

**ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата химических наук Вершининой Юлии Сергеевны
на тему: «Извлечение белка подсолнечника и контроль его качества на
содержание фенольных соединений методами колебательной
спектроскопии»
по специальности 1.4.2. Аналитическая химия**

В условиях роста населения планеты и увеличения нагрузки на природные ресурсы существует острая необходимость в поиске альтернативных источников белка. Подсолнечник является стратегически важной сельскохозяйственной культурой для многих стран, а побочные продукты его переработки (шроты и жмыхи), богатые протеином, могут стать перспективной сырьевой базой для пищевой промышленности. Однако главным препятствием для широкого использования белка подсолнечного шрота является наличие в нем фенольных соединений (в частности, хлорогеновой кислоты). Эти вещества, окисляясь, образуют необратимые связи с молекулами белка, что приводит к появлению зеленого окрашивания, горького вкуса и вяжущего ощущения, а также снижению пищевой ценности конечного продукта за счет ухудшения усвояемости. Существующие методы очистки белков от фенольных соединений часто являются недостаточно эффективными, могут негативно влиять на нативную структуру белка или являются экономически нецелесообразными. В связи с этим, разработка подходов к извлечению высококачественного белка из подсолнечного шрота является актуальной задачей, способствующей решению проблемы переработки отходов и укреплению продовольственной безопасности.

Не менее важной задачей является разработка методик определения фенольных соединений для оперативного контроля качества во время всего технологического процесса. Методы колебательной спектроскопии (ИК и комбинационного рассеяния) обладают рядом ключевых преимуществ: неразрушающий и бесконтактный анализ, отсутствие реактивов, экспрессность и возможность автоматизации.

В связи с этим диссертационная работа Вершининой Юлии Сергеевны, направленная на разработку подходов к извлечению белка подсолнечника и контролю качества его качества на содержание фенольных соединений методами колебательной спектроскопии представляется важной, перспективной и актуальной.

Научная новизна и основные результаты заключаются в следующем:

- 1) разработан эффективный способ извлечения белка из шрота подсолнечника и последующего его отделения от маточного раствора методом флотации, который позволил повысить степень извлечения целевого вещества до $(94 \pm 1) \%$;
- 2) внесение антиоксиданта на одной из стадий извлечения белка позволило предотвратить окисление фенольных соединений в условиях щелочной экстракции, а применение сверхкритического диоксида углерода для дополнительной очистки белкового препарата позволило получить изолят с чистотой $(96 \pm 1) \%$;
- 3) разработан способ определения общего количества белка в шроте и белковых препаратах подсолнечника, основанный на сочетании азотометрического метода Дюма в сочетании с спектрофотометрическим методом Лоури для подтверждения белковой природы азота;
- 4) разработан способ неdestructивного анализа сырья и конечного белкового продукта на содержание фенольных соединений методами КР и ИК-спектроскопии, а также предложена ГКР сенсорная система для экспрессного определения хлорогеновой и кофейной кислот в объектах с белковой матрицей.

Полученные в работе научные результаты и вытекающие из них выводы имеют важное теоретическое и практическое значение.

Работа имеет следующую структуру: список использованных сокращений, введение, обзор литературы, экспериментальная часть, результаты и их обсуждение, заключение, выводы, список литературы. Работа

изложена на 141 странице, включая 55 рисунков и 34 таблицы. В списке литературы 198 наименований.

Во введении описана актуальность темы, цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость работы, степень ее апробации.

В первой главе обзора литературы рассмотрены источники растительного белка, приведена классификация наиболее перспективных из них, дана характеристика их состава и приведены примеры использования в пищевой промышленности.

Вторая глава содержит комплексную характеристику подсолнечного шрота как перспективного источника пищевого белка. Представлены данные о его аминокислотном составе, технико-функциональных свойствах, а также описаны способы получения белковых препаратов различной степени чистоты.

Третья глава посвящена характеристике, классификации фенольных соединений, содержащихся в растительных белках. Описаны известные методы очистки белков от продуктов окисления фенольных соединений.

В четвертой главе рассмотрены основные методы контроля качества исходного сырья и конечных целевых продуктов на содержание белка, клетчатки и фенольных соединений.

Пятая глава (экспериментальная часть) содержит описание используемых в работе реактивов, материалов и оборудования, методик пробоподготовки и проведения экспериментов, расчетных формул.

Результаты и их обсуждение представлены в двух главах. Шестая глава посвящена выбору оптимальных условий выделения белка из подсолнечного шрота, выбору условий дополнительной очистки белка, а также сравнению разработанного подхода с классической технологией.

В седьмой главе рассмотрены методы контроля качества исходного сырья и конечного белкового продукта на содержание белка и фенольных соединений.

Изложенное позволяет сделать вывод о том, что автором выполнен большой объем экспериментальной работы. По теме диссертационной работы опубликовано 13 печатных работ, в том числе 3 статьи в рецензируемых научных журналах, индексируемых в международных базах данных (Web of Science, Scopus, RSCI) и рекомендованных в диссертационном совете МГУ по специальности 1.4.2. Аналитическая химия. Опубликовано 10 тезисов докладов на международных и российских конференциях.

По диссертации есть следующие замечания, вопросы, пожелания:

1. В литературном обзоре, к сожалению, не приведена информация из открытых источников о сверхкритическом диоксиде углерода, используемом в качестве инструмента для дополнительной очистки белка. Хотя публикации на эту тему есть в открытой печати.
2. В диссертации сказано, что хлорогеновая кислота является основным из фенольных соединений, очистка от которой – одна из задач работы. Было бы интересно получить информацию, как уменьшается в абсолютном измерении количество хлорогеновой кислоты в белке на каждой последующей (или альтернативной) стадии очистки, тем более что аналитические инструменты для этого есть.
3. В процессе выделения белка разными методами удается достичь содержания белка в продукте не выше 66%. Какие примеси остаются в продукте, от которых нужно проводить дополнительную очистку?
4. К сожалению, в работе отсутствует обоснование выбора способов дополнительной очистки белка. Барботирование углекислым газом вызывает сомнения в успешности, так как неясен возможный механизм очистки.
5. В диссертации упоминается тема сохранения нативности белка, однако этот параметр никак не оценивается для исходного шрота и получаемого белкового продукта.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.4.2. Аналитическая химия (по химическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова. Диссертационное исследование оформлено согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Вершинина Юлия Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидат химических наук по специальности 1.4.2. Аналитическая химия.

Официальный оппонент:

Кандидат химических наук,
И.о. заведующего лабораторий Сверхкритических флюидных технологий
ФГБУН Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова
(ИОНХ РАН)

Паренаго Ольга Олеговна

01.12.2025 г.

Контактные данные:

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация:
02.00.15 – Кинетика и катализ

Адрес места работы:

119071, г. Москва, Ленинский проспект, д.31,
ФГБУН Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова,
лаборатория Сверхкритических флюидных технологий
Тел.: +7(495)952-07-87; e-mail: info@igic.ras.ru