

Исследование процесса замораживания вторичного сырья предприятий пищевой промышленности

Панченко Сергей Леонидович

ФГКВОУ ВО «Военный учебно-научный центр
Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия
имени проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Адрес: 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, д. 54 «А»

E-mail: psl84@mail.ru

Ященко Сергей Михайлович

ФГКВОУ ВО «Военный учебно-научный центр
Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия
имени проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Адрес: 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, д. 54 «А»

E-mail: serge3y@mail.ru

В статье поднимается актуальный вопрос, связанный с переработкой вторичных ресурсов предприятий пищевой промышленности. Основной целью является разработка методики исследования процессов охлаждения и замораживания. Проведен анализ источников загрязнения и состав стоков. Приведены виды современной очистки сточных вод. Рассмотрены характеристики процессов переработки – концентрирования экстрактов плодово-ягодного сырья вымораживанием с целью извлечения полезного для человека вещества – пектина, а также вымораживания жиросодержащего сырья предприятий переработки мяса, молока и растительных масел из сточных вод. Изготовление полезных продуктов из отходов производства не только решает проблему неполного использования входящих в сырье веществ, но и позволяет улучшить экологическую ситуацию, так как утилизация отработанного материала наносит огромный вред окружающей среде. Приведен экологический мониторинг отраслей пищевой промышленности с прогнозом использования вторичных ресурсов. Проведен эксперимент кинетики процесса замораживания настоев плодово-ягодного сырья с целью проведения процесса коагуляции и осаждения пектиновых веществ в виде осадка, после чего они легко удаляются фильтрованием. Получены температуры кристаллизации и начала образования кристаллов. Отмечено влияние параметра температуры на механическую очистку. Проведены исследования вымораживания жиров методом криогенного барботирования инертных газов. Приведена методика расчета энергетических показателей. Указаны характеристики фазового перехода экзотермического процесса охлаждения. Для получения кривых охлаждения и замораживания использовали хромель-копелевые термодатчики, связанные с потенциометром. Данная методика позволяет изучить широкий спектр других пищевых продуктов. Экспериментальные исследования направлены на создание новых видов оборудования холодильной техники, их расчета и конструирования.

Ключевые слова: вторичные ресурсы, плодово-ягодное сырье, жиры, пектиновые вещества, замораживание, кривые охлаждения

Введение

Проблема загрязнения природной среды обитания вредными веществами, образующимися во время различного рода деятельности человека, в современном мире возросла до катастрофических масштабов. Экологическая ситуация и возникающие проблемы обусловлены местными природными условиями и характером воздействия на них промышленности, транспорта

и других видов народного хозяйства. Степень загрязнения воздуха, воды, почвы зависит, как правило, от степени урбанизированности и промышленного развития территории (специфика предприятий, их мощность, размещение, применяемые технологии) (Панченко, Горшков, & Бочаров, 2017). Анализ производственной деятельности предприятий показал, что происходит загрязнение окружающей среды сточными водами (Харитонов, Лисицкая, Мокшина, & Гончаров, 2017). Также на загрязнение окружа-

ющей среды существенно влияют очистные сооружения городских и промышленных сточных вод (Шуклин, Ромашина, & Ручкина, 2012). Затраты на обработку осадков сточных вод, с учетом потребляемой энергии и заработной платы персонала, составляют до 50 % эксплуатационных затрат станций очистки городских сточных вод (Bolzonella, Cavinato, Fatone, Pavan, & Cecchi, 2012). Жиры в сточных водах могут находиться агрегатных состояниях – твердом, жидком и коллоидном. В зависимости от условий образования и состава сточных вод жиры могут быть в виде жировой фазы, образующей на поверхности жидкости пленку, диспергированных частиц в воде (эмульсия) и находиться в растворенном состоянии (Быстранова, Теплых, & Теплых, 2018).

Не является исключением проблема загрязнения окружающей среды при работе пищевых предприятий. Огромная часть отходов, образующихся при работе предприятий мясной, молочной, масложировой, спиртовой, ликероводочной, плодоовощной и других отраслей пищевой промышленности утилизируются простейшим образом – сбрасываются в канализацию или вывозятся на полигон хранения в зависимости от агрегатного состояния. Данные явления приводят к тяжелым последствиям для всех оболочек биосферы. При попадании в водоем пищевые отходы перекрывают доступ кислорода, что приводит к гибели водных организмов и изменению экосистемы. Также вследствие загрязнения вода становится непригодной для хозяйственных и бытовых целей. Практически никаким образом выделяемые осадки городских сточных вод не используются агропромышленными комплексами (Брындина, Полянский, & Бакланова, 2018). Предприятия, перерабатывающие продукцию сельского хозяйства (консервные, спиртовые, молокозаводы, мясокомбинаты и др.), оборудованные примитивными очистными сооружениями, а во многих случаях не имеющих никаких сооружений, вносят значительный вклад в загрязнение окружающей среды (Баутин & Мычка, 2015). Сточная вода мясокомбината представляет собой сложную систему, состоящую из различных компонентов; основные загрязнения – это, в основном, жиры (Акулов, 2013). Источниками загрязнения гидросферы спиртзаводами является барда, ее фильтрат и промывные воды заторных и бродильных чанов. В производствах растительного масла и жирных кислот в зависимости от технологической схемы и способов выделения основных продуктов образуется множество вторичных продуктов и отходов (Адилов, Джиянбаев, & Каршибаев, 2015). Продукты распада твердых отходов уходят в почву, делая ее неплодородной и

