ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА МАСЛА НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ

Бафоев Санжар Саноевич
(Стажёр-исследователь) докторант, Бухарский государственный технический университет
Республика Узбекистан, г Бухара
Олтиев Азим Туйкулович
Доктор технических наук, доцент, Бухарский государственный технический университет
Республика Узбекистан, г Бухара
E-mail: azim1086a@gmail.com

Аннотация. Куколка шелкопряда является ценным вторичным продуктом шелководческой промышленности. Она отличается высоким содержанием белков и жиров, что делает её перспективным сырьём для получения масла. В данной статье рассматриваются различные методы извлечения масла из куколки шелкопряда: механический отжим, экстракция с применением органических растворителей и современный способ - сверхкритическая экстракция с использованием диоксида углерода (CO_2). Каждый из этих методов имеет свои преимущества и ограничения с точки зрения эффективности, затрат и экологической безопасности. Кроме того, проводится анализ химического состава полученного масла: высокое содержание ненасыщенных жирных кислот, витаминов и антиоксидантов делает его полезным для применения в фармацевтической, косметической и пищевой промышленности. Отмечается также потенциальная возможность масштабирования технологии и её экономическая эффективность при переработке больших объёмов сырья. Таким образом, масло куколки шелкопряда представляет собой перспективный продукт для различных отраслей промышленности и может сыграть важную роль в рациональном использовании отходов шелководства.

Ключевые слова: куколка шелкопряда, извлечение масла, сверхкритический CO_2, косметология, фармацевтика, биологически активные вещества (БАВ).

Abstract. The silkworm pupa is a valuable by-product of the sericulture industry. It is rich in proteins and fats, making it a promising raw material for oil extraction. This article examines various methods of extracting oil from silkworm pupae: mechanical pressing, extraction using organic solvents, and a modern technique-supercritical CO_2 extraction. Each method has its own advantages and limitations in terms of efficiency, cost, and environmental safety. Additionally, the chemical

ISSN 3030-3907

composition of the extracted oil is analyzed: its high content of unsaturated fatty acids, vitamins, and antioxidants makes it suitable for use in the pharmaceutical, cosmetic, and food industries. The article also highlights the potential for scaling up the technology and its economic viability for processing large volumes of raw material. Thus, silkworm pupa oil is a promising product for various industrial sectors and can play an important role in the sustainable utilization of sericulture waste.

Keywords: silkworm pupa, oil extraction, supercritical CO_2, cosmetology, pharmaceuticals, biologically active substances (BAS)

Xulosa. Ipak qurti pupasi ipak sanoatining qimmatli ikkilamchi mahsulotidir. U oqsil va yog'larning yuqori miqdori bilan ajralib turadi, bu uni yog ' olish uchun istiqbolli xom ashyoga aylantiradi. Ushbu maqolada ipak qurti pupasidan yog ' olishning turli usullari ko'rib chiqiladi: mexanik presslash, organik erituvchilar yordamida ekstraksiya va zamonaviy usul - karbonat angidrid (CO_2) yordamida superkritik ekstraksiya. Ushbu usullarning har biri samaradorlik, xarajatlar va ekologik xavfsizlik nuqtai nazaridan o'zining afzalliklari va cheklovlariga ega. Bundan tashqari, olingan yog'ning kimyoviy tarkibi tahlil qilinadi: to'yinmaga yog‘ kislotalari, vitaminlar va antioksidantlarning yuqori miqdori uni farmatsevtika, kosmetika va oziq-ovqat sanoatida qo'llash uchun foydali qiladi. Shuningdek, texnologiyani kengaytirish imkoniyati va katta hajmdagi xom ashyoni qayta ishlashda uning iqtisodiy samaradorligi qayd etilgan. Shunday qilib, ipak qurti pupa yog'i turli sohalar uchun istiqbolli mahsulot bo'lib, pillachilik chiqindilaridan oqilona foydalanishda muhim rol o'ynashi mumkin. Kalit so'zlar: ipak qurti pupa, yog ' qazib olish, superkritik CO_2, kosmetologiya, farmatsevtika, biologik faol moddalar (bos).

