

Лебедєв В.В., к.техн.н., доцент, Мірошниченко Д.В., д.техн.н., професор,
Лендич Є.С.*, учень, Борисенко Л.М.*, вчитель, Савченко Д.О., студент,
Мазченко М.В., студент, Тихомирова Т.С., к.техн.н., доцент,
Литвиненко Є.І., к.техн.н. доцент, Ворожбіян Р.М., к.техн.н. доцент

ВИВЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОТРИМАННЯ ГЕЛІВ НА ОСНОВІ АГАР-АГАРУ ДЛЯ КОСМЕТОЛОГІЇ ТА МЕДИЦИНИ З АНТИБАКТЕРІАЛЬНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
Харківська гімназія №65

Ключові слова: гідрогелі, агар-агар, дослідження, антибактеріальні властивості, гумінові кислоти, гелеутворення, в'язкість.

Вступ. Останніми роками у світі різко спалахнула необхідність в забезпеченні антисептичними речовинами, а гумінові кислоти крім цього мають безліч інших потенційно корисних властивостей [1]. Але на сучасний момент їх використання в косметичці та медицині є незначним: в медицині гумінові кислоти застосовуються, по більший частині, в ветеринарії, а в косметології-або зовсім маленька доля речовин в препаратах або у чистому вигляді як антисептичний засіб [2–3].

Визначення фізико-хімічних властивостей сумішей на основі агар-агару також може бути корисним для його подальшого використання, так як він хоча і проявляє властивості гідрогелів, є сумішшю полісахаридів [4–6]. Відмінності між цими 2 класами сполук можуть бути використані в подальших дослідженнях для харчової промисловості, медицини, фармацевтики і косметології [7].

В контексті косметологічних застосувань основними потенційними перевагами антисептичних гелів на основі з агар-агару повинні стати [8]: багатофункціональність, мінімальна загроза для організму, простота в виробництві та відносна приємність для людини.

Мета статті – вивчення особливостей отримання гелів на основі агар-агару для косметології та медицини з антибактеріальними властивостями.

Об'єкти та методи дослідження. У роботі використовувався агар-агар харчовий «ДОБРИК» (Україна) торгівельної марки ТОВ "Нова-Пак" (Україна). Використовували гумінову кислоту, яку отримували за ГОСТ 9517 «Методи визначення виходу гумінових кислот» [9]. Суть методу полягає в обробці аналітичного зразка бурого вугілля лужним розчином пірофосфату натрію, подальшій екстракції зразка розчином гідроксиду натрію, осадження гумінових кислот із надлишком мінеральної кислоти та визначення маси осада, що утворюється. Масова частка гумінових кислот у лужному розчині 8,5 % мас.

Розчини агар-агару концентрацією 1,6 % готувалися по загальновідомою методикою: наважку заливали певною кількістю дистильованої води і залишали на добу для набухання. Потім суміш нагрівали на водяній бані при безперервному перемішуванні і доводили до кипіння на електроплитці. Отримані розчини залишали для природного охолодження на кілька годин. Вибір концентрації розчинів у воді ґрунтувався на численних даних про концентрації агар-агар, що забезпечує стійке гелеутворення при кім-

натній температурі (в нашому випадку $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$). Діапазон концентрацій становить 1,5–2 %. На цій підставі було вибрано верхнє значення рівне 1,7 %, яке більш ніж удвічі менше концентрації утворення твердого гелю. Перевірка показала, що розчин такої концентрації залишається досить текучим при $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ для вимірювання в'язкості за допомогою капілярного віскозиметра. Мінімальна концентрація обрана на основі попередніх експериментів і літературних даних, які свідчать, що розчини з концентрацією 0,1 % і менше поведуться як в'язкі ньютонівські рідини.

При отриманні висококонцентрованих полімерних гідрогелів з молоком та медом концентрацією 25 та 50 % полімерної частини наважку заливали певною кількістю дистильованої води і залишали на добу для набухання, суміш нагрівали на водяній бані при безперервному перемішуванні до отримання однорідного розчину. Потім отриманий розчин полімерних гідрогелів з молоком та медом виливали на скло та досліджували гелеутворення. Концентрація 25 та 50 % полімерної частини у полімерних гідрогелях обумовлена подальшим потенційним використанням їх для отримання косметологічних масок для обличчя, спеціальних тейпів при травмах та розтяганнях м'язів та суглобів.