непригодной к использованию, а также загрязняя грунтовые воды. При этом выделяющиеся газы загрязняют атмосферный воздух. В соответствии с современными требованиями природоохранного законодательства очистка вод заводов позволит значительно сократить объем свежей воды за счет удаления механических примесей фильтрацией и микробиологической обработки в целях их использования в системе оборотного водоснабжения. (Степанова, Хомутов, & Печерица, 2020). Очистка сточных вод от маслопродуктов в зависимости от их состава и концентрации осуществляется: отстаиванием, обработкой в гидроциклонах, флотацией, фильтрованием.

Теоретическое обоснование

Учитывая вышесказанное, можно сделать вывод, что утилизация отходов крайне нежелательна и их необходимо перерабатывать. Кроме экологической составляющей, неоспоримым фактором вторичного использования пищевых отходов является то, что при производстве в них из первоначального сырья переходят полезные вещества. Они безвозвратно теряются при утилизации, поэтому помимо загрязнения окружающей среды добавляется еще и безвозвратная потеря полезных белков, углеводов, витаминов и т.д. Переработка вторичных материальных ресурсов, приобретает большую проблему (Гаджиева, Абасова, & Муртазалиева, 2020), так как составная часть принципиальных направлений создания и развития малоотходной технологии, основана на использовании методов рекуперации – возвращения части материала, расходуемого в том или ином технологическом процессе, на повторное использование в том же процессе. Например, пивная дробина состоит, в основном из дробленых зернопродуктов, оставшихся после фильтрования затора. Она имеет высокую усвояемость: белковых веществ – 71-76 %, жира – 80-82 %, безазотистых экстрактивных веществ – 60-65 %, клетчатки – 40-45 % (Волотка & Богданов, 2013) и поэтому представляет собой ценный корм для животных. Барда, образующаяся при производстве спиртов на спиртзаводах, содержит практически все питательные вещества, присущие исходному сырью: протеины, жиры, клетчатку и т.д., в количестве 30 до 40 % сухого вещества исходного сырья и тоже полезна как кормовой материал (Антипов & Журавлев, 2006). В молочной промышленности при производстве творога и сыров образуется вторичное сырье – молочная сыворотка. Она обладает высокой пищевой и биологической ценностью, содержит около 50 % сухих веществ молока (По-

пов, 2015). И это далеко не полный список вторичных ресурсов, получаемых при производстве пищевых продуктов и содержащих полезные вещества, поэтому их необходимо перерабатывать, и работы в данном направлении ведутся по всему миру. Известно, что для получения стабильной ликероводочной продукции, соков и питьевой воды необходимо поддержание в очищенной воде, которая является сырьем, не только заданного солевого состава, прежде всего жесткости, но и определенной щелочности (Рябчиков, 2004).

Предприятия плодоовощной отрасли также образуют вторичные ресурсы, которые нередко утилизируются. Одним из них являются твердые отходы плодов и овощей (выжимки). В высушенном виде они могут использоваться как корма для животноводства, но они очень быстро гниют, плесневеют и забраживают, после чего становятся непригодными к переработке (Сатыбалдиева, Калманбетова, Шаршеева, & Егембердиева, 2014). Поэтому многие предприятия не успевают их перерабатывать и утилизируют, в то время как данный вторичный ресурс можно использовать более рационально, например, получая пектин, содержание которого в плодово-ягодном сырье велико. Пектин – это полисахарид, образованный главным образом остатками галактуроновой кислоты, очень полезный для организма человека, так как выводит токсические вещества из организма и нормализует обмен веществ (Донченко & Фирсов, 2007). Производство пектина, в том числе из вторичного сырья плодово-ягодной промышленности, в настоящее время развивается, но перерабатываются очень малые объемы.

Поскольку, как говорилось выше, выжимки плодово-ягодного сырья являются скорпортящимися, их необходимо быстро перерабатывать, что является главным сдерживающим фактором для повсеместной переработки. Немногочисленные предприятия, которые используют выжимки, оставшиеся после выработки сока, для производства пектинов, сразу же после удаления сока дробят на молотковой дробилке и сушат при температуре около 90 °С, после чего их охлаждают и просеивают (Сатыбалдиева, Калманбетова, Шаршеева, & Егембердиева, 2014). Извлечение пектина производится 90...95 %-м этиловым спиртом, который превращает его в коллоидную взвесь, легко удаляемую из настоя. Поскольку переработка производится при высоких температурах вызывающих разрушение полезных веществ, в том числе потерю пектина, целесообразно удалять его из выжимок сразу же с помощью этилового спирта, а полученный настой концентрировать вымо-

раживанием. Таким образом, можно сохранить полезные свойства продукта и получить пектин, а заодно и решить экологическую проблему утилизации твердых отходов плодоовощной промышленности.