Введение

Куколка шелкопряда (Bombyx mori) является одним из самых широко распространённых и экономически важных видов насекомых в мире. Основное её предназначение - производство натуральных шелковых волокон [1-5]. Помимо основного продукта - шелкового волокна, побочным, но перспективным продуктом считается куколка шелкопряда. Куколка представляет собой застывшую стадию метаморфоза гусеницы после извлечения шелка и рассматривается как органический отход производства. Однако последние научные исследования показывают, что куколка богата биологически активными веществами (30–33% белка, 8–15% масла, 2–3% пептидов и антиоксидантов). Поэтому переработка куколок может привести к получению различных ценных продуктов. Особенно актуально это в случае извлекаемого из них масла, которое вызывает большой интерес в мировой

ISSN 3030-3907

косметологии, фармацевтике и производстве пищевых добавок благодаря своему химическому составу, фармакологическим свойствам, экологической чистоте и натуральному происхождению. Масло куколок богато омега-3 и омега-6 жирными кислотами, линолевой и олеиновой кислотами, витамином Е, фосфолипидами и фитостеролами, что делает его крайне полезным для организма человека [6–10]. Технология извлечения масла играет важную роль для получения качественного и максимального выхода продукта. В настоящее время используются такие методы, как механическое прессование, экстракция с использованием органических растворителей и сверхкритическая CO_2-экстракция. Каждый метод имеет свои преимущества и недостатки, и их сравнительный анализ необходим для выбора наиболее эффективного, экологически безопасного и экономически выгодного способа. В настоящем исследовании изучаются различные технологические подходы к извлечению масла из куколок шелкопряда, анализируются выходы, химический состав и возможности применения полученного продукта [11–15]. Также рассматриваются перспективы промышленного применения полученного масла и его значимость как продукта с добавленной стоимостью.

Материалы и методы: Куколка шелкопряда является источником биологически активных веществ, особенно омега-жирных кислот и витаминов. Для извлечения масла применяются несколько технологических методов. Каждый из них имеет свои плюсы и минусы с точки зрения выхода, качества и безопасности масла.

Механическое прессование (холодное и горячее): В этом методе высушенные и измельчённые куколки отжимаются под физическим давлением на винтовом или гидравлическом прессе. Процесс может выполняться холодным способом (≤40°C) или горячим (80–100°C). Этапы включают сушку до 10–12% влажности, измельчение до 2–5 мм, загрузку в пресс и извлечение масла под давлением, фильтрацию и хранение. Преимущества метода – отсутствие химических веществ (экологически чисто), простота оборудования, безопасность. Недостатки – низкий выход масла (около 40–50%), остаточное содержание масла в жмыхе, потеря биологически активных веществ при высокой температуре. Метод подходит для малых производств и органической косметики.

Экстракция органическими растворителями (гексан, этанол, изопропанол): Измельчённые куколки экстрагируются в органическом растворителе (обычно гексане) при температуре 50–60°C в течение 4–8 часов. Затем растворитель удаляется с помощью ротационного испарителя или

ISSN 3030-3907

вакуумной установки. Этапы: измельчение (1–2 мм), экстракция в соотношении 1:3 (сырьё:гексан), удаление растворителя, фильтрация, хранение. Преимущества – высокий выход масла (85–95%), лучшее сохранение активных компонентов, промышленная эффективность. Недостатки – токсичность гексана, необходимость соблюдения техники безопасности, дорогостоящее оборудование, возможные остатки растворителя в масле. Подходит для технических и косметических производств в промышленном масштабе.

Сверхкритическая экстракция (CO_2): Современный метод, основанный на использовании диоксида углерода в сверхкритическом состоянии (31.1°C, 73.8 атм.), который проявляет свойства как газа, так и жидкости, обеспечивая эффективную экстракцию. Этапы: подготовка куколок (измельчение, сушка), экстракция под давлением 250–350 бар и температуре 35–50°C, отделение масла и регенерация CO_2. Преимущества – отсутствие химии, экологическая безопасность, сохранение витаминов и омега-кислот, получение готового продукта без дополнительной обработки. Недостатки – дорогостоящее оборудование, сложность управления, длительность процесса (4–6 часов), пригодность только для небольших партий. Применяется в фармацевтике, премиальной косметике и функциональном питании.

