



КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ И КОМПЛЕКТАЦИЯ ЛИНИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ БЕЗАЛКОГОЛЬНОГО НАПИТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Людмила В. Гнетько, Майя М. Удычак,
Белла Б. Сиюхова, Сима А. Гишева

*ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»,
ул. Первомайская, д. 191, г. Майкоп, 385000, Российская Федерация*

Аннотация. Основной тенденцией в производстве безалкогольных напитков является выпуск продукции функционального назначения с использованием местных сырьевых ресурсов с высоким содержанием биологически активных веществ. В связи с этим представляет интерес создание технологической линии, обеспечивающей не только качество готового продукта, но и сохранность функциональных свойств исходного сырья. Представлена компьютерная модель линии по производству безалкогольного напитка функционального назначения, разработанная с помощью программной среды MasterSCADA 4D – продукта ведущей отечественной компании. Модель эмулирует весь производственный процесс, включая этап розлива готового продукта. При условии установки и настройки связи с промышленным контроллером, датчиками и исполнительными механизмами возможно управление реальной производственной линией. Подобран комплекс технологического оборудования для каждого этапа производства от переработки сырья до упаковывания функционального безалкогольного напитка. Даны рекомендации по водоподготовке, включающей ряд технологических процессов, от грубой очистки воды до обеззараживания. Приведена инструкция по приготовлению сахарного сиропа горячим способом. Представлена характеристика рекомендуемой установки гидродинамической экстракции из растительного сырья. Фактором, интенсифицирующим процесс экстракции, является пульсирующее действие экстрагента на границе раздела твердой и жидкой фаз. Учитывая тот факт, что при производстве функционального напитка в качестве экстрагента будет использоваться вода, рассмотрены дополнительные способы интенсификации массообменных процессов, с целью увеличения процента экстрагирования целевых компонентов. Наиболее перспективным, для интенсификации экстракционного процесса, представляется использование воздействия на сырье различных силовых полей: ультразвуковых, электрических, импульсных и дискретно-импульсных.

Ключевые слова: компьютерная модель, безалкогольный напиток функционального назначения, водоподготовка, экстракт, купажирование, интенсификация процесса, сахарный сироп, ультразвуковая экстракция

Для цитирования: *Компьютерная модель и комплектация линии по производству безалкогольного напитка функционального назначения / Гнетько Л.В. [и др.] // Новые технологии. 2020. Т. 16, № 6. С. 20–27. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2020-16-6-20-27>.*

A COMPUTER MODEL AND COMPLETE SET OF A FUNCTIONAL NON-ALCOHOLIC BEVERAGE PRODUCTION LINE

**Lyudmila V. Gnetko, Maya M. Udychak,
Bella B. Siyukhova, Sima A. Gisheva**

*FSBEI HE «Maykop State Technological University»,
191 Pervomayskaya str., Maykop, 385000, the Russian Federation*

Annotation. Production of functional products using local raw materials with a high content of biologically active substances is the main trend in the production of non-alcoholic beverages. In this regard, creation of a technological line that ensures not only the quality of the finished product, but also the safety of the functional properties of the feedstock is of great interest. A computer model of a functional soft drink production line, developed using the MasterSCADA 4D software created by a leading domestic company has been. The model emulates the entire production process including the stage of filling the finished product. It is possible to control a real production line provided that communication with an industrial controller, sensors and actuators is installed and configured. A set of technological equipment has been selected for each production stage, from processing raw materials and on down to functional soft drink packaging. Recommendations have been given for water treatment, including a number of technological processes, such as rough water purification and disinfection. There are instructions for preparing sugar syrup using hot method. The characteristics of the recommended plant for hydrodynamic extraction from plant raw materials has been presented. A factor intensifying the extraction process, in the pulsating action of the extractant between the solid and liquid phases. Production of a functional drink implies using of water as an extractant, so additional methods of intensifying mass transfer processes have been considered in order to increase the percentage of extraction of target components. The use of the effect of ultrasonic, electric, pulse and discrete-pulse fields on raw materials is considered to be the most promising method for the extraction process intensification.

Keywords: computer model, functional soft drink, water treatment, extract, blending, process intensification, sugar syrup, ultrasonic extraction

For citation: *Computer model and complete set of a functional non-alcoholic beverage production line / L.V. Gnetko. [et al.] // New technologies. 2020. Vol. 16, No. 6. P. 20–27 (in Russian) <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2020-16-6-20-27>*

Выпуск продукции функционального назначения с использованием местных сырьевых ресурсов – основная мировая тенденция в производстве безалкогольных напитков [1].

