

штамм 67 после культивирования на среде Кинг Б, содержала следующие соединения феназинового ряда: феназин-1-карбоновая кислота (основное соединение), 2-гидроксифеназин, 2-гидроксифеназин-1-карбоновая кислота, пиоцианин. Разделение и очистку феназиновых соединений осуществляли методами тонкослойной и колоночной хроматографии.

Установление структур полученных соединений проводили при помощи УФ-спектрофотометрии, ЯМР спектроскопии и измерением температур плавления.

Изучили биологическое действие культуральной жидкости бактерии *P. aeruginosa*, штамм 67 и феназинов на ряд тест-организмов: *E. coli*, *S. aureus*, *B. subtilis*, *C. albicans*, *Saccharomyces sp.*

Выявлены бактерицидная и бактериостатическая феназин-1-карбоновой кислоты по отношению к тест-организмам, результаты представлены в Таблице 1.

Установлено, что культуральная жидкость *P. aeruginosa*, штамм 67 полученная после выращивания на среде Кинг Б, проявляет антибиотическую активность по отношению ко всем тест-культурам. Доказано, что бактерицидное действие культуральной жидкости обусловлено присутствием в ней антибиотиков феназинового ряда, а также наличием других биологически активных соединений. Это проявляется отсутствием бактерицидного эффекта культуральной жидкости после экстракции из неё феназинов, а также в меньшей антибиотической активности чистых антибиотиков феназинового ряда

Таблица 1. Определение минимальной подавляющей концентрации феназин-1-карбоновой кислоты

| Тест-организм | Концентрация феназин-1-карбоновой кислоты, мг/л | | | | | | | |
|--------------------------|---|-----|----|----|----|---|---|---|
| | 256 | 128 | 64 | 32 | 16 | 8 | 4 | 2 |
| | Рост тест-организма | | | | | | | |
| <i>C. albicans</i> | – | – | – | – | + | + | + | + |
| <i>B. subtilis</i> | – | – | – | + | + | + | + | + |
| <i>S. aureus</i> | – | – | – | – | – | + | + | + |
| <i>Saccharomyces sp.</i> | – | – | – | – | – | + | + | + |
| <i>E. coli</i> | – | – | – | – | + | + | + | + |

Примечание: «+» – присутствует рост, «–» – отсутствует рост.

Список литературы

1. Pathma J., Rahul G.R., Kennedy R. Kamaraj, Subashri R., Sakthivel N. // *J. Biol. Control*, 2011.– №25.– P.165–181.
2. Моргунов В.В., Коць С.Я., Кириченко Е.В. // *Физиология и биохимия культ. растений*, 2009.– №41.– С.187–207.
3. Hol W.H., Bezemer T.M., Biere A. // *Front. Plant. Sci.*, 2013.– №4.– P.81–90.

МИКРОВОЛНОВОЙ СИНТЕЗ СОПОЛИМЕРОВ МОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ И ϵ -КАПРОЛАКТАМА

В.А. Попова, Р. Гуляев, Д.К. Джампеисов
Научный руководитель – к.х.н., доцент Г.Я. Губа

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, Valentina_popova.93@mail.ru

Биоразлагаемые полимеры на основе полимолочной кислоты (ПМК) широко используются в медицинских целях, в частности для контролируемой доставки лекарств, тканевой инженерии и т.д. [1].

Сополимеризация мономеров является одним из методов синтеза полимеров с заданными свойствами и улучшенными физико-химическими характеристиками. Сополимеры ϵ -капролак-

тама и олигомеров молочной кислоты (ОМК) имеют большую скорость деградации, хорошую проницаемость при доставке лекарств. Недостатком является длительное время синтеза вышеуказанных сополимеров [2].

Микроволновой синтез (МВО) стремительно развивается в настоящее время и является одной из основных тем в «зеленой химии», поскольку позволяет исключить использование

Таблица 1. Условия синтеза сополимеров ОМК и КПЛ (ПМК-КПЛ)

| № синтеза | Условия синтеза ОМК, Вт/мин. | Соотношение ОМК : КПЛ, масс. % | Условия реакции Вт/мин. | М.в., Да |
|-----------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------|----------|
| 1 | *280/25 | 70 : 30 | 130/20 | 750 |
| 2 | *280/25 | 70 : 30 | 280/20 | 900 |
| 3 | **360/25 | 70 : 30 | 200/30 | 1100 |
| 4 | *360/25 | 80 : 20 | 360/15 | 11000 |
| 5 | *360/25 | 80 : 20 | 360/20 | 15000 |
| [2] | 170 °С/420 мин. | 80 : 20 | 170 °С/180 | – |

Примечание: * – катализатор/сокатализатор – 0,3 % масс. октоата олова/0,3 % масс бензилового спирта; ** – кат./сокатализатор – 0,03 % масс. октоата олова/0,03 % масс бензилового спирта.

Таблица 2. Химические сдвиги протонов (выделено) в спектрах ¹H ЯМР ПМК-КПЛ (растворитель CDCl₃) сополимеров ПМК-КПЛ

| | Группы | ОМК | КПЛ | ПМК | ПМК-КПЛ |
|-----|------------------------------------|--------------------------|---------|-----------------|---------|
| | | Химические сдвиги, млн.д | | | |
| I | –(CH ₃)CHCOO– | 5,2 | – | 5,2 | 5,1 |
| II | –CH ₃ | 1,4–1,6 | – | 1,4–1,6 | 1,3–1,6 |
| III | –(CH ₂) ₃ – | – | 1,3–1,6 | – | 1,3–1,6 |
| IV | –CH ₂ CONH– | – | 3,1 | – | 3,2 |
| V | –CONHCH ₂ – | – | 2,3 | – | 2,3–2,4 |
| VI | –CH ₂ COO– | – | – | – | 4,3 |
| VII | –(CH ₃)CHCOOH | 4,4 | – | мало интенсивн. | – |

растворителей. При использовании МВО в органическом синтезе наблюдается многократное сокращение времени протекания химических реакций и увеличение молекулярного веса [3].

