

УДК 54.057
DOI 10.26456/vtchem2025.2.13

Синтез и анализ комплексов метионината марганца

Д.Ю. Цветков, А.И. Петрова, Н.В. Лакина, В.Ю. Долуда

ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», г. Тверь

Метионинат марганца — это высокоплавкий кристаллический продукт бледно-розового цвета, нерастворим в воде и спирте. Получают его взаимодействием щелочного раствора метионина с хлоридом марганца. Применяется в качестве кормовой добавки для обогащения рационов сельскохозяйственных животных, в организме животных преобразуется в метионин с высвобождением биологически активных ионов марганца. Для определения метионина и ионов марганца используются различные методы анализа. В данной работе рассмотрен процесс получения метионината марганца и идентификация полученного соединения физико-химическими методами.

Ключевые слова: метионинат марганца, метионин, идентификация.

Введение

Современная химия активно исследует взаимодействие металлов с органическими соединениями, особенно с биологически активными молекулами, такими как аминокислоты. Одной из таких аминокислот является метионин, который играет ключевую роль в биосинтезе белков и является важным компонентом метаболических процессов в организме. Метионин не только участвует в строительстве белков, но и служит предшественником для синтеза других важных соединений, таких как цистеин и таурин. Его уникальная структура, содержащая серу, делает его интересным объектом для изучения комплексообразования с различными металлами.

Марганец, как переходный металл, обладает разнообразными окислительными состояниями и высокой реакционной способностью, что делает его перспективным кандидатом для формирования комплексов с органическими молекулами. Комплексы марганца с аминокислотами могут проявлять интересные физико-химические и биологические свойства, что открывает новые горизонты для их применения в медицине, сельском хозяйстве и других областях [1].

В последние годы наблюдается рост интереса к исследованию металлоорганических комплексов, так как они могут обладать уникальными свойствами, которые не присущи ни отдельным компонентам. Изучение синтеза и анализа комплексов метионина с

марганцем позволит не только расширить знания о химии этих соединений, но и выявить их потенциальные области применения.

Методы и методики

В данной работе был проведен синтез метионината марганца с последующим анализом полученного соединения.

Синтез соединения проводился по следующей методике:

1) готовят суспензию метионина в воде с концентрацией 10%: к 100 г метионина (0,034 моль) в 1000 мл воды;

2) к приготовленной суспензии прибавляют 13,6 г (0,34 моль) гидроксида натрия, перемешивают в течении 10 минут, затем нагревают до 55-60 °С (рН гомогенного раствора 9-10);

3) к раствору порциями присыпают г (0,017 моль) хлорида марганца (II) при интенсивном перемешивании в течении 30-35 минут;

4) реакционную смесь охлаждают до 10 °С, выпавший кристаллический продукт отфильтровывают, промывают водой от хлорид ионов, параллельно проводя реакцию промывных вод на наличие хлорид ионов с 0,1 м раствором нитрата серебра, затем промывают спиртом и замораживают.

5) полученный продукт сушат лиофильно в связи с тем, что данный вид сушки сохраняет структурную целостность и биологическую активность продукта.

При проведении синтеза необходимо также учитывать ряд условий: так как для получения желаемой структуры комплекса необходимо определенное молярное соотношение (1:2). Учитывая низкую растворимость метионина в воде, необходимо добавлять щелочь, доводя рН реакционной смеси до 9-10.

Теоретически получают 100 г метионината марганца (II) [2].

При проведении анализа полученного соединения использовались методы УФ спектроскопии, ИК спектроскопии.

В соответствии с ГФ XIV наиболее часто в хроматографических методах анализа α -аминокислот используется 0,2 % раствор нингидрина в ацетоне. Для анализа проводят нингидриновую реакцию: к 1мл 3% раствора метионина прибавляют 1 мл свежеприготовленного раствора 0,2% нингидрина в ацетоне до появления сине-фиолетовой окраски. Затем измеряют оптическую плотность раствора. В видимой области наблюдается наличие двух максимумов в диапазонах длин волн 399-410 и 560-570 нм.

В данном исследовании помимо 0,2 % раствора нингидрина в ацетоне для анализа использовался 0,2 % раствор нингидрина в воде.

В соответствии с ФС “Метионин рацемический” инфракрасный спектр в области от 4000 до 400 см⁻¹ по положению полос поглощения

должен соответствовать спектру фармакопейного стандартного образца метионина рацемического.

Данные методики на определения метионина в образцах использовались для идентификации полученных солей в совокупности с методиками определения ионов марганца [3].

