

## ОПТИМИЗАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СИДРА Optimization of cider production equipment

**А. В. Сомов**, магистрант

**А. К. Асоян**, магистрант

**Н. В. Тихонова**, доктор технических наук, профессор

Уральский государственный аграрный университет

(Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 42)

### Аннотация

В этой обзорной статье рассматриваются современные способы оптимизации оборудования, для повышения эффективности технологических процессов при производстве сидра, с акцентом на области, в которых оптимизация может существенно повлиять на выход продукции, его качество и экономическую эффективность. Такие как: улучшение дробления и измельчения, усовершенствованные методы прессования, оптимизация контроля ферментации, улучшенная фильтрация и осветление, а также эффективный розлив и упаковка, автоматизация очистки оборудования, а также сбор данных оборудования и управление технологическим процессом и др., позволяющие производителям удовлетворять меняющиеся предпочтения потребителей, оптимизировать использование ресурсов и увеличить прибыльность при одновременном снижении воздействий на окружающую среду.

**Ключевые слова:** сидр, технологическая линия, производство сидра, технологическое оборудование.

### Summary

This review article examines current methods of equipment optimization to improve the efficiency of cider production processes, focusing on areas where optimization can significantly impact yield, quality, and cost effectiveness. These include: improved crushing and milling, advanced pressing techniques, optimized fermentation control, improved filtration and clarification, as well as efficient bottling and packaging, automated equipment cleaning, and equipment data collection and process control, among others, enabling producers to meet changing consumer preferences, optimize resource use, and increase profitability while reducing environmental impacts.

**Keywords:** cider, process line, cider production, process equipment.

Сидр – это фруктовый алкогольный напиток, полученный путем ферментации сока с добавлением сахара, воды, и возможно – ароматизаторов [1]. Производство сидра развивается во всем мире из-за растущего спроса. Так-как сидр – популярный напиток, имеющий большой ассортимент, различающийся по органолептическим свойствам, крепости, виду начального сырья, методу производства и др.

Популярность этого вида напитков обусловливается разнообразием сырья, используемого для его производства, так как существует множество сортов яблок и груш. Также, часто, для производства используется именно местное сырье, что положительно сказывается на экономических показателях региона, а также сокращает транспортные расходы [2].

Рост спроса на сидр требует развития его производства – внедрение новых технологий и стратегий оптимизации производственных процессов. Объединяя существующие исследования и отраслевые практики, цель этой работы направлена на предоставление всестороннего

обзора текущего положения в усовершенствовании оборудования для производства сидра, а также выявление перспектив будущих исследований и разработок.

Для достижения поставленной цели был определен ряд задач: найти подходящие источники информации и проанализировать их, рассмотреть современные способы оптимизации оборудования, для повышения эффективности технологических процессов при производстве сидра, с акцентом на области, в которых оптимизация может существенно повлиять на выход продукции, его качество и экономическую эффективность, сделать выводы по способам оптимизации.

Описание обзорного исследования включало методы поиска литературы, критерии включения и исключения источников данных, определение субъектов исследования, сопоставление, обобщение и представление результатов.

Из-за разнообразия используемой терминологии был определен поисковый запрос, включающий следующие ключевые слова: «оборудование для производства сидра», «сидр», «усовершенствование», «модернизация», «производство сидра», «технологическая линия» и др.

Для сосредоточения на самых последних исследованиях, поиск в базе данных был ограничен последними 10 годами (2014–2024), но также при написании обзорной статьи были использованы информативные статьи, опубликованная в 2000 и 2009 годах. Проводился дополнительный ручной поиск публикаций, на которые ссылались авторы наиболее информативных статей за последние 5 лет. В исследование включались обзорные и экспериментальные статьи с описанием методологии, полученных результатов и обсуждения. Исключались публикации, в которых не описывались принципы работы технологического оборудования.

В качестве сервисов для поиска научных статей были использованы базы данных eLIBRARY.RU, Web of Science и Google Scholar.

Субъектами исследования были аннотации и полнотекстовые статьи в журналах открытого доступа. В результате поиска литературы было получено 17200 аннотаций и статей. 70 ссылок были признаны потенциально подходящими. После анализа, 58 статей и аннотаций были исключены, а 12 были включены.

Усовершенствование оборудования для производства сидра требует многостороннего подхода, ориентированного на производственную и экономическую эффективность, поддержание производственной санитарии и контроль качества на каждом этапе.

Существуют такие стратегии оптимизации технологического оборудования, как улучшение дробления и измельчения, усовершенствованные методы прессования, оптимизация контроля ферментации, улучшенная фильтрация и осветление, а также эффективный розлив и упаковка, автоматизация очистки оборудования, а также сбор данных оборудования и управление технологическим процессом и др.

### ***Улучшение дробления и измельчения***

Более старые методы часто включали ручное дробление или простое измельчающее оборудование, что приводило к неравномерному распределению частиц во всем объеме фруктового пюре и потенциальному чрезмерному повреждению фруктов. Это повреждение высвобождает больше пектина и полифенольных соединений, что потенциально влияет на потребительские свойства конечного продукта [3].

