

ГУЛИЕВ Ш.Р., канд. техн. наук
генеральный директор ЗАО «Одессавинпром»

РАЗРАБОТКА ПАРАМЕТРОВ ИНАКТИВАЦИИ МИКРООРГАНИЗМОВ В ВИНМАТЕРИАЛАХ, ОБРАБАТЫВАЕМЫХ МИКРОВОЛНОВОЙ ЭНЕРГИЕЙ

Обоснованы актуальность и возможность решения проблемы гарантированной инактивации микрофлоры виноматериалов при сохранении полезных компонентов. Предложены способ и средства, обеспечивающие решение проблемы в щадящем температурном режиме, на основе новой технологии микроволновой энергии, равномерной по объему обработки гетерогенной среды за счет реализации принципа избирательности действия поля в среде с отличающимися электрофизическими параметрами ее компонентов.

Keywords: inaktivaciya of microflora, useful komponenty of vinomaterialov, technology of microwave treatment, sparing a temperature condition, electrophysics parameters of environment.

Actuality and possibility of decision of problem of assured inaktivacii of microflora of vinomaterialov is grounded at the maintainance of useful components. A method and facilities, providing the decision of problem in a sparing temperature condition, is offered, on the basis of new technology of microwave energy, even on volume treatment of heterogeneous environment due to realization of principle of electorallness of action of the field in an environment with the different electrophysics parameters of its components.

Ключевые слова: инактивация микрофлоры, полезные компоненты виноматериалов, технология микроволновой обработки, щадящий температурный режим, электрофизические параметры среды.

Теоретические предпосылки для исследований в направлении разработки технологии инактивации микрофлоры и повышения качества вина заложили известные ученые: Валушко Г.Г., Бурьян Н.И., Зинченко В.И., Загоруйко В.А., Кишковская С.А. и другие [1]. Их работы посвящены технологическим проблемам виноделия, разработке материалов и оборудования для инактивации микрофлоры, обеспечивающих биологическую стабильность продукции.

В условиях рыночной конкуренции требования к качеству вина, к его микробиальной стабильности постоянно возрастают. Способы современного промышленного возделывания и переработки винограда приводят к высокой обсемененности виноматериалов микроорганизмами.

Для повышения продолжительности биологической стойкости продукции (до 12 и более месяцев) в настоящее время продукцию подвергают тепловой обработке в непрерывном потоке при температуре (65–70) °С.

Однако, традиционный нагрев виноматериалов до указанной температуры сопровождается изменением их химического состава, происходит разрушение их термолabileных компонентов, потемнение окраски, ухудшение букета и вкуса, появляются тона уваренности, обусловленные продуктами реакции меланоидинообразования. Интенсивность изменений зависит от экстрактивности виноматериалов, от температуры и продолжительности ее воздействия.

Указанное значительное нагревание продукта ускоряет коагуляцию белков и других коллоидов.

Следовательно, проблема достижения требуемого эффекта инактивации микроорганизмов при сохранении качества виноматериалов является наиболее актуальной в современной биотехнологии [2, 3, 4, 5].

Известный способ инактивации микроорганизмов виноматериалов с помощью микроволновой обработки имеет известные преимущества перед другими способами обработки. Прямое объемное тепловое воздействие электромагнитного поля, высокая интенсивность, гибкая управляемость процесса, независимость от дефицитных источников энергии – все это способствует широкому применению способа, несмотря на известные недостатки традиционной технологии микроволновой обработки и соответствующего ей оборудования.

К недостаткам известной технологии микроволновой обработки пастеризуемых сред относятся: локальная неравномерность электромагнитного поля в рабочей камере; внешнее излучение из камеры; невысокая энергетическая эффективность технологического процесса, применяемого традиционно.

Все это, особенно неравномерность электромагнитного поля в объеме нагреваемой продукции, ограничивает спрос в настоящее время на применение указанной технологии, не способствуют решению проблемы гарантированной инактивации микроорганизмов при сохранении полезных компонентов виноматериалов. Из-за минимумов и максимумов поля, которые чередуются в традиционной рабочей камере через половину длины волны (7–8 см), трудно избавиться от локальных недогревов среды и, следовательно, гарантировать инактивацию микроорганизмов. Решить эту задачу можно выравниванием температуры в среде за счет теплопередачи, путем нагрева ее до традиционных 70 °С, установленных Луи Пастером в 19 веке. При такой температуре, как выше отмечено, желаемое сохранение полезных термолabileных компонентов виноматериалов практически невозможно [6, 7].

