

УДК 663.32 : 634.11

UDC 663.32 : 634.11

DOI 10.30679/2219-5335-2024-2-86-204-218

DOI 10.30679/2219-5335-2024-2-86-204-218

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА
ОСВЕТЛЕНИЯ ЯБЛОЧНОГО СУСЛА
С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ
ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ***

**STUDYING OF CLARIFICATION
PROCESS OF APPLE MUST
USING VARIOUS
TECHNOLOGICAL MEANS ***

Агеева Наталья Михайловна
д-р техн. наук, профессор
главный научный сотрудник
НЦ «Виноделие»
e-mail: ageyeva@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9165-6763>

Ageyeva Natalia Mikhailovna
Dr. Sci. Tech., Professor
Chief Research Associate
of SC «Wine-making»
e-mail: ageyeva@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9165-6763>

Ширшова Анастасия Александровна
канд. техн. наук
старший научный сотрудник
НЦ «Виноделие»
e-mail: anastasiya_1987@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1428-5935>

Shirshova Anastasia Aleksandrovna
Cand. Tech. Sci.
Senior Research Associate
of SC «Wine-making»
e-mail: anastasiya_1987@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1428-5935>

Ульяновская Елена Владимировна
д-р с.-х. наук
заведующая лабораторией сортоизучения
и селекции садовых культур
e-mail: ulyanovskaya_e@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3987-7363>

Ulyanovskaya Elena Vladimirovna
Dr. Sci. Agr.
Head of Laboratory of Variety study
and Breeding of Garden crops
e-mail: ulyanovskaya_e@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3987-7363>

Храпов Антон Александрович
младший научный сотрудник
селекционно-биотехнологической
лаборатории
e-mail: hrpov-anton@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6436-1970>

Khrapov Anton Aleksandrovich
Junior Research Associate
of Selection and Biotechnological
Laboratory
e-mail: hrpov-anton@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6436-1970>

Чернуцкая Евгения Анатольевна
аспирант
младший научный сотрудник
лаборатории сортоизучения
и селекции садовых культур
e-mail: ev.belenko95@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5140-9891>

Chernutskaya Evgenia Anatolyevna
Postgraduate
Junior Research Associate
of Laboratory of Variety study
and Breeding of Garden crops
e-mail: ev.belenko95@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5140-9891>

* Исследование проводилось при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научного проекта № МФИ-20.1/100.

* The research was carried out with the financial support of the Kuban science Foundation in the framework of the scientific project № MFI-20.1/100.

*Федеральное государственное
бюджетное научное учреждение
«Северо-Кавказский федеральный
научный центр садоводства,
виноградарства, виноделия»,
Краснодар, Россия*

*Federal State Budget
Scientific Institution
«North Caucasian Federal
Scientific Center of Horticulture,
Viticulture, Wine-making»,
Krasnodar, Russia*

Исследовано качество осветления яблочного сусла из различных сортов яблони отечественной и зарубежной селекции, различных сроков созревания, произрастающих в ЦКП «Исследовательско-селекционная коллекция генетических ресурсов садовых культур», расположенном в АО ОПХ «Центральное», г. Краснодар. Отбор проб яблок проводили в оптимальной зрелости с разных сторон кроны дерева по отношению к сторонам света. Переработку яблок осуществляли с помощью дробилки-измельчителя с последующим прессованием мезги на гидравлическом прессе. В экспериментах применяли ферментные препараты SQzyme PCL, Grainzyme NL и Фруктозим Р. Осветление яблочного сусла проводили с использованием бентонита (БЕНТОВИН), растительного (гороховый) и животного (желатин) белка. В результате исследований установлено, что самоосветление сусла без применения ферментных препаратов протекало медленно; лишь в отдельных вариантах (Экзотика, Орфей, Либерти, Ренет Платона) наблюдали осветление с образованием объемных рыхлых и подвижных осадков. Внесение ферментных препаратов, особенно SQzyme PCL, способствовало увеличению выхода сусла на 12-17 % относительно контроля. Наиболее «отзывчивым» на применение ферментных препаратов было яблочное сусло из сортов Джин, Экзотика, Орфей, Марго, Прикубанское, Багрянец Кубани, Либерти, Ренет Платона, форм 12/1-20-16 и 12/1-20-33. При внесении ферментных препаратов в мезгу скорость осаждения твердых частиц и извлечения сусла возрастала, в последующие 3-4 часа наблюдали постепенное его осветление. Наибольшее увеличение выхода сусла отмечалось при переработке таких

