

March 2020

Effective oil extraction from *Bombyx mori* silkworm pupae and its structural characteristics

Avazova Oynavod

Institute of Chemistry and Physics of Polymers, avazova1972@mail.ru

Yugai Sveta

Institute of Chemistry and Physics of Polymers, S-Yugai@List.ru

Rashidova Sayora

Institute of Chemistry and Physics of Polymers, polymer@academy.uz

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/cce>

 Part of the [Materials Science and Engineering Commons](#)

Recommended Citation

Oynavod, Avazova; Sveta, Yugai; and Sayora, Rashidova (2020) "Effective oil extraction from *Bombyx mori* silkworm pupae and its structural characteristics," *CHEMISTRY AND CHEMICAL ENGINEERING*: Vol. 2020 : No. 1 , Article 5.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/cce/vol2020/iss1/5>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in CHEMISTRY AND CHEMICAL ENGINEERING by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact sh.erkinov@edu.uz.

EFFECTIVE OIL EXTRACTION FROM *BOMBYX MORI* SILKWORM PUPAE AND ITS STRUCTURAL CHARACTERISTICS

Oynavod AVAZOVA (avazova.1972@mail.ru), Sveta YUGAI (S-Yugai@List.ru), Sayora RASHIDOVA (polymer@academy.uz.)
Institute of Chemistry and Physics of Polymers, Tashkent, Uzbekistan

The conditions for the effective isolation of oil from the silkworm *Bombyx mori* pupae, based on the extraction of extracted oil with organic reagents, have been studied. The quantitative content of oil was determined in the samples. It is revealed that the oils extracted using gasoline have a high fat-wax composition compared with ethyl alcohol and hexane. When dried pupae processed with gasoline, it is possible to extract up to 16% of fatty substances as much as possible. Physical-chemical characteristics of the oil from silkworm pupae are characterized by high quality indicators. In particular, the presence of unsaturated fatty acids (NLC) is observed in the IR spectra of pupae oil. The role of unsaturated fatty acids (NLC) is diverse. Therefore, the resulting oils can be widely used in various areas of the economy: in particular, perfumery, paint and varnish and medical industries.

Keywords: silkworm pupae, oil, gasoline, extraction, pressing, infrared spectra, fraction, mechanism

ЭФФЕКТИВНОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ МАСЛА ИЗ КУКОЛОК ТУТОВОГО ШЕЛКОПРЯДА *BOMBYX MORI* И ЕГО СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Ойнавод Баротовна АВАЗОВА (avazova.1972@mail.ru), Света Михайловна ЮГАЙ (S-Yugai@List.ru),
Сайера Шарифовна РАШИДОВА (polymer@academy.uz.)
Институт химии и физики полимеров, Ташкент, Узбекистан

Изучены условия эффективного выделения масла из куколок тутового шелкопряда *Bombyx mori*, основанные на экстракции извлекаемого масла органическими реагентами. Определено количественное содержание масла в образцах. Выявлено, что выделенные масла при использовании бензина имеют высокий жирно-восковой состав по сравнению с этиловым спиртом и гексаном. При обработке сухих куколок бензином удаётся максимально извлечь до 16% жировых веществ. Физико-химические характеристики масла из куколок тутового шелкопряда характеризуются высокими качественными показателями. В частности, наличие ненасыщенных жирных кислот (НЖК) засвидетельствовано на ИК-спектрах кукольного масла. Роль ненасыщенных жирных кислот (НЖК) разнообразна. Поэтому полученные масла могут быть широко использованы в различных областях экономики, в частности, парфюмерной, лакокрасочной и медицинской отраслях.