У досліджених полімерних гідрогелях визначають умовну в'язкість ньютонівських рідин згідно з ГОСТ 8420 [10], час втрати липкості за ГОСТ 22181 [11], температуру топлення студню з 0,85 % мас. за ГОСТ 16280 [12] і час появи плісняви на гідрогелях. Електронні знімки отриманих композицій виконуються на електронному мікроскопі HDcolor CMOS Sensor (Китай).

Обговорення результатів. В першу чергу оцінювалася структурна завершеність в приготованих розчинах. На рис. 1 наведена залежність умовної в'язкості розчинів гідрогелів агар-агару від вмісту гумінової кислоти.

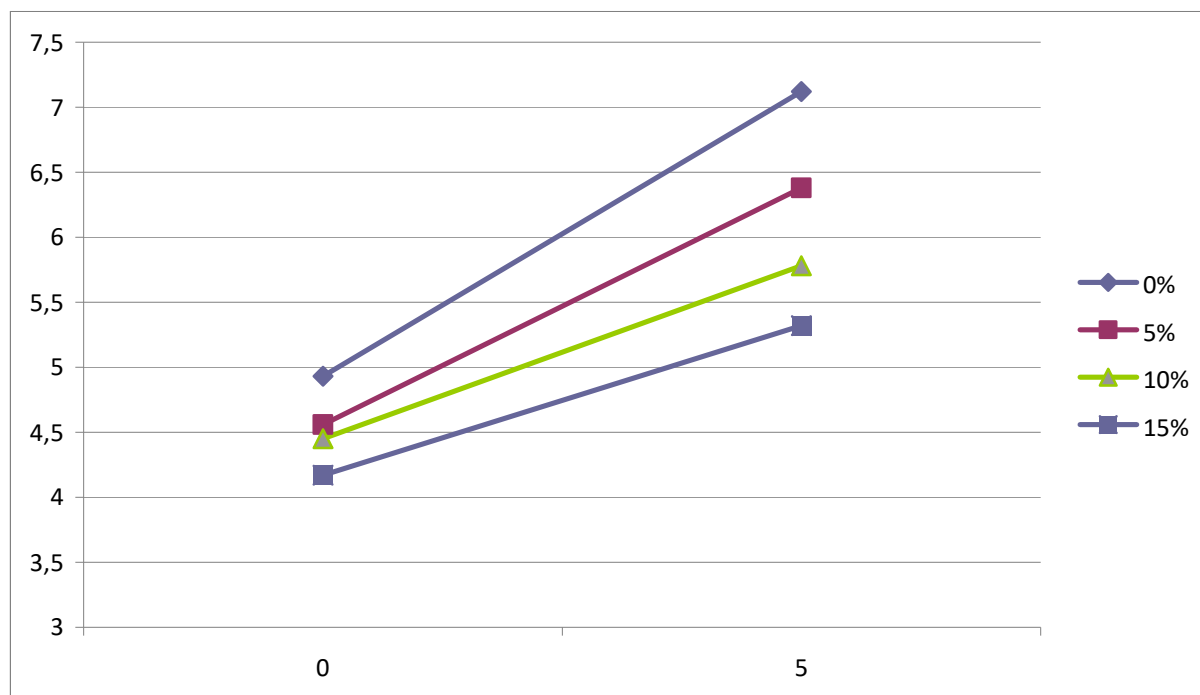


Рисунок 1 – Залежність в'язкості від вмісту гумінової кислоти

Нижче приведена залежність температури топлення студню гідрогелів агар-агару від вмісту гумінової кислоти – рис. 2.

