

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию
Катанаевой Юлии Александровны на тему «Повышение эффективности
процесса извлечения экстрактивных веществ из отходов томатного
производства», представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 05.18.12- Процессы и аппараты пищевых
производств

Общая характеристика работы

Основное содержание работы изложено на 136 страницах машинописного текста, который состоит из 6 разделов и 5 приложений. Диссертация проиллюстрирована 42 рисунками и содержит 12 таблиц. Список использованной литературы содержит 260 наименований.

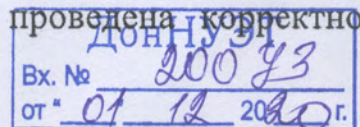
Актуальность для науки и практики

Проблема образования отходов в пищевой промышленности давно обсуждается в научном сообществе, а в последнее время интерес к такой тематике значительно усилился. Пищевые отходы образуются на протяжении всего жизненного цикла пищевых продуктов. В пищевой промышленности образование отходов огромно и является непосредственным результатом обработки сырья, в процессе которой образуются соединения с низкой пищевой ценностью или вовсе непригодные для потребления. Однако в пищевых отходах есть недоиспользуемые или не полностью разрушенные соединения, представляющие производственный и коммерческий интерес. Переработка фруктов и овощей - одна из основных отраслей, производственная деятельность которых приводит к образованию побочных продуктов, которые являются потенциальными источниками волокон, фенольных соединений, каротиноидов и пр. Также, повышение ценности отходов за счет извлечения соединений с высокой добавленной стоимостью в последние годы представляет значительный интерес как способ уменьшения негативного воздействия отходов на окружающую среду.

Поэтому данная работа, направленная на повышение эффективности процессов, применяемых для получения целевых компонентов из отходов переработки томатов, безусловно, актуальна и своевременна.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Научные положения, выводы и рекомендации, изложенные в рецензируемой диссертации, обоснованы системным анализом работ в области развития и современном состоянии физических методов извлечения целевых компонентов из растительного сырья. В работе рассмотрены существующие методы экстрагирования, их преимущества и недостатки. В процессе исследований применялись как традиционные, так и адаптированные методы исследований, в том числе методы количественного анализа наличия каротиноидов, разработанные и запатентованные лично автором. Обработка экспериментальных данных проведена корректно, с



использованием современных программных средств и приложений для инженерных вычислений. Теоретические исследования включают в себя разработку математических моделей процессов экстрагирования каротиноидов субкритической водой и высоким давлением. Положения и выводы диссертации апробированы в ходе научно-практической деятельности автора. Основные результаты по теме диссертационной работы докладывались на 16 научно-практических конференциях разного уровня, в том числе международных и конференции Scopus.

Структура и содержание диссертации

Диссертация Ю.А. Катанаевой носит завершенный характер, состоит из шести разделов, последовательно отражающих логику исследования и позволяющих раскрыть объем и содержание научных положений, обосновать выводы и рекомендации, сделанные автором.

Во введении обоснована актуальность темы, поставлены цели и сформулированы задачи диссертационного исследования. Отмечена научная новизна, практическая ценность результатов, личный вклад диссертанта.

В первом разделе выполнен аналитический обзор существующих методов экстрагирования биологически активных веществ. На основании проведенного анализа применения в пищевых технологиях инновационных процессов переработки отходов пищевой промышленности сделан вывод, отражающий общепринятые понятия и показывающий преимущества и ограничения использования инновационных методов интенсифицирующих процессов экстрагирования в пищевых технологиях. На основании проведенных аналитических исследований определена дальнейшая структура комплекса научных исследований по изучению экстрагирования каротиноидов из отходов томатного производства.

Во втором разделе разработана стратегия исследований, определённых поставленными задачами. Рассмотрены виды каротиноидных пигментов плодов томата, их свойства, химическая и пространственная структуры, методы их определения. Изучены общепринятые и адаптированные к задачам работы методы исследований свойств сырья и получаемых экстрактов.

В третьем разделе приведены результаты разработки и экспериментальной отработки экономически рентабельных методов определения содержания каротиноидов в образцах плодов томата различных сортов и степени их зрелости и в продуктах их переработки. Для проведения сравнительного анализа по содержанию каротиноидов и отработки техники эксперимента были исследованы плоды растений, доминирующим цветом мякоти которых является красный цвет. В рамках этого раздела разработан экспресс-метод цифровой микроскопии для определения содержания каротиноидов в растительном сырье, погрешность которого составляет $\sigma = \pm 0.85 \%$. Также, автором, на основании применения закон Бугера – Ламберта – Бера к системам с коллоидной степенью дисперсности при невысоких концентрациях и малых толщинах слоя, показано, что спектральную зависимость оптической плотности, обусловленную

светорассеянием, можно аппроксимировать эмпирическим выражением в виде линейной функции. Экспериментально определен диапазон длин волн от 3500 до 6500 Å, в котором широкая составная полоса поглощения является суперпозицией полос поглощения отдельных каротиноидных пигментов, входящих в состав *in vivo* образцов мякоти плодов томата. В соответствии с законом аддитивности оптической плотности показано, что площадь под спектральными кривыми представляет собой величину, прямо пропорциональную толщине слоя и суммарной концентрации каротиноидов. Разработанный способ подготовки образцов для измерений и спектрофотометрический метод определения относительного содержания каротиноидов в плодах томата, а также в отходах томатного производства, показал достаточную надежность и высокую скорость проведения исследований.