Северокавказская флора обладает большим видовым разнообразием травяных растений с высоким содержанием биологически активных веществ. Поэтому использование их целебных свойств представляется целесообразным для производства продуктов функционального назначения.

Создание технологической линии с регулируемыми параметрами переработки

растительного материала, обеспечивающей сохранность функциональных свойств исходного сырья и выпуск качественного, безопасного конечного пищевого продукта, является актуальной задачей.

Таким образом, одной из основных задач исследования является создание компьютерной модели линии по производству безалкогольного функционального напитка и ее комплектация технологическим оборудованием, обеспечивающим качество и экологическую безопасность продукта.

Для создания компьютерной модели технологических процессов производства

безалкогольного напитка функционального назначения была выбрана программная среда MasterSCADA 4D разработки Компании «ИнСАТ» – ведущего отечественного поставщика программного обеспечения для АСУ ТП.

В соответствии с разработанными ТУ и технологической схемой производства безалкогольного напитка функционального назначения была разработана компьютерная модель производственной линии. Модель эмулирует весь производственный процесс до этапа розлива готового продукта. При условии установки и настройки связи с промышленным контроллером, датчиками и исполнительными механизмами, возможно управление реальной производственной линией.

Модель включает в себя следующие узлы (рисунок 1):

Для запуска модели необходимо установить на персональный компьютер под управлением ОС Windows 7–10 среду исполнения MasterSCADA4DRT с сайта производителя www.insat.ru или из представленного архива. Распаковать в папку C:\ProgramData\InSAT\MasterSCADA4DRT12\Server содержимое архива с проектом НапиткиV10Server.rar.

С учетом всех стадий приготовления безалкогольного напитка функционального назначения все необходимое технологическое оборудование можно распределить на несколько комплексов.

Водоподготовка

Для достижения соответствия качества воды требованиям действующих



Рис.1. Компьютерная модель производственной линии

1 – Бункер растительного сырья; 2 – Измельчитель сырья; 3 – Экстрактор; 4 – Фильтр для экстракта; 5 – Охладитель экстракта; 6 – Расходная емкость экстракта; 7 – Бункер для сахара; 8 – Котел для приготовления сиропа; 9 – Фильтр для сиропа; 10 – Охладитель для сиропа; 11 – Расходная емкость для сиропа; 12 – Расходная емкость для вспомогательных материалов; 13 – Кулажер; 14 – Напорная емкость готового продукта перед линией розлива; 15 – Комплект необходимой запорной арматуры, насосов, термометров и ввод очищенной воды, температурой +36°C

Fig. 1. A Computer model of the production line

1 – A bunker for vegetable raw materials; 2 – a raw material grinder; 3 – an extractor; 4 – a filter for extract; 5 – an extract cooler; 6 – an expendable capacity of the extract; 7 – a sugar bin; 8 – a cauldron for making syrup; 9 – a filter for syrup; 10 – a cooler for syrup; 11 – a consumable container for syrup; 12 – a consumable container for auxiliary materials; 13 – a blender; 14 – a head tank of the finished product in front of the filling line; 15 – a set of necessary shut-off valves, pumps, thermometers and purified water inlet, temperature + 36°C

СанПин [2] исходная вода должна пройти обработку согласно «Технологической инструкции по водоподготовке для производства пива и безалкогольных напитков» ТИ10-5031536-73-90 [3; 7].

С этой целью может быть рекомендована линия водоподготовки CINTROPUR, состоящая из следующих этапов:

- удаление грубых взвешенных примесей различной природы;
- аэрация;
- обезжелезивание;
- умягчение;
- механическая фильтрация;
- обеззараживание.

Для удаления грубых взвешенных примесей различной природы на данной линии водоподготовки используется механическая фильтрация.

Аэрирование воды проводится напорным способом, позволяющим устранить посторонние привкусы и запахи в воде, а также обеспечить переход ионов растворенного Fe^{2+} в нерастворимую форму Fe^{3+} для ее последующего механического осаждения на фильтрующем материале.

Для умягчения воды используется катионообмен с фильтрующим материалом в виде сильнокислотной катионообменной смолы в натриевой форме марки «Lewatite S1567», позволяющий удалять избыток железа, кальция и магния.

