

**ВЛИЯНИЕ АНАЭРОБНЫХ УСЛОВИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ  
MEDUSOMYCES GISEVII**

© В.В. Рогожин, Ю.В. Рогожин

Якутская государственная сельскохозяйственная академия,  
677002, Российская Федерация, г. Якутск, ул. Красильникова, 15.

Изучено влияние ограниченных анаэробных условий на продуктивность *Medusomyces gisevii*. В экспериментах использовалась искусственная питательная среда объемом 0,4 л, с содержанием 25% инокулята. В качестве углевода в среду культивирования микроорганизмов добавляли сахар (100 г/л), а также экстракты черного или зеленого чая (2 г/л) или кофе (2 г/л). Метаболическую активность микроорганизмов симбионта оценивали по закислению питательной среды, которая проявлялась в низких величинах pH и возрастании значений электропроводимости. Анабиоз симбионта создавался путем наложения на поверхность питательной среды растительного масла. В условиях анабиоза отмечается отсутствие (экстракты черного и зеленого чая) и ограниченный рост (экстракт кофе) биоцеллюлозы. При этом во всех пробах симбионтов *Medusomyces gisevii*, в условиях анабиоза, активность микроорганизмов резко снижалась, что проявлялось в понижении величин pH в течении месяца культивирования только на 1,6–7,3%, а значений электропроводимости – на 2,9–41,5%. Полученные данные свидетельствуют о том, что для нормального функционирования *Medusomyces gisevii* необходим как кислород, так и биоцеллюлоза, локализуемая на поверхности культуральной жидкости.

**Ключевые слова:** *Medusomyces gisevii*, Quorum sensing, бактериальная целлюлоза, биопленки, культуральные среды, симбиотические сообщества, микроорганизмы, электропроводимость, кислотность среды.

**Формат цитирования.** Рогожин В.В., Рогожин Ю.В. Влияние анаэробных условий на продуктивность *Medusomyces gisevii* // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2018. Т. 8, N 1. С. 59–66. DOI: 10.21285/2227-2925-2018-8-1-59-66

**INFLUENCE OF ANAEROBIC CONDITIONS ON PRODUCTIVITY  
OF MEDUSOMYCES GISEVII**

© V.V. Rogozhin, Yu.V. Rogozhin

Yakut State Agricultural Academy,  
15, Krasilnikov St., Yakutsk, 677002, Russian Federation

The effect of limited anaerobic conditions on the productivity of *Medusomyces gisevii* was studied. An artificial nutrient medium with a volume of 0.4 litres, containing 25% of the inoculate, was used throughout the experiments. Sugar (100 g / L) acting as a carbohydrate, as well as extracts of black or green tea (2 g / L) or coffee (2 g / L) were added to the microorganism cultivation medium. The metabolic activity of the symbiont microorganisms was evaluated by acidification of the nutrient medium, which manifested itself in low pH values and increased electrical conductivity values. Anabiosis of the symbiont was created by layering the vegetable oil on the surface of the nutrient medium. Under the conditions of anabiosis, the absence (for the extracts of black and green teas) and limited growth (for coffee extract) of biocellulose were observed. Moreover, in all samples of *Medusomyces gisevii* symbionts, the activity of microorganisms decreased sharply under conditions of anabiosis; this was manifested in a decrease in pH values during the month of cultivation by only 1.6–7.3%, and electrical conductivity values by 2.9–41.5%. The obtained data indicate that both oxygen and biocellulose localised on the surface of the culture liquid are needed for normal functioning of *Medusomyces gisevii*.

**Keywords:** *Medusomyces gisevii*, Quorum sensing, bacterial cellulose, biofilms, culture media, symbiotic communities, microorganisms, electrical conductivity, acidity of the medium

**For citation.** Rogozhin V.V., Rogozhin Yu.V. Influence of anaerobic conditions on productivity of *Medusomyces gisevii*. *Izvestia Vuzov. Prikladnaya Khimia i Biotekhnologiya* [Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology]. 2018, vol. 8, no. 1, pp. 59–66 (in Russian). DOI: 10.21285/2227-2925-2018-8-1-59-66

## ВВЕДЕНИЕ

Симбиотическое сообщество микроорганизмов *Medusomyces gisevii* активно использует кислород в своей жизнедеятельности. С участием кислорода протекают процессы окисления органических веществ, в частности, моносахаридов, конечными продуктами которых служат органические кислоты (уксусная, пировиноградная, молочная и др.).