The quality of clarification of apple must from various varieties of apples of domestic and foreign breeding, different ripening periods, growing at the Research and Breeding Collection of Genetic Resources of Horticultural Crops, located in the Central Joint Stock Company, Krasnodar, was studied. Sampling of apples was carried out at optimal ripeness from different sides of the tree crown in relation to the cardinal directions. Apple processing was carried out using a crusher-grinder, followed by pressing the pulp on a hydraulic press. The enzyme preparations SQzyme PCL, Grainzyme NL and Fructozyme R were used in the experiments. Apple must was clarified using bentonite (BENTOVIN), plant (pea) and animal (gelatin) protein. As a result of the studies, it was established that self-clarification of the must without the use of enzyme preparations was slow. Slow self-clarification with the formation of voluminous loose and mobile sediments was observed only in certain variants (Ekzotika, Orfey, Liberti, Renet Platona). The addition of enzyme preparations, especially SQzyme PCL, contributed to an increase in must yield by 12-17 % relative to the control. The most “responsive” to the use of enzyme preparations were apples of the varieties Dzhin, Ekzotika, Orfey, Margo, Prikubanskoe, Bagryanets Kubani, Liberti, Renet Platona, forms 12/1-20-16 and 12/1-20-33. With the addition of enzyme preparations in the pulp, the rate of must extraction increased. Gradual clarification was noted in the next 3-4 hours. The greatest increase in must yield was noted during the processing of apple varieties such as Enterprise, Margo, Ketni,

сортов яблок, как Интерпрайс, Марго, Кетни, Ренет Platona – на 12-17 % в сравнении с контролем (без применения ферментных препаратов). Применение только одного сорбента – бентонита, животного или растительного белка – не приводило к качественному осветлению сусла при заданных дозировках. В то же время комплексная обработка позволила значительно повысить эффективность осветления и снизить мутность сусла. Наиболее качественное осветление сусла независимо от сорта яблок получено при комплексной обработке мякоти ферментными препаратами с последующим дозированием белков и бентонита.

Ключевые слова: ЯБЛОЧНОЕ СУСЛО, ОСВЕТЛЕНИЕ, ФЕРМЕНТНЫЕ ПРЕПАРАТЫ, БЕНТОНИТ, БЕЛКОВЫЕ СОРБЕНТЫ

Renet Platona – by 12-17 % compared to the control (without the use of enzyme preparations). The use of only one sorbent – bentonite, animal or vegetable protein – did not lead to high-quality clarification of the must at the given dosages. At the same time, complex processing made it possible to significantly improve the quality of clarification and reduce the turbidity of the must. The highest quality clarification of the must, regardless of the apple variety, was obtained by complex treatment of the pulp with enzyme preparations followed by dosing of proteins and bentonite.

Key words: APPLE MUST, CLARIFICATION, ENZYME PREPARATIONS, BENTONITE, PROTEIN SORBENTS

Введение. Яблочное сусло обычно представляет собой мутную жидкость из-за присутствия нерастворимых в воде растительных остатков (целлюлоза, гемицеллюлоза, протопектин, крахмал и жиры) и коллоидных макромолекул (пектин, белок, растворимые фрагменты крахмала, некоторые полифенолы, их окисленные или конденсированные производные) [1-3]. Размер взвешенных частиц варьирует в широком диапазоне – от 0,2-0,5 мм до 1-1,5 см, то есть яблочное сусло – это полидисперсная коллоидная система. При производстве соков или сидров эти дисперсные вещества необходимо частично или полностью удалять во избежание последующего помутнения сидра и образования осадка сложной природы, а также для обеспечения хороших органолептических характеристик (вкуса, аромата, цвета). В связи с этим важнейшей технологической операцией в технологии сидров является осветление яблочного сусла, как перед его сбраживанием, так и после [4-5]. Существует мнение специалистов, что брожение неосветленного сусла приводит к появлению тонов сероводорода в аромате, грубости во вкусе, образованию большего количества высших спиртов при брожении,

увеличению потерь при отделении сброженного сусла и осадка [6-9]. Однако по данным В.А. Виноградова и др., присутствие в сусле небольшого количества взвесей активирует последующее брожение, при этом взвешенные частицы используются дрожжами в качестве носителя для их иммобилизации [10]. Поэтому по-прежнему нет единого мнения о допустимой остаточной концентрации взвесей в яблочном сусле перед его брожением, более того в технологии сидров ряда стран, в том числе Германии, Франции осветление сусла не является регламентируемой технологической операцией.

Свежеотжатый сок плохо поддается освобождению от суспендированных в нем взвесей. Из-за относительно высокой вязкости сока медленно оседают даже сравнительно крупные по размеру частицы. Не только путем отстаивания или центрифугирования, но даже при применении фильтрации не удастся получить прозрачный продукт. Фильтрация протекает крайне медленно, поры фильтра легко закупориваются, а фильтрат зачастую получается опалесцирующий и даже мутный. Трудность отделения взвешенных частиц и получения прозрачного сусла объясняется тем, что продукт богат частицами коллоидной степени дисперсности. Как известно, коллоидная система может быть образована высокодисперсными частицами или растворами высокомолекулярных веществ. Частицы, образующие высокодисперсные коллоидные системы, нерастворимы. Они образуют поверхность раздела со средой и обладают свободной поверхностной энергией. Эта энергия стремится к уменьшению, что приводит к агрегации частиц и выпадению их в осадок. Поэтому высокодисперсные системы устойчивы только в присутствии стабилизатора, адсорбирующегося на поверхности частиц [11].