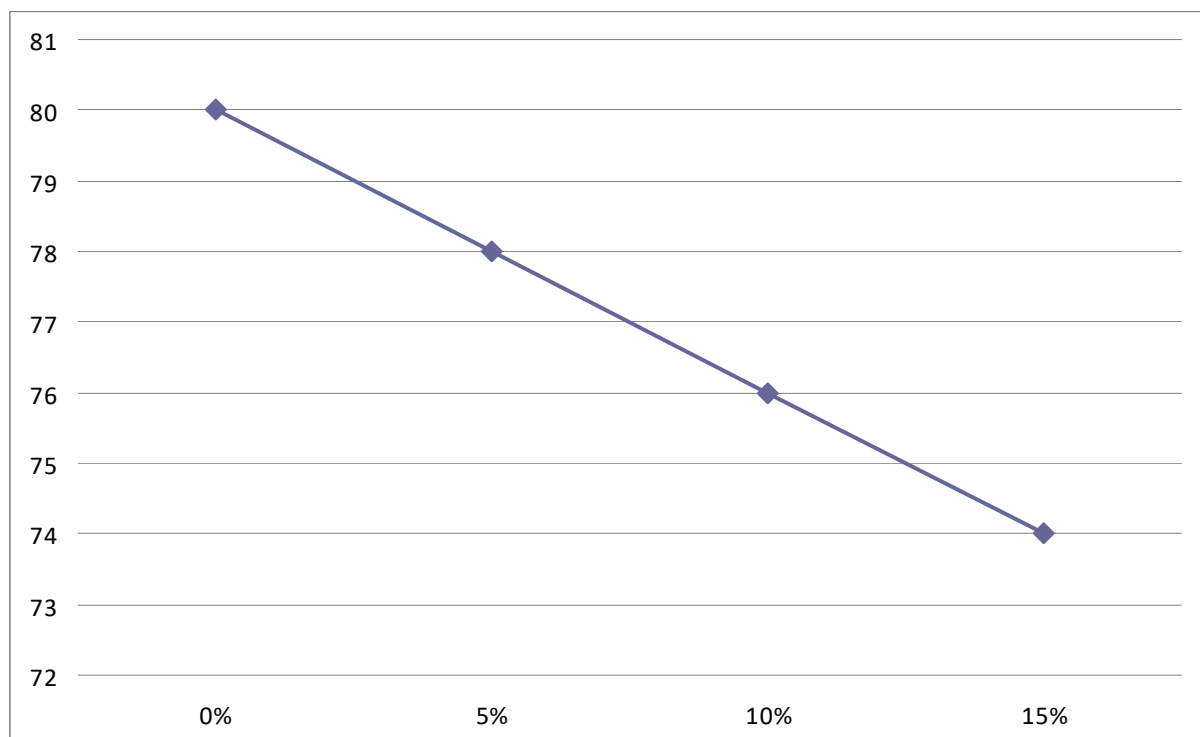


Рисунок 2 – Залежність температури топлення студню гідрогелів від вмісту гумінової кислоти, °C

Нижче в таблиці 1 наведені дані щодо впливу різного вмісту гумінової кислоти на час втрати липкості і появи цвілі на поверхні полімерних гідрогелів.

Таблиця 1 – Вплив різного вмісту гумінової кислоти на втрату липкості і появи цвілі на поверхні полімерних гідрогелів

	0%	5%	10%	15%
Час втрати липкості, хв.	5	7	10	15
Час появи цвілі, годин	24	Не з'являється	Не з'являється	Не з'являється

З рис. 1–2 і табл. 1 видно, що введення до складу полімерних гідрогелів гумінових кислот вповільнює процеси структуроутворення, що призводить до зменшення в'язкості всіх досліджуваних композицій. Також зниження температури топлення студню гідрогелів при збільшенні вмісту гумінових кислот в них свідчить про знижений рівень гелеутворення, що призводить також до збільшення часу втрати липкості полімерних гідрогелів.

Не менш важливо відзначити той факт, що гумінові кислоти у полімерних гідрогелях мають високу антибактеріальну активність, повністю зупиняють процеси утворення в них плісняви, що наочно видно з рис. 3.