Цель исследования

Выбор рациональных технологических параметров вымораживания исследуемых настоев должен базироваться на изучении изменений их свойств при температурном воздействии на продукт при кристаллизации влаги в рабочем объеме аппарата (Антипов, Добромиров, & Овсянников, 2004).

Целью исследований является исследование поведения спиртованных настоев плодово-ягодного сырья, а также растительных масел при их охлаждении и замораживании. Результаты экспериментов и расчетов позволят назначить рациональные технологические параметры процесса вымораживания спиртовых растворов плодово-ягодного сырья и растительных масел.

Сведения об охлаждении спиртованных настоев плодово-ягодного сырья крайне скудны, отсутствуют также их некоторые физико-химические характеристики. В связи с этим были проведены эксперименты с целью получения данных о свойствах и поведении спиртованных настоев при их охлаждении, замораживании и вымораживании.

Охлаждение и замораживание экстрактов плодово-ягодного сырья изучены мало, отсутствуют также их некоторые физико-химические характеристики. В связи с этим были проведены эксперименты с целью получения данных о свойствах и поведении спиртованных настоев, а также растительных масел при их охлаждении и замораживании

Основным параметром вымораживания является кристаллизация. Воздействием процесса замораживания на качество продуктов в размороженном состоянии объясняются с позиций кристаллизации воды (Голубева, Пожидаева, Болотова, & Илюшина, 2016).

Основным видом энергетического воздействия на исследуемый продукт при вымораживании является охлаждение, сопровождающееся различного рода фазовыми превращениями. Наиболее широко используемый метод термического анализа позволяет с достаточной степенью точности изучить

фазовые превращения, совершающиеся в системах или индивидуальных веществах, по сопровождающим эти превращения тепловым эффектам¹.

Процессы, сопровождающиеся поглощением или выделением теплоты, исследуют путём измерения температур объекта при равномерном изменении температуры окружающей среды. Происходящие в системе фазовые превращения, в зависимости от характера, регистрируются на кривых в виде соответствующих отклонений и образований наклонных или горизонтальных участков, параллельных оси времени².

Методом термического анализа обнаруживается факт протекания процесса, температурный интервал и его экзо- или эндотермический характер (Губайдуллина, 2010).

Методика исследования

Исследование охлаждения спиртованных настоев проводилось в интервале температур 288...253 К, соответствующих превращениям при охлаждении водных растворов. Для записи кривых охлаждения использовали двенадцатиточечный потенциометр КСП-4 (класс точности 0,5) с хромель-копелевой термопарой (диаметр спая 0,5 мм). Схема для записи кривых охлаждения показана на Рисунке 1.

Для проведения экспериментальных исследований с целью построения кривых охлаждения приготавливали два образца настоев плодово-ягодного сырья, причём использовались такие плоды, в которых содержится наибольшее количество пектиновых веществ: сливы (содержание пектиновых веществ 0,8...1,5 % масс.) и яблоки (содержанием пектиновых веществ 0,8...1,8 % масс.) (Овсянников, 2010, с. 24).

Термический анализ проводили следующим образом. В холодильную камеру 1 низкотемпературного стола Frigera HC 280/70.1 помещали медный блок 2 с крышкой, в углублении которого располагали стакан 3 с исследуемым веществом что обеспечивало равномерный отвод теплоты, избегание местных переохлаждений и влияния конвекционных токов воздуха в камере. В геометрический центр исследуемого вещества помещали хромель-копелевую термопару 4, подключённую к потенциометру 5. Таким обра-

зом измерялась и фиксировалась температура продукта.

Результаты и их обсуждение

Термический анализ всегда сопровождается более или менее значительным изменением внутреннего теплосодержания системы. Превращение ведёт за собой поглощение теплоты (эндотермическое превращение) или выделение теплоты (экзотермическое превращение) (Панченко, 2010).

На Рисунке 2. приведены кривые охлаждения спиртованного настоя слив и яблок. Они показывают, как происходит изменение температуры при охлаждении спиртованных настоев.

Анализируя кривые охлаждения исследуемых спиртованных настоев слив и яблок, следует отметить их схожесть, что указывает на идентичность фазовых изменений, происходящих в них при охлаждении. На кривых явно видны характерные изломы, соответствующие переохлаждению, последующему образованию зародышей кристаллов льда и их росту.

На первом участке кривой охлаждения возможность кристаллизации определяется соотношением между температурой объекта и величиной ориентирующих сил, действующих в жидкости. При малой величине ориентирующих сил можно достигнуть температур ниже криоскопической, не вызвав образования кристаллов. Чем меньше ориентирующие силы и действие увеличивающих их дополнительных факторов (чистота, неподвиж-

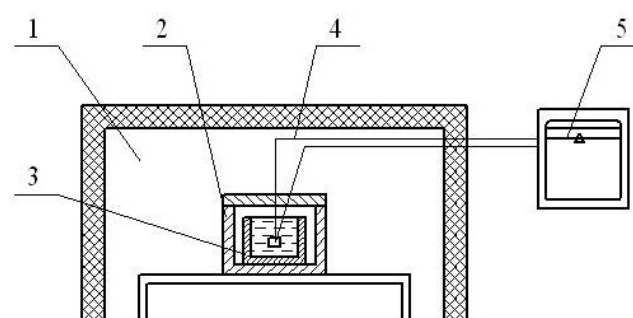


Рисунок 1. Схема для записи термографических кривых: 1 – холодильная камера; 2 – медный блок; 3 – стакан с исследуемым продуктом; 4 – термопара; 5 – потенциометр КСП-4.