В четвертом разделе приведены результаты экспериментальных и теоретических исследований по оценке применимости субкритической воды для получения водных экстрактов каротиноидов в общем и ликопина в частности. Приведена тактика экспериментов по подготовке исходного сырья для последующих процессов экстрагирования каротиноидов. Подобрано соответствующее сушильное оборудование и приведены результаты исследований по сушке томатных выжимок. В рамках раздела показана методика проведения экстракции водой в субкритическом состоянии, заключающаяся в автоклавировании стеклянных запаянных ампул с предварительно подготовленными образцами томатных выжимок. Были исследованы образцы, выдержанные в автоклаве при температурах 25, 100 и 120°C в течении 60 минут. Массовое соотношение сырья и экстрагента составляло 1:5. Экстракцию каротиноидов из томатных выжимок проводили двумя методами: традиционным химическим и с применением воды в субкритическом состоянии. Полученный после отделения от воды сухой остаток был проанализирован методом ИК-спектроскопии в матрице KBr и методом УФ-спектроскопии на спектрофотометре Agilent Cary. Автором показано, что полученные результаты ИК-спектроскопического анализа дают основание предположить, что в экстрактах доминирующим каротиноидом является ликопин. Проведенные исследования показали, что применение воды в субкритическом состоянии увеличивает содержание каротиноидов в экстракте на порядок. Результаты сравнения экстрактов из сухих томатных выжимок с применением органических растворителей и экстрактов, полученных с помощью субкритической воды показали, что применение субкритической воды в технологиях экстрагирования позволяет получать водные растворы неполярных веществ, например ликопинов, что значительно расширяет область применения ликопинов как природных антиоксидантов.

В пятом разделе рассмотрены теоретические и экспериментальные аспекты по изучению возможности применения высокого давления для интенсификации процесса экстрагирования каротиноидов из отходов томатного производства. Автором проведена сравнительная оценка

эффективности экстрагирования высоким давлением и традиционным экстрагированием в системе твёрдое тело - жидкость. Судя по полученным результатам, применение высокого давления порядка 300 МПа значительно сокращает время экстрагирования - в среднем на 89%. В рамках раздела была предложена модель кинетики экстрагирования каротиноидов из отходов томатного производства. Полученные расчётные значения показали хорошее соответствие между экспериментальными данными и предсказанными значениями модели как при твёрдо - жидкостной экстракции, так и при экстракции высоким давлением.

В завершении раздела был проведен цикл экспериментов по изучению возможностей интенсификации экстрагирования каротиноидов из отходов томатного производства комбинированной обработкой высоким давлением и ультразвуком. Анализ полученных экспериментальных данных показал, что увеличение давления при экстрагировании увеличивает выход целевого компонента в среднем на 23%, увеличение мощности ультразвукового озвучивания приводит к увеличению выхода целевого компонента в среднем на 3,5%, увеличение же частоты с 20 кГц до 30 кГц наоборот, снижает выход экстрактивных веществ. Комбинирование высокого давления с ультразвуковой обработкой показало наиболее высокие результаты, увеличив выход целевых компонентов по сравнению с традиционным экстрагированием на 38%.

В шестом разделе приведены разработанные автором аппаратурно-технологические схемы для реализации процесса переработки отходов томатного производства при помощи экстрагирования субкритической водой и с применением высокого давления.

Научная новизна положений, выводов рекомендаций, сформулированных в диссертации

К наиболее важным научным результатам исследования, характеризующим его новизну, могут быть отнесены:

- методика и техника комплексных исследований влияния высокого гидростатического давления на кинетику извлечения каротиноидов из отходов томатного производства;
- экспресс-метод цифровой микроскопии для определения содержания каротиноидов в растительном сырье и способ подготовки образцов для измерений;
- адаптация возможностей абсорбционной спектрофотометрии для определения относительного содержания каротиноидов;
- расширение области применения ликопина как природного антиоксиданта за счёт получения водных растворов неполярных веществ;
- интенсификация экстрагирования за счёт применения комбинированной обработки высоким давлением и ультразвуком.