*Medusomyces gisevii* представляет собой сложное симбиотическое сообщество микроорганизмов, основу которого составляют различные виды дрожжей (*Zygosaccharomyces sp.*, *Shaccharomyces sp.*) и уксуснокислых бактерий (*Gluconacetobacter xylinum*, *Gluconobacter oxydans*, *Bacterium gluconicum* и др.) [1]. При этом видовой состав симбионта очень сильно зависит от условий и времени, региона и сезона культивирования.

Основными питательными субстратами для *Medusomyces gisevii* служат сахар, сахароза, глюкоза, фруктоза, маннит, глицерин и др. Составными частями симбионта являются культуральная жидкость, зооглея, мезоглея и рыхлый осадок. Последний образуется при избытке накопления в культуральной жидкости дрожжей и компонентов экстрактов растительных тканей.

В состав зооглеи *Medusomyces gisevii* входит бактериальная целлюлоза (БЦ), представленная микрофибриллами [2]. В матриксе БЦ локализуются микроорганизмы, связанные между собой единством метаболических процессов. Согласованная деятельность микроорганизмов симбионта обеспечивает функционирование этого сложного, гетерогенного сообщества, получившего название «*quorum sensing*» [3–5]. В случае удаления зооглеи с поверхности культуральной жидкости она вновь может быть восстановлена, за счет активной деятельности преимущественно бактерий *Gluconacetobacter xylinum* [6]. При этом в среде протекают взаимозависимые метаболические процессы, за счет которых дрожжи и уксуснокислые бактерии вступают в симбиотические отношения. Дрожжи активируются компонентами экстрактов растений, сбраживая питательный субстрат до этилового спирта, который затем окисляется уксуснокислыми бактериями преимущественно до уксусной кислоты. Образование последней приводит к закислению питательной среды, проявляемой в низких величинах pH и возрастании значений электропроводимости [7].

Активаторами биосинтеза БЦ могут быть органические кислоты, спирты, соли, а также вещества, находящиеся в газообразном состоянии – озон и кислород [8, 9]. Так, низкие дозы озона стимулировали дыхание и репродуктивную способность клеток дрожжей, а кислород – деятельность уксуснокислых бактерий. Кроме того, биоцеллюлоза располагается на поверхности культуральной жидкости и имеет пори-

стую структуру, что создает условия для активной аэрации гелевой пленки и возможности насыщения ее кислородом, по сравнению культуральной жидкостью. Это имеет очень важное значение для существования симбионта, так как все микроорганизмы симбиотического сообщества преимущественно аэробы и поэтому для их жизнедеятельности необходим кислород, который может за счет своей высокой гидрофобности резервироваться в матриксе биопленки. Так, в работе [10] биосинтез бактериальной целлюлозы *Acetobacter xylinum subsp.* проводили в 50-литровом реакторе с использованием воздушного потока при начальной концентрации фруктозы 40 г/л. Установлено, что в данных условиях скорость образования БЦ составила 0,059 г/л в час. Однако, если воздух обогащался еще дополнительно и кислородом, то скорость производства БЦ возрастала до 0,093 г/л в час, а выход БЦ увеличивался с 11% на воздухе до 18 %.

Цель работы – изучить влияние анаэробных условий на жизнедеятельность симбиотического сообщества микроорганизмов *Medusomyces gisevii*.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Исследования по определению электропроводимости (W) были выполнены на кондуктометре COM-100, фирмы HM Digital (Южная Корея). pH растворов измеряли на pH-метре ОР-211/1 (Венгрия), а массу биопленок определяли на весах фирмы Ohaus Corporation (США).

Объектами исследования служили водные экстракты следующих сортов пакетированных чаев и кофе: чай черный «Принцесса Гита» (Индия), чай зеленый «Принцесса Ява» (КНР); кофе растворимый, гранулированный «Nescafe classic» (Швейцария).