¹ Берг, Л. Г. (1969). Введение в термографию. М.: Наука.

² Там же.

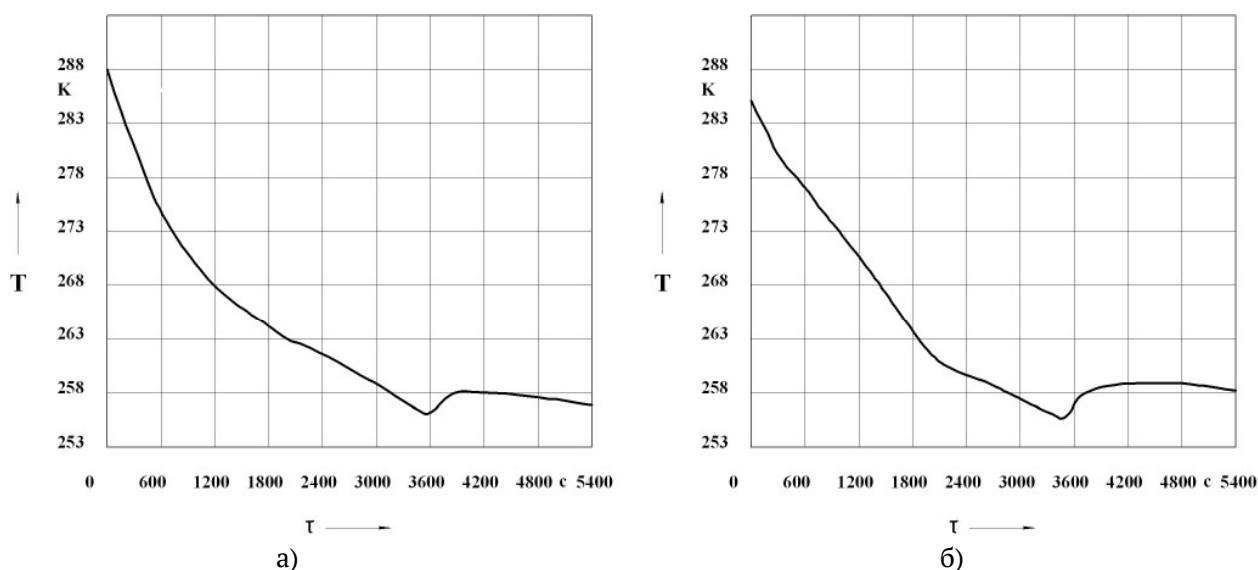


Рисунок 2. Кривые охлаждения спиртованного настоя слив (а) и яблок (б): τ – время, с; T – температура, К

ность жидкости и др.), тем ниже достигаемая температура переохлаждения.

На втором участке кривой выражен процесс переохлаждения жидкости, причём температура переохлаждения тем ниже, чем медленнее протекает процесс снижения температуры. Следовательно, жидкость начинает кристаллизоваться при большей скорости охлаждения.

Фазовое превращение воды в лёд начинается при отводе теплоты в момент нарушения состояния переохлаждения. Поскольку спиртованные настои слив и яблок содержат различные растворённые минеральные и органические вещества, то понижение температуры сопровождается соответствующим изменением концентрации жидкого раствора и выделением некоторого количества теплоты кристаллизации. Наблюдаемые экзотермические эффекты с началом для спиртованного настоя слив при 260,5 К и настоя яблок при 259 К характеризуют начало образования кристаллов льда.

На третьем участке кривой явно выражена криоскопическая температура, причём она не зависит от скорости охлаждения и температуры окружающей среды. Криоскопическая температура, или температура начала образования кристаллов льда, зависит от концентрации раствора, молекулярной массы, диссоциации растворённых веществ и свойств растворителя. Поскольку криоскопическая температура раствора зависит от его концентрации, а последняя в описываемом процессе возрастает с понижением температуры, то процесс можно представить как непрерывное

понижение криоскопической температуры. Поэтому начальной криоскопической температурой принято считать ту, при которой начинается выделение кристаллов льда из раствора без переохлаждения (Овсянников, Кондратьева, Бостынец, & Денежная, 2014; Овсянников & Панченко, 2010).

На четвёртом участке наблюдается дальнейшее охлаждение замороженного продукта. Как и на первом участке охлаждения жидкости, характер поведения кривых идентичен, различима лишь скорость изменения температуры.

На разрыв связей в гидратированных молекулах спиртованного настоя и выделение их в виде твёрдой фазы и воды, как и следовало ожидать, затрачивается энергия, количество которой пропорционально площади экзотермического пика дифференциальной кривой (Ященко 2001). Измерив площадь пика, можно посчитать значение искомой энергии.