Практическое значение полученных результатов заключается в разработке и практическом применении процесса экстрагирования

каротиноидов на основе результатов экспериментов, в рамках которых впервые:

- даны практические рекомендации по использованию возможностей цифровой микроскопии и абсорбционной спектрофотометрии в проведении экспресс-анализа содержания каротиноидов в растительном сырье;
- разработана аппаратно-технологическая схема линии экстрагирования каротиноидов из отходов томатного производства с использованием экстрагирования субкритической водой;
- разработана аппаратно-технологическая схема линии экстрагирования каротиноидов из отходов томатного производства с использованием высокого гидростатического давления;
- для очистки томатного сырья от магнитных примесей разработан магнитно-ленточный сепаратор, конструкция которого обеспечивает необходимую производительность и селективность выделения различных по магнитным свойствам фракций из вязко-пластичных пищевых масс.

Соответствие диссертации и автореферата требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней

Содержание диссертации, её актуальность, научная новизна и практическая ценность, выводы и рекомендации, автореферат и приведенные публикации в должной степени соответствуют пункту 2.2. Положения о присуждении ученых степеней.

Личный вклад

В диссертационной работе лично Катанаевой Юлией Александровной сформулированы и обоснованы цель и полученные результаты. Автор принимала непосредственное участие в проведении экспериментальных исследований, разработке методико-аппаратурного сопровождения экспериментов и обработке полученных результатов. Диссертация является самостоятельным трудом автора. Автору принадлежат основные идеи опубликованных в соавторстве и использованных в диссертации научных работ.

Замечания и вопросы по работе

1. В первом разделе диссертации, в той её части, где говорится о предварительной обработке исходного сырья для последующего экстрагирования, но вместе с тем не рассмотрены достаточно известные методы, позволяющие значительно повышать концентрацию биологически активных веществ в исходном сырье за счёт предобработки высоким давлением.
2. В литературном обзоре весьма скромно освещены вопросы субкритической водной экстракции и вообще отсутствует информация о сверхкритической водной экстракции, которая широко применяется при экстрагировании биологически активных веществ, то есть в той сфере, в которой автор проводит свои исследования.
3. Вывод 2 по первому разделу носит декларативный характер и не вытекает из той информации, которая рассмотрена в рамках выполнения этого раздела.

4. В диссертационной работе утверждается, что автором разработан «экономически выгодный экспресс-метод цифровой микроскопии для определения содержания каротиноидов в растительном сырье». Однако экономические данные и обоснование экономической выгоды в работе не приведены.

5. В рамках выполнения четвертого раздела работы автором проведен цикл экспериментов по сушке томатных выжимок, на основании результатов которых сделано заключение, что «анализ кривых скорости сушки показал применимость модели А.В. Лыкова для их математического описания». Сказано, что на основе полученных автором данных «определены диапазоны рациональных технологических и конструктивных параметров сушилок с псевдооживленным слоем», однако не приведены ни модели, ни сами параметры сушилок.

6. В четвертом разделе диссертации на рисунке 4.2, а в автореферате на рисунке 7 приведены УФ-спектры экстракта сухого жмыха томата, обозначенные как полученные с использованием *сверхкритической* воды. А в таблице 4.1. диссертации и в таблице 2 автореферата приведены результаты количественного содержания каротиноидов в водном экстракте, полученном с использованием *субкритической* воды. В таблице 2 автореферата следовало представить результаты в сравнении, как на рисунке 7 с использованием раствора метанола.

7. Жаль, что автор, определив перспективность применения дополнительных факторов, которые могут вызвать принудительную конвекцию, уделил внимание только ультразвуку в сочетании с давлением и оставил без внимания весьма перспективный метод управления температурой процесса за счёт создания адиабатических или изотермических условий набора давления.

Заключение

Приведенные замечания не снижают научный уровень и практическую ценность диссертационной работы. Диссертация написана на высоком научно-методическом уровне. Автореферат и опубликованные статьи в полной мере отражают содержание работы. Актуальность темы, степень обоснованности выводов и научных положений, достоверность и новизна результатов позволяют заключить, что диссертация Катанаевой Юлии Александровны «Повышение эффективности процесса извлечения экстрактивных веществ из отходов томатного производства» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение проблемы, имеющей важное значение для пищевой и перерабатывающей промышленности в области извлечения биологически активных веществ из отходов томатного производства. Диссертация соответствует требованиям п.2.2 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства ДНР № 2-13 от 27.02.2015 г.), предъявляемым ВАК МОН ДНР к кандидатским диссертациям, а её автор,

Катанаева Юлия Александровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 - «Процессы и аппараты пищевых производств».

Официальный оппонент
доктор технических наук
(специальность 05.18.15),
профессор,
заведующий кафедрой
пищевой инженерии
ФГБОУ ВО «Уральский
государственный
экономический
университет»



(подпись)

Тихонов Сергей Леонидович

25.11.2020



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный экономический университет» Россия, 620144 г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 62 тел./факс +7 (343)221-27-66 e-mail: tihonov75@bk.ru