Целью исследования является анализ особенностей технологии и оборудования для эффективной микроволновой инактивации микроорганизмов виноматериалов при более низкой температуре, а также с более низкими по сравнению с традиционными затратами энергии.

При этом необходимо:

- определить основные факторы эффективного микроволнового воздействия в условиях однородного по объему электромагнитного поля;
- построить модель оборудования с равномерным по объему электромагнитным полем в камере нового типа;

– определить параметры технологических режимов обработки виноматериалов при циклическом воздействии и в потоке.

Теоретические исследования факторов эффективного действия электромагнитного поля на микроорганизмы в обрабатываемой среде, а также анализ известных публикаций показали определенную противоречивость сведений и авторских мнений, касающихся действия поля на составляющие обрабатываемой продукции [2, 3, 4, 5, 6].

Поэтому нами проведены теоретические расчеты электромагнитных параметров элементов клетки микроорганизмов и обрабатываемой среды, поскольку именно *электрофизические параметры* любых диэлектрических сред однозначно определяют результаты воздействия на них поля, в частности, определяют уровень их нагрева за время экспозиции. Однако, это утверждение, встречающееся у многих авторов, нуждается в поправке принципиального характера: оно справедливо лишь при воздействии электромагнитного *поля, равномерно распределенного* в обрабатываемой среде, т. е. *в условиях отсутствия «стоячей волны»* в рабочей камере.

При количественной оценке избирательности воздействия равномерного по объему поля необходимо учитывать, что удельная или объемная плотность мощности P_k электромагнитного поля, которое преобразуется в материале клеток микроорганизмов в тепло, а также удельная плотность мощности, P_c , диссипируемая в обрабатываемой среде, в произвольной точке объема виноматериала в нерезонансной камере, т.е. в камере, в объеме которой отсутствует «стоячая волна», соответственно, равны

$$P_k = \sigma_k \cdot E_k^2 \quad (1)$$

$$P_c = \sigma_c \cdot E_c^2 \quad (2)$$

где σ – удельная электропроводность виноматериала, Сименс/м;

E – электрическая напряженность электромагнитного поля, В/м.

Уравнения термоэлектродинамического баланса для компонентов обрабатываемой смеси имеют вид

$$\sigma_k \cdot E_k^2 = c_k \cdot \rho_k \cdot \frac{\Delta \theta_k}{\Delta t};$$

$$\sigma_c \cdot E_c^2 = c_c \cdot \rho_c \cdot \frac{\Delta \theta_c}{\Delta t} \quad (3)$$

где c – удельная теплоемкость каждого из компонентов среды, Дж/кг·К;

ρ – массовая плотность каждого из компонентов этой среды, кг/м³;

$\Delta \theta_k$ ($\Delta \theta_c$) – температура дополнительного нагрева материала клеток микроорганизмов обрабатываемой среды за счет электромагнитных колебаний, К;

Δt – продолжительность импульса электромагнитного поля, с.

На основании равенства электрических индукций поля в соседних компонентах обрабатываемой среды, согласно законам теории поля, всегда справедливо равенство

$$\epsilon_k \cdot E_k = \epsilon_c \cdot E_c \quad (4)$$

где ϵ – параметр (диэлектрическая проницаемость), характеризующий степень поляризуемости компонента среды под действием электромагнитного поля.

Из уравнений (3) и (4) находим показатель F_o , который представляет собой отношение ожидаемого повышения температуры материала клеток микроорганизмов к повышению температуры виноматериалов, при условии отсутствия теплообмена между составляющими компонентами обрабатываемой смеси, например, в течение короткоимпульсного электромагнитного воздействия. Это отношение температур имеет вид

$$F_o = \frac{\Delta \theta_k}{\Delta \theta_c} = \frac{\sigma_k / (c_k \cdot \rho_k \cdot \epsilon_k^2)}{\sigma_c / (c_c \cdot \rho_c \cdot \epsilon_c^2)}, \quad (5)$$

где F_o – параметр избирательного нагрева, характеризующий уровень повышения эффективности микроволновой пастеризации.