Современные технологии осветления яблочного сусла включают применение различных технологических приемов и технологических вспомогательных средств [12]. Это самоосветление (осветление отстаиванием при пониженной температуре) и фильтрация, при которых в сусло не вносят ни-

какие средства; физические методы (флотация, центрифугирование, применение ультразвука, электромагнитных полей); нагревание сусла до определенного диапазона температур с последующим охлаждением; ферментативные методы, основанные на внесении ферментных препаратов различного действия с целью биохимической трансформации высокомолекулярных компонентов яблочного сусла; коллоидно-химические методы, в основу которых положено использование сорбентов – танина, белков (растительных и животных), глинистых минералов (бентонитов); комбинированные способы, включающие применение различных комбинаций вышеуказанных способов [13-18]. При этом эффективность осветления сусла зависит от многочисленных факторов, среди которых важнейшее значение имеют сортовые особенности перерабатываемых яблок [19, 20].

Применение глинистых сорбентов (бентонитов) при осветлении яблочного сусла определяется следующими факторами:

- способностью глинистых минералов нейтрализовать заряд коллоидных частиц среды с образованием гидрофильного коллоида, имеющего заряд минерала (отрицательный);
- способностью частиц бентонита образовывать агрегаты с высокой молекулярной массой, выпадающие в осадок, увлекая за собой взвешенные частицы сусла;
- природной способностью бентонитов к ионообмену;
- наличием у бентонитов высокой удельной поверхности и, благодаря этому, высокой сорбционной способностью.

Применение белковых сорбентов животного и растительного происхождения (положительный заряд частиц), в том числе ферментных препаратов, объясняется их активным взаимодействием с частицами противоположного заряда – полифенолами, полисахаридами, их комплексами. Благодаря таким реакциям происходит образование прочных агрегатов и их седиментация.

Цель работы – исследовать качество осветления яблочного сусла в зависимости от сорта яблок и применяемых технологических вспомогательных материалов.

Объекты и методы исследования. В качестве объектов исследований использованы плоды яблони (далее по тексту яблоки) отечественной и зарубежной селекции, в том числе сорта и формы селекции ФГБНУ СКФНЦСВВ, различных сроков созревания, произрастающие ЦКП «Исследовательско-селекционная коллекция генетических ресурсов садовых культур», расположенная в АО ОПХ «Центральное», г. Краснодар. Пloidность большинства сортов составляет $2n=2x$; для сортов Экзотика и Джин – $2n=3x$. Отбор плодов яблони, типичных по форме, окраске и степени зрелости с 3-5 деревьев каждого сорта, проводили согласно общепринятой методике сортоизучения [21] в оптимальной зрелости с разных сторон кроны дерева по отношению к сторонам света.

Для получения яблочного сусла яблоки каждого сорта по отдельности перерабатывали с помощью дробилки-измельчителя (рис. 1). Сусло отделяли путем прессования мезги с помощью гидравлического пресса (рис. 2). Производитель оборудования – ООО «Ректифай», г. Санкт-Петербург, Россия. Физико-химические показатели яблок приведены в таблице 1.



Рис. 1. Дробилка-измельчитель



Рис. 2. Гидравлический пресс

Таблица 1 – Физико-химические показатели яблочного сусла из плодов яблони различных сортов урожая 2023 г.

Наименование образца	Массовая доля сухих веществ, % ±0,1	Массовая концентрация			Внешний вид сусла
		сахаров, г/дм³	титруемых кислот, г/дм³ ±0,1	фенольных веществ, мг/дм³	
Сорта яблони					
Кетни	20,5	193±2	8,0	1352±34	Очень мутное, пюреобразное
Кармен	12,5	113±1	4,8	526±13	Очень мутное, пюреобразное
Джин	12,0	108±1	2,1	480±12	Мутное, самоосвет- ление отсутствовало
Экзотика	14,8	136±2	2,4	517±13	Мутное, медленное самоосветление
Амулет	11,0	98±1	5,4	447±11	Очень мутное
Персиковое	14,0	128±1	4,8	466±12	Мутное, расслоение
Золотое летнее	13,2	120±1	1,3	450±11	Очень мутное
Орфей	15,0	138±2	4,4	500±13	Медленное самоосветление
Марго	14,0	128±1	3,2	561±14	Мутное, расслоение
Прикубанское	14,0	128±1	4,0	573±14	Мутное, расслоение
Интерпрайс	14,5	133±2	4,4	503±13	Мутное
Багрянец Кубани	15,0	138±2	4,2	500±13	Мутное, расслоение
Либерти	14,5	133±2	4,0	488±12	Медленное самоосветление
Ренет Платона	14,5	133±2	6,4	473±12	Медленное самоосветление
Формы яблони					
12/1-20-4	15,5	141±2	5,7	431±11	Мутное, расслоение
12/1-20-16	12,5	113±1	3,4	480±12	Мутное
12/1-20-33	12,3	111±1	4,2	520±13	Мутное, расслоение

На основании результатов исследований В. Hubert et. al. сочли целесообразным внесение на мезгу диоксида серы в количестве 50 мг/дм³ м. В отдельных экспериментах в мезгу вносили ферментные препараты SQzyme PCL, Grainzyme NL и Фруктоцим Р в дозировках, рекомендованных фирмами-изготовителями. Для осветления сусла применяли растворы растительного (горохового) и животного (желатин) белка, суспензию глинистых минералов (БЕНТОВИН, Россия). Мутность сусла определяли с помощью турбидиметра-мутномера Sigrity (США) и измеряли в % относительно эталона.