Ключевые слова: куколки тутового шелкопряда, масло, бензин, экстракция, прессование, инфракрасные спектры, фракция, механизм

BOMBYX MORI IPAK QURTI G'UMBAGIDAN SAMARALI YOG'NI CHIQARISH VA UNING TARKIBIY XUSUSIYATLARI

Oynavod Barotovna AVAZOVA (avazova.1972@mail.ru), Sveta Michailovna YUGAI (S-Yugai@List.ru),
Sayora Sharafovna RASHIDOVA (polymer@academy.uz.)
Polimerlar kimyosi va fizikasi instituti, Toshkent, O'zbekiston

Ekstraksiya usuli yordamida organik reagentlar asosida *Bombyx mori* ipak qurti g'umbagidan yog' massasini samarali ajratib olish sharoitlari o'rganildi. Namunalarda yog'ning miqdoriy tarkiblari aniqlandi. Tadqiqotlar natijasi benzin ishtirokida ajratilgan yog', etil spirti va geksanga nisbatansamarali ekanligini hamda yuqori yog' va mum tarkibga ega ekanligini ko'rsatdi. Quruq g'umbagni benzin bilan ishlaganda, imkon qadar ko'proq yog'li moddalarning 16 foizini olish mumkin. Ipak qurti g'umbagidan ajratib olingan yog'ning fizik-kimyoviy xususiyatlari yuqori sifat ko'rsatkichlari bilan ajralib turadi. Xususan, yog' tarkibida to'yinmagan yog' kislotalarining (TYK) mavjudligi IQ spektr usuli tomonidan tasdiqlangan. To'yinmagan yog' kislotalarining funktsiyalari juda ahamiyatlidir. Shunday qilib, natijada olingan yog'lar iqtisodiyotning turli sohalarida, xususan, parfumeriya, bo'yog' va lak va tibbiyot sohalarida keng qo'llanilishi mumkin.

Kalit so'zlar: ipak qurti kukuni, moy, benzin, ekstraksiya, presslash, infraqizil spektr, fraksiya, mexanizm

Введение

В последнее время значительное внимание уделяется изысканию новых источников масло- и жиросодержащего сырья, которые могут быть использованы для извлечения целевого компонента различными методами. Особое значение в этом направлении приобретают нетрадиционные источники. Известно, что основными отходами шелкового производства республики являются куколки тутового шелкопряда. В процессе размотки на шелкомотальных предприятиях накапливается большое количество волокнистых и неволокнистых отходов. Многолетний опыт кокономотания показывает, что важнейшими видами потерь коконного сырья при его переработке являются куколки. Отходы куколок тутового шелкопряда составляют около 8 тыс. т в год. Масса сухой куколки, представляющей собой природный композит из хитина, липидов и белка, составляет 51-53 % от массы коконной оболочки и является величиной переменной [1]. В куколке содержится до 25-32% жировых веществ [2] важных компонентов для использования в парфюмерной, лакокрасочной и медицинской отрасли. В связи с этим изучение вопроса

извлечения масла из этого вида сырья представляет большой практический интерес, а также является актуальным вопросом в шелководстве Узбекистана.

Проведен анализ литературы по получению и использованию кукольного масла в различных отраслях. Обосновано совершенствование процесса экстрагирования масла из куколок тутового шелкопряда путем математического моделирования и оптимизации технологического процесса. Экспериментальным путем определено влияние электромагнитного воздействия, наложения низкочастотных вибрационных колебаний и энергии центробежного поля на процесс экстрагирования масла из куколок тутового шелкопряда. Получены сравнительные экспериментальные зависимости, отражающие изменение маслячности крупки куколок тутового шелкопряда и концентрации мисцеллы в зависимости от размера экстрагируемых частиц, гидромодуля, а также от способов электромагнитного, вибрационного и центробежного воздействия [3].