Из (1), (2) и (4) следует, что отношение *объемных плотностей мощности* СВЧ-поля, которое превращается в тепло в клетках микроорганизмов (кл) и в обрабатываемом виноматериале (ср), при произвольной интенсивности поля зависит лишь от уровней их удельных электропроводностей и их диэлектрических проницаемостей. Оценка уровня этого отношения равняется

$$P_{кл}/P_{ср} = (\sigma_{кл}/\sigma_{ср}) \cdot (\epsilon_{ср})^2 / (\epsilon_{кл})^2 = 2,5. \quad (6)$$

Оценка уровня отношения *приращения* $\Delta \theta_{кл}$ температуры, которое может быть создано в материале клеток микроорганизмов, к *приращению* $\Delta \theta_{ср}$ температуры в обрабатываемом виноматериале, согласно (3) с учетом (6) имеет вид

$$\frac{\Delta \theta_{кл}/\Delta \theta_{ср}}{=} = [(\sigma_{кл}/\sigma_{ср}) \cdot (\epsilon_{ср})^2 / (\epsilon_{кл})^2] \cdot [C_{ср}\rho_{ср} / C_{кл}\rho_{кл}] = 2,3 \quad (7)$$

Еще раз отметим, что такие соотношения справедливы лишь при условии создания в рабочей камере равномерного по объему электромагнитного поля.

В камере с равномерно распределенным полем неизбежно действуют следующие основные факторы эффективного бактерицидного микроволнового воздействия поля на компоненты обрабатываемой среды:

– практически мгновенное проникновение

электромагнитной волны вглубь обрабатываемой продукции во всем ее объеме;

- свободное проникновение поля через полимерную (радиопрозрачную для микроволновой волны) мембрану клеток микрофлоры;

- более интенсивный нагрев цитоплазмы клетки, чем среды виноматериала из-за значительных (в несколько раз) отличий в их уровнях удельной электропроводности;

- низкая теплопроводность мембраны, препятствующая свободному теплообмену между более нагретой цитоплазмой и менее нагретой средой, которая обрабатывается, следовательно, нарастающая за время экспозиции разница температур цитоплазмы клеток и обрабатываемой среды;

- одновременное воздействие энергии поля на все без исключения микроорганизмы в обрабатываемой среде в условиях поля, равномерно распределенного в объеме среды.

Учитывая необходимость подтверждения разрушающего воздействия поля на компоненты обрабатываемых виноматериалов, т. е. необходимость подтверждения возможности лишь теплового действия поля на среду, для сопоставления уровней теплового и осцилляторного (т.е. разрушающего внутримолекулярные связи) действий поля, нами рассчитаны энергии кванта волн разного диапазона и энергии связи молекул обрабатываемой среды. Результаты расчетов представлены на рис. 1.

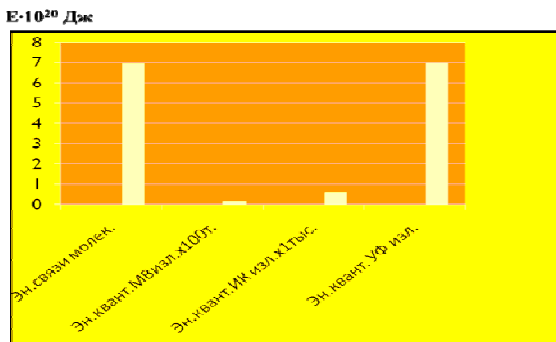


Рис. 1. Сравнительные оценки энергии связи молекул обрабатываемой среды и энергии квантов полей разных диапазонов электромагнитных волн

При этом установлено, что:

1) энергия кванта микроволнового излучения, которая равняется отношению постоянной Планка к длине волны, равной 12,2 см, в 43 тысячи раз меньше, чем энергия связи наименее термостойких молекул среды виноматериала, т.е. при этом возможно лишь тепловое воздействие поля, т.е. разрушение молекул обрабатываемой среды или появление новых соединений при обработке виноматериалов невозможно;

2) энергия кванта излучения волн инфракрасного диапазона в 1400 раз меньше, чем энергия связи наименее термостойких молекул среды виноматериала, т.е. при этом возможно также лишь

тепловое воздействие поля, т.е. разрушение молекул обрабатываемой среды или появление новых соединений при обработке виноматериалов также невозможно;

3) энергия кванта ультрафиолетового излучения (в бактерицидной части этого диапазона волн) – соизмерима с энергией связи молекул среды, т.е. при этом возможно разрушение молекул обрабатываемой среды, поэтому использование этого излучения в данной технологии недопустимо.