Обсуждение результатов. Проведенные исследования подтвердили ранее полученные результаты: как и в предыдущий год исследований [19] спонтанное осветление практически не проходило: лишь в отдельных вариантах (Экзотика, Орфей, Либерти, Ренет Платона) наблюдали медленное самоосветление с образованием объемных рыхлых осадков. В образцах Марго, Прикубанское, Багрянец Кубани, формы 12/1-20-4 и 12/1-20-33 протекало расслоение на опалесцирующую и мутную части, при этом объем мутной части варьировал от 43 (Орфей) до 84 % (Прикубанское). Большая часть образцов сусла независимо от сорта яблок характеризовалась как «мутное» и «очень мутное». При этом корреляции с концентрацией сухих и фенольных веществ не выявлено.

В связи с этим при переработке яблок применяли ферментные препараты, обладающие комплексной активностью (протеолитическая, пектолитическая, целлюлолитическая). В качестве критериев эффективности ферментативного катализа использовали оценку внешнего вида (визуально), выход сусла, качество осветления (табл. 2).

Проведенные исследования (табл. 2) показали, что все контрольные варианты сусла, полученные путем дробления яблок с последующим прессованием мезги (режимы переработки яблок были одинаковыми во всех вариантах), практически не осветлились и оставались мутными в течение суток. Только в ряде вариантов (Персиковое, Джин, Орфей, Кармен, Экзотика, Амулет, Либерти, Багрянец Кубани) отмечалось спонтанное расслоение среды на частично осветленную (до 25 %) и мутную части.

Наиболее «отзывчивыми» на применение ферментных препаратов были яблоки сортов Джин, Экзотика, Орфей, Марго, Прикубанское, Багрянец Кубани, Либерти, Ренет Платона, формы 12/1-20-16 и 12/1-20-33: при добавлении ферментных препаратов в мезгу скорость извлечения сусла возрастала, в последующие 3-4 часа отмечалось постепенное осветление.

Таблица 2 – Оценка эффективности применения ферментных препаратов при переработке яблок урожая 2023 г.

Наименование образца	Наименование ферментного препарата		
	SQzyme PCL	Grainzyme NL	Фруктоцим Р
Сорта яблони			
Кетни	увеличение выхода на 15 %; сусло опалесцирует	увеличение выхода на 8 %; сусло мутное	увеличение выхода на 12 %; сусло опалесцирует
Кармен	увеличение выхода на 8 %; сусло опалесцирует	сусло хорошо осветлилось	увеличение выхода на 8 %; сусло осветлилось
Джин	сусло хорошо осветлилось	сусло хорошо осветлилось	сусло хорошо осветлилось
Экзотика	увеличение выхода на 10 %; сусло хорошо осветлилось	увеличение выхода на 5 %; сусло хорошо осветлилось	увеличение выхода на 8 %; сусло хорошо осветлилось
Амулет	увеличение выхода на 6 %; сусло опалесцирует	увеличение выхода на 5 %; сусло мутное	увеличение выхода на 5%; сусло мутное
Персиковое	увеличение выхода на 8 %; сусло опалесцирует	сусло мутное, наблюдается расслоение	сусло мутное, наблюдается расслоение
Золотое летнее	увеличение выхода на 5 %; медленное осветление	сусло мутное, наблюдается расслоение	сусло мутное, наблюдается расслоение
Орфей	увеличение выхода на 10 %; сусло хорошо осветлилось	сусло хорошо осветлилось	увеличение выхода на 6 %; сусло хорошо осветлилось
Марго	увеличение выхода на 16 %; сусло хорошо осветлилось	увеличение выхода на 10 %; сусло хорошо осветлилось	увеличение выхода на 12 %; сусло хорошо осветлилось
Прикубанское	увеличение выхода на 15 %; сусло хорошо и быстро осветлилось	увеличение выхода на 8 %; сусло хорошо осветлилось	увеличение выхода на 10%; сусло быстро и хорошо осветлилось
Интерпрайс	увеличение выхода на 17 %; сусло хорошо и быстро осветлилось	увеличение выхода на 10 %; сусло медленно осветлилось	увеличение выхода на 14 %; сусло и быстро хорошо осветлилось
Багрянец Кубани	сусло хорошо осветлилось	сусло хорошо осветлилось	сусло хорошо осветлилось
Либерти	сусло хорошо осветлилось	сусло хорошо осветлилось	сусло хорошо осветлилось
Ренет Платона	увеличение выхода на 12 %; сусло хорошо осветлилось	сусло хорошо осветлилось	увеличение выхода на 8 %; сусло хорошо осветлилось
Формы яблони			
12/1-20-4	увеличение выхода на 3-4 %; сусло опалесцирует	увеличение выхода на 5%; сусло мутное	увеличение выхода на 3-4 %; сусло мутное
12/1-20-16	сусло хорошо осветлилось	сусло хорошо осветлилось	сусло хорошо осветлилось
12/1-20-33	самоосветление	самоосветление	самоосветление

Следует отметить, что внесение ферментных препаратов во время дробления яблок привело к качественному самоосветлению сусла (рис. 3) с одновременным увеличением его выхода.