Современные молотковые или вальцовые мельницы и измельчители обеспечивают точный контроль над получаемым размером частиц. Регулируемые валки позволяют настраивать оборудование в зависимости от сорта яблок и извлечения необходимого сока. Более мелкие частицы увеличивают площадь поверхности, повышая эффективность получения сока. Точный

выбор типа мельницы в зависимости от характеристик сорта плодов имеет решающее значение. Регулярное техническое обслуживание и калибровка мельницы необходимы для поддержания постоянного размера частиц и предотвращения засоров. Минимизация времени между дроблением и прессованием уменьшает ферментативное потемнение и сохраняет летучие ароматические соединения, что положительно сказывается на потребительских свойствах получаемого сидра [4].

#### ***Усовершенствованные методы прессования***

Традиционные сидровые прессы, часто использующие сочетание гидравлического давления и силы тяжести, могут быть менее эффективными по сравнению с современными, и приводить к неравномерному извлечению сока. Их использование может приводить к снижению выхода сока и повышению уровня твердых частиц и жмыха в соке.

Современные прессы обеспечивают значительно больший выход сока и его прозрачность. Они могут использовать фильтрующую мембрану для отделения сока от жмыха, производя более чистый сок с наименьшим количеством твердых частиц. Пневматические прессы обеспечивают точный контроль давления и времени прессования, что позволяет оптимизировать извлечение сока в зависимости от сортов яблок и желаемых характеристик [3].

На рисунке 1 представлен пресс для прямого отжима сока, производительностью 300 кг/час, обеспечивающий отжим сока с минимальным окислением, оптимальное разделение сока и жмыха, а также предотвращает образование пены.



*Рис. 1. Пресс для прямого отжима сока YAB2402171 [5]*

Выбор подходящего типа прессы зависит от масштабов производства и желаемого качества сока. Тщательный контроль давления и продолжительности прессования имеет решающее значение для баланса выхода сока и его прозрачности.

#### ***Оптимизированный контроль ферментации***

Факторы, влияющие на ферментацию: температура, уровень кислорода, доступность питательных веществ (азот, минералы) и штамм дрожжей – все это существенно влияет на процесс

ферментации и конечные характеристики сидра. Неконтролируемая ферментация может привести к появлению посторонних привкусов, замедлению процесса ферментации и несоответствию качества конечного продукта [6].

Поддержание оптимальной температуры ферментации имеет важное значение на этом этапе производства сидра. Точные системы контроля температуры, часто использующие автоматизированные системы с датчиками и контурами обратной связи, поддерживают постоянную температуру в узком диапазоне на протяжении всего процесса ферментации [7].

Уровень кислорода также нуждается в тщательном контроле. На начальном этапе ферментации требуется определенное количество кислорода для роста дрожжей, его избыток может привести к окислению и появлению посторонних привкусов. Контролируемое добавление кислорода или инертных газов существенно оптимизирует процесс ферментации [8].

Мониторинг и добавление питательных веществ по мере необходимости обеспечивают полную и ферментацию, соответствующую технологическому процессу.

#### ***Улучшенная фильтрация и осветление***

Существует несколько методов фильтрации, включая пластинчатые и рамочные фильтры, фильтры глубиной действия и мембранные фильтры. Мембранная фильтрация, в частности микрофильтрация и ультрафильтрация, особенно эффективна для удаления нежелательных частиц при сохранении ароматических соединений. Центрифугирование — еще один метод разделения твердых частиц от жидкости [9].

Выбор подходящего типа фильтра и размера мембраны зависит от желаемого уровня прозрачности и удаления твердых частиц. Для поддержания высокого уровня эффективности фильтрации необходимо регулярно чистить и менять фильтрующие части.

#### ***Эффективный розлив и упаковка***

Автоматизированные линии розлива повышают эффективность производства и снижают трудозатраты. Эти системы автоматически обрабатывают очистку, наполнение, укупорку и этикетирование. Также важен правильный выбор подходящих упаковочных материалов (стекло, ПЭТ-пластик или алюминий), которые защищают качество сидра и продлевают срок годности. Выбор будет зависеть от вида сидра и рынка его сбыта и экономической составляющей [10].

Инвестиции в современные автоматизированные линии розлива и упаковки значительно повышают эффективность производства и снижают расходы. Тщательный выбор упаковочных материалов обеспечивает качество продукции и поддерживает привлекательность бренда.

#### ***Санитария и гигиена***

Тщательная очистка и санитарная обработка всего оборудования и поверхностей необходимы для предотвращения микробного заражения, которое может испортить сидр и создать посторонние привкусы или проблемы безопасности пищевой продукции. Это включает в себя использование соответствующих моющих и дезинфицирующих средств, а также обеспечение правильной сушки для предотвращения повторного заражения.