Результаты и обсуждения

Полученный продукт был лиофильно высушен и взвешен. Масса продукта реакции составила 87,44 г. Так, был проведен синтез метионината марганца с практическим выходом продукта 87,44%.

Процесс получения метионината марганца осуществляется на установке, состоящей из реакционного сосуда на плитке с функцией поддержания температуры, оснащенной термопарой и магнитной мешалкой. Схема установки представлена на рисунке 1.

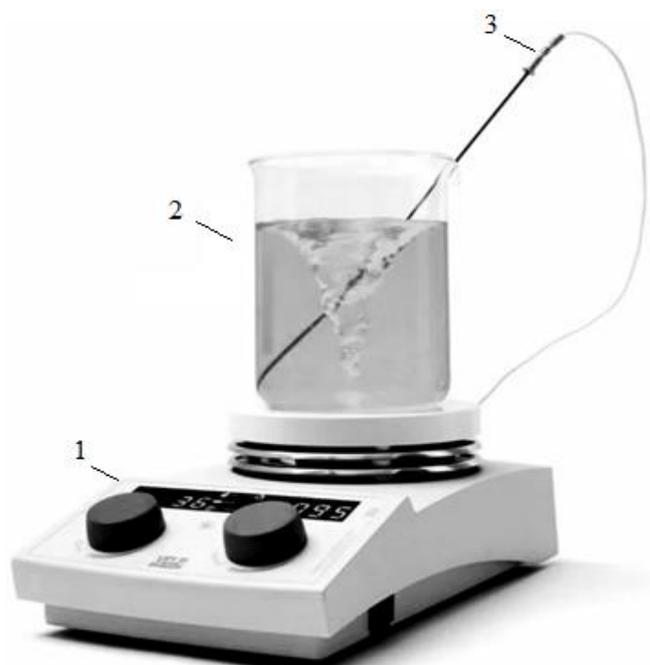


Рис. 1. Установка для проведения синтеза метионината марганца: 1 - плитка с магнитной мешалкой; 2 – реакционный сосуд; 3 – термопара

Для получения данных о наличии метионина и марганца в полученном соединении, проводилось исследование их окрашенных комплексов с раствором нингидрина в ацетоне с помощью УФ спектрофотометрии [4]. Также изучалась зависимость оптической плотности от выбора растворителя для приготовления раствора нингидрина (вода, ацетон).

Результаты исследования представлены на рисунках 2, 3.

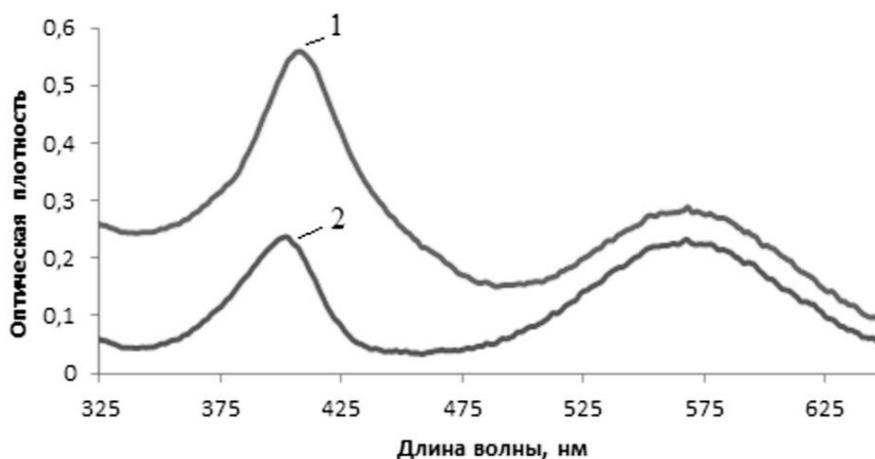


Рис. 2. Спектр видимой области метионина в нингидрине: 1 - раствор нингидрина в ацетоне; 2 – раствор нингидрина в воде