Наибольшее увеличение выхода сусла отмечено при переработке следующих сортов яблок: Интерпрайс, Марго, Кетни, Ренет Платона – на 12-17 % в сравнении с контролем (без применения ферментных препаратов).

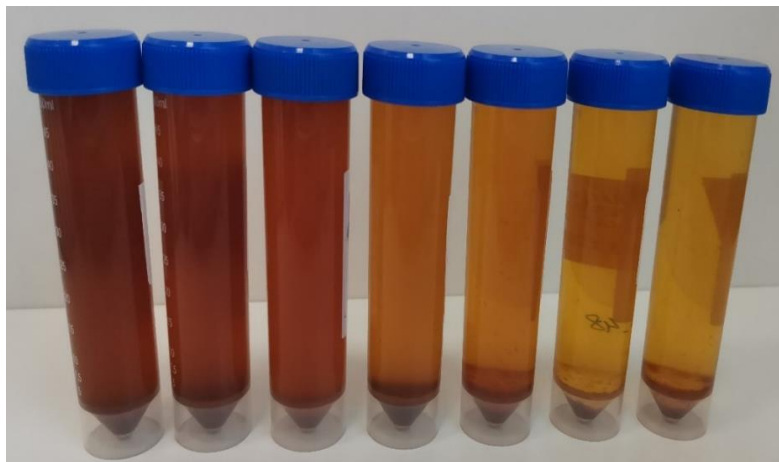


Рис. 3. Внешний вид сусла, полученного с применением ферментного препарата SQzyme PCL:
слева направо – Джин, Экзотика, Орфей, Марго, Прикубанское, Багрянец Кубани, Либерти, Ренет Платона

Сравнивая эффективность применения ферментных препаратов, можно отметить следующую особенность. Grainzyme NL – концентрированная жидкая композиция ксиланазы (активность 35 000 ед.), целлюлазы (активность 5 000 ед.), глюканы (15 000 ед.), манназы (6 000 ед.), галактозидазы (3000 ед.) и других ферментов, предназначенных для гидролиза крахмальных полисахаридов. SQzyme PCL – концентрированная композиция пектиназ (60000 ед.) состоит из полигалактуроназы, пектинлиазы, пектинэстеразы, пектинметилэстеразы. Фруктоцим Р обладает комплексом пектиназных активностей (пектинэстеразы, пектинлиазы, эндо-полигалактуроназы) и широким спектром побочных полезных активностей (до 60000 ед.).

Результаты исследований показали, что наибольшее увеличение выхода яблочного сусла независимо от сорта яблок и наиболее качественное

осветление было при использовании ферментного препарата SQzyme PCL. Очевидно, комплекс активностей ферментного препарата SQzyme PCL осуществляет оптимальное разжижение мезги яблок. Быстрое разрушение пектиновых веществ приводит к заметному уменьшению вязкости мезги, что в свою очередь обуславливает хорошее отделение сусла и его высокий выход.

Для сравнительного анализа эффективности действия различных вспомогательных материалов в качестве объектов исследований выбрано сусло двух сортов яблок – Амулет и Золотое летнее, плохо осветлившееся даже при использовании ферментных препаратов. Для улучшения качества осветления сусло, предварительно контактировавшее с ферментным препаратом Фруктоцим Р, обрабатывали различными сорбентами.

Полученные данные (табл. 3, рис. 4) показали, что применение только одного сорбента – бентонита – или животного или растительного белка – не привело к качественному осветлению сусла при заданных дозировках. В то же время комплексная обработка позволила значительно улучшить качество осветления и снизить мутность сусла.

Таблица 3 – Результаты осветления яблочного сусла различными сорбентами

№ варианта опыта	Наименование сорбента	Амулет		Золотое летнее	
		мутность, %	объем осадка, %	мутность, %	объем осадка, %
1	без сорбента (сусло необработанное)	88,6	-	92,4	-
Сусло обработанное					
2	бентонит, 0,5 г/дм ³	48,4	50,8	54,6	41,5
3	желатин, 50 мг/дм ³	56,2	42,7	60,2	44,4
4	гороховый белок, 0,1 г/дм ³	46,5	52,0	54,0	40,8
5	желатин+бентонит	36,8	22,7	44,3	26,8
6	гороховый белок+бентонит	32,7	19,6	40,8	26,0