На Рисунке 3 показаны термограммы охлаждения жиросодержащих жидкостей в различных фиксированных точках слоя. Характер протекания процесса охлаждения и фазовые переходы аналогичны с термограммами охлаждения спиртованных настоев.

В производственных условиях проведена экспериментально-статистическая оценка процесса вымораживания растительных масел для определения комплексной переработки сырья и промышленной реализации вторичных ресурсов (Ященко, 2017).

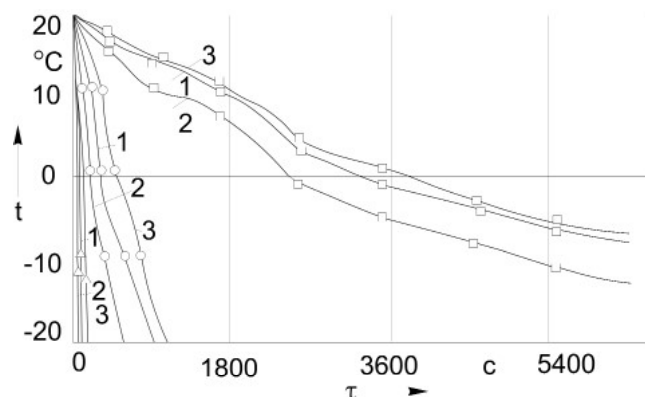


Рисунок 3. Термограммы охлаждения жиродержащего сырья в различных фиксированных точках слоя от поверхности продукта: 1 – 70 мм; 2 – 100 мм; 3 – 190 мм; при скорости барботирования: \square – $w_x=1,2$ м/с; \circ – $w_x=2,2$ м/с Δ – $w_x=2,5$ м/с

Выводы

Предложенная методика исследования охлаждения и замораживания спиртованных настоев вторичного сырья плодовоовощного производства позволяет определить их термические свойства, а также выявить характерные точки фазовых превращений. Приведены перспективы использования жиров и методика их извлечения. Результаты исследования будут полезны при расчётах и конструировании аппаратов для низкотемпературного концентрирования настоев, которое является наиболее рациональным методом переработки плодово-ягодных выжимок для извлечения из них полезного вещества – пектина. Данная переработка позволяет наиболее полно использовать отходы одного из пищевых производств, не утилизировав их, что, несомненно, вносит огромный вклад в предотвращение загрязнения окружающей среды и обеспечения экологической безопасности.

Литература

- Адилов, О. К., Джиянбаев, С. В., & Каршибаев, Ш. Э. (2015). Вторичные продукты масложирового производства. *Молодой ученый*, 2, 118-121.
- Акулов, П. (2013). Современные технологии очистки сточных вод мясоперерабатывающих предприятий. *Все о мясе*, 1, 30-31.
- Антипов, С. Т., Добромиров, В. Е., & Овсянников, В. Ю. (2004). *Тепло- и массообмен при концентрировании жидких сред вымораживанием: Монография*. Воронеж: ВГТА.
- Антипов, С. Т., & Журавлев, А. В. (2006). *Тепло- и массообмен при сушке послеспиртовой зерновой*

барды с закрученным потоком теплоносителя: Монография. Воронеж: ВГТА.

- Баутин, В. М., & Мычка, С. Ю. (2015). Направления развития системы переработки отходов промышленно- производственных подсистем АПК. *Теория науки*, 6, 91-95.
- Брындина, Л. В., Полянский, К. К., & Бакланова, О. В. (2018). Перспективное использование осадков сточных вод в экологическом земледелии. В *Материалы V Международной научно-практической конференции «Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение»* (с. 337-341). Воронеж: ВГУИТ.
- Быстранова, А. О., Теплых, С. Ю., & Теплых, Е. А. (2018). Очистка сточных вод масложировой промышленности. *Градостроительство и архитектура*, 8(4), 24-28. <https://doi.org/10.17673/Vestnik.2018.04.5>
- Волотка, Ф. Б., & Богданов, В. Д. (2013). Технологическая и химическая характеристика пивной дробины. *Вестник ТГЭУ*, 1, 114-124.
- Гаджиева, А. М., Абасова, З. У., & Муртазалиева, З. А. (2020). Ресурсосберегающие технологии комплексной переработки плодовоовощного сырья для перерабатывающей промышленности Дагестана. В *Материалы Международной научно-практической конференции «Биотехнологические, экологические и экономические аспекты создания безопасных продуктов питания специализированного назначения»* (с. 359-365). Краснодар: Изд. КубГТУ.
- Голубева, Л. В., Пожидаева, Е. А., Болотова, Н. В., & Илюшина, А. В. (2016). Изучение влияния условий замораживания на микроструктуру творожных полуфабрикатов. В *Материалы Международной научно-практической конференции «Явления переноса в процессах и аппаратах химических и пищевых производств»* (с. 207-210). Воронеж: ВГУИТ.
- Губайдуллина, А. М. (2010). Теоретические и прикладные аспекты применения методов термического анализа при изучении природных неорганических систем. *Вестник Казанского технологического университета*, 8, 250-256.
- Донченко, Л. В., & Фирсов, Г. Г. (2007). *Пектин: Основные свойства, производство и применение: Монография*. М.: ДеЛи принт.
- Овсянников, В. Ю., Кондратьева, Я. И., Бостынец, Н. И., & Денежная, А. Н. (2014). Исследование криоскопических температур и вымораживания влаги из плодовых соков. *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания*, 4, 34-40.
- Овсянников, В. Ю., & Панченко, С. Л. (2010). Замораживание и размораживание спиртованных настоев. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 1, 23-26.