Экстракты исходных образцов чаев и кофе получали по следующей методике: навеску чаев или кофе массой 10–20 г помещали в коническую колбу на 1000 мл, заливали 500 мл дистиллированной воды, нагретой до 100 °С, и выдерживали в течение 2 ч. После этого довели объем раствора экстракта до 1 л и охлаждали до температуры 25 °С. Готовый раствор экстракта использовали для культивирования *Medusomyces gisevii*.

В экспериментах использовалась искусственная питательная среда объемом 0,4 л, с содержанием 25% инокулята. В качестве углевода в среду культивирования микроорганизмов добавляли сахар (100 г/л), а также экстракты черного или зеленого чаев (2 г/л) или кофе (2 г/л). Все экстракты были приготовлены на дистиллированной воде. Значения pH и W исходных растворов питательных сред и инокулятов показаны в табл. 1. Для калибровки кондуктометра использовали растворы KCl. В измерениях электропроводимости растворов

Таблица 1

Величины pH и электропроводимости (W) исходных растворов и инокулятов

Table 1

pH and electroconductivity (W) of initial solutions and inoculums

| Компонент среды | Исходные растворы |     | Инокуляты |     |
|-----------------|-------------------|-----|-----------|-----|
|                 | pH                | W   | pH        | W   |
| Черный чай      | 4,98              | 67  | 2,27      | 894 |
| Кофе            | 5,11              | 117 | 2,28      | 894 |
| Зеленый чай     | 5,92              | 59  | 2,44      | 667 |

использовались величины ppm (мг/л).

В качестве инокулятов использовались симбиотические культуры *Medusomyces gisevii*, выращенные в питательной среде с добавлением сахара (100 г/л), в соответствующем экстракте. Все исследования проводились при 25 °С в течение 30 сут. В опытном варианте на поверхность культуральной жидкости наслаивалось толщиной 0,5 см растительное масло (подсолнечное рафинированное). Для опытных образцов были приняты обозначения: чай черный 1,1, кофе 2,1, чай зеленый 3,1. Для контрольных образцов использовались следующие обозначения: чай черный 1,1, кофе 2,1, чай зеленый 3,1. Контролем служила питательная среда с использованием воды, сахарозы и экстракта без нанесения растительного масла. Бактериальную целлюлозу сушили на воздухе при 23–25 °С в расправленном состоянии.

Все биологические эксперименты были выполнены в четырех аналитических повторностях. Статистическую обработку результатов осуществляли с помощью программы «Statistica».

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Динамика pH от времени культивирования *Medusomyces gisevii* в разных питательных средах и условиях, показана на рис. 1. Видно, что в условиях благоприятных для образования БЦ

pH среды в течение 30 сут культивирования начинает сильно закисляться. При этом в первые 5–8 сут на кривых pH экстракта черного чая отмечается появление лаг-периода, когда pH среды практически не изменяется или несколько даже повышается. Однако в дальнейшем в экстракте черного чая величины pH понижались с 2,56 до 2,17. Если в питательной среде присутствовали экстракты чая зеленого и кофе, то уже в начальный период наблюдалось высокая активность симбионта, что сопровождалось быстрым понижением величин pH с величин 2,69 и 2,66 до 2,19 и 2,20 соответственно.

Анаэробные условия нами создавались путем наслаивания на поверхность питательной среды растительного масла, присутствие которого препятствовало поступлению кислорода из окружающей среды в культуральную жидкость. Кроме того, за счет высокой гидрофобности поверхностного слоя масла бактерии не могли создавать ассоциаты, которые способны инициировать начальные этапы биосинтеза биоцеллюлозы. В целом анаэробные условия и высокая гидрофобность растительного масла препятствует активной деятельности *Medusomyces gisevii*. Это наглядно видно на рис. 1, когда симбиотические сообщества микроорганизмов культивировались в условиях отсутствия БЦ. Динамика всех кривых приобретала колебательный характер. При этом отмечается очень