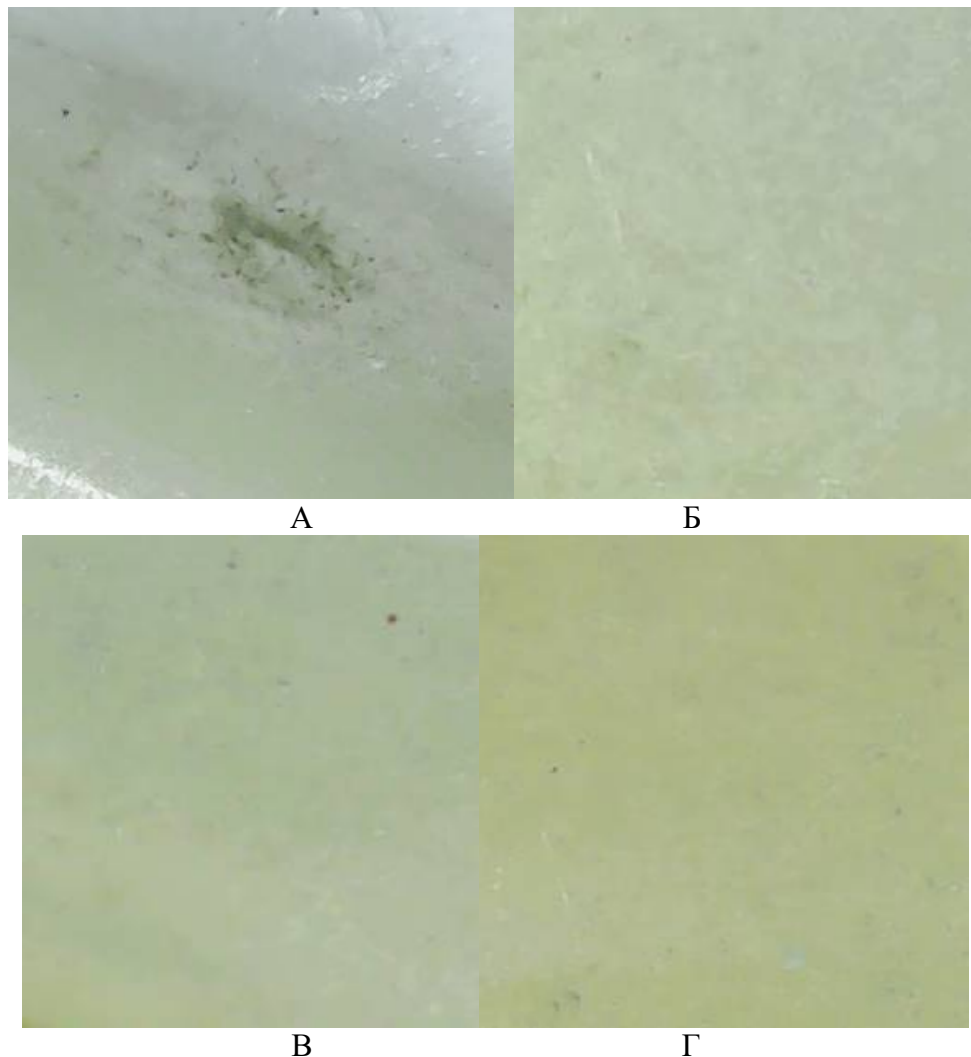


Рисунок 3 – Мікрофотографії (500x) досліджуваних полімерних гідрогелів агар-агару з різним вмістом гумінової кислоти: А – полімерний гідрогель агар-агару; Б полімерний гідрогель з 5 % вмістом гумінових кислот; В – полімерний гідрогель агар-агару з 10 % вмістом гумінових кислот; Г – полімерний гідрогель агар-агару з 15 % вмістом гумінових кислот

Таким чином, були розроблені косметологічні полімерні гідрогелі з антибактеріальним ефектом, які можуть бути використані при обробці рук, обличчя та інших відкритих та контактних для людини ділянок шкіри за для боротьби з коронавірусними бактеріями.

Висновки. В статті проведено дослідження з вивчення процесів гелеутворення та особливостей реологічних властивостей гідрогелів на основі агар-агару з метою отримання сучасних гідрогелів з антибактеріальним ефектом.