Масло куколки, полученное из отработанных куколок шелкового червя *Bombyx mori*, богато композициями жирных кислот. Про-

центное содержание компонентов кислот составляет: C14:0, 0,6; C16:0, 19,3; C18:0, 9; C18:1, 17,7; C18:2, 9,8 и C18:3, 48,7. Основными компонентами триглицеридов являются LLnLn - 5,2%; PLnO - 6,4 %, OLnLn - 9,6 %; LnLnLn - 10,5 % и PLnLn - 14,0 % (P-пальмитиновая, O-олеиновая, L-линолевая и Ln-линоленовая кислоты) [4], также содержатся антиоксиданты, кверцетиндиглюкозид и рибофлавин важный для питания (витамин B2). Куколки тутового шелкопряда являются ценным питательным продуктом и применимы в качестве косметических компонентов с незаменимыми аминокислотами, жирными кислотами, антиоксидантами и витаминами [5].

В литературных источниках [6] обработкой сухих куколок петролейным эфиром удалось извлечь достаточно высокое количество жирно-восковых веществ. Качественный анализ липидных компонентов куколки показал, что в ней содержатся предельные и непредельные высшие жирные кислоты, глицерофосфаты, моноглицериды, холестерин. Поэтому жирно-восковые вещества, извлеченные из куколок, могут служить заменителями растительных масел в парфюмерной, лакокрасочной, фармацевтической и других отраслях промышленности.

Анализ жирно-кислотного состава масла куколок шелкопряда проведен с помощью жидкостной хроматографии высокого давления и газовой хроматографии - анализа масс-спектрокопии. В результате анализа выявлено высокое соотношение незаменимых жирных кислот, α -линоленовая (ω -3) и линолевая кислота в общем составили 49%, олеиновая кислота - 19,9%, пальмитоленовая кислота - 2,5%, пальмитиновая кислота -19,7%, стеариновая кислота - 8,6% и эйкозапентаеновая кислота (ЭПА) - 0,3%. Кроме того, содержатся антиоксиданты, кверцетиндиглюкозид и питательно важный рибофлавин (витамин B2). Это исследование доказывает, что куколки шелкопряда являются продуктом питания и применимы как косметические компоненты с незаменимыми аминокислотами, ненасыщенными жирными кислотами, антиоксидантами и витаминами [7].

Методы исследования

В качестве объекта исследования использованы куколки тутового шелкопряда *Bombyx mori* и выделяемое из них масло. Экстракционным методом проведено извлечение масла из куколки тутового шелкопряда в аппарате Сокслета. Для подтверждения уточнения химической структуры масла получены ИК спектры на ИК спектрометре Spector-75JR в диапазоне волновых частот 500-4000 cm^{-1} с использованием тонкой пленки масла на стекле. Погрешность при определении интенсивности поглощения не превышала 0,3%.

Извлечение масла из сырья проводят следующими способами: горячим и холодным прессованием, экстрагированием летучими органическими растворителями [8]. На основе этих способов разработаны следующие технологические схемы производства масел: однократное прессование; двукратное прессо-

Таблица 1
Компонентный состав куколок (теоретический)

Наименование компонента	Массовое содержание, %
Липиды	12,1-27,4
Белки	59,8-75,1
Хитин	3,5-4,7
Зола	2,7-5,6
Влажность	10

вание – извлечение масла путём предварительного отжима (форпрессования) с последующим окончательным отжимом (экспеллированием); холодное прессование – извлечение масла из сырья без предварительной влаготепловой обработки. Куколки, использованные для холодного прессования, имели остаточную влажность 14-16 % и выделенного масла от 2 до 10 %. Эта величина очень низкая в сравнении с экстракционным методом и от теоретически рассчитанного содержания масла в куколках (табл. 1).

Основным недостатком механического способа получения масла прессованием является неполное извлечение масла из сырья и образование жмыховой массы (смеси частиц хитина, белка, неизвлеченного масла). Более совершенным в этом плане и современным является химический способ, или экстрагирование масла из сырья органическими растворителями.

В практике экстракции масел большое распространение получили алифатические углеводороды, в частности, спирт, *экстракционный бензин* или *гексан*, которые хорошо растворяют масла и имеют значительно меньшую по сравнению с ними температуру испарения.

В качестве экстракционного растворителя применяют бензин с температурой кипения 65-68 °С.

Процедура эффективного извлечения масла из куколок *Bombyx mori* заметно отличается способами и реагентами. В связи с этим, особое внимание было уделено максимальному выходу масла из куколок. С целью наиболее полного извлечения масла из куколок тутового шелкопряда *Bombyx mori* использовали метод экстракции. Проводили холодную и горячую экстракцию с помощью экстрагентов гексан, спирт и бензин.

Холодную экстракцию проводили при комнатной температуре в течение 72 часов.

Модуль экстракции «куколка:спирт», «куколка:гексан» и «куколка:бензин» составлял 1:5.

Результаты и обсуждение

Полученные результаты извлечения масла из куколки тутового шелкопряда приведены в таблице 2.

Как видно, при использовании бензина извлечение масла из куколки тутового шелкопряда увеличивается по отношению к извлечению масла при экстракции гексаном. Недостатком метода холодной экстракции является длительность процесса и неполное извлечение масла из куколок тутового шелкопряда.

Методом горячей экстракции проведено

Извлечение масла из куколок шелкопряда холодной экстракцией

Наименование экстрагента	Соотношение куколка:экстрагент	Массовое содержание куколок после экстракции, г	Количество масла (после перегонки, не очищенное), мл
спирт	100:500	84,15	13
гексан	100:500	80,38	17
бензин	100:500	78,23	20

Таблица 3

Извлечение жиров из куколок тутового шелкопряда горячей экстракцией

Наименование экстрагента	Время, мин.	Температура, °С	Количество масла (после перегонки не очищенное), мл
гексан	30	68	11
	120		15
	240		20
спирт	30	78	8
	120		13
	240		15
бензин	30	75	13
	120		18
	240		24

извлечение масла из куколки тутового шелкопряда в аппарате Сокслета: кратность процесса 1-3; модуль рабочей ванны 1:5. Выявлено, что наиболее полное выделение жиров осуществляется при температуре 68 °С (при экстракции гексаном), 78 °С (при экстракции спиртом), 75 °С (при экстракции бензином). Полученные результаты по извлечению масла из куколки тутового шелкопряда представлены в таблице 3.

Как видно из таблицы, при обработке сухих куколок бензином максимально удаётся извлечь до 24 мл жировосковых веществ. Применение спирта для извлечения масла составляет 8-15 мл от абсолютно сухой массы куколки, что меньше, чем при использовании гексана и бензина.

Полученные результаты можно объяснить тем, что диэлектрическая проницаемость спирта этанола выше 20, в спирте плохо растворяются масла, диэлектрическая проницаемость бензина и гексана ниже 3 и близка к диэлектрической проницаемости масла. Следовательно, как показали эксперименты для более эффективной экстракции масла необходимо использовать бензин, который обеспечивает максимальное проникновение через мембраны клеток экстрагируемой частицы, которые диффундируют в масло,

а масло из клеток куколки тутового шелкопряда *Bombyx mori* в растворитель.

Под влиянием разности концентраций масло перемещается из частицы во внешнюю среду до момента выравнивания концентраций масла в частице и в растворителе.

С этой целью изучали процесс кратности цикла повторной экстракцией бензином в аппарате Сокслета. На первом этапе отобранные куколки тутового шелкопряда очищали от механических примесей и высушивали до постоянного веса. Жировосковую часть куколки удаляли в соотношении 1:5 к экстрагенту. Полученные результаты приведены в таблице 4.

От кратности цикла повторной экстракции зависит скорость экстракции. Сначала в растворитель переходит свободное масло, которое находится на поверхности ткани куколки, а потом уже растворитель проникает в неразрушенные и деформированные клетки, данный процесс протекает медленнее.

При использовании бензина с 7 кратной экстракцией достигается максимум извлечения масла из куколки тутового шелкопряда *Bombyx mori* и выход составляет 48 г очищенных жировосковых веществ или 16% от исходного количества суммарное содержание двух фракций.

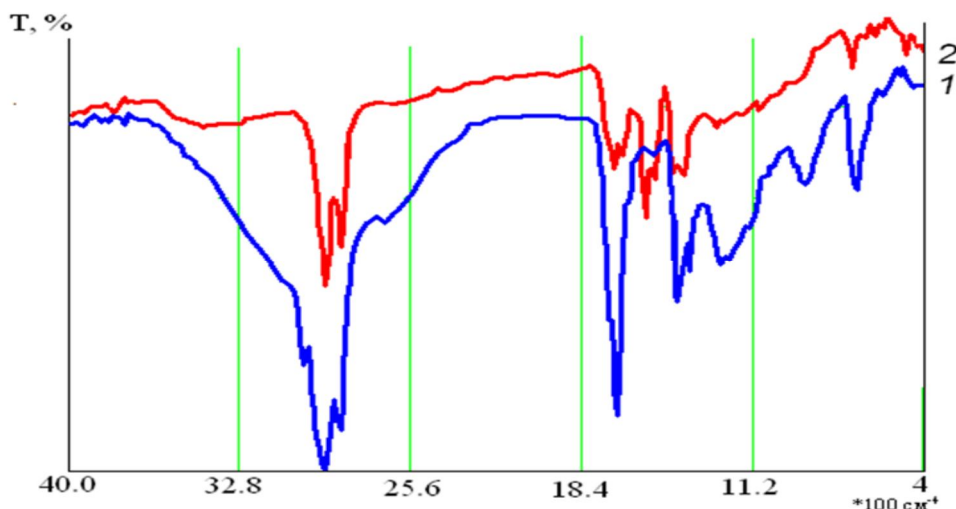
Наиболее прямым методом, подтверждающим состав вещества, является ИК спектроскопия. Идентификация двух фракций полученного масла из куколки тутового шелкопряда *Bombyx mori* была проведена методом ИК спектроскопии и представлена на рисунке.

Проведены ИК-спектроскопические исследования первой фракции масла (рис.), полученной путем экстракции из куколок тутового шелкопряда *Bombyx mori*. На ИК спектре имеются характерные полосы поглощения валентных колебаний при 1164-1165 см⁻¹, соответствующие связи -C-O-, что характерно для эфиров высших карбоновых кис-

Таблица 4

Характеристики извлечения масла из куколок тутового шелкопряда *Bombyx mori*

Исходная масса куколки, г	Экстракция	Кратность процесса	Масса куколки после экстракции, г	Выход жировосковых веществ (очищенное)		
				в том числе		%
				воск, г	масло, г	
300	холодная T=25 °С, 72 ч.	-	235	1	17	6
300	горячая T=75 °С	4	221	3	25	9,3
300		5	185	10,7	30	13,5
300		6	176	12	32	14,6
300		7	165	13	35	16,0
300		8	185,5	10	31	13,6



ИК спектры образцов первой фракции масла (1) и второй фракции воска (2), полученных из куколки тутового шелкопряда *Bombyx mori*.

лот; полосы при 1740-1744 cm^{-1} -карбонильной группы связи $-\text{C}=\text{O}$; 3300-3009 cm^{-1} структуре $-\text{C}\equiv\text{C}-$, что свидетельствует о наличии ненасыщенных жирных кислот преимущественно в *цис*-конфигурации; а также полоса поглощения при 1650 cm^{-1} , характеризующая валентные колебания $-\text{C}=\text{C}-$ связи.

Выраженная полоса поглощения при 1373 cm^{-1} характеризует деформационные колебания связи $-\text{C}-\text{H}$ центрального атома глицеринового фрагмента в масле куколки, а также наблюдаются полосы поглощения 2924 cm^{-1} , 2855 cm^{-1} и 1462 cm^{-1} характерные для ассиметричных, симметричных и ножничных валентных колебаний $-\text{CH}_2$ групп соответственно, что подтверждает присутствие в образцах масла высших алифатических кислот.

Колебания в областях 720-725 cm^{-1} соответствуют маятниковым нескольким связанным $-\text{CH}_2$ групп, к которым относится также полоса 1165 cm^{-1} , характерная для спектров всех масел.

Для второй фракции — воска обнаружены полосы поглощения в области 3000-2800 cm^{-1} , характерные для валентных колебаний $\text{C}-\text{H}$ -групп; полоса валентных колебаний $\text{C}=\text{O}$ -групп сложных эфиров наблюдается при 1730 cm^{-1} , а $\text{C}=\text{O}$ -групп простых эфиров — при 1175 cm^{-1} ; дублет в области 730-719 cm^{-1} характерен для (CH_2) -цепей углеводов.

По появлению в спектре полосы поглощения в области 1570 cm^{-1} и расширению полосы при 1480 cm^{-1} можно сказать, что это обусловлено присутствием в воске мыл - солей жирных кислот и щелочных металлов.

Заключение

Для полного извлечения масла из куколок тутового шелкопряда *Bombyx mori* использовали метод холодной и горячей экстракции с помощью экстрагентов гексан, этиловый спирт и бензин.

Показано, что наибольший выход составляет 16% куколичного масла при использовании в качестве экстрагента бензина и температуры экстракции 75 °С. Идентификация полученного масла проведена методом ИК-спектроскопии.

В ИК спектре имеются характерные полосы поглощения для спектров всех масел. В частности, наличие ненасыщенных жирных кислот (НЖК) засвидетельствовано ИК спектрами куколичного масла. Состав куколичного масла позволяет использовать его в производстве в качестве дисперсионной среды для смазочных материалов и как компонент биотоплива.

Возможными областями использования могут быть также парфюмерная, лакокрасочная и медицинская отрасли.

REFERENCES

- Rashidova S.Sh., Milusheva R.Yu., eds. *Xitin i xitozan Bombyx mori. Sintez, svoystva i primeneniye* [Chitin and chitosan Bombyx mori. Synthesis, properties and application]. Tashkent, FAN Publ., 2009. 246 p.
- Safarov B. Dj. *Kinetika protsessa msoobmena pri izvlechenii masla iz kukolki shelkopryada. Diss. dokt. texn.nauk* [Kinetics of the process of mass transfer when extracting oil from silkworm pupae. Dr. tech. sci. diss] Tashkent, 1997. 122 p.
- Toshev M.T., Mazhidov K.Kh., Khamidov B.T., Safarov D.D. Lipid complex isolation from silkworm pupae. *Second international symposium on the chemistry of natural compounds*, Turkey, 1996, pp. 9.
- Majumder U.K., Sengupta A., *Triglitseridnaya kompozitsiya masla kukolki, lipida nasekomogo* [Triglyceride composition of chrysalis oil, an insect lipid]. Available at: <http://www.research.gate.net/248125955>.
- Kwon., Mu-Gil. Rastvoreniye I analiz prirodnih soedineniy kukolok shelkopryada I vliyaniye ikh ekstraktov na detoksikatsiyu alkogolya [Solation and analysis of natural compounds from silkworm pupae and effect of its extracts on alcohol detoxification]. *Entomological Research*, 2012, vol. 42, no. 1, pp. 55-62.
- Kaki Shiva Shanker, Ravinder T., Ashwini B., Rao B. V.S.K., Prasad R. B.N. Enzymatic modification of phosphatidylcholine with n-3 PUFA from silkworm oil fatty acids. *Grasas y Aceites*, 2014, vol. 65, no. 2. doi.org/10.3989/gya.097213
- Polucheniye i analiz jirov [Fat preparation and analysis]. <https://studfiles.net/preview/5599998/>
- Bezchasnyuk E.M., Dyachenko V.V., Kucher O.V. Protseess ekstragirovaniya iz lekarstvennogo rastitelnogo syrya [The process of extraction from medicinal plant materials]. *Farmakom*, 2003, vol. 22, no. 1, pp. 54-66.