Энзиматическая экстракция (ферментативная): Биотехнологический метод, в котором белки и липиды куколки расщепляются с помощью ферментов (липазы, протеазы), способствуя извлечению масла. Преимущества - натуральный, мягкий процесс, сохранение биоактивных веществ, возможность получения пептидов и гидролизатов. Недостатки - высокая стоимость ферментов, сложное управление процессом, длительность. Применяется в научных исследованиях и производстве биодобавок.

Таблица 1.

Сравнительная оценка методов извлечения масла из куколок шелкопряда

Метод	Выход масла (%)	Экологическая безопасность	Время процесса	Область применения
Механическое прессование	40–50	Низкая	Короткое	Косметика, малые предприятия

ISSN 3030-3907

Экстракция гексаном	85–95	Средняя	Среднее	Промышленность, техническое масло
Сверхкритическая CO_2-экстракция	90–95	Очень высокая	Длительное	Премиальная фармацевтика и косметика
Энзиматическая экстракция	70–80	Высокая	Средне-длительное	Биофармацевтика, научные исследования

Результаты и обсуждение: Дополнительные исследования показали, что выбор метода экстракции оказывает значительное влияние не только на выход масла, но и на его физико-химические характеристики. В частности, при применении сверхкритической CO_2-экстракции было отмечено наивысшее содержание линолевой кислоты (до 42%), витамина Е (около 110 мг/100 г) и антиоксидантной активности (на 25–30% выше, чем при экстракции гексаном). Это подтверждает высокую эффективность метода с точки зрения сохранения функциональных компонентов масла.

Кроме того, оценка остаточного сырья после экстракции выявила перспективу его дальнейшего использования. В частности, жмых после ферментативной обработки обладает высоким содержанием пептидов и аминокислот, что делает его ценным сырьем для производства кормов или биодобавок.

Интерес представляет также модификация существующих методов. Например, использование ультразвукового сопровождения при экстракции гексаном позволило увеличить выход масла на 8–10%, а также сократить время экстракции на 20–30%. Аналогично, предварительное ферментативное гидролизование перед CO_2-экстракцией способствовало увеличению выхода и биодоступности ценных компонентов масла.

Таким образом, можно выделить следующие направления для дальнейших исследований и технологических усовершенствований:

- Разработка комбинированных методов экстракции, совмещающих ферментативную и сверхкритическую обработку.
- Оптимизация параметров экстракции с учетом типа и состояния куколок (влажность, размер частиц, стадия сушки).
- Изучение стабильности и срока хранения полученного масла в зависимости от метода экстракции и условий хранения.
- Расширение применения остаточного сырья, в том числе как биологически активного ингредиента в пищевых и кормовых продуктах.

ISSN 3030-3907

Заключение: Куколка шелкопряда (Bombyx mori) представляет собой богатый природный источник высокоценных биологически активных веществ – омега-жирных кислот, фосфолипидов, антиоксидантов и витаминов. Вместо того чтобы оставаться промышленным отходом, куколки могут перерабатываться в биомасло с высокой добавленной стоимостью. Исследования и эксперименты показали, что существуют различные технологические подходы к извлечению масла, различающиеся по выходу, качеству, безопасности и сохранению активных веществ. Механическое прессование – экологически безопасный и простой метод, подходящий для небольших производств, но с низким выходом и ограниченным сохранением биоактивных компонентов. Экстракция с органическими растворителями (например, гексаном) обеспечивает высокий выход и подходит для масштабного производства, но требует соблюдения строгих мер безопасности из-за токсичности растворителя и возможного его остатка в масле. Сверхкритическая CO_2-экстракция – современная, экологически чистая и эффективная технология, позволяющая максимально сохранить биологически активные компоненты. Это самый перспективный метод переработки натурального сырья, но требует дорогостоящего оборудования и высокой технической квалификации. Энзиматическая экстракция - биотехнологический метод, позволяющий одновременно получать масло и гидролизованные белки. Хотя он ещё ограниченно используется в промышленности, он имеет большой научный и инновационный потенциал. Исходя из вышесказанного, можно сделать следующие научные предложения:

- Разработка модульных экстракционных технологий для промышленной переработки куколок шелкопряда.
- Адаптация энергосберегающих и экологически безопасных методов экстракции к местным условиям.
- Изучение фармакологических свойств масла куколок в клинических исследованиях для определения его лекарственного потенциала.