В ході дослідження ми дійшли наступних висновків:

– встановлено, що введення до складу полімерних гідрогелів гумінових кислот вповільнює процеси структуроутворення, що призводить до зменшення в'язкості всіх

досліджуваних композицій. Також зниження температури топлення студню гідрогелів агар-агару при збільшенні вмісту гумінових кислот в них свідчить про знижений рівень гелеутворення, що призводить також до збільшення часу втрати липкості полімерних гідрогелів агар-агару.

– показано, що гумінові кислоти у полімерних гідрогелях агар-агару мають високу антибактеріальну активність, повністю зупиняють процеси утворення в них плісняви;

– найбільш ефективними с точки зору отримання гідрогелів агар-агару з антибактеріальним ефектом є композиції агар-агару зі вмістом гумінових кислот 15 %.

Література

1. Платонова В.В., Елесеєва Д.Е., Швыкин А.Ю. Метод предварительной оценки физиологической активности гуминовых и гуминоподобных веществ // Вестник новых медицинских технологий. - 2010. - №3. – с. 26–29.

2. Ansorg R., Rochus W. Studies on the antimicrobial effect of natural and synthetic humic acids (author's transl) // Arzneimittel-Forschung-Drug Research. – 1978. – 28. – p. 2195–2198.

3. Kneist S. Antibakterielle und antimykotische Wirkung von Huminsubstanzen aus dem Alteicher Moor // Akademie gemeinnütziger Wissenschaften zu Erfurt. Jahrbuch. – 2005. – pp. 65.

4. Sousa A.M., Borges J., Silva A.F., Goncalves M.P. Influence of the extraction process on the rheological and structural properties of agars // Carbohydrate Polymers. – 2013. – 96(1). – pp. 163–171.

5. Usov A.I. Polysaccharides of the red algae // Advances in carbohydrate chemistry and biochemistry. – 2011. – 65. – pp. 115–217.

6. Максимова О.А., Митин В.В. Определение динамики гелеобразования агар-агара // Пищевая промышленность. – 2013. – No7. – С. 4.

7. Nordqvist D., Vilgis T.A. Rheological Study of the Gelation Process of Agarose-Based Solutions // Food Biophysics. – 2011. – 6(4) – pp. 450.

8. Lebedev V., Miroshnichenko D., Xiaobin Z., Pyshyev S., Savchenko D. Technological Properties of Polymers Obtained from Humic Acids of Ukrainian Lignite // Petroleum and Coal. – 2021. – 63 (3). – pp. 646–654.

9. ГОСТ 9517-94 (ИСО 5073-85) Топливо твердое. Методы определения выхода гуминовых кислот.

10. ГОСТ 8420-74 Материалы лакокрасочные. Методы определения условной вязкости.

11. ГОСТ 22181-91 (ИСО 2535-74) Смолы полиэфирные ненасыщенные. Методы определения времени желатинизации.

12. ГОСТ 16280-2002. Агар пищевой. Технические условия.

Bibliography (transliterated)

1. Platonova V.V., Eleseeva D.E., Shvykin A.Yu. Metod predvaritel'noj ocenki fiziologicheskoy aktivnosti guminovyh i guminopodobnyh veshchestv // Vestnik novykh medicinskih tekhnologij. – 2010. – №3. – p. 26-29.

2. Ansorg R., Rochus W. Studies on the antimicrobial effect of natural and synthetic humic acids (author's transl) // *Arzneimittel-Forschung-Drug Research*. – 1978. – 28. – p. 2195–2198.
3. Kneist S. Antibakterielle und antimykotische Wirkung von Huminsubstanzen aus dem Alteicher Moor // *Akademie gemeinnütziger Wissenschaften zu Erfurt. Jahrbuch*. – 2005. – pp. 65.
4. Sousa A.M., Borges J., Silva A.F., Goncalves M.P. Influence of the extraction process on the rheological and structural properties of agars // *Carbohydrate Polymers*. – 2013. – 96(1). – p. 163–171.
5. Usov A.I. Polysaccharides of the red algae // *Advances in carbohydrate chemistry and biochemistry*. – 2011. – 65. – p. 115–217.
6. Maksimova O.A., Mitin V.V. Opredelenie dinamiki geleobrazovaniya agar-agara // *Pishchevaya promyshlennost'*. – 2013. – No7. – P.4.
7. Nordqvist D., Vilgis T.A. Rheological Study of the Gelation Process of Agarose-Based Solutions // *Food Biophysics*. – 2011. – 6(4) – p. 450.
8. Lebedev V., Miroshnichenko D., Xiaobin Z., Pyshyev S., Savchenko D. Technological Properties of Polymers Obtained from Humic Acids of Ukrainian Lignite // *Petroleum and Coal*. – 2021. – 63 (3). – pp. 646–654.
9. GOST 9517-94 (ISO 5073-85) Topливо tverdoe. Metody opredeleniya vyhoda guminovykh kislot.
10. GOST 8420-74 Materialy lakokrasochnye. Metody opredeleniya uslovnoy vyzkosty.
11. GOST 22181-91 (ISO 2535-74) Smoly poliefirnye nenasyshchennye. Metody opredeleniya vremeni zhelatinizatsii
12. GOST 16280-2002. Agar pishchevoj. Tekhnicheskie usloviya.