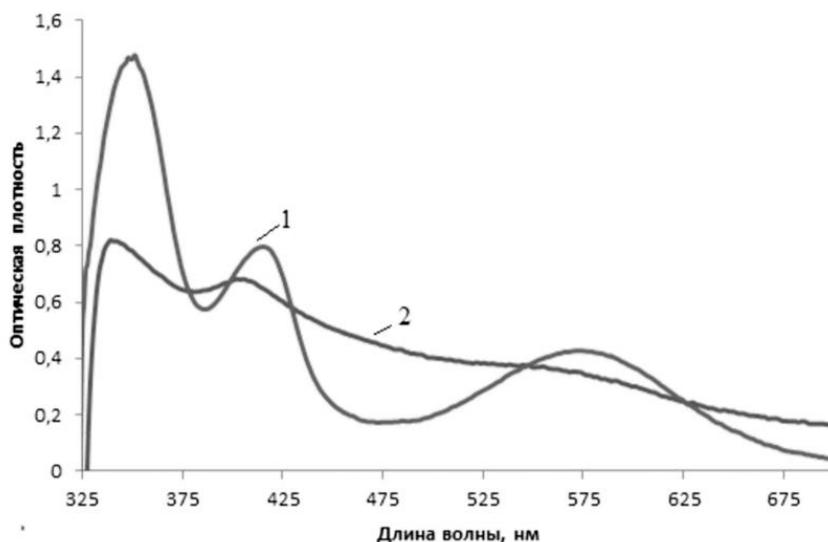


Рис. 3. Спектр видимой области комплекса метионината марганца и нингидрина: 1 – УФ-спектр раствора метионината марганца с нингидрином в ацетоне; 2 - УФ-спектр раствора метионината марганца с нингидрином в воде

Наличие двух максимумов в видимой области в диапазонах волн 401-408 и 565-570 указывает на наличие метионина в исследуемом образце. Максимумы в области 338-351 означают присутствие в соединении ионов Mn^{2+} , который дает в видимой области

множественные пики, наиболее ярко выраженные в данном диапазоне. Также следует отметить, что при использовании раствора нингидрина в ацетоне максимумы как метионина, так и Mn имеют большую интенсивность, что позволяет их идентифицировать с большей точностью. При использовании водного раствора нингидрина все максимумы сохраняются, поэтому, учитывая, что вода более распространенный и безопасный растворитель, целесообразно проводить спектрофотометрическое исследование с водным раствором нингидрина.

Исследования с помощью метода ИК спектроскопии показали определенное сходство полученного образца со спектром стандартного образца метионина в области от 4000 до 400 см⁻¹ [5].

Результаты анализа представлены на рисунке 4.

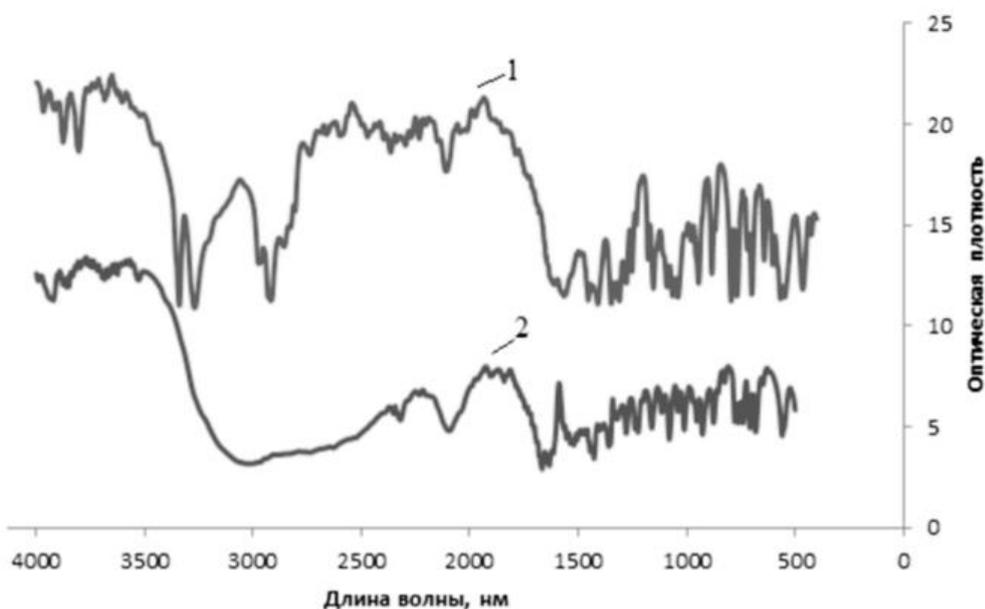


Рис. 4. ИК спектры метионина и метионината марганца:
1 - метионинат марганца; 2 – метионин

Ион Mn²⁺ образует с метионином хелатную связь, которая может осуществляться с помощью кислорода карбоксильной группы и аминогруппу, но без участия метилсульфидной группы. Колебания в области 3275 см⁻¹ и 3338 см⁻¹ свидетельствуют о наличии координированной аминогруппы, с расщепление между ними = 63, что свидетельствует о наличии донорно-акцепторной связи между аминогруппой метионина и атомом металла. В то же время полосы деформационных колебаний протонированной аминогруппы наблюдаются в области 1562 см⁻¹. Колебания в области 1350 см⁻¹ свидетельствуют о сохранении полосы колебаний метилсульфидной

группы. В спектре синтезированного соединения в отличие от метионина отсутствует полоса поглощения в области 1230 см^{-1} , что говорит об участии карбоксильной группы в образовании связи с атомом марганца. Также отсутствие значимых полос в области выше 3450 см^{-1} свидетельствует об отсутствии колебаний ОН группы, что говорит об отсутствии в полученном соединении молекул кристаллизованной воды.