- Панченко, С. Л. (2010). *Исследование процесса концентрирования творожной сыворотки методом вымораживания* (Дисс. канд. техн. наук). Воронеж: ГОУВПО «ВГТА».
- Панченко, С. Л., Горшков, А. Г., & Бочаров, А. И. (2017). Пути решения проблемы загрязнения сточных вод на примере переработки отходов молочной промышленности. В *Материалы V Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций»* (с. 226-227). Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский институт ГПС МЧС России.
- Попов, А. М., Турова, Н. Н., Стабровская, Е. И., Васильченко, Н. В., & Коняев, А. В. (2015). Особенности использования прямого нагрева при концентрировании сыворотки. *Фундаментальные исследования*, 2, 2124-2128.
- Рябчиков, Б. Е. (2004). *Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования*. М.: ДеЛи принт.
- Сатыбалдиева, Д. К., Калманбетова, Г. К., Шаршеева, Э. Б., & Егембердиева, Г. А. (2014). Очистка сточных вод консервного производства. *Вестник Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н. И. Исанова*, 4, 73-77.
- Степанова, Е. Г., Хомутов, М. П., & Печерица, М. А. (2020). Применение электрокавитации для очистки сточных вод. В *Материалы VII Международной научно-технической конференции «Инновационные технологии в пищевой промышленности: Наука, образование и производство»* (с. 316-319). Воронеж: ВГУИТ.
- Харитонов, Л. А., Лисицкая, Р. П., Мокшина, Н. Я., & Гончаров, Д. В. (2017). Получение адсорбента на основе отходов хлебопекарного производства. В *Материалы VI Международной научно-технической конференции «Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений»* (с. 98-99). Воронеж: ВГУИТ.
- Щуклин, П. В., Ромашина, Е. Ю., & Ручкина, О. И. (2012). Анализ основных направлений обработки осадков городских сточных вод. *Вестник ПНИПУ. Урбанистика*, 4, 119-133.
- Ященко, С. М. (2001). *Исследование и разработка процесса криогенного вымораживания растительных масел* (Дисс. канд. техн. наук). Воронеж: ВГТА.
- Ященко, С. М. (2017). Комплексная переработка сырья и вторичных ресурсов при производстве растительных масел. В *Материалы III Международной научно-практической конференции «Инновационные решения при производстве продуктов питания из растительного сырья»* (с. 333-336). Воронеж: ВГУИТ.
- Bolzonella, D., Cavinato, C., Fatone, F., Pavan, P., & Cecchi, F. (2012). High rate mesophilic, thermophilic, and temperature phased anaerobic digestion of waste activated sludge: A pilot scale study. *Waste Management*, 32(6), 1196-1201. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.01.006>

Study of the Process of Freezing Secondary Raw Materials of Food Industry Enterprises

Sergey L. Panchenko

FSOE HE «Military Educational and Scientific Centre of the
Air Force N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy»
54 «A», Starykh Bolshevikov Street, Voronezh, 394064, Russian Federation
E-mail: psl84@mail.ru

Sergey M. Yashchenko

FSOE HE «Military Educational and Scientific Centre of the
Air Force N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy»
54 «A», Starykh Bolshevikov Street, Voronezh, 394064, Russian Federation
E-mail: serge3y@mail.ru

The article raises an urgent issue related to the processing of secondary resources of food industry enterprises. The main goal is to develop a methodology for investigating cooling and freezing processes. Analysis of sources of pollution and composition of effluents was carried out. The types of modern waste water treatment are given. The characteristics of processes of processing - concentration of extracts of fruit and berry raw materials by frosting in order to extract useful substance for humans - pectin, as well as frosting of fat-containing raw materials of enterprises for processing meat, milk and vegetable oils from waste water are considered. The production of useful products from production waste not only solves the problem of incomplete use of raw materials, but also allows to improve the environmental situation, since the disposal of spent material causes great damage to the environment. Environmental monitoring of food industries with forecast of use of secondary resources is presented. The kinetics experiment of the process of freezing infusions of fruit and berry raw materials was carried out in order to carry out the process of coagulation and precipitation of pectin substances in the form of a precipitate, after which they are easily removed by filtration. Crystallization temperatures and the onset of crystal formation were obtained. Influence of temperature parameter on mechanical cleaning is noted. Studies of fat freezing by cryogenic bubbling of inert gases have been carried out. The method of calculation of energy indicators is given. Characteristics of phase transition of exothermic cooling process are indicated. Chromel copel thermocouples associated with the potentiometer were used to obtain cooling and freezing curves. This technique allows you to study a wide range of other food products. Experimental research is aimed at creating new types of refrigeration equipment, their calculation and design.

