // Вестник ВГУИТ. – 2017. – № 1. – С. 282–289.
 6. Овсянникова Е.А., Киселева Т.Ф., Потанов А.Н. [и др.]. Исследование процесса экстрагирования дикорастущих ягод Сибири с использованием биокаталитических методов // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – № 4. – С. 1–4.
 7. Nikkhah Elham, Khaiamy Masoud, Heidary Reza, Sorayaie Azar Ali Sorayaie. The effect of ascorbic acid and H₂O₂ treatment on the stability of anthocyanin pigments in berries // Turk. J. Biol. – 2010. – Vol. 34. – P. 47–53.
 8. ГОСТ Р 51433-99. Соки фруктовые и овощные. Метод определения содержания растворимых сухих веществ рефрактометром. Введ. 2001-01-01. – М.: Стандартинформ, 2010. – 8 с.
 9. Писарев Д.И., Новиков О.О., Писарева Н.А. [и др.]. Изучение состава антоцианов ирги ольхолистой – *Amelanchier alnifolia* Nutt с использованием матрично-активированной лазерной десорбционной ионизации (maldi) // Научные ведомости. – 2011. – № 22. – С. 167–172.
1. Fedina P.A., Jashin A.Ja., Chemousova N.I. Opredelenie antioksidantov v produktah rastitel'nogo proishozhdenija amperometricheskim metodom // Himija rastitel'nogo syr'ja. – 2010. – № 2. – S. 91–97.
 2. Abbasova T.Ju., Novruzov Je.N., Mamedov Je.I. Antociany plodov nekotoryh vidov *Crataegus* L. // Himija rastitel'nogo syr'ja. – 2012. – № 3. – S. 177–180.
 3. Pankina I.A., Belokurova E.S. Intensifikacija tehnologii poluchenija soka iz plodovo-jagodnogo syr'ja s vysokim sodержaniem pektina // Nauchnyj zhurnal NIU ITMO. Serija: Processy i apparaty pishhevyyh proizvodstv. – 2017. – № 1. – S. 35–41.
 4. Kardovskij A.A., Kozhuhova M.A., Kovalenko A.V. [i dr.]. Poluchenie svekol'nogo soka s ispol'zovaniem fermentnyh preparatov // Izvestija vuzov. Pishhevaja tehnologija. – 2006. – № 6. – S. 99–100.
 5. Alekseenko E.V., Bystrova E.A., Dikareva Ju.M. Issledovanie vlijaniya predvaritel'noj obrabotki jagod brusniki s primeneniem fermentnyh preparatov na himicheskij sostav soka // Vestnik VGUIIT. – 2017. – № 1. – S. 282–289.
 6. Ovsjannikova E.A, Kiseleva T.F., Potapov A.N. [i dr.]. Issledovanie processa jekstragirovanija dikorastushhih jagod Sibiri s ispol'zovaniem biokataliticheskikh metodov // Tehnika i tehnologija pishhevyyh proizvodstv. – 2012. – № 4. – S. 1–4.
 7. Nikkhah Elham, Khaiamy Masoud, Heidary Reza, Sorayaie Azar Ali Sorayaie. The effect of ascorbic acid and H₂O₂ treatment on the stability of anthocyanin pigments in berries // Turk. J. Biol. – 2010. – Vol. 34. – P. 47–53.
 8. GOST R 51433-99. Soki fruktovye i ovoshhnye. Metod opredelenija sodержanija rastvorimyyh suhih veshhestv refraktometrom. Vved. 2001-01-01. – M.: Standartinform, 2010. – 8 s.
 9. Pisarev D.I., Novikov O.O., Pisareva N.A. [i dr.]. Izuchenie sostava antocianov irgi ol'holistoj – *Amelanchier alnifolia* Nutt s ispol'zovaniem matrichno-aktivirovannoj lazernoj desorbcionnoj ionizacii (maldi) // Nauchnye vedomosti. – 2011. – № 22. – S. 167–172.