



(19) **KG** (11) **467** (13) **C2** (46) **28.05.2026**

(51) **C01G 5/00** (2026.01)
B01J 19/00 (2026.01)

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ, ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И ИННОВАЦИЙ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

к патенту Кыргызской Республики

(21) 20250020.1

(22) 27.03.2025

(46) 28.05.20265. Бюл. № 5

(76) Джуманазарова Асилкан Зулкукаровна
Токторбек кызы Дария

Таалайбеков Нурсултан Таалайбекович (KG)

(56) RU 2611520 C1, 27.02.2017

(54) **Способ зеленого синтеза наночастиц серебра**

(57) Изобретение относится к нанотехнологии, а именно к технологии получения наночастиц серебра (НЧС) с использованием в качестве восстановителей и стабилизаторов компонентов растительного экстракта.

Задачей изобретения является получение монодисперсных наночастиц серебра малых размеров в экстрактах клубней топинамбура сортов «Находка» и «Интерес».

Поставленная задача достигалась получением под воздействием ультразвука в течение 30 минут при температуре 40°C, экстрактов клубней топинамбура и проведением синтеза в них НЧС. Для синтеза смесь экстрактов клубней топинамбура «Находка» и «Интерес» с раствором нитрата серебра (НС), взятых в объемном соотношении 1:3, при pH=8 под-

вергалась воздействию ультразвука в течение 30 минут при температуре 70°C. Были получены монодисперсные НЧС малых размеров - 1,641 нм (100%) («Находка») и 2,377 нм (100%) («Интерес»); значения дзета-потенциалов -23,4 и -26,0, соответственно. Концентрирование золь производилось центрифугированием (8000 об/мин) в течение 60 минут, сливали супернатант, остаток промывали дистиллированной водой 2-жды.

Преимуществом данного метода «зеленого» синтеза НЧС является то, что он является экономически и экологически выгодным, поскольку не требуется специального оборудования, нужен только экстракт растения и раствор нитрата серебра; не требуется специальных восстановителей и стабилизаторов НЧС. Эти роли выполняют первичные и вторичные метаболиты растений, находящиеся в их водных экстрактах. Топинамбур неприхотливый в возделывании, способный расти на бросовых землях, ежегодно возобновляемый источник сырья.

1 н. п. ф., 6 рис., 3 т.

(19) **KG** (11) **467** (13) **C2** (46) **28.05.2026**

3

Изобретение относится к нанотехнологии, а именно к технологии получения наночастиц серебра (НЧС) с использованием в качестве восстановителей и стабилизаторов компонентов растительного экстракта.

Известен способ получения наночастиц серебра, включающий приготовление водного раствора восстановителя в водном растворе стабилизатора и введение к раствору восстановителя соли металла, отличающийся тем, что в качестве восстановителя используют кверцетин с концентрацией от $1 \cdot 10^{-3}$ до $14 \cdot 10^{-3}$ моль/литр в его депротонированной форме при мольном соотношении кверцетина с аммиаком в интервале 1:3-1:10, при этом окисленная форма кверцетина выступает стабилизатором наночастиц, а концентрацию дополнительного стабилизатора варьировать от $1 \cdot 10^{-3}$ до 5 моль/литр, в качестве соли металла используют нитрат серебра, при этом концентрация наночастиц серебра в полученном растворе составляет от 500 ppm до 2500 ppm. (RU 2638716 C2, дата публ. 15.12.2017).

Недостатком аналога является использование кверцетина и стабилизатора поливинилпирролидона, в очень больших концентрациях и которые являются недоступными реактивами. Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату, то есть прототипом, является способ получения наночастиц серебра, заключающийся в смешивании фруктозо-глюкозного сиропа из растительного экстракта с раствором нитрата серебра, в котором в качестве растительного экстракта используют фруктозо-глюкозный сироп из клубней топинамбура, который получают или отжимом сока из клубней топинамбура, смешиванием его с горячей водой в соотношении 1:1(2), с последующим добавлением в полученный раствор пищевой лимонной кислоты до pH 3,0-4,0 и воздействием СВЧ-полем при температуре 80-85°C в течение 20-30 мин и концентрированием при температуре 60-70°C до содержания в фруктозо-глюкозном сиропе не менее 70-80% сухих веществ, или растворением порошка (высушенный сироп) в горячей воде, затем с полученным фруктозо-глюкозным сиропом готовят золь, для чего смешивают с ним раствор нитрата серебра в соотношении объемов 5(6): 1, обрабатывают раствором гидроксида аммония до pH 8,0-8,5 и подвергают воздействию СВЧ-полем при температуре 65-70°C в

4

течение 1,5-2 ч. (RU 2611520 C1, опубл. 27.02.2017).

Недостатками указанного метода являются:

1. Использование фруктозо-глюкозного сиропа, который получают из свежих клубней топинамбура; использование свежих клубней топинамбура создает неудобства, связанные с его хранением, поскольку при хранении свежие клубни теряют свое качество, изменяется химический состав.

2. Использование пищевой лимонной кислоты - поскольку лимонная кислота является пищевым продуктом, то нежелательно ее использование.

3. Синтезируемые НЧС были сферической формы и имели размер 40 нм.

Задачей изобретения является получение наночастиц серебра предельно малых размеров, используя только экстракты клубней топинамбура, т.е. «зеленый» синтез, позволяющий удешевить процесс получения наночастиц серебра, исключить использование вредных химических восстановителей, а также продуктов, используемых для пищи, сократить время получения исходного растительного экстракта, уменьшить длительность процесса получения наночастиц серебра, таким образом, уменьшить как временные затраты, так и затраты электроэнергии, достигая при этом получения моодисперсных наночастиц серебра предельно малых размеров.

Технический результат достигается тем что:

- экстракты для синтеза наночастиц серебра из высушенных клубней топинамбура были получены под воздействием явления кавитации, возникающей вследствие воздействия ультразвуком, способствующий наиболее полному выделению экстрактивных веществ и существенному сокращению времени экстракции;

- при синтезе наночастиц серебра в экстракте - подбором наиболее оптимального соотношения экстракт: раствор нитрата серебра;

- подбором оптимальной температуры реакционной смеси;

- воздействием на реакционную смесь ультразвуком, что также сокращает время протекания реакции.

Для синтеза наночастиц серебра в экстрактах клубней топинамбура, были выбраны

5

два сорта: «Интерес» и «Находка», для определения наиболее подходящего сорта для этих целей, поскольку сорта могут отличаться содержанием в них химических веществ. Экстракты из этих сортов топинамбура были приготовлены двумя путями: мацерацией и воздействием ультразвука для сравнения и выбора наиболее эффективного способа выделения экстрактивных веществ и сокращения времени проведения экстракции.

Поставленная задача решалась путем изменения условий выделения растительного экстракта, соотношений исходных продуктов, изменением температуры нагревания реакционной смеси, воздействием ультразвука на реакционную смесь.

Сущность изобретения заключается в способе получения монодисперсных наночастиц серебра малых размеров в экстрактах клубней топинамбура сортов «Интерес» и «Находка». Предварительно экстракты из указанных сортов топинамбура для целей синтеза в них НЧС, были получены воздействием ультразвука в течение 30 минут при температуре 40°C (частота УЗ 40 кГц). Затем в полученных экстрактах производился синтез НЧС: исходные экстракты и миллимольный раствор серебра взяты в соотношении 1:3, помещены в ультразвуковую ванну и произведена обработка УЗ в течение 30 минут при температуре 70°C.

Для осуществления заявляемого способа получения наночастиц серебра используют следующие реагенты:

- клубни топинамбура представляют собой подземную часть топинамбура. Они содержат растворимый полисахарид инулин (16-18%), азотистые вещества (2-3%), витамины С и группы В [Большая советская энциклопедия. - М.: Советская энциклопедия 1969-1978];

- нитрат серебра [ГОСТ 1277-75. Реактивы. Серебро азотнокисл. Технические условия];

- гидроксид аммония [ГОСТ 3760-79. Реактивы. Аммиак водный. Технические условия].