УДК 678

Лебедев В.В., Мірошніченко Д.В., Лендич Є.С.*, Борисенко Л.М.*, Савченко Д.О., Мазченко М.В., Тихомирова Т.С., Литвиненко Є.І., Ворожбіян Р.М.

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
Харківська гімназія №65

ВИВЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОТРИМАННЯ ГЕЛІВ НА ОСНОВІ АГАР-АГАРУ ДЛЯ КОСМЕТОЛОГІЇ ТА МЕДИЦИНИ З АНТИБАКТЕРІАЛЬНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

У сучасному світі особлива увага приділяється матеріалам із контрольованими характеристиками. У цьому аспекті полімери та матеріали на їх основі мають ряд специфічних властивостей для ефективного використання в медицині та косметології. Гумінові речовини задовольняють більшість цих особливостей, тому їх використання є дуже актуальним. Вивчення особливостей процесів гелеутворення в полімерних системах типу агар-агар, якій має досить універсальні властивості, дозволяють використовувати його як основу для гелів та полімерних носіїв, а також в процесах отримання медичних та косметологічних матеріалів з різними властивостями, що може мати важливе значення при вирішенні ряду актуальних питань. Зокрема це легкі і дешеві в вироб-

ництві антисептичні гелі, пов'язки на ранах з абсорбційними та захисними властивостями, всіляка косметика. В статті проведено дослідження з вивчення процесів гелеутворення та особливостей реологічних властивостей гідрогелів на основі агар-агару з метою отримання сучасних гідрогелів з антибактеріальним ефектом. Встановлено, що введення до складу полімерних гідрогелів гумінових кислот вповільнює процеси структуроутворення, що призводить до зменшення в'язкості всіх досліджуваних композицій. Введення до складу полімерних гідрогелів гумінових кислот вповільнює процеси структуроутворення, що призводить до зменшення в'язкості всіх досліджуваних композицій. Також зниження температури топлення студню гідрогелів при збільшенні вмісту гумінових кислот в них свідчить про знижений рівень гелеутворення, що призводить також до збільшення часу втрати липкості полімерних гідрогелів. Показано, що гумінові кислоти у полімерних гідрогелях мають високу антибактеріальну активність, повністю зупиняють процеси утворення в них плісняви. Встановлено, що найбільш ефективними є точки зору отримання гідрогелів з антибактеріальним ефектом є композиції агар-агару зі вмістом гумінових кислот 15%. Таким чином, були розроблені косметологічні полімерні гідрогелі з антибактеріальним ефектом, які можуть бути використані при обробці рук, обличчя та інших відкритих та контактних для людини ділянок шкіри за для боротьби з коронавірусними бактеріями.

Ключові слова: гідрогелі, агар-агар, дослідження, косметологія, гелеутворення, в'язкість.

Лебедев В.В., Мирошніченко Д.В., Лендич Е.С., Борисенко Л.М., Савченко Д.А.,
Мазченко М.В., Тихомирова Т.С., Литвиненко Е.И., Ворожбян Р.М.