Тонкая механическая фильтрация воды после установок обезжелезивания и умягчения осуществляется с помощью фильтра NW650, Cintropur с мешками 25 микрон.

С помощью двух параллельно смонтированных установок UV 60GPM-NT производится ультрафиолетовое обеззараживание воды. Основным преимуществом данного способа обеззараживания воды является отсутствие влияния на ее качество, но при этом происходит уничтожение всех бактериальных и споровых форм микроорганизмов в течение нескольких минут воздействия. Поэтому способ обеззараживания воды ультрафиолетовым облучением выбран в качестве конечного этапа водоподготовки для

производства безалкогольного функционального напитка.

Приготовление сахарного сиропа

Для приготовления сахарного сиропа выбран горячий способ. С этой целью может быть использован стандартный котел для варки сиропа: закрытый цилиндрический стальной резервуар со сферическим дном, оснащенный паровой рубашкой и механической мешалкой.

В соответствии с ТУ для приготовления сиропа концентрацией 65,8% мас. в резервуар подается умягченная, разогретая до 50–60°C вода, в пропорции 0,5 л / 1 кг сахара при постоянном перемешивании и непрерывающемся процессе нагрева, а для приготовления сиропа концентрацией 73,2% мас. – 0,35 л / 1 кг сахара. Полученный раствор доводится до кипения, после чего прекращается подача пара. После снятия с поверхности сиропа пены его доводят до кипения повторно. Данная операция проводится дважды.

Продолжительность нагрева сиропа не должна превышать 30 минут, во избежание карамелизации сахара.

Полученный горячий сироп подвергается фильтрации с помощью сетчатого фильтра. Учитывая высокую вязкость сиропа для его перекачивания должны быть предусмотрены плунжерные или многоступенчатые насосы.

Очищенный от механических примесей сироп охлаждается до 15–20°C.

Комплекс технологического оборудования для подготовки и экстрагирования растительного сырья

Подготовительной операций перед экстрагированием является измельчение сырья. Цель операции – увеличение площади поверхности для контакта экстрагента с частицами материала.

Для измельчения растительного сырья может быть рекомендован универсальный роторный измельчитель.

Приготовление экстракта

Для производства безалкогольного напитка функционального назначения в качестве экстрагента будет использоваться вода, обладающая всеми



Рис. 2. Установка гидродинамической экстракции

Fig. 2. Hydrodynamic extraction unit

необходимыми свойствами, а именно селективностью, химической инертностью, нетоксичностью, доступностью и невысокой стоимостью.

Для производства функционального безалкогольного напитка может быть рекомендована установка гидродинамической экстракции из растительного сырья (рисунок 2).

Установка состоит из загрузочной емкости с теплообменной рубашкой специальной конструкции, многоступенчатого роторно-кавитационного гомогенизатора специальной конструкции, приемной емкости с пропеллерной мешалкой, трубопроводов, запорной арматуры, пульта управления.

Экстрагируемый продукт поступает в загрузочный резервуар, оборудованный якорной мешалкой, затем загружается экстрагент, подвергающийся рециркуляции в ходе процесса через гидродинамический генератор.

Интенсифицирующим фактором процесса экстракции является пульсирующее действие экстрагента на границе раздела твердой и жидкой фаз.

При использовании данной установки в несколько раз сокращается

продолжительность экстракции, а также в 2–2,5 раза увеличивается выход целевых веществ [8; 10].

Способы интенсификации массообменных процессов. Обработка ультразвуком

Извлечение биологически активных веществ (БАВ) из растительных клеток является сложной задачей, требующей проникновения экстрагента в клетки через цитоплазматическую мембрану, растворения активных веществ и клеточных органелл и транспортирования их в жидкую фазу.

Известно, что разрушение мембраны растительных клеток способствует более эффективному выходу биологически активных веществ в результате их вымывания и растворения.

Согласно разработанным ТУ, при производстве функционального безалкогольного напитка будет применяться водная экстракция, позволяющая оптимизировать и удешевлять процесс экстрагирования.

Ввиду того, что процессы экстрагирования сырья являются наиболее продолжительными во всей технологической схеме, а также учитывая, что вода

по сравнению с другими более агрессивными экстрагентами обеспечивает невысокую скорость протекания процесса экстракции и процент экстрагирования целевых компонентов, возникает необходимость в интенсификации массообменных процессов.