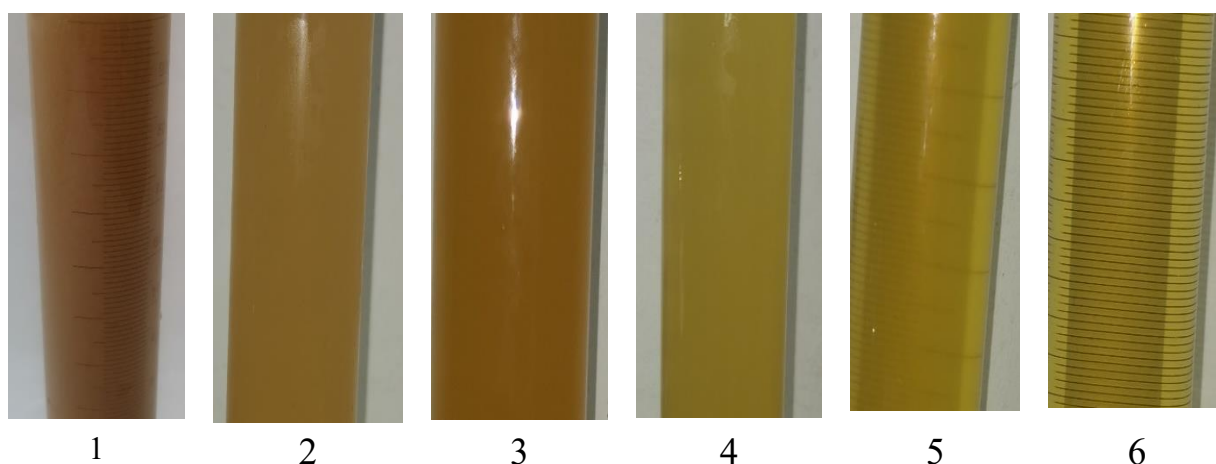


Рис. 4. Изменение внешнего вида сусла из сорта яблок Амулет в зависимости от обработки вспомогательными материалами, где:
1 – исходное необработанное сусло; 2-6 – сусло обработано:
2 – бентонитом; 3 – желатином; 4 – растительным белком;
5 – желатин+бентонит; 6 – растительный белок + бентонит

Следует отметить, что исходное сусло обоих сортов яблок было мутным и практически спонтанно не осветлилось в течение суток. Внесение бентонита приводило к образованию объёмистого, рыхлого, подвижного осадка, но качественного осветления не наблюдалось. Аналогично: добавление раствора желатина и растительного белка также приводило к образованию осадка при слабой осветляющей способности, при этом видимые осадки сформировались лишь через 16-18 часов.

Использование комплексной обработки (белок с последующим внесением бентонита через 4-5 часов) приводило к значительному улучшению качества осветления. При этом следует отметить, что применение растительного (горохового) белка в сочетании с бентонитом обеспечило наилучшее осветление сусла (вариант 6). Использование только одного сорбента – бентонита или белка – также позволило осветлить сусло, но в нем сохранилась видимая опалесценция, а величина мутности имела более высокие значения.

К числу важнейших характеристик эффективности действия сорбентов относится объем образовавшихся осадков и их консистенция. Они зависят как от свойств самого сорбента, так и от наличия взвешенных частиц, высокомолекулярных соединений, определяющих внешний вид сусла и его

консистенцию. Проведенные исследования показали, что объем осадков варьировал в широком диапазоне – от 19,6 до 52,0 % (табл. 3). Осадки, образовавшиеся при применении бентонита или желатина, или растительного белка в отдельности имели рыхлую консистенцию, были подвижны и плохо отделялись от осветленной фракции сусла. Комплексная обработка яблочного сусла бентонитом в сочетании с белками обеспечила качественное осветление при наименьших объемах осадков. При этом осадки были плотными, осветленная часть сусла хорошо отделялась путем седиментации.

Выводы. Показана существенная зависимость выхода яблочного сусла и качества его осветления от сортовых особенностей яблок. Применение ферментных препаратов, особенно SQzyme PCL, обеспечило увеличение выхода яблочного сусла на 12-17 %, снижение объема осадков с 52,0 до 19,6 %. Наиболее качественное осветление сусла независимо от сорта яблок получено при комплексной обработке мезги ферментными препаратами с последующим дозированием белков и бентонита.

