

## 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

При характеристике состава препаратов биологического происхождения, в частности – продукции сельского хозяйства, применение традиционных подходов и методик в значительной степени затрудняется взаимодействиями между низкомолекулярными и биополимерными компонентами. Эти процессы происходят при хранении и технологических обработках сырья и приводят к формированию межмолекулярных комплексов, изменяющих пользовательские характеристики продукции, но корректно не регистрируемых традиционными методами, предложенными для исходных компонентов. Для адекватной оценки сырья, продуктов его многостадийной переработки и конечной потребительской продукции необходима разработка новых методик, которые могут быть эффективно реализованы заводскими лабораториями и позволят оценивать содержание биополимеров и влияющих на их состояние компонентов. Такая ситуация возникает при переработке подсолнечника, одним из крупнотоннажных продуктов которой является подсолнечный шрот – важный компонент кормов для животноводства. Содержащиеся в шроте фенольные соединения при высоких значениях pH и температуры модифицируют белковые молекулы, ухудшая потребительскую ценность продукции. Поэтому корректный контроль содержания компонентов шрота необходим для выбора наиболее эффективных технологических процессов, мониторинга их осуществления на производствах и оценки качества конечной продукции.

Изложенные выше соображения определяют **актуальность** исследования Ю.С. Вершининой, направленного на разработку эффективных подходов к выделению белка из подсолнечного шрота и методик контроля качества сырья и конечного продукта.

Диссертация, автореферат и публикации Ю.С. Вершининой свидетельствуют о достижении цели исследования и полноте решения всех поставленных для этого задач. Планирование исследования, совокупность выполненных работ, полученные результаты, их интерпретация и сравнительная оценка, характеристика достигнутого прогресса в тематической области диссертации в полной мере отражены в подготовленных материалах.

Работа имеет следующую структуру: введение, обзор литературы (четыре главы), экспериментальная часть (исходные вещества, посуда, аппаратура, обработка результатов измерений, методики экспериментов), обсуждение результатов (две главы), заключение и список литературы (192 источника).

Обзор литературы подробно рассматривает доминирующие в современной мировой практике источники растительного белка, их достоинства и недостатки. Показана значимость использования белка подсолнечника, описаны общие принципы технологий его переработки, требования к обеспечению высокого выхода продукции, минимизации содержания фенольных соединений. Проведен систематический анализ существующих методов определения белки, клетчатки и фенольных соединений. Собранные и систематизированные материалы убедительно обосновывают предложенный план исследования и формируют базу для интерпретации получаемых результатов.

Экспериментальная часть демонстрирует совокупность методов, освоенных Ю.С. Вершининой в рамках диссертационной работы и примененных для ее выполнения. Представлены методики получения и дополнительной очистки белка из подсолнечного шрота, определения содержания белка, выделения фенольных соединений из подсолнечного шрота и белкового препарата, определения фенольных соединений методами спектрофотометрии, высокоэффективной жидкостной хроматографии, ИК-спектроскопии, спектроскопии комбинационного рассеяния, ГКР-спектроскопии, а также процедуры обработки результатов измерений.

Данный ряд методик корректно выбран для решения поставленных задач и подтверждает высокую квалификацию соискателя.

Представление результатов исследования отражает его логичное планирование и успешную реализацию, обеспечившую решение всех поставленных задач. Полученные результаты полно и однозначно описаны и корректно интерпретированы. В рамках проведенного исследования выбран и обоснован протокол извлечения белка из подсолнечного шрота с получением продукта высокой степени чистоты. Предложены подходы к предотвращению связывания молекул белка с продуктами окисления фенольных соединений. Осуществлена оценка эффективности азотометрических и спектрофотометрических методов определения белка применительно к подсолнечному шроту и продуктам его переработки. Разработаны оригинальные методики неdestructивных измерений содержания фенольных соединений в подсолнечном шроте и получаемых из него обогащенных белковых продуктах, основанные на использовании Рамановской и ИК-спектроскопии.

**Научную новизну** работы определяют полученные сведения о сравнительной эффективности различных способов выделения белка из маточного раствора при получении шрота методом флотации с использованием органических растворителей. Установлено влияние параметров обработки сырья на выход конечного белкового препарата и уровень солевых отходов. Для экспрессного определения хлорогеновой и кофейной кислот в объектах с белковой матрицей предложена ГКР-сенсорная система на основе медной фольги, модифицированной наночастицами серебра, потенциально перспективная и для определения других соединений.

**О практической значимости** исследования свидетельствует успешное масштабирование и апробация в ООО «Бирюч-НТ» разработанного способа выделения белка из подсолнечного шрота. Достигнутые аналитические характеристики предложенных методик определения белка и фенольных соединений подтверждают возможности их использования для контроля содержания этих соединений при мониторинге реализации технологических процессов.

Все работы, проведенные в рамках диссертационного исследования, корректно спланированы и детально описаны в диссертации и статьях Ю.С. Вершининой. Интерпретация результатов опирается на анализ полученных данных с применением современного методического инструментария и с учетом результатов предшественников. Это позволяет однозначно констатировать **достоверность, обоснованность положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы.**

Изложение материала в диссертации хорошо структурировано; полностью представлен объем проведенных работ и взаимосвязи различных направлений исследования. Автореферат информативно отражает основные результаты, полученные соискателем, и их интерпретацию. По материалам работы опубликовано три статьи в рецензируемых научных изданиях, индексируемых международными базами данных и рекомендованных в диссертационном совете МГУ по специальности 1.4.2 - Аналитическая химия. Результаты исследования представлены профессиональному сообществу в 10 докладах на профильных научных мероприятиях.

При ознакомлении с диссертацией и авторефератом возникли некоторые **замечания и вопросы.**

1. Важным достоинством исследования является реализация разнообразных методов определения концентрации белка. Предлагая сочетание азотометрического метода Дюма и спектрофотометрического метода Лоури, Ю.С. Вершинина демонстрирует достигаемые при этом аналитические характеристики, свидетельствующие о возможностях его практического применения. Однако было бы полезно дополнительное сравнительное рассмотрение новой разработки и основных традиционных методов, которое позволило бы продемонстрировать конкурентный потенциал и перспективы использования предложенного подхода, в том числе для характеристики других объектов.

2. Выбор условий экстракции демонстрируется 3Д-диаграммами изменения содержания твердого остатка от варьируемых значений рН и гидромодуля (рис. 23, 24 диссертации). Соображения диссертанта логичны, однако утверждение о денатурации белка при переходе от рН 11 к рН 12

желательно было бы подтвердить ссылками на литературные данные о непосредственном изучении этого процесса. К тому же остается неясным, в чем состоят негативные последствия денатурации при получении препарата пищевого назначения. Вероятно, здесь следовало бы дифференцировать разные степени структурных изменений белков.

3. Градуировочные зависимости для рассматриваемых в работе спектрофотометрических методик аппроксимируются линейными функциями при представлении в осях (концентрация аналита – поглощение), тогда как для методик, основанных на ИК спектроскопии, линейная аппроксимация проведена при представлении в осях (логарифм концентрации аналита – поглощение). Чем обусловлены отличия этих решений?

Указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования Ю.С. Вершининой. Они носят частный и дискуссионный характер, не влияют на обоснованность положений, выносимых на защиту, и не снижают общую положительную оценку работы.

Работа соответствует паспорту научной специальности 1.4.2 – Аналитическая химия по областям исследований: методы химического анализа (химические, физико-химические, атомная и молекулярная спектроскопия, хроматография, рентгеновская спектроскопия, масс-спектрометрия, ядерно-физические методы и др.); анализ объектов окружающей среды; анализ пищевых продуктов

Диссертация Ю.С. Вершининой 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. Диссертация оформлена 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 кандидата химических наук по специальности 1.4.2. Аналитическая химия.

**Официальный оппонент:**

доктор химических наук, профессор,  
руководитель отдела лиганд-рецепторных  
взаимодействий и биосенсорики;  
заведующий лабораторией иммунобиохимии  
Федерального государственного учреждения  
«Федеральный исследовательский центр  
«Фундаментальные основы биотехнологии»  
Российской академии наук» (ФИЦ Биотехнологии РАН)

ДЗАНТИЕВ Борис Борисович

« 5 » декабря 2025 г.

Контактные данные:

тел.: 8-495-954-31-42 . E-mail: dzantiev@inbi.ras.ru  
Специальность, по которой официальным оппонентом  
защищена докторская диссертация:  
03.00.04 – Биохимия

Адрес места работы:

119071 Москва, Ленинский проспект, д. 33, стр. 2  
ФИЦ Биотехнологии РАН, лаборатория иммунобиохимии  
Тел.: 8-495-954-52-83; e-mail: info@fbras.ru

*Подпись сотрудника ФИЦ Биотехнологии РАН  
Дзантиева Бориса Борисовича удостоверяю*

Ученый секретарь ФИЦ Биотехнологии РАН, к.б.н.

« 5 » декабря 2025 г.

А.Ф. Орловский