DOI

УДК 62.9:536.242:664.87

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЭКСТРАКТОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

ГУСЬКОВ Артем Анатольевич, *Тамбовский государственный технический университет*
РОДИОНОВ Юрий Викторович, *Тамбовский государственный технический университет*
АНОХИН Сергей Александрович, *Тамбовский государственный технический университет*
ЕЛИЗАРОВ Игорь Александрович, *Тамбовский государственный технический университет*
НАЗАРОВ Виктор Николаевич, *Тамбовский государственный технический университет*
НИКИТИН Дмитрий Вячеславович, *Тамбовский государственный технический университет*

В статье рассматривается технология производства экстрактов из растительного сырья. Проанализированы существующие линии по производству экстрактов. С целью интенсификации процесса экстрагирования предложено применение предварительных сухих импульсов, основанных на создании и сбросе вакуума. Проведены исследования концентраций сухих извлеченных веществ в экстракте по уравнению материального баланса при разных режимах экстрагирования. Установлено, что вакуумное экстрагирование протекает быстрее по сравнению с процессом простого подогрева экстрагента и настаивания. Предложены различные модели линии в соответствии с производственными потребностями. Конструкция линии и технология по производству экстрактов снижают энергозатраты на 15 %.

Введение. Переработка растительного сырья в России – крайне важный процесс. Целью переработки является продление срока годности к употреблению продукта с максимально возможным сохранением его свойств, а также полезных и биологически активных веществ.

Для эффективной переработки растительного сырья требуется создание и внедрение эффективного технологического оборудования с малой удельной энерго- и материалоемкостью, высокой степенью воздействия на обрабатываемое сырье. Для этого необходимы новые инженерные разработки технологий и оборудования, учитывающие специфику переработки различного рода растительного сырья [9, 10]. Это позволит расширить ассортимент натуральных продуктов отечественного производства, выпускать натуральную продукцию с более низкой себестоимостью, а также снизить зависимость от поставок импортной продукции [1].

Одним из распространенных способов переработки растительного сырья является экстрагирование. Экстрагирование растворимых веществ из различных твердых тел – наиболее распространенный процесс при производстве концентратов, экстрактов, настоек, порошков, безалкогольных напитков и других продуктов. Сырье, подвергающееся экстрагированию, отличается большим разнообразием форм, размеров, механических, тепло-физических и физико-химических свойств [6].

Анализ существующих линий по производству экстрактов из растительной продукции выявил несколько серьезных недостатков: большинство имеют узконаправленное назначение (переработка ограниченного наименования сырья), предназначены для крупных производств, присутствуют значительные потери полезных и биологически активных веществ в процессе переработки [3, 4, 7, 11, 12].

Цель исследования – разработка технологии процессов экстрагирования растительного сырья с обеспечением сохранности полезных и биологически активных веществ, применяемой при организации собственного производства на местах сбора и хранения урожая.

Методика исследований. Разработанная технологическая линия унифицирована, предельно компактна, универсальна и функционально расширена. Линия позволяет производить экстракты в виде жидкостей, гелей и порошков. Присутствует возможность использования установки в качестве концентрирования (упаривания) свежевыжатых плодовоовощных соков, выделения и сбора дистиллята из растений для дальнейшего получения эфирных масел. Основными пользователями устройства будут являться небольшие крестьянские (фермерские) хозяйства, индивидуальные предприниматели и другие малые предприятия.

Линия может иметь несколько моделей в соответствии с производственными потребностями:

экспериментальная – основная емкость экстрактора 5 л, двухступенчатый модифицированный ЖВН с быстротой действия 0,75 л/мин;

промышленная – основная емкость экстрактора 25 л, двухступенчатый модифицированный ЖВН с быстротой действия 0,75 л/мин;

промышленная – основная емкость экстрактора 50 л, двухступенчатый модифицированный ЖВН с быстротой действия 0,75 л/мин;

промышленная – основная емкость экстрактора 100 л, двухступенчатый модифицированный ЖВН с быстротой действия 1,5 л/мин.

В зависимости от объема поставляемых емкостей и комплектации производительность линии 50–150 т готовой продукции в год.

Отличительными особенностями установки от аналогичных являются: предварительное вакуумное импульсное воздействие на сырье, технология выпаривания и конструкция выпаривателя, применение автоматизированной системы управления.

Универсальность линии выражается в возможности проведения нескольких различных стадий производства экстрактов: промывка исходного сырья; измельчение сырья до заданной фракции; просушка измельченного сырья; импульсное воздействие на сырье (создание и сброс вакуума); добавление экстрагента в заданной пропорции; экстракция с целью извлечения полезных веществ; концентрирование экстракта путем его упаривания либо высушивание готового жидкого экстракта до порошкообразного состояния или геля; упаковка (в зависимости от конечного продукта): при получении порошков – в герметичные пакеты, при получении жидких экстрактов или гелей – розлив в бутыли.