Keywords: secondary resources, fruit-berry raw materials, fats, pectin substances, freezing, cooling curves

References

- Adilov, O. K., Dzhiyanbaev, S. V., & Karshibaev, Sh. E. (2015). Vtorichnye produkty maslozhirovogo proizvodstva [Secondary productions of oil and fat production]. *Molodoi uchenyi* [Young Scientist], 2, 118-121.
- Akulov, P. (2013). Sovremennye tekhnologii oshistki stochnykh vod myasopererabatyvayushchikh predpriyatii [Modern technologies of meat processing enterprises waste water treatment]. *Vse o myase* [All about Meat], 1, 30-31.
- Antipov, S. T., Dobromirov, V. E., & Ovsyannikov, V. Yu. (2004). *Teplo- i massoobmen pri kontsentrirovanii zhidkikh sred vymorazhivaniem: Monografiya* [Heat and mass exchange during concentration of the liquid substances by freezing: Monograph]. Voronezh: VGTA.
- Antipov, S. T., & Zhuravlev, A. V. (2006). *Teplo- i massoobmen pri sushke poslespirtovoi zernovoi bardy s zakruchennym potokom teplonositelya: Monografiya* [Heat and mass exchange during drying of the distilled grain stillage with twisting coolant flow: Monograph]. Voronezh: VGTA.
- Bautin, V. M., & Mychka, S. Yu. (2015). Napravleniya razvitiya sistemy pererabotki otkhodov promyshlenno-proizvodstvennykh podsystem APK [Directions for the development of the waste processing system of industrial production subsystems of APC]. *Teoriya nauki* [Theory of Science], 6, 91-95.
- Bryndina, L. V., Polyanskii, K. K., & Baklanova, O. V. (2018). Perspektivnoe ispol'zovanie osadkov

- stochnykh vod v ekologicheskom zemledelii [Prospective use of sediments of waste water in ecological agriculture]. In *Materialy V Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Prodovol'stvennaya bezopasnost': nauchnoe, kadrovoe i informatsionnoe obespechenie"* [Proceedings of 5th International scientific and practical conf. "Food safety: scientific, personnel and informational procuring"] (pp. 337-341). Voronezh: VGUIT.
- Bystranova, A. O., Teplykh, S. Yu., & Teplykh, E. A. (2018). Ochistka stochnykh vod maslozhirovoi promyshlennosti [Oil and fat industry waste water treatment]. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Planning and Architecture], 8(4), 24-28. <https://doi.org/10.17673/Vestnik.2018.04.5>
- Volotka, F. B., & Bogdanov, V. D. (2013). Tekhnologicheskaya i khimicheskaya kharakteristika pivnoi drobiny [Brewer's grain technological and chemical characteristic]. *Vestnik TGEU* [Bulletin of Pacific State Economical University], 1, 114-124.
- Gadzhieva, A. M., Abasova, Z. U., & Murtazaliev, Z. A. (2020). Resursoberegayushchie tekhnologii kompleksnoi pererabotki plodoovoshchnogo syr'ya dlya pererabatyvayushchei promyshlennosti Dagestana [Resource-saving technologies for complex processing of fruit and vegetable raw materials for Dagestan processing industry]. In *Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Biotehnologicheskie, ekologicheskie i ekonomicheskie aspekty sozdaniya bezopasnykh produktov pitaniya spetsializirovannogo naznacheniya"* [Proceedings of International scientific and practical conference "Biotechnological, ecological and economical aspects of specialized purpose safety food products creation"] (pp. 359-365). Krasnodar: Izd. KubGTU.
- Golubeva, L. V., Pozhidaeva, E. A., Bolotova, N. V., & Ilyushina, A. V. (2016). Izuchenie vliyaniya uslovii zamorazhivaniya na mikrostrukturu tvorozhnykh polufabrikatov [Study of effect of freezing conditions on microstructure of curd semi-finished products]. In *Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Yavleniya perenosa v protsessakh i apparatakh khimicheskikh i pishchevykh proizvodstv"* [Proceedings of International scientific and practical conference "Transfer phenomena in processes and apparatus of chemical and food industries"] (pp. 207-210). Voronezh: VGUIT.
- Gubaidullina, A. M. (2010). Teoreticheskie i prikladnye aspekty primeneniya metodov termicheskogo analiza pri izuchenii prirodnnykh neorganicheskikh sistem [Theoretical and applied aspects of use of thermal analysis methods when studying of natural inorganic systems]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University], 8, 250-256.
- Donchenko, L. V., & Firsov, G. G. (2007). *Pektin: Osnovnye svoystva, proizvodstvo i primeneniye: Monografiya* [Pektin: The main properties, production and applying: monograph]. Moscow: DeLi print.
- Ovsyannikov, V. Yu., Kondrat'eva, Ya. I., Bostynets, N. I., & Denezhnaya, A. N. (2014). Issledovanie krioskopicheskikh temperatur i vymorazhivaniya vlagi iz plodovyykh sokov [Research of cryoscopic temperatures and freezing of moisture from fruit juices]. *Tekhnologii pishchevoi i pererabatyvayushchei promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya* [Technologies of Food and Processing Industry AIC – Healthy Food Products], 4, 34-40.
- Ovsyannikov, V. Yu., & Panchenko, S. L. (2010). Zamorazhivanie i razmorazhivanie spirtovannykh nastoev [Freezing and thawing alcoholic infusions]. *Khraneniye i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and Processing of Farm Products], 1, 23-26.
- Panchenko, S. L. (2010). *Issledovaniye protsessa kontsentrirvaniya tvorozhnoi syvorotki metodom vymorazhivaniya* (Diss. kand. tekhn. nauk) [Research of the process of concentration of curd whey by freezing (Master's thesis)]. Voronezh: GOUVPO "VGTA".
- Panchenko, S. L., Gorshkov, A. G., & Bocharov, A. I. (2017). Puti resheniya problemy zagryazneniya stochnykh vod na primere pererabotki otkhodov molochnoi promyshlennosti [Ways of decision of problem pollution of waste water on the example of processing dairy industry waste]. In *Materialy V Vserossiiskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem "Problemy obespecheniya bezopasnosti pri likvidatsii posledstviy chrezvychaynykh situatsii"* [Proceedings of All-Russ. scientific and practical conference with international part. "Problems of ensuring safety in liquidation of the consequences of emergency"] (pp. 226-227). Voronezh: FGBOU VO Voronezhskii institut GPS MChS Rossii.
- Popov, A. M., Turova, N. N., Stabrovskaya, E. I., Vasil'chenko, N. V., & Konyaev, A. V. (2015). Osobennosti ispol'zovaniya pryamogo nagreva pri kontsentrirvaniy syvorotki [Features of use direct heating when concentration whey]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental Researching], 2, 2124-2128.
- Ryabchikov, B. E. (2004). *Sovremennyye metody podgotovki vody dlya promyshlennogo i bytovogo ispol'zovaniya* [Modern methods of water preparation for industrial and domestic use]. Moscow: DeLi print.
- Satybaldieva, D. K., Kalmanbetova, G. K., Sharshieva, E. B., & Egemberdieva, G. A. (2014). Ochistka stochnykh vod konservnogo proizvodstva [Canning production waste water treatment]. *Vestnik Kyrgyzskogo gosudarstvennogo universiteta stroitel'stva, transporta i arkhitektury im. N. I.*