Эти факторы послужили основанием для создания оборудования микроволнового диапазона волн (с разрешенной для промышленности длиной волны, равной 12,2 см), а именно, лабораторного варианта установки периодического действия и опытно-промышленного варианта установки для обработки в потоке. В этом оборудовании реализуется равномерное по объему воздействие электромагнитного поля. Модель такого нового микроволнового оборудования представлена на рис. 2 [7, 8, 9].

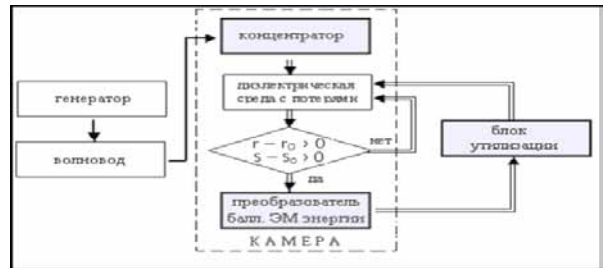


Рис. 2. Модель новой, нерезонансной, системы микроволновой обработки материалов, применяемой для инактивации микрофлоры в режиме равномерного по объему воздействия электромагнитного поля

В процессе исследований были реализованы следующие новые функции микроволнового оборудования для инактивации микроорганизмов:

- концентрация энергии в объеме обрабатываемой среды;
- преобразование электромагнитной балластной энергии в тепловую;
- утилизация балластной тепловой энергии;
- внешняя электромагнитная безопасность и энергетическая эффективность.

Общий вид модернизированной установки периодического действия, представлен на рис. 3.

К.п.д. такой камеры превышает к.п.д. подобной камеры до модернизации на 15-30 %.

Параметры технологического режима обработки виноматериалов в режиме периодического действия определяются на основе алгоритма для циклических процессов нагрева продукта в таре.

Алгоритм выбора параметров технологического режима микроволновой циклической обработки виноматериалов от алгоритма, применяемого традиционно, практически не отличается [6, 7]. В процессе экспериментов установлено, что при максимальной температуре режима, равной 43 °С и

приемлемых других параметрах технологического режима, требование заданного превышения фактической эффективности инактивации микрофлоры над нормативной всегда устойчиво выполняется и превышение имеет необходимый и достаточный запас.

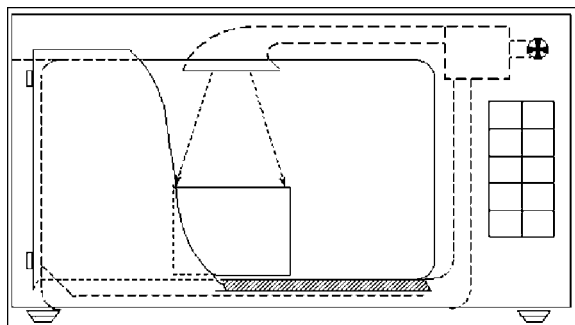


Рис.3. Модернизированная камера периодического действия для инактивации микрофлоры виноматериалов в электромагнитном поле, равномерном по объему

Плотность потока мощности внешних излучений из такой камеры в десятки раз ниже уровня, который установлен санитарными нормами. Это показано на рис. 4 [9].

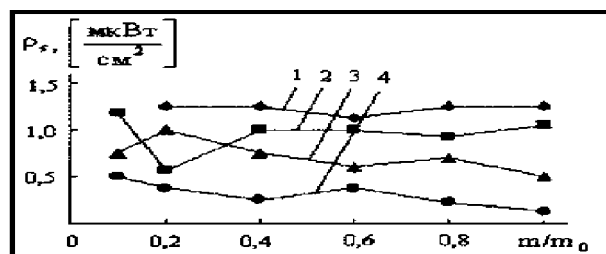


Рис. 4. Уровни плотностей потока мощности излучения из модернизированных типовых камер различных производителей: 1 – KOR-6105 (Корея); 2 – Днепр-1 (Украина); 3 – SMC E70-TFA (Япония); 4 – Delonghi (Италия)

Микроволновая установка с равномерным полем в рабочей камере для обработки виноматериалов в потоке, разработанная на предприятии «Одессавинпром», представлена на фотографии [8].

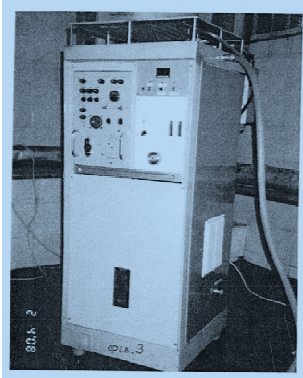


Фото. Микроволновая установка для обработки виноматериалов в потоке

В ходе ее экспериментальных исследований и в процессе государственных испытаний, получены результаты инактивации микрофлоры виноматериалов, представленные на рисунках 5 и 6.