Растительное сырье промывается в барабанной моечной машине 8 для удаления загрязнения, поступает на дисковый измельчитель 6 для получения частиц такого размера, которые требуются для дальнейшей переработки, и просушивается в сушилке 2 конвейерного типа (рис. 1). В функции сушки измельченного сырья входит не только просушка после промывки, но и полноценная сушка для дальнейшего хранения и будущей переработки.

Высушенное сырье порциями в соответствии с требуемым гидромодулем загружается в экстрактор 3. Для интенсификации процесса загруженное сырье подвергается импульсному воздействию. Для создания импульсов в экстракторе в зависимости от вида сырья создается вакуум 2–10 кПа длительностью 0,1–0,2 с. В процессе импульсного воздействия на рабочую смесь в ней обеспечивается интенсивное вымывание целевого продукта из клеток сырья. Из емкости 5 сырье заливают экстрагентом (водный, водноспиртовой, гексан или др.) комнатной температуры либо подогретым. Смесь нагревается в зависимости от вида сырья и экстрагента до рабочей температуры 30...60 °С, достаточной для кипения [8].

Процесс экстрагирования проводится в течение 3–6 ч. Периодически возможен слив экстракта в сборник экстракта 7 (до трех раз) с пос-

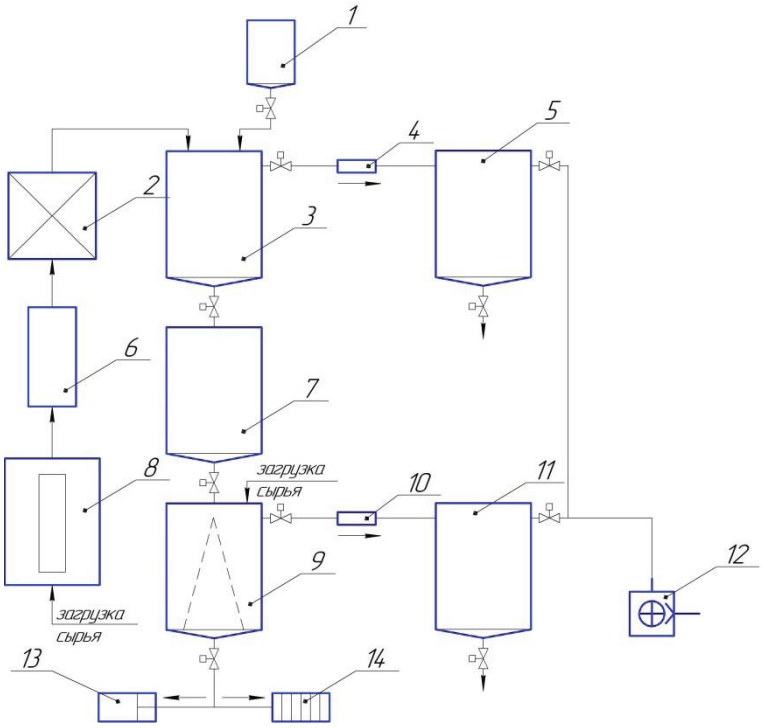

Рис. 1. Технологическая схема линии по производству экстрактов из растительного сырья: 1 – емкость для экстрагента; 2 – сушилка; 3 – экстрактор; 4, 10 – дистиллятор; 5, 11 – емкость для сбора дистиллята; 6 – измельчитель; 7 – емкость для сбора экстракта; 8 – моечная машина; 9 – выпариватель; 12 – ЖВН; 13 – розлив продукта; 14 – упаковка продукта

ледующим заливом в экстрактор экстрагента и продолжением экстракции.

По завершении процесса экстракт из сборника 7 поступает в выпариватель 9 для дальнейшего концентрирования (упаривания) либо высушивания до порошкового состояния или геля. Упаривание протекает при температуре кипения жидкости под вакуумом (30...60 °С). Для нагрева экстракта в выпаривателе предусмотрен конусообразный нагреватель. Подача экстракта в выпариватель при производстве гелей и порошков происходит капельно. Нижняя часть выпаривателя и нагреватель являются съемными для очистки образующегося нагара.

Для создания вакуума применяется жидкостнокольцевой вакуумный насос (ЖВН) [2], выполняющий функции создания быстрого вакуума (сброса давления) – импульсов, поддержания заданного разряжения и транспортирования. Использование вакуума позволяет интенсифицировать процесс экстрагирования путем воздействия на сырье предварительных импульсов, в результате которых происходит раскрытие пор (дегазация), сохранить полезные и биологически активные вещества и витамины, т.к. температура кипения не превышает 60 °С.