В основе интенсификации массообмена лежит активизация диффузионных процессов, в результате клеточного воздействия на экстрагируемое сырье. При этом основным интенсифицирующим фактором является температурный режим осуществления процесса, увеличивающий диффузионные свойства клеточных структур.

Но увеличение температуры экстрагирования до определенных показателей может привести к разрушению извлекаемых БАВ и снижению эффективности процесса экстракции.

Для интенсификации процесса экстракции перспективным направлением является воздействие на сырье силовыми полями: ультразвуковым, электрическим, импульсным, дискретно-импульсным.

С целью интенсификации массообменных процессов при производстве функционального напитка, наряду с температурным воздействием, рекомендованы ультразвуковые устройства, встраиваемые в действующую технологическую аппаратуру, в данном случае в экстрактор.

Благодаря применению ультразвуковой экстракции возможно:

- сокращение времени извлечения биологически активных веществ и максимальный их выход при более низких температурах;
- увеличение глубины извлечения без утраты органолептических свойств;
- ускорение процессов растворения [5; 6; 9].

С учетом всех перечисленных выше преимуществ предлагается применять пьезокерамические ультразвуковые преобразователи. С целью возбуждения колебаний в таких преобразователях на боковые поверхности нанесены слои серебра с подводкой напряжения от высокочастотного генератора.

Подготовка материалов к купажированию. Купажирование

Перед купажированием материалы, входящие в состав купажа, а именно водный экстракт и сахарный сироп, должны подвергаться фильтрации, в процессе которой на фильтрующих перегородках задерживаются скоагулированные белковые и пектиновые вещества и взвеси, при фильтрации сахарного сиропа – посторонние включения. Для проведения процесса могут использоваться тканевые или пластинчатые фильтры. Также может быть рекомендован фильтр сетчатый патронный из пищевой нержавеющей стали.

Для охлаждения экстракта и сахарного сиропа могут быть использованы как трубчатые, так и пластинчатые теплообменники.

Комплекс технологического оборудования для упаковывания функционального безалкогольного напитка

Линии упаковывания имеют мощность от 1 500 до 24 000 тары в час. Чтобы обеспечить такую высокую производительность линии розлива необходимо обеспечить бесперебойную поставку стеклянной тары. Это достигается использованием машин для извлечения бутылок из упаковки и укладки их в коробки. Из-за резкого снижения доли вторичной упаковки безалкогольная промышленность практически отказалась от использования бутылкомоечных машин, а используют только ополаскивание новой упаковки.

Используемый в большинстве моноблоков для розлива и укупорки прямой перенос бутылок с упаковочной карусели на укупорку уменьшает путь, пройденный бутылкой до укупорки, и тем самым сокращает соприкосновение продукта с кислородом воздуха.

При производстве безалкогольных напитков это имеет важное значение, так как позволяет свести к минимуму возможность бактериального загрязнения напитка. Синхронизация работы отдельных машин моноблока обеспечивается одним двигателем, который наряду

с указанными преимуществами позволяет легко, ровно и одновременно контролировать мощность автомата.

Перемещение тары ко всем машинам в моноблоке производится с помощью выходных шнеков и звездочек, обеспечивающих плавное и равномерное течение бутылок.

В потоке автоматизированной линии розлива напитков предусматривается полоскание новой бутылки с дальнейшей ее продувкой для удаления остатков воды, применяемой для ополаскивания бутылок.

Ополаскиватели, входящие в состав моноблока, позволяют ополаскивать

новые или предварительно промытые бутылки водой, дезинфицирующими растворами или продувать бутылки стерильным воздухом для обеспечения стерильности контейнера.

Для тихих и невязких жидкостей (негазированная вода) идеален гравитационный тип розлива (розлив низкого вакуума).