Литература

1. Exploring apple pectic polysaccharides: Extraction, characterization, and biological activities - A comprehensive review / N. Keumari, et al. // International Journal of Biological Macromolecules. 2024. Vol. 255. 128011. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2023.128011
2. Interactions of arabinan-rich pectic polysaccharides with polyphenols / P.A.R. Fernandes, et al. // Carbohydrate Polymers. 2020. Vol. 230. 115644. DOI: 10.1016/j.carbpol.2019.115644.
3. . Residue behaviors of six pesticides during apple juice production and storage / Q. Gao, et al. // Food Research International. 2024. Vol. 177. 113894. DOI: 10.1016/j.foodres.2023.113894.
4. Population dynamics of mixed cultures of yeast and lactic acid bacteria in cider conditions / L.R. Dierings, et al. // Brazilian Archives of Biology and Technology. 2013. Vol. 56(5). P. 837-847. DOI: 10.1590/S1516-89132013000500016.
5. Бойко И.Е., Мариненко О.В., Гишева С.А., Сиюхов Х.Р. Обоснование выбора оптимальных рас дрожжей для производства игристого сидра // Новые технологии / New technologies. 2022. № 18(4). С. 26-34. DOI: 10.47370/2072-0920-2022-18-4-26-34.
6. Бурнерия П.И. Методы производства сидра. Технологии для улучшения качества продукта // Индустрия напитков. 2020. № 3. С. 36-45. https://ioc.eu.com/wp-content/uploads/2021/02/CIDER_n03-20_f3.pdf
7. Бурак Л.Ч., Яблонская В.В. Влияние химического состава и микрофлоры сырья на процесс брожения яблочного сока // Международный журнал прикладных наук и технологий Integral. 2021. № 3. 3. DOI: 10.24412/2658-3569-2021-10056

8. Identification of aroma compounds responsible for apple flavor via palatability score prediction in tree-based regression models / T. Shimuzu, et al. // LWT. 2024. Vol. 192. 115737. DOI: 10.1016/j.lwt.2024.115737.

9. Evaluation of hybrid pressure-driven and osmotically-driven membrane process for non-thermal production of apple juice concentrate / Sh. Zhao, et al. // Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2022. Vol. 75. 102895. DOI: 10.1016/j.ifset.2021.102895.

10. Флотационное осветление продуктов переработки винограда и плодово-ягодного сырья / В.А. Виноградов, [и др.] // Вестник «Крымское качество». 2007. Т. 2(10). С. 93-95. EDN: OSBEDJ

11. Зимон А.Д. Коллоидная химия. М.: Лань, 2022. 480 с.

12. Wongmaneepratip W., Tongkhao K., Vangnai K. Effect of clarifying agent type and dose on the reduction of pyrethroid residues in apple juice // Food Control. 2023. Vol. 153. 109909. DOI: 10.1016/j.foodcont.2023.109909.

13. Влияние ферментативного катализа на технологические параметры производства яблочных соков / Л.В. Гнетько, [и др.] // Новые технологии / New technologies. 2021. № 17(4). С. 33-40. DOI: 10.47370/2072-0920-2021-17-4-33-41.

14. Influence of Prefermentary Clarification on the Composition of Apple Musts / B. Hubert, et al. // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2007. Vol. 55(13). P. 5118-5122. DOI: 10.1021/jf0637224.

15. Bedriñana R. P., Madrera R.R., Lobo A.P. Production of New Ciders: Chemical and Sensory Profiles. In: J.M. Mérillon, C. Riviere, G. Lefèvre (eds.) Natural Products in Beverages. 2023. P. 1-43. DOI: 10.1007/978-3-031-04195-2_213-1

16. Kelanne N., Laaksonen O., Seppälä T. Impact of cyclodextrin treatment on composition and sensory properties of lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea*) juice // LWT. 2019. Vol. 113. 108295. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.108295.

17. Chapter 1. Pome Fruit Juices / I. Aguiló-Aguayo, et al. In: I. Aguiló-Aguayo, L. Plaza (eds.) Innovative Technologies in Beverage Processing. 2017. P. 1-25. DOI: 10.1002/9781118929346.ch1.

18. Ladeira Ázar R.I.S., Morales M. da L., Maitan-Alfenas G.P. Apple juice clarification by a purified polygalacturonase from *Calonectria pteridis* // Food and Bioprocess Processing. 2020. Vol. 119. P. 238-245. DOI: 10.1016/j.fbp.2019.11.013.

19. Физико-химические показатели яблок как сырья для производства сидров [Электронный ресурс] / Н.М. Агеева, [и др.] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2023. № 80 (2). С. 211–225. Режим доступа: <http://journalkubansad.ru/pdf/23/02/15.pdf>. DOI: 10.30679/2219-5335-2023-2-80-211-225. (дата обращения: 13.02.2024).

20. Алексанян К.А., Ткачук Л.А. Технология производства фруктово-ягодных натуральных вин / под общ. ред. З.В. Ловкиса. Минск: Беларус. навука, 2012. 246 с.

21. Седов Е.Н. Помология: В 5-ти томах. Т. 1. Яблоня / под общей редакцией академика РАН Е.Н. Седова. М.: РАН, 2020. 634 с.

References

1. Exploring apple pectic polysaccharides: Extraction, characterization, and biological activities - A comprehensive review / N. Keumari, et al. // International Journal of Biological Macromolecules. 2024. Vol. 255. 128011. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2023.128011

2. Interactions of arabinan-rich pectic polysaccharides with polyphenols / P.A.R. Fernandes, et al. // Carbohydrate Polymers. 2020. Vol. 230. 115644. DOI: 10.1016/j.carbpol.2019.115644.