Результаты исследований. В результате проведения опытов на рассматриваемой технологической линии были получены экспериментальные данные по концентрациям сухих извлеченных веществ в экстракте по уравнению материального баланса (пересчет проводили в их концентрации в жидкой фазе).

На рис. 2 показано влияние режимов экстрагирования (настаивание, нагрев с помешиванием и вакуумное экстрагирование) и гидромодуля 1:50 на кинетику извлечения экстрагируемых веществ из сушеной тыквы сорта Мичуринская [5].

Анализ экспериментальных данных показывает, что процесс настаивания является по времени самым длительным. Продолжительность полной экстракции при комнатной температуре (20 °С) составляет несколько суток. Вакуумное экстрагирование протекает на 25 мин быстрее по сравнению с процессом простого подогрева экстрагента. Это можно объяснить влиянием вакуума на процесс раскрытия пор материала за счет возникающего при вакуумировании перепада давлений внутри пор и вне материала. Интенсификации процесса вакуумного экстрагирования в большей степени способствуют предварительные сухие импульсы и кипение, которое протекает при температуре 54...56 °С. Показатель выхода сухих растворимых веществ (СВ) достигает 90 % от максимального содержания в сырье (1,4 % СВ).

Заключение. Разработанная технологическая линия по производству экстрактов из растительного сырья имеет следующие преимущества: применение новых технологий обработки растительных материалов на основе вакуумно-импульсного воздействия, а также вакуумного выпаривания позволяет существенно интенсифицировать процесс экстрагирования; использование двухступенчатого ЖВН позволяет минимизировать энергозатраты при экстрагировании и выпаривании на 15 %; линия является перспективной для переработки растительной продукции в центрально-черноземном районе страны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Горбунова Е.В.* Обоснование основных элементов технологии комплексной переработки сырья фенхеля обыкновенного: дис. ... канд. с.-х. наук. – Симферополь, 2015. – 248 с.

2. *Гуськов А.А., Никитин Д.В., Платицин П.С., Родионов Ю.В.* Двухступенчатая жидкостно-кольцевая машина. Патент на изобретение РФ № 2551449 02.06.2014, Бюл. № 15.

3. *Журавлев А.В., Бородкина А.В., Черноусов И.М.* Ресурсосберегающая линия безотходной переработки семян амаранта // Технологии

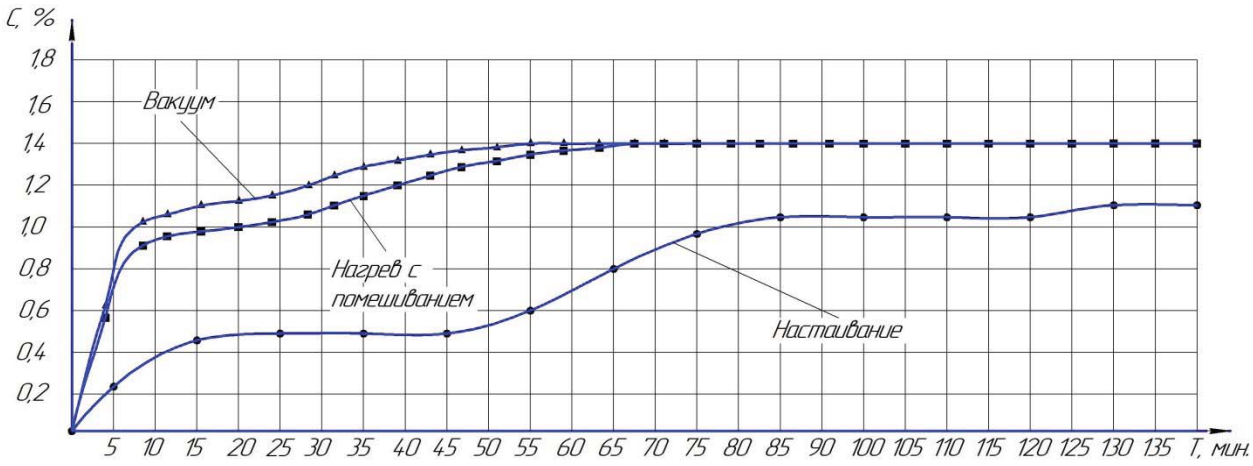

Рис. 2. Кривые выхода сухих растворимых веществ в экстрагент

пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2015. – № 1 (5). – С. 67–71.

4. Использование экстракта шиповника в безалкогольных и алкогольных напитках и его производство с применением баромембранных процессов / В.Л. Кудряшов [и др.] // Пиво и напитки. – 2018. – № 2. – С. 70–75.