На рисунке 2 изображена моечная машина с дробилкой для линии прямого отжима, производительностью 3000 кг/ч. Эта машина позволяет оптимизировать работу, объединяя в себе моечную и дробильную машины, что обеспечивает безостановочную работу производственной линии.



*Рис. 2. Моечная машина с дробилкой YAB2209103 [5]*

Системы очистки автоматизируют процесс, экономя физическую силу работников и повышая эффективность производственного процесса. Они циркулируют чистящие растворы через оборудование, снижая трудозатраты и минимизируя возможные случаи халатности работников [11].

#### ***Сбор данных и управление технологическим процессом***

Датчики непрерывно контролируют критические параметры, такие как температура, давление, pH и содержание кислорода на всех стадиях производственного процесса. Эти данные используются для автоматической регулировки параметров процесса, обеспечивая оптимальные условия ферментации [12].

Автоматизированные системы объединяют датчики, контроллеры и исполнительные механизмы для точного управления процессом ферментации, уменьшая ошибки человека и повышая эффективность.

Собранные данные могут быть проанализированы для выявления тех стадий процесса производства, которые необходимо улучшать, оптимизации параметров и повышения общей эффективности. С помощью этого можно анализировать возможные проблемные участки производственной линии и улучшать качество процесса производства сидра [13].

Работая в этих направлениях, производители сидра могут значительно повысить эффективность своего производства, снизить уровень отходов, улучшить качество продукции и увеличить экономические показатели. Оптимальный подход к совершенствованию линии по производству сидра будет варьироваться в зависимости от конкретного предприятия по производству сидра, его целей и стратегии развития.

В данной обзорной статье рассмотрены современные стратегии и методы, направленные на оптимизацию технологического оборудования, используемого в линиях по производству такого напитка как сидр. Все аспекты, рассмотренные в статье, влияют на потребительские качества конечного продукта, такие как органолептические показатели, цвет напитка, вкус, концентрацию в напитке различных твердых веществ и безопасность для потребителей.

Внедрение в технологический процесс новых методов может позволить производить сидр с наивысшими показателями качества, вкуса, а также с наименьшими затратами на производство и наибольшим выходом объема разнообразной и безопасной продукции. Это может позволить производителям удовлетворять меняющиеся предпочтения потребителей, оптимизировать использование ресурсов и увеличить прибыльность при одновременном снижении воздействий на окружающую среду.

Дальнейшие исследования в данной области можно направить на разработку стандартизированных показателей оценки эффективности и применяемости этих стратегий оптимизации производства для различных видов получаемого сидра и характеристик начального сырья.

### Библиографический список

1. «European Cider and Fruit Wine Association». URL: [https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/fs\\_labelling-nutrition\\_legis\\_alcohol-self-regulatory-proposal\\_cider\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/fs_labelling-nutrition_legis_alcohol-self-regulatory-proposal_cider_en.pdf) (дата обращения: 05.11.2024).
2. *Calugar P. C. et al.* An overview of the factors influencing apple cider sensory and microbial quality from raw materials to emerging processing technologies // *Processes*. 2021. Т. 9, №. 3. С. 502.
3. *Kendall A.* Resource Conservation in Cider Apple Production. – Washington State University, 2022.
4. *Browner S. C.* Mechanization in the Cider Apple Orchard to Reduce Labor Time: дисс. – Washington State University, 2024.
5. Комплектация пищевых производств под ключ. URL: <https://a7groupsite.com/> (дата обращения: 11.11.2024).
6. *Sharma H. P.; Patel H., Sugandha.* Enzymatic added extraction and clarification of fruit juices—A review // *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2017. Vol. 57. P. 1215–1227.
7. *Satora P., Tarko T., Duda-Chodak A., Sroka P., Tuszyński T., Czepielik M.* Influence of pre-fermentative treatments and fermentation on the antioxidant and volatile profiles of apple wines // *J. Agric. Food Chem.* 2009. Vol 57. P. 11209–11217.
8. *Will F., Bauckhage K., Dietrich H.* Apple pomace liquefaction with pectinases and cellulases: analytical data of the corresponding juices // *Eur. Food Res. Technol.* 2000. Vol 211. P. 291-297.
9. *Pinsley K. M.* Optimization of hard cider processing to maximize tannin extraction: Exploring the application of heat and pulsed electric field to apple pomace and mash. 2019.
10. *Tsafirakidou P.* Cider Vinegar Production // *Advances in Vinegar Production*. CRC Press. 2019. С. 233-247.
11. *Gajek M. et al.* Elemental Characterization of Ciders and Other Low-Percentage Alcoholic Beverages Available on the Polish Market // *Molecules*. 2021. Т. 26, №. 8. С. 2186.
12. *Ellen R., Lees M.* Reducing the configuration burden in automation systems-case study in a modern brewery // 2020 25th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA). IEEE, 2020. Т. 1. С. 117-124.
13. *Ivanochko I., Kryvinska N.* Intelligent Solution for Improving Winery Operations: Wine Production Management System // *ProfIT AI*. 2023. С. 71-82.