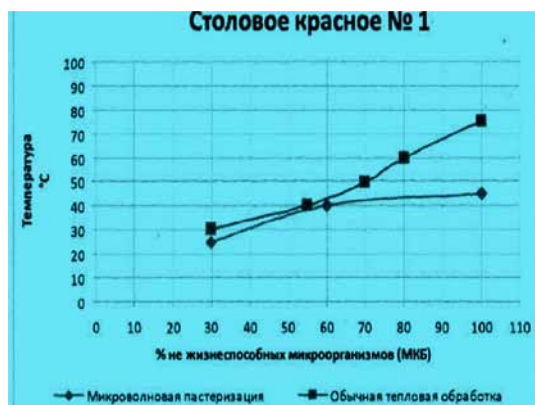


Рис. 5. Сравнительные зависимости количества нежизнеспособных микроорганизмов (МКБ) от температуры и способа обработки: верхняя кривая – обработка тепловая; нижняя – МВ-обработка

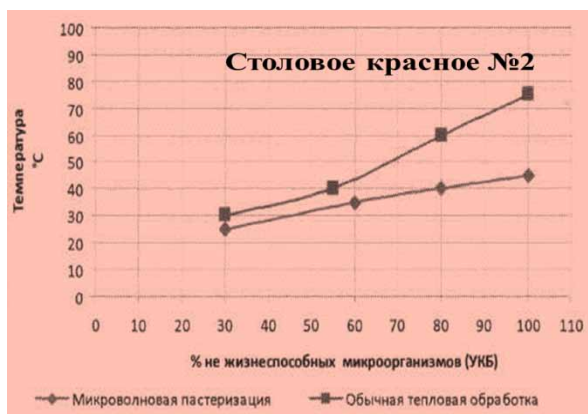


Рис. 6. Сравнительные зависимости количества нежизнеспособных микроорганизмов (УКБ) от температуры и способа обработки: верхняя кривая – обработка тепловая; нижняя – МВ-обработка

Выводы

1. Установлено, что применение новой микроволновой технологии с равномерным по объему электромагнитным воздействием на микроорганизмы виноматериалов в потоке, позволяет обеспечить их гарантированную инактивацию при температуре обработки, которая ниже традиционной на (25–30) °C.

2. Разработка, изготовление необходимого оборудования и внедрение предлагаемой перспективной технологии трудностей не содержит, поскольку при этом не требуется сложной заводской оснастки, дефицитных комплектующих и дефицитных исходных материалов для изготовления оборудования.

3. Широкое внедрение новой технологии на нашем предприятии сдерживают ограниченные финансовые возможности, которые особенно ос-

ложнили ситуацію в умовах економічного кризи і удорожання теплоносітелей.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бурьян, Н.И. Микробиология виноделия [Текст] / Н.И. Бурьян, Д.В. Тюрина – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 271 с.
2. Действие ионизирующих излучений и полей сверхвысоких частот на биологические объекты: Сб. статей. – Саратов: Изд. Саратовского университета, 1971. – 73 с.
3. Игнатов, В.В. Влияние электромагнитных полей сверхвысококачастотного диапазона на бактериальную клетку [Текст] / В.В. Игнатов, В.И. Панасенко, А.П. Пиденко, Ю.П. Радин, Б.А. Шендеров – Саратов: СГУ, 1978. – 80 с.
4. Конев, С.В. Проницаемость и теплоустойчивость цитоплазматических мембран дрожжевых клеток [Текст] / С.В. Конев, А.Н. Руденко // Биофизика мембран. – Каунас: – 1973. – С. 340–343.
5. Рогов, И.А. Нетрадиционные технологии [Текст] / И.А. Рогов // Пищевая промышленность. – 1993 – № 1. – С. 12.
6. Клоков, Ю.В. О глубине проникновения ЭМП СВЧ в диэлектрические среды [Текст] / Ю.В. Клоков, А.М. Остапенков // Электронная обработка материалов. – 1988. – № 5. – С. 65 – 68.
7. Демьянчук, Б.А. Принципы и применения микроволнового нагрева [Текст] / Б.А. Демьянчук. – Одесса: «Черноморье», 2004. – 520 с.
8. Пат. №91625. Україна. Пристрій мікрохвильової стабілізації виноматеріалів [Текст] / Ш.Р. Гулиев, Б.А. Демьянчук, В.А. Загоруйко, О.П. Шапля / № а 2008 14965; Заявл. 25.12.08; опубл. 10.08.10, Бюл. № 15.
9. Демьянчук, Б.А. Микроволновый нагрев. Новая технология. Теория и практика [Текст] / Б.А. Демьянчук // Saarbrücken: LAMBERT Academic Publishing. – 2011. – 160 с.