Цель настоящей работы – синтез сополимеров молочной кислоты (МК) и ε-капролактама (КПЛ).

Синтез проводили в два этапа: вначале получали олигомер МК (м.в. 700 Да), а затем нагревали с КПЛ.

Реакцию проводили в микроволновом мультимодовом реакторе под вакуумом при барботи-

рованием азотом. тодами ИК- и ¹H ЯМР-спектроскопии. Молекулярный вес определяли вискозиметрически.

В ИК-спектрах ПМК-КПЛ наблюдаются полосы поглощения валентных колебаний ν (C=O), характерные как для КПЛ (1646 см⁻¹), так и для ПМК (1752 см⁻¹) звеньев.

В таблице 2 представлены результаты исследований ПМК-КПЛ методом ¹H ЯМР спектроскопии.

На основании данных ИК- и ЯМР-исследований предложена схема взаимодействия ОМК с КПЛ:

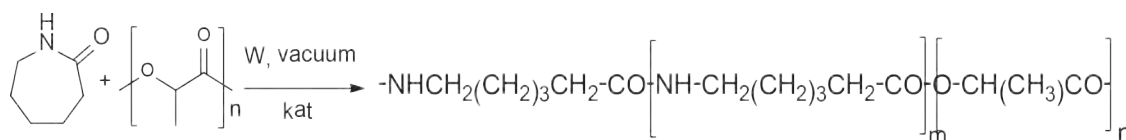


Рис. 1.

рованием азотом.

Из данных, представленных в таблице 1 следует, что КПЛ взаимодействует с ОМК с заметной скоростью при мощности МВО 360 Вт.

Синтезированные образцы исследовали ме-

Результаты исследования показали, что проведение синтеза в условиях МВО позволяет сократить время проведения реакции в 6–10 раз по сравнению с обычным нагревом (табл. 1).

Список литературы

1. Luc Averous. *Synthesis. Handbook of Biopolymers and Biodegradable Plastics*, 2013.– P.171–187.
2. Pivsa-Art S., Phansroy N. and at. *Energy Procedia*, 2014.– 56.– P.648–658.
3. M. Komorowska-Durka, G. Dimitrakis, and at. *Chemical Engineering Journal*, 2015.– 264.– P.633–644.

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ ИНИЦИАТОРА И МОЩНОСТИ ОБЛУЧЕНИЯ НА МИКРОВОЛНОВЫЙ СИНТЕЗ ПОЛИМОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ

В.А. Попова, Д.К. Джампеисов
 Научный руководитель – к.х.н., доцент Г.Я. Губа

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, Valentina_popova.93@mail.ru

Применение биоразлагаемых полимеров, в настоящее время, актуально в медицине (шовный материал, носители лекарственных препаратов с их контролируемым высвобождением и т.д.) [1].

Наиболее существенную долю на рынке биоразлагаемых полимеров сегодня занимает полимолочная кислота (ПМК).

В промышленности в качестве катализатора при производстве ПМК в основном применяют октоат олова. Тип катализатора/инициатора влияет на экономические показатели производства полимера, тип и строение, стереонаправленность [2].

Процесс синтеза ПМК в обычных термических условиях является длительным процессом и требует повышенных температур [2].

При микроволновом облучении (МВО) в органическом синтезе наблюдается многократное сокращение времени протекания химических реакций и увеличение молекулярного веса [3].

Цель настоящей работы – изучение влияния природы инициатора и мощности МВО на полимеризацию молочной кислоты (МК).

Полимеризацию проводили в два этапа, как показано на схеме ниже.

Вначале удаляли воду и получали олигомер.

Затем проводили полимеризацию олигомера в присутствии катализатора/инициатора (1:1) в количестве 0,03% от массы, в микроволновом реакторе под вакуумом при барботировании азотом.

Нами установлено, что при использовании бензилового спирта в качестве инициатора достигается наибольший молекулярный вес олигомера ПМК.

Синтезированные образцы исследовали методом ИК-спектроскопии и ¹H ЯМР-спектроскопии.

На основании полученных данных ¹H ЯМР-спектроскопии определена степень превращения МК в ПМК.

Из данных, представленных в таблице 2 следует, что наибольший молекулярный вес получается при мощности облучения 280 Вт и ведении процесса более 25 мин.

При увеличении мощности облучения до 360 Вт и повышении времени реакции молекулярный вес полимера уменьшается.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что оптимальная мощность облучения при проведении реакции составляет 280 Вт, а в качестве инициатора целесообразно использовать бензиловый спирт.

Таблица 1. Влияние инициаторов на свойства полимолочной кислоты

| № п/п | Катализатор/инициатор | МК/К/И | W, Вт | Время | M, [Da] |
|-------|--------------------------------|-----------|-------|-------|---------|
| 1 | октоат Sn/изопропиловый спирт | 10000:3:3 | 200 | 10 | 1449 |
| 2 | октоат Sn/трет-бутиловый спирт | 10000:3:3 | 200 | 10 | 1556 |
| 3 | октоат Sn/изоамиловый спирт | 10000:3:3 | 200 | 10 | 601 |
| 4 | октоат Sn/изобутиловый спирт | 10000:3:3 | 200 | 10 | 661 |
| 5 | октоат Sn/бензиловый спирт | 10000:3:3 | 200 | 10 | 2228 |

Примечание: МК – молочная кислота; МК/К/И – соотношение МК: катализатора : инициатора в массовых частях.