Для упаковывания готового продукта рекомендована стеклянная бутылка и комплекс технологического оборудования, который обеспечивает сохранение качества и биологическую стойкость готового продукта.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Цугленок Н.В., Цугленок Г.И., Кривов Д.А. Моделирование технологической линии производства безалкогольного яблочного напитка // Вестник КрасГАУ. 2014. № 8. С. 219–223.
2. СанПин 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».
3. ТИ 10-5331536-73-90 Технологическая инструкция по водоподготовке для производства пива и безалкогольных напитков, содержание микроэлементов в воде.
4. Ермолаева Г.А., Колчева Р.А. Технология и оборудование производства пива и безалкогольных напитков. М.: Академия, 2000. 416 с.
5. Лысянский В.М., Гребенюк С.М. Экстрагирование в пищевой промышленности. М.: Агропромиздат, 1987. 188 с.
6. Получение лекарственных препаратов из растительного сырья под действием ультразвука / М.М. Брух [и др.] // Ультразвук в физиологии и медицине. Т. 1. Ростов-н/Д, 1972. С. 115–116.
7. ГОСТ 28188-2014 Напитки безалкогольные. Общие технические условия (Дата последнего изменения: 12.09.2018).
8. Экстракты из растительного сырья в технологии напитков функционального назначения / Е.А. Сосюра [и др.] // Вестник АПК Ставрополя. 2013. № 2 (10). С. 41–44.
9. Bigliardi B., Galati F. Innovation trends in the food industry: The case of functional foods // Trends in Food Science & Technology. 2013. V. 31, № 2. P. 118–129.
10. Diaz-García M., Castellar M.R., Obón J.M. Juices and Non-Alcoholic Beverages // Comprehensive Analytical Chemistry. New York: Elsevier, 2013. P. 439–459.

REFERENCES:

1. Tsuglenok N.V., Tsuglenok G.I., Krivov D.A. Modeling of a technological line for the production of a soft apple drink // Bulletin of KrasSAU. 2014. No. 8. P. 219–223.
2. SanPin 2.1.4.1074-01 «Drinking water. Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control».
3. TI 10-5331536-73-90 Technological instruction on water treatment for the production of beer and soft drinks, the content of trace elements in water.
4. Ermolaeva G.A., Kolcheva R.A. Technology and equipment for the production of beer and soft drinks. Moscow: Academy, 2000. 416 p.
5. Lysyansky V.M., Grebenyuk S.M. Extraction in the food industry. M.: Agropromizdat, 1987. 188 p.

6. Obtaining medicinal products from plant raw materials under the influence of ultrasound / M.M. Bruch [et al.] // *Ultrasound in Physiology and Medicine*. V. 1. Rostov-n / D, 1972. P. 115–116.
7. GOST 28188-2014 Non-alcoholic beverages. General specifications (Date of last change: 12.09.2018).
8. Extracts from vegetable raw materials in the technology of functional drinks / E.A. Sosyura [et al.] // *Bulletin of the agro-industrial complex of Stavropol*. 2013. No. 2 (10). P. 41–44.
9. Bigliardi B., Galati F. Innovation trends in the food industry: The case of functional foods // *Trends in Food Science & Technology*. 2013. V. 31, № 2. P. 118–129.
10. Diaz-Garcia M., Castellar M.R., Obón J.M. Juices and Non-Alcoholic Beverages // *Comprehensive Analytical Chemistry*. New York: Elsevier, 2013. P. 439–459.

Информация об авторах / Information about the authors

Людмила Васильевна Гнетко, доцент кафедры технологии, машин и оборудования пищевых производств ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет», кандидат технических наук;

Майя Мугдиновна Удычак, доцент кафедры технологии, машин и оборудования пищевых производств ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет», кандидат философских наук

mayuja-udychak@rambler.ru;

Белла Батмизовна Сиюхова, старший преподаватель кафедры технологии, машин и оборудования пищевых производств ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»

siuhowa@mail.ru;

Сима Аслановна Гишева, доцент кафедры технологии, машин и оборудования пищевых производств ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет», кандидат технических наук.

Lyudmila V. Gnetko, an associate professor of the Department of Technology, Machinery and Equipment for Food Production, FSBEI HE «Maykop State Technological University», Candidate of Technical Sciences;

Maya M. Udychak, an associate professor of the Department of Technology, Machinery and Equipment for Food Production, FSBEI HE «Maykop State Technological University», Candidate of Philosophy

mayuja-udychak@rambler.ru;

Bella B. Siyukhova, a senior lecturer of the Department of Technology, Machinery and Equipment for Food Production, FSBEI HE «Maykop State Technological University»

siuhowa@mail.ru;

Sima A. Gisheva, an associate professor of the Department of Technology, Machinery and Equipment for Food Production, FSBEI HE «Maykop State Technological University», Candidate of Technical Sciences.

Поступила 11.11.2020

Received 11.11.2020

Принята в печать 27.11.2020

Accepted 27.11.2020