Отримано редакцією .08.2013 р.

УДК: 663.31.022.3:635.7

ОСИПОВА Л.А., д-р. техн. наук, профессор

Одесская национальная академия пищевых технологий

ВЛИЯНИЕ ПРЯНО-АРОМАТИЧЕСКОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ НА СОСТАВ И СВОЙСТВА ЯБЛОЧНЫХ ВИН

Приведены результаты исследований показателей качества ароматизированных яблочных вин, приготовленных по инновационной технологии, заключающейся в совместном выжаривании яблочного сока с пряно-ароматическим растительным сырьем. Установлено, что исследуемые образцы ароматизированных яблочных вин характеризуются более высокой концентрацией фенольных соединений, минеральных и летучих ароматических веществ, обуславливающих повышение биологической ценности и улучшение органолептических показателей.

Ключевые слова: пряно-ароматическое растительное сырье, фенольные соединения, минеральные и летучие ароматические вещества, ароматизированные яблочные вина.

The results of researches of indexes of quality of the aromatized apple Wines, prepared on innovative technology, to consisting in joint fermentation of apple juice with a spicily-aromatic digester are resulted. It is set that the probed standards of aromatized-rovannykh of apple Wines are characterized more high concentration of phenolic compounds, mineral and volatile aromatic materials, stipulating the increase of biological value and improvement of organoleptic indexes

Keywords: spicily-aromatic digester, phenolic compounds, mineral and volatile aromatic materials, aromatized apple wines.

Украина располагает значительными насаждениями яблочных садов, как культурных, так и дикорастущих. Ежегодный валовой сбор яблок составляет более 1 миллиона тонн. От общего объема урожая менее 1 % яблок перерабатывают на винодельческую продукцию. Это связано с застоём в винодельческой промышленности, начавшимся во второй половине восьмидесятых годов XX столетия, вызванным борьбой с пьянством и алкоголизмом неэффективными методами, запретом выпуска плодовых вин, с гонением на них, попытками исключить их из категории вин, ограниченным ассортиментом высококачественной продукции. В настоящее время ситуация меняется, отмечается значительный рост потребительского спроса на плодовые вина, которые поставляются в Украину из Японии, Китая, Молдовы и других стран. Среди ассортимента перечисленных вин нет категории ароматизированных, приготовленных на пряно-ароматическом растительном сырье (ПАРС), явля-

ющемся богатым природным источником функциональных ингредиентов биогенной природы, оптимально сбалансированных по составу, не токсичных, физиологически близких организму человека. Разработка технологии оригинальных, высококачественных яблочных вин, приготовленных по специальной технологии, с использованием пряно-ароматического растительного сырья отечественной флоры позволит расширить возможность переработки яблок, удовлетворить возрастающий спрос на продукцию с высокими потребительскими свойствами, создать напитки, обладающие высокой физиологической ценностью [1-2].

Для исследований использовали сок из яблок помологического технического сорта Джонатан.

При выборе ПАРС руководствовались соответствию его следующим требованиям:

- доступность для заготовок (широкий ареал распространения или легкость введения в культуру);
- отсутствие токсичности (наличие разрешения для использования в пищевой промышленности);
- оригинальные органолептические особенности;
- наличие биологически активных веществ.

Оценку регламентируемых и других показателей качества яблочного сока и вин проводили стандартными методами [3]. Концентрацию фенольных соединений определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на хроматографе Agilent Technologies (модель 1100). Для проведения анализа была использована хроматографическая колонка размером 2,1 × 150 мм, заполненная октадецилсилильным сорбентом, зернистостью 3,5 мкм, «ZORBAX» SB-C18. Параметры детектирования установлены следующие: длина волны 313 нм (для фенолоксилов и их производных), 350 нм (для гликозидов флавонов), 371 нм (для флавонов), для флуоресцентного детектора – экстинкция 280 нм, эмиссия 320 нм – для катехи-