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОЛУЧЕНИЯ ГЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ АГАР-АГАРА ДЛЯ КОСМЕТОЛОГИИ И МЕДИЦИНЫ С АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ

В современном мире особое внимание уделяется материалам с контролируемыми характеристиками. В этом аспекте полимеры и материалы на их основе обладают рядом специфических свойств для эффективного использования в медицине и косметологии. Гуминовые вещества удовлетворяют большинство этих особенностей, поэтому их использование очень актуально. Изучение особенностей процессов гелеобразования в полимерных системах типа агар-агар, которой обладает достаточно универсальными свойствами, позволяют использовать его как основу для гелей и полимерных носителей, а также в процессах получения медицинских и косметологических материалов с различными свойствами, что может иметь важное значение при решении ряда актуальных вопросов. В частности, это легкие и дешевые в производстве антисептические гели, повязки на ранах с абсорбционными и защитными свойствами, всяческая косметика. В статье проведено исследование по изучению процессов гелеобразования и особенностей реологических свойств гидрогелей на основе агар-агара с целью получения современных гидрогелей с антибактериальным эффектом. Установлено, что введение в состав полимерных гидрогелей гуминовых кислот замедляет процессы структурообразования, что приводит к уменьшению вязкости всех исследуемых композиций. Также снижение температуры плавления студней гидрогелей при увеличении содержания гуминовых кислот в них свидетельствует о пониженном уровне гелеобразования, что приводит также к увеличению времени потери липкости полимерных гидрогелей. По-

казано, что гуминовые кислоты в полимерных гидрогелях имеют высокую антибактериальную активность и практически полностью останавливают процессы образования в них плесени. Установлено, что наиболее эффективными с точки зрения получения гидрогелей с антибактериальным эффектом являются композиции агар-агара с содержанием гуминовых кислот 15%. Таким образом, были разработаны косметологические полимерные гидрогели с антибактериальным эффектом, которые могут быть использованы при обработке рук, лица и других открытых и контактных для человека участков кожи для борьбы с коронавирусными бактериями.

Ключевые слова: гидрогели, агар-агар, исследования, антибактериальные свойства, гуминовые кислоты, гелеобразование, вязкость.

Lebedev V.V., Miroshnichenko D.V., Lendich E.S., Borisenko L.M., Savchenko D.A.,
Mazchenko M.V., Tikhomirova T.S., Litvinenko E.I., Vorozhbiyan R.M.

FEATURES OF OBTAINING GELS BASED ON AGAR-AGAR FOR COSMETOLOGY AND MEDICINE WITH ANTIBACTERIAL PROPERTIES

In the modern world, special attention is paid to materials with controlled characteristics. In this aspect, polymers and materials based on them have a number of specific properties for effective use in medicine and cosmetology. Humic substances satisfy most of these features, so their use is very important. The study of the features of the processes of gelation in polymer systems such as agar-agar, which has rather universal properties, makes it possible to use it as a basis for gels and polymer carriers, as well as in the processes of obtaining medical and cosmetic materials with different properties, which can be important in solving a number of topical issues. In particular, these are lightweight and cheap to manufacture antiseptic gels, dressings on wounds with absorption and protective properties, all kinds of cosmetics. In the article, a study was carried out to study the processes of gelation and the features of the rheological properties of hydrogels based on agar-agar in order to obtain modern hydrogels with an antibacterial effect. It was found that the introduction of humic acids into the composition of polymer hydrogels slows down the processes of structure formation, which leads to a decrease in the viscosity of all the studied compositions. Also, a decrease in the melting temperature of hydrogel jellies with an increase in the content of humic acids in them indicates a reduced level of gelation, which also leads to an increase in the time of loss of stickiness of polymer hydrogels. It has been shown that humic acids in polymer hydrogels have high antibacterial activity and almost completely stop the processes of mold formation in them. It was found that the most effective from the point of view of obtaining hydrogels with an antibacterial effect are agar-agar compositions with a humic acid content of 15 %. Thus, cosmetic polymer hydrogels with an antibacterial effect have been developed, which can be used in the treatment of hands, face and other areas of the skin that are open and contact for humans to combat coronavirus bacteria.

Keywords: hydrogels, agar-agar, research, antibacterial properties, humic acids, gelation, viscosity.