3. Residue behaviors of six pesticides during apple juice production and storage / Q. Gao, et al. // Food Research International. 2024. Vol. 177. 113894. DOI: 10.1016/j.foodres.2023.113894.

4. Population dynamics of mixed cultures of yeast and lactic acid bacteria in cider conditions / L.R. Dierings, et al. // Brazilian Archives of Biology and Technology. 2013. Vol. 56(5). P. 837-847. DOI: 10.1590/S1516-89132013000500016.

5. Bojko I.E., Marinenko O.V., Gisheva S.A., Siyukhov H.R. Rationale for choosing optimal yeast races for the production of sparkling cider // *New technologies*. 2022. Vol. 18(4). P. 26-34. DOI: 10.47370/2072-0920-2022-18-4-26-34 ([in Russian](#))
6. Burneria P.I. Cider production methods. Technologies to improve product quality // *Beverage industry*. 2020. №. 3. P. 36-45. https://ioc.eu.com/wp-content/uploads/2021/02/CIDER_n03-20_f3.pdf7 ([in Russian](#))
7. Burak L.Ch., Yablonskaya V.V. Influence of chemical composition and microflora of raw materials on the process of apple juice fermentation // *International journal of applied sciences and technologies Integral*. 2021. №. 3. 3. DOI: 10.24412/2658-3569-2021-10056. ([in Russian](#))
8. Identification of aroma compounds responsible for apple flavor via palatability score prediction in tree-based regression models / T. Shimuzu, et al. // *LWT*. 2024. Vol. 192. 115737. DOI: 10.1016/j.lwt.2024.115737.
9. Evaluation of hybrid pressure-driven and osmotically-driven membrane process for non-thermal production of apple juice concentrate / Sh. Zhao, et al. // *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2022. Vol. 75. 102895. DOI: 10.1016/j.ifset.2021.102895.
10. Flotation clarification of grape processing products and fruit and berry raw materials / V.A. Vinogradov, et al. // *Bulletin "Crimean quality"*. 2007. Vol. 2(10). 3. 93-95. EDN: OSBEDJ ([in Russian](#))
11. Zimon A.D. Colloidal chemistry. M.: Lan', 2022. 480 p. ([in Russian](#))
12. Wongmaneepratip W., Tongkhao K., Vangnai K. Effect of clarifying agent type and dose on the reduction of pyrethroid residues in apple juice // *Food Control*. 2023. Vol. 153. 109909. DOI: 10.1016/j.foodcont.2023.109909.
13. Gnetko L.V., Nerovnykh L.P., Udychak M.M., Siyukhova B.B., Kobleva M.M. Influence of enzymative catalysis on technological parameters of apple juice production / L.V. Gnetko, et al. // *New Technologies*. 2021. Vol. 17(4). P. 33-41. DOI: 10.47370/2072-0920-2021-17-4-33-41 ([in Russian](#))
14. Influence of Prefermentary Clarification on the Composition of Apple Musts / B. Hubert, et al. // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2007. Vol. 55(13). P. 5118-5122. DOI: 10.1021/jf0637224.
15. Bedriñana R. P., Madrera R.R., Lobo A.P. Production of New Ciders: Chemical and Sensory Profiles. In: J.M. Mérillon, C. Riviere, G. Lefèvre (eds.) *Natural Products in Beverages*. 2023. P. 1-43. DOI: 10.1007/978-3-031-04195-2_213-1
16. Kelanne N., Laaksonen O., Seppälä T. Impact of cyclodextrin treatment on composition and sensory properties of lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea*) juice // *LWT*. 2019. Vol. 113. 108295. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.108295.
17. Chapter 1. Pome Fruit Juices / I. Aguiló-Aguayo, et al. In: I. Aguiló-Aguayo, L. Plaza (eds.) *Innovative Technologies in Beverage Processing*. 2017. P. 1-25. DOI: 10.1002/9781118929346.ch1.
18. Ladeira Ázar R.I.S., Morales M. da L., Maitan-Alfenas G.P. Apple juice clarification by a purified polygalacturonase from *Calonectria pteridis* // *Food and Bioproducts Processing*. 2020. Vol. 119. P. 238-245. DOI: 10.1016/j.fbp.2019.11.013.
19. Physical and chemical indicators of apples as raw materials for the production of ciders [Electronic resource] / N.M. Ageeva, et al. // *Fruit growing and viticulture of South Russia*. 2023. № 80 (2). P. 211-225. Available at: <http://journalkubansad.ru/pdf/23/02/15.pdf>. DOI: 10.30679/2219-5335-2023-2-80-211-225. (accessed date: 13.02.2024) ([in Russian](#))
20. Aleksanyan K.A., Tkachuk L.A. Technology of production of fruit and berry natural wines / Z.V. Lovkis (eds.). Minsk: Belarus. Navuka, 2012. 246 p. ([in Russian](#))
21. Sedov E.N. Pomology: In 5 volumes. T. 1. Yablonya / under the general editorship of Academician of the Russian Academy of Sciences E.N. Sedov. Moscow: RAN, 2020. 634 p. ([in Russian](#))