- Isanova [Bulletin of the Kyrgyz State University of Construction, Transport and Architecture. N.I. Isanova], 4, 73-77.
- Stepanova, E. G., Khomutov, M. P., & Pecheritsa, M. A. (2020). Primenenie elektrokavitatsii dlya ochistki stochnykh vod [Electrocavitation using for treatment of waste water]. In *Materialy VII Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii "Innovatsionnye tekhnologii v pishchevoi promyshlennosti: Nauka, obrazovanie i proizvodstvo"* [Proceedings of International scientific and technical conference "Innovation technologies in food industry: Science, education and production"] (pp. 316-319). Voronezh: VGUIT.
- Kharitonova, L. A., Lisitskaya, R. P., Mokshina, N. Ya., & Goncharov, D. V. (2017). Poluchenie adsorbenta na osnove otkhodov khlebopekarnogo proizvodstva [Obtaining an adsorbent based on bakery waste]. In *Materialy VI Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii "Novoe v tekhnologii i tekhnike funktsional'nykh produktov pitaniya na osnove mediko-biologicheskikh vozzrenii"* [Proceedings of International scientific and technical conference "New in technology and technique of functional food products based on biomedical views"] (pp. 98-99). Voronezh: VGUIT.
- Shchuklin, P. V., Romakhina, E. Yu., & Ruchkinova, O. I. (2012). Analiz osnovnykh napravlenii obrabotki osadkov gorodskikh stochnykh vod [Analysis of the main directions of urban waste water sludge treatment]. *Vestnik PNIPU. Urbanistika* [Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Urbanism], 4, 119-133.
- Yashchenko, S. M. (2001). *Issledovanie i razrabotka protsessa kriogenного vymorazhivaniya rastitel'nykh masel* (Diss. kand. tekhn. nauk) [Research and design of process of cryogen freezing of vegetable oils (Master's thesis)]. Voronezh: VGTA.
- Yashchenko, S. M. (2017). Kompleksnaya pererabotka syr'ya i vtorichnykh resursov pri proizvodstve rastitel'nykh masel [Complex processing of raw materials and secondary resources in the production of vegetable oils]. In *Materialy III Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Innovatsionnye resheniya pri proizvodstve produktov pitaniya iz rastitel'nogo syr'ya"* [Proceedings of International scientific and practical conference "Innovative decisions in the production of plant-based foods"] (pp. 333-336). Voronezh: VGUIT.
- Bolzonella, D., Cavinato, C., Fatone, F., Pavan, P., & Cecchi, F. (2012). High rate mesophilic, thermophilic, and temperature phased anaerobic digestion of waste activated sludge: A pilot scale study. *Waste Management*, 32(6), 1196-1201. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.01.006>