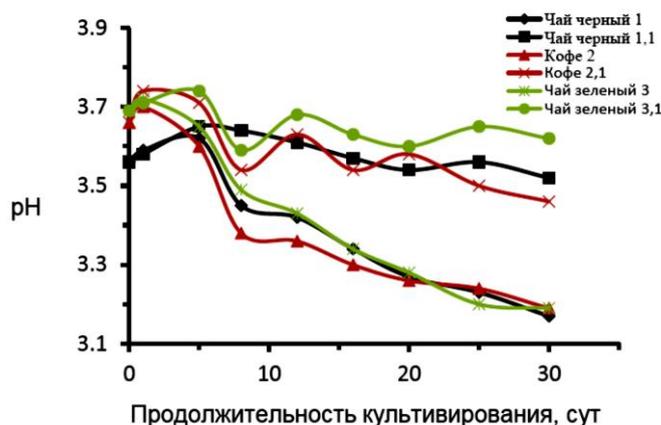


Рис. 1. Динамика pH от времени культивирования *Medusomyces gisevii* в разных питательных средах

Fig. 1. pH changes versus time of *Medusomyces gisevii* cultivation in different nutrient mediums

низкая активность микроорганизмов культуральной жидкости, что проявляется в незначительном понижении величин pH.

Из рис. 2 видно, что в присутствии экстракта черного чая pH среды, в условиях образования БЦ, понижалось на 15,2%, а в отсутствие БЦ только на 1,6%. Если в культуральной среде присутствовали экстракты зеленого чая и кофе, то деятельность симбионта сопровождалась понижением pH среды в присутствии БЦ на 18,6 и 11,7%, а в отсутствие БЦ – на 2,6 и 7,5% соответственно.

Таким образом, присутствие на поверхности культуральной жидкости вещества гидрофобной природы, создает условия анабиоза, проявляемое недостатком кислорода в среде. В этих условиях понижается как метаболическая активность симбиота *Medusomyces gisevii*, так и прекращается биосинтез БЦ или на поверхности культуральной жидкости появляются очень мелкие, единичные образования БЦ.

Влияние условий анабиоза на активность *Medusomyces gisevii* еще более наглядно проявлялись на кривых электропроводимости (рис. 3 и 4). На рис. 3 показана динамика возрастания электропроводимости культуральных жидкостей, в составе которых присутствовали экстракты черного или зеленого чаев или кофе. Видно, что активность симбионта особенно активно возрастает в экстрактах кофе. В случае использования экстрактов черного и зеленого чаев в первые 5–8 сут. на кривых отмечается появление лаг-периода, когда величины электропроводимости практически не увеличиваются. Это обусловлено тем, что в этот период времени происходит активное формирование БЦ, по завершению формирования которой

электропроводимость также начинает возрастать. Так, в экстрактах зеленого чая отмечается повышение электропроводимости до 1100 (327,4%), кофе – 1080 (260,9%), а черного чая – 1030 (229,4%). В образцах, на поверхности которых присутствовала липидная пленка, препятствующая образованию БЦ, величины электропроводимости были очень низки. Так, в экстрактах зеленого чая в отсутствие БЦ электропроводность возрастала в течение 30 сут всего до 407 (121,1%), кофе – 586 (141,5%), черного чая – 462 (102,9%). Видно, что только присутствие экстрактов кофе и зеленого чая способны незначительно поддерживать в условиях анабиоза активность *Medusomyces gisevii*, тогда как в экстрактах черного чая деятельность симбионта практически полностью подавляется.

Полученные данные свидетельствуют о том, что *Medusomyces gisevii* для своей активной деятельности крайне нуждаются в кислороде, дефицит которого в питательной среде может способствовать понижению дыхательной и метаболической активности симбионта, что сопровождается подавлением совместной деятельности микроорганизмов.

В табл. 2 представлены данные по массе бактериальной целлюлозы. Видно, что наибольшие значения имеет влажная масса БЦ экстрактов зеленого чая, тогда как в экстрактах черного чая и кофе влажная масса БЦ меньше на 38,8 и 41,0 % соответственно. Биоцеллюлоза с самой малой сухой массой была получена у симбионтов, выращенных на экстрактах кофе (табл. 2). Процент влажности БЦ зависел от природы экстракта и проявлялся в следующей последовательности: экстракт кофе – 97,02, экстракт чая зеленого – 90,74, экстракт чая черного – 87,56.