5. Исследование и выбор режимных параметров экстрагирования биологически активных веществ из тыквы сорта «Мичуринская» / С.П. Рудобашта [и др.] // Сушка, хранение и переработка продукции растениеводства: материалы Междунар. науч.-техн. семинара, посвящ. 175-летию со дня рождения К.А. Тимирязева. – М., 2018. – С. 189–195.

6. *Казуб В.Т., Кошкарова А.Г., Рудобашта С.П.* Экспериментальное исследование режимов экстрагирования // Современная наука и инновации. – 2017. – № 3 (19). – С. 122–127.

7. Модернизация линии производства плодово-ягодных экстрактов / А.Ф. Сорокопуд [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2014. – № 1 (32). – С. 110–114.

8. Обоснование выбора жидкостно-кольцевого вакуумного насоса для экстракционно-выпарной установки при обработке растительных материалов / А.А. Гуськов [и др.] // Проблемы развития АПК региона. – 2018. – № 1 (33). – С. 124–130.

9. *Потапов А.Н., Потапова М.Н.* Совершенствование методов исследования процессов при экстрагировании в системах твердое тело – жидкость // Инновации в пищевой биотехнологии: сб. трудов Междунар. симпозиума / под общ. ред. А.Ю. Просекова. – М., 2018. – С. 334–339.

10. *Рудобашта С.П.* Ресурсо- и энергосбережение в промышленных технологиях // Современные задачи инженерных наук: сб. пленарных докладов Междунар. науч.-техн. форума «Первые международные Косыгинские чтения». – М., 2017. – С. 33–41.

11. Технология получения и перспективы использования концентрата из кипрея узколистного в производстве напитков / С.Л. Кузьменко [и др.] // Наука в центральной России. – 2017. – № 5 (29). – С. 92–100.

12. *Хмелев В.Н., Цыганок С.Н., Шакура В.А.* Линия производства экстрактов с применением ультразвуковых технологий // Южно-Сибирский научный вестник. – 2014. – № 1 (5). – С. 111–113.

Гуськов Артем Анатольевич, *старший преподаватель кафедры «Организация перевозок и безопасность дорожного движения», Тамбовский государственный технический университет. Россия.*

Родионов Юрий Викторович, *д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Техническая механика и детали машин», Тамбовский государственный технический университет. Россия.*

Анохин Сергей Александрович, *старший преподаватель кафедры «Организация перевозок и безопасность дорожного движения», Тамбовский государственный технический университет. Россия.*

Елизаров Игорь Александрович, *канд. техн. наук, доцент кафедры «Информационные процессы и управление», Тамбовский государственный технический университет. Россия.*

Назаров Виктор Николаевич, *канд. техн. наук, доцент кафедры «Информационные процессы и управление», Тамбовский государственный технический университет. Россия.*

Никитин Дмитрий Вячеславович, *канд. техн. наук, доцент кафедры «Техническая механика и детали машин», Тамбовский государственный технический университет. Россия.*

392000, г. Тамбов, ул. Советская, 106.
Тел.: (84752) 63-02-00.

Ключевые слова: *экстрагирование; переработка растительного сырья; вакуумные технологии; тепломассообменные процессы.*

TECHNOLOGICAL PRODUCTION LINE OF EXTRACTS FROM VEGETABLE RAW MATERIALS

Guskov Artem Anatolyevich, *Senior Teacher of the chair "Organization of Traffic and Road Safety", Tambov State Technical University. Russia.*

Rodionov Yuriy Viktorovich, *Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the chair "Technical Mechanics and Machine Parts", Tambov State Technical University. Russia.*

Anokhin Sergei Alexandrovich, *Senior Teacher of the chair "Organization of Traffic and Road Safety", Tambov State Technical University. Russia.*

Elizarov Igor Alexandrovich, *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the chair "Information Processes and Control", Tambov State Technical University. Russia.*

Nazarov Victor Nikolaevich, *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the chair "Information Processes and Control", Tambov State Technical University. Russia.*

Nikitin Dmitry Vyacheslavovich, *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the chair "Technical Mechanics and Machine Parts", Tambov State Technical University. Russia.*

Keywords: *extraction; processing of vegetable raw materials; vacuum technology; heat and mass transfer processes.*

The technology of production of extracts from vegetable raw materials is considered in the article. The existing extracts production lines are analyzed. In order to intensify the extraction process, it is proposed to use preliminary dry impulses based on the creation and discharge of vacuum. The studies of the concentrations of dry extracted substances in the extract according to the equation of material balance under different extraction regimes were carried out. It has been established that vacuum extraction is faster in comparison with the process of simple preheating of the extractant and infusion. Different line models in accordance with production needs are proposed. Line design and technology for the production of extracts reduce energy consumption by 15 %.