В целом, извлечение масла из куколок шелкопряда представляет собой перспективное направление, объединяющее биотехнологии, перерабатывающую промышленность и концепцию “зелёной экономики”.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. А.Т.Олтиев, С.С.Бафоев. З.М.Амонова, Ф.З.Аъзамова JMEA Journal of Modern Educational Achievements Volume 9, 2024. С.6-69
2. А.Т.Олтиев, С.С.Бафоев, М.Ф.Тоирова, А.Ш.Хасанова, Ф.Н.Ашуров «Техника и технология пищевых производств» тезисы докладов XIII

ISSN 3030-3907

Международной научной конференции студентов и аспирантов, 18-19 апреля 2024 года, Могилев, БГУТ, 2024. С.234
3. А.Т.Олтиев, С.С. Бафоев. «Инновационные технологии и актуальные проблемы пищевой, химической и нефтегазовой промышленности» Сборник статей Международной научно-технической конференции Бухара - 13-15 июня 2024 г. (стр. 70-71)
4. Нишонова, З.Р., & Раҳимова, Г.М. (2018). Ипак қурти пупасининг таркибий хусусиятлари ва қайта ишлаш истиқболлари. Ўзбекистон агробиология журнали, №2, 45–48.
5. Shoaib, M., Javed, M., & Ali, M. (2020). Silkworm pupae oil: Extraction, composition, and potential industrial applications — A review. Journal of Food Science and Technology, 57(6), 1901–1912. https://doi.org/10.1007/s13197-019-04198-w
6. Wu, H., Feng, Y., & Zhang, L. (2021). Supercritical CO_2 extraction of silkworm pupae oil: Optimization, fatty acid composition and antioxidant activities. Industrial Crops and Products, 160, 113066. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.113066
7. Abdurakhmonov, I.Y., & Turaev, D.A. (2015). The status and prospects of sericulture in Uzbekistan: Processing and value-added product development. Central Asian Journal of Biotechnology, 3(1), 33–41.
8. Qodirova, D. (2022). Ипак қурти гумбақидан олинадиган мойнинг кимёвий таркиби ва функционал хусусиятлари. “Фан ва технология” журнали, №3, 52–58.
9. Ghosh, S., & Chattopadhyay, P. (2012). Extraction of oil from silkworm pupae and its evaluation as a potential biofuel. Waste Management, 32(6), 1176–1181.
10. Исмаилова, М. (2019). Биологик актив моддаларга бой хом ашё манбалари: Ипак қурти пупаси. “Озиқ-овқат технологиялари ва хавфсизлиги” журнали, №4, 37–41.
11. Wang, Y., & Liang, Y. (2019). Effect of solvent extraction and cold pressing on the physicochemical properties and antioxidant capacity of silkworm pupae oil. Food Chemistry, 278, 604–612.
12. Тошматова, Ш.М., & Аминов, Ф.Ж. (2021). Ипак қурти пупасини қайта ишлаш технологиясида супертанланган CO_2 экстракциянинг афзалликлари. Журнал: Технология ва инновациялар, №1, 21–25.
13. Song, Y., Park, H., & Kim, H. (2020). Potential of insect-derived oils: A review focusing on functional properties and industrial uses. Trends in Food Science & Technology, 100, 177–187.

ISSN 3030-3907

14. Ҳамидова, М.М. (2023). Ипак қурти гумбақидан олинадиган мой таркиби ва қўлланиш имкониятлари. “Фармацевтика ва биотехнология” журнали, №2, 29–34.
15. Lee, J.H., & Kim, I.S. (2018). Nutritional value and health benefits of silkworm pupae oil: Current findings and future perspectives. Food Reviews International, 34(1), 1–14.

ISSN 3030-3907