Изобретение осуществляют следующим образом.

Пример 1.

Вначале готовят экстракт из клубней топинамбура сорта «Интерес», полученный мацерацией. Для этого 5 г измельченного порошков топинамбура «Интерес» поместили в коническую колбу, залили 100 мл дистиллированной воды, смесь закрыли крышкой и

6

оставили при комнатной температуре на сутки в темном месте. Через сутки смесь отфильтровали от твердых остатков через в четверо сложенную капроновую ткань, фильтрат центрифугировали при 8000 об/мин в течение 60 минут для отделения от твердых остатков. Полученные экстракты хранили в темной склянке в холодильнике.

Для синтеза наночастиц серебра 2 мл полученного экстракта поместили в коническую колбу вместимостью 200 мл, смешали с 98 мл нитрата серебра (НС) AgNO_3 (0,001М). pH реакционной смеси довели до 8-10% раствором NH_4OH . Через сутки наблюдали изменение цвета реакционной смеси от бледно желтого до темно-коричневого, что говорит об образовании наночастиц серебра. УФ-спектры, снятые через сутки, 10 суток, 20 суток (рис. 1). Полоса поглощения плазмона НЧС равна 410 нм. Полученный таким путем золь, стабильный после 20 суток, был изучен с помощью метода динамического рассеяния света (ДРС). Значения гидродинамических радиусов 62,44 нм (89,4%), 994 нм (6,3%), 3685 нм (4,3%) и дзета-потенциала -20,7 (табл.1).

Пример 2.

Вначале готовят экстракт из клубней топинамбура сорта «Интерес», полученный воздействием УЗ в течение 10 минут. Для этого 5 г измельченного порошка топинамбура «Интерес» поместили в ультразвуковую ванну, прибавляли 100 мл дистиллированной воды и оставили на 30 минут для замачивания. Затем смесь была подвергнута воздействию ультразвука при температуре 40°C в течение 10 минут (УЗ-10). Смесь отфильтровали от твердого остатка через в четверо сложенную капроновую ткань, фильтрат центрифугировали при 8000 об/мин в течение 60 минут для отделения от твердых остатков. Полученные экстракты хранили в темной склянке в холодильнике.

Для синтеза наночастиц серебра 2 мл полученного экстракта, поместили в коническую колбу вместимостью 200 мл, смешали с 98 мл нитрата серебра (НС) AgNO_3 (0,001М). pH реакционной смеси довели до 8-10% раствором NH_4OH . Через сутки наблюдали изменение цвета реакционной смеси от бледно-желтого до темно-коричневого, что говорит об образовании наночастиц серебра. УФ-спектры, сняли через сутки, 10 суток, 20 су

7

ток (рис. 2). Полоса поглощения плазмона НЧС равна 410 нм.

Полученный таким путем золь, после 20 суток, был изучен с помощью метода динамического рассеяния света (ДРС). Были измерены гидродинамические радиусы и дзета-потенциалы, гидродинамические радиусы НЧС после 20 суток инкубирования имели размеры 93,11 нм (96,7%), 5155 нм (3,3%), значение дзета-потенциала равнялось -20,2 (табл. 1).

Пример 3.

Вначале готовят экстракт из клубней топинамбура сорта «Находка», полученный мацерацией. Для этого 5 г измельченного порошков топинамбура «Находка» поместили в коническую колбу, залили 100 мл дистиллированной воды, смесь закрыли крышкой и оставили при комнатной температуре на сутки в темном месте. Через сутки смесь отфильтровали от твердых остатков через в четверо сложенную капроновую ткань, фильтрат центрифугировали при 8000 об/мин в течение 60 минут для отделения от твердых остатков. Полученные экстракты хранили в темной склянке в холодильнике. 2 мл экстракта клубней топинамбура сорта «Находка» поместили в коническую колбу вместимостью 200 мл, смешали с 98 мл нитратом серебра (НС) AgNO_3 (0,001M). pH реакционной смеси довели до 8-10% раствором NH_4OH . Через сутки наблюдали изменение цвета реакционной смеси от бледно желтого до темно-коричневого, что говорит об образовании наночастиц серебра. УФ-спектры, сняли через сутки, 10 суток, 20 суток (рис. 3). Полоса поглощения плазмона НЧС равна 410 нм.

Полученный таким путем золь, после 20 суток, был изучен с помощью метода динамического рассеяния света (ДРС). Были измерены гидродинамические радиусы и дзета-потенциалы, гидродинамические радиусы НЧС после 20 суток инкубирования имели размеры 70,34 нм (95,0%), 4384 нм (5%), значение дзета-потенциала равнялось -20,8 (табл.2).

Пример 4.

Вначале готовят экстракт из клубней топинамбура сорта «Находка», полученный воздействием УЗ в течение 10 минут. Для этого 5 г измельченного порошка топинамбура «Находка» поместили в ультразвуковую ванну, прибавляли 100 мл дистиллированной

8

воды и оставили на 30 минут для замачивания. Затем смесь была подвергнута воздействию ультразвука при температуре 40°C в течение 10 минут (УЗ-10). Смесь отфильтровали от твердого остатка через в четверо сложенную капроновую ткань, фильтрат центрифугировали при 8000 об/мин в течении 60 минут для отделения от твердых остатков. Полученные экстракты хранили в темной склянке в холодильнике. 2 мл полученного экстракта поместили в коническую колбу вместимостью 200 мл, смешали с 98 мл нитрата серебра (НС) AgNO_3 (0,001M). pH реакционной смеси довели до 8-10% раствором NH_4OH . Через сутки наблюдали изменение цвета реакционной смеси от бледно желтого до темно-коричневого, что говорит об образовании наночастиц серебра. Уф-спектры, сняли через сутки, 10 суток, 20 суток (рис. 4). Полоса поглощения плазмона НЧС равна 410 нм. Из рис.4. можно видеть, что образование НЧС происходит медленно, однако, на 10 сутки процесс завершается и остается неизменным через 20 суток, на что указывают линии 3 и 4 на рис.4. Полученный таким путем золь, после 20 суток, был изучен с помощью метода динамического рассеяния света (ДРС). Были измерены гидродинамические радиусы и дзета-потенциалы (табл. 2).

Из данных таблицы 2. можно видеть, что гидродинамические радиусы НЧС после 20 суток инкубирования имели размеры 104,3 нм (97,6 %), 5418 нм (2,6 %), значение дзета-потенциала равнялось -25,8.

Таким образом, из примеров 1- 4 мы видим, что при инкубации смеси экстракт + раствор нитрата серебра в объемных соотношениях 2:98, получают смесь НЧС, размеры которых колеблются от 62 нм до 104 нм, которые составляют основную массу, и небольшой % частиц больших размеров - от 994 нм до 5418 нм.

Для достижения цели получить монодисперсные НЧС малых размеров были изменены как условия получения исходных экстрактов, так и условия синтеза НЧС.

Пример 5.

Вначале готовят экстракт из клубней топинамбура сорта «Находка», полученный воздействием УЗ. Для этого 10 г измельченного порошка топинамбура «Находка» поместили в ультразвуковую ванну, прибавляли 200 мл дистиллированной воды и оставили на

30 минут для замачивания. Затем смесь была подвергнута воздействию ультразвука при температуре 40°C в течение 30 минут (УЗ-30). Смесь отфильтровали от твердого остатка через в четверо сложенную капроновую ткань, фильтрат центрифугировали при 8000 об/мин в течении 60 минут для отделения от твердых остатков. Полученные экстракты хранили в темной склянке в холодильнике.

Для синтеза НЧС, в ультразвуковую ванну поместили полученный экстракт и раствор нитрата серебра (НС) AgNO_3 (0,001M) в соотношении 1:3. pH реакционной смеси довели до 8-10% раствором NH_4OH . Смесь была подвергнута воздействию ультразвука в течение 30 минут при температуре 70°C. Цвет реакционной смеси быстро изменился от бледно-желтого до темно-бурого. После охлаждения сняли УФ-спектр (рис.5). Затем смесь центрифугировали (8000 об/мин.) в течение 60 минут, слили супернатант, к остатку добавили дистиллированной воды, после центрифугирования, воду слили и собрали золь. Операцию повторили 2-жды. Значения измеренных гидродинамических радиусов и дзета-потенциалов сразу после приготовления золь представлены в таблице 3.

Из таблицы 3 можно видеть, что полученные НЧС имеют гидродинамический радиус 1,641 нм (100%) и дзета-потенциал -23,4.

Пример 6.

Синтез наночастиц серебра в экстрактах топинамбура сорта «Интерес», полученных после воздействия ультразвуком (УЗ) в течение 30 минут.

Для синтеза НЧС в ультразвуковую ванну была помещена смесь экстракта топинамбура «Интерес», полученного под воздействием ультразвука в течение 30 минут и раствор нитрата серебра (НС) AgNO_3 (0,001M) в соотношении 1:3. pH реакционной смеси довели до 8-10% раствором NH_4OH . Смесь была подвергнута воздействию ультразвука в течение 30 минут при температуре 70°C. Цвет реакционной смеси быстро изменился от бледно-желтого до темно-бурого. После охлаждения сняли УФ-спектр, который приведен на рис.6. Затем смесь центрифугировали (8000 об/мин.) в течение 60 минут, слили супернатант, к остатку добавили дистиллированной воды, после центрифугирования, воду слили и собрали золь. Операцию повторили 2-жды. Значения измеренных гидродинамических ради-

усов и дзета-потенциалов сразу после приготовления золь представлены в таблице 3.

Из таблицы 3 можно видеть, что полученные НЧС имеют гидродинамический радиус 2,377 нм (100%) и дзета-потенциал -26,0.

Таким образом, в экстрактах клубней топинамбура сортов «Находка» и «Интерес», полученных под воздействием ультразвука в течение 30 минут при температуре 40°C, были синтезированы моодисперсные НЧС малых размеров - 1,641 нм (100%) («Находка») и 2,377 нм (100%) («Интерес»); значения дзета-потенциалов -23,4 и -26,0, соответственно. Для синтеза смеси исходных экстрактов клубней топинамбура «Находка» и «Интерес» с раствором нитрата серебра (НС), взятых в объемном соотношении 1:3, при pH=8 подвергалась воздействию ультразвука в течение 30 минут при температуре 70°C. Концентрирование золь производилось центрифугированием (8000 об/мин) в течение 60 минут, сливали супернатант, остаток промывали дистиллированной водой 3-жды.

Использование растительных экстрактов для синтеза наночастиц металлов по сравнению с химическими и физическими методами имеет следующие преимущества:

- 1) экологичность - не содержат токсичных веществ, используемых при химическом восстановлении и которые трудно удалить из конечных продуктов;
- 2) экономичность - нет необходимости создавать специальные установки, которые требуются при физическом методе получения НЧ;
- 3) растения - ежегодно возобновляемое, практически неисчерпаемое, сырье;
- 4) есть возможность использовать сельскохозяйственные отходы и отходы пищевой промышленности;
- 5) нет необходимости в восстановителях и стабилизаторах наночастиц - эти роли выполняют первичные и вторичные метаболиты растений, содержащиеся в экстрактах;
- 6) есть возможность получать широкий спектр НЧ, в зависимости от растения;
- 7) есть возможность получать НЧ в промышленных масштабах.

Актуальность изобретения заключается в том, что НЧС малых размеров востребованы из-за широкого спектра областей их применения, в особенности в качестве антибактериальных средств.

11

Формула изобретения

1. Способ зеленого синтеза наночастиц серебра из растительного экстракта о т л и ч а ю щ и й с я тем, что смешивание экстрактов клубней топинамбура «Находка» и «Интерес», полученных воздействием ультразвука в течение 30 минут при температуре 40° С, с раствором нитрата серебра (0,001 М) (1:3), с последующим воздействием на смесь ультразвуком в течение 30 минут при температуре 70°С при рН=8, что приводит к получению монодисперсных наночастиц серебра, с последующим концентрированием золь с по

12

мощью центрифугирования (8000 об/мин, 60 мин) и сливают супернатант, промывают дистиллированной водой.

2. Способ по п.1, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что при использовании экстракта топинамбура сорта «Находка» получают наночастицы с размерами 1,641 нм (содержание 100%), дзета-потенциал -23,4 мВ.

3. Способ по п.1, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что при использовании сорта топинамбура «Интерес» получают наночастицы серебра 2,377 нм (содержание 100%), дзетапотенциал -26,0 мВ.

Таблица 1

Топинамбур / условия получения экстракта	Размер, нм	Содержание, %	Дзета-потенциал
Сорт «Интерес» / Мацерация (2:98)	62,44; 994; 3685	89,4; 6,3; 4,3	-20,7
Сорт «Интерес» / УЗ 10 (2:98)	93,11; 5155	96,7; 3,3	– 20,2

Таблица 2

Топинамбур / условия получения экстракта	Размер, нм	Содержание, %	Дзета-потенциал
Сорт «Находка» / Мацерация (2:98)	70,34; 4384	95,0; 5	-20,8
Сорт «Находка» / УЗ 10 (2:98)	104,3; 5418	97,6; 2,4	– 25,8

Таблица 3.

Топинамбур / условия получения экстракта	Размер, нм	Содержание, %	Дзета-потенциал
Сорт «Находка» / УЗ 30 (1:3)	1,641	100	-23,4
Сорт «Интерес» / УЗ 30 (1:3)	2,377	100	– 26,0

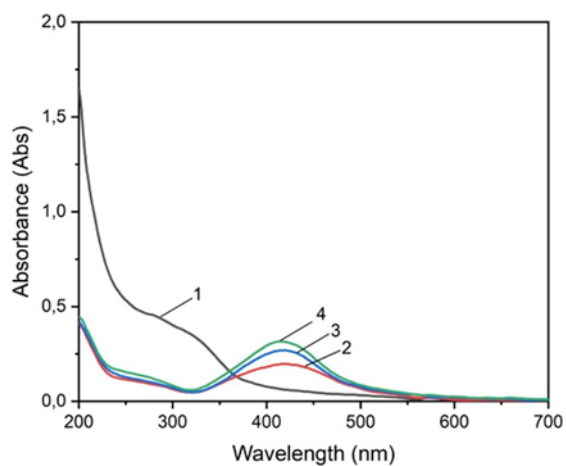


Рис. 1

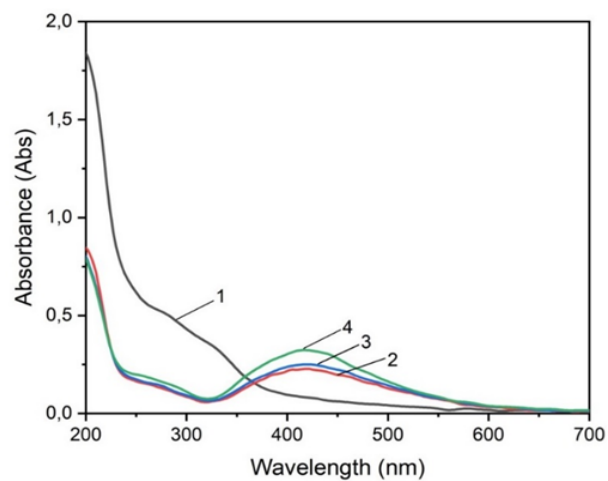


Рис. 2

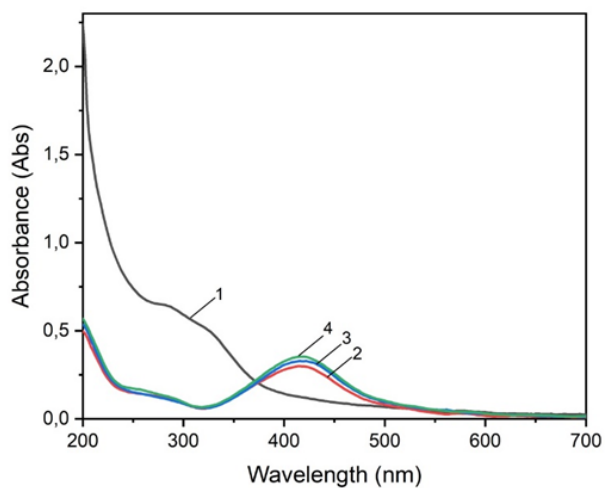


Рис. 3

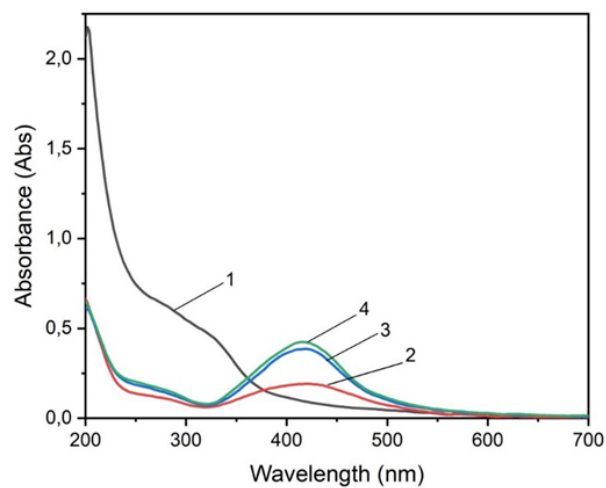


Рис. 4

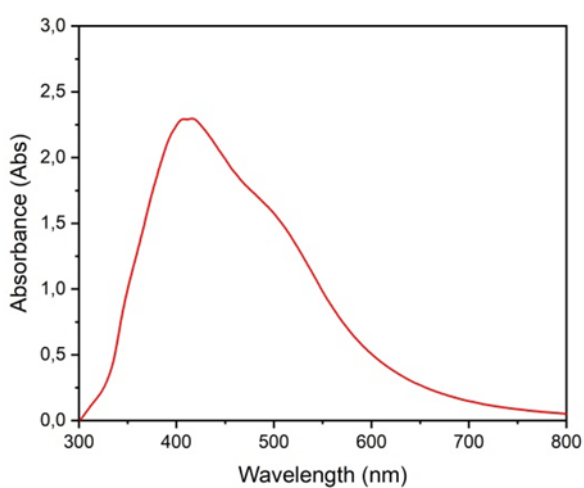


Рис. 5

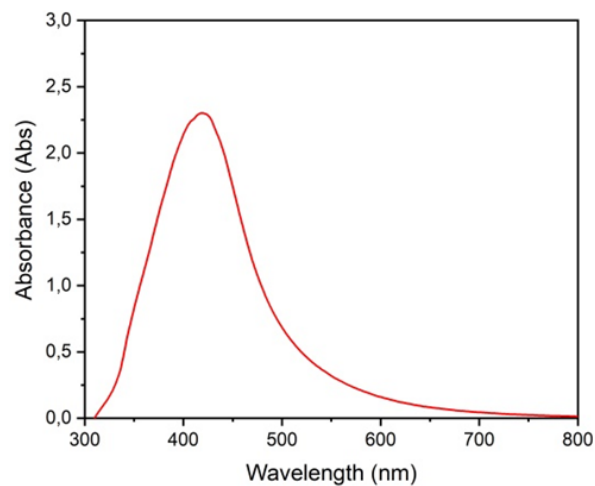


Рис. 6

Выпущено отделом подготовки официальных изданий