Таким образом, данные ИК спектроскопии показывают, что при образовании комплекса между аминокислотой и металлом происходит формирование донорно-акцепторной связи между Mn^{2+} и NH_2 , а также ковалентно-полярной связи между атомом металла и карбоксильной группы метионина, что свидетельствует о наличии связанного иона Mn в полученном соединении метионината марганца.

Заключение

В ходе исследования был получен метионинат марганца с практическим выходом 87,44%, а также проведен анализ полученного соединения доступными физико-химическими методами: УФ спектроскопии, ИК спектроскопии.

Анализ метионината марганца имеет большое значение в разработке добавок, которые обеспечивают оптимальное поступление марганца в организм животного, что важно для поддержания оптимального обмена веществ у животных, их роста и развития. Это особенно важно в условиях интенсивно развивающегося животноводства в России.

Используемые методы УФ и ИК спектроскопии являются перспективными благодаря своей чувствительности, скорости анализа, широкому спектру применения и возможности интеграции с другими методами.

Список литературы:

1. Доссон, Р. Справочник биохимика / Р. Доссон, Д. Эллиот. М.: Мир, 2001. -544 с.
2. Головнев, Н.Н. Синтез соединений d-элементов с аминокислотами / Н.Н. Головнев, Г.В. Новикова, и др. - Вестник Красноярского государственного университета. Естественные науки. 2006. 45 с.
3. Бондаренко, Б.Н. Количественное определение аминокислот при хроматографии в тонком слое / Б.Н. Бондаренко. – М.: Лаб. Дело, 2004. 120 с.
4. Рошаль, Е.Р. УФ-спектрофотометрическое определение ароматических аминокислот /Е.Р. Рошаль, В.Н. Сенаторова, А.Ф. Шолин и др. – М.: Хим.-фарм. Журн. 2011. 83 с.
5. ГОСТ 32195-2013. Корма, комбикорма. Метод определения содержания аминокислот. М.: Стандартинформ, 2016. 24 с.

Об авторах:

ЦВЕТКОВ Дмитрий Юрьевич – бакалавр 4 года обучения, кафедра Биотехнологии, химии и стандартизации, ФГБОУ ВО Тверской государственный технический университет, (170026, г. Тверь, наб. А. Никитина, 22); e-mail: dm.cwetkow@mail.ru

ПЕТРОВА Арина Игоревна – бакалавр 4 года обучения, кафедра Биотехнологии, химии и стандартизации, ФГБОУ ВО Тверской государственный технический университет, (170026, г. Тверь, наб. А. Никитина, 22); e-mail: arinapetrova989@gmail.com

ЛАКИНА Наталия Валерьевна, к.х.н, доцент кафедры биотехнологии, химии и стандартизации, Тверской государственный технический университет, химико-технологический факультет (170026, г. Тверь, наб. А. Никитина, 22); e-mail: lakina@yandex.ru

ДОЛУДА Валентин Юрьевич, к.х.н, доцент кафедры биотехнологии, химии и стандартизации, Тверской государственный технический университет, химико-технологический факультет (170026, г. Тверь, наб. А. Никитина, 22); e-mail: doludav@yandex.ru

Synthesis and analysis of methionine-manganese complexes

D.Y. Tsvetkov, A.I. Petrova, N.V. Lakina, V.Y. Doluda

Tver State Technical University, Tver

Manganese methioninate is a high—melting crystalline product of pale pink color, insoluble in water and alcohol. It is obtained by the interaction of an alkaline solution of methionine with manganese chloride. It is used as a feed additive to enrich the diets of farm animals, including birds, it is converted into methionine in the animal body with the release of biologically active manganese ions. Various analytical methods are used to determine methionine and manganese ions. In this paper, the process of obtaining manganese methioninate and the identification of the resulting compound by physico-chemical methods are considered.

Keywords: *manganese methioninate, methionine, identification.*

Дата поступления в редакцию: 15.04.2025.

Дата принятия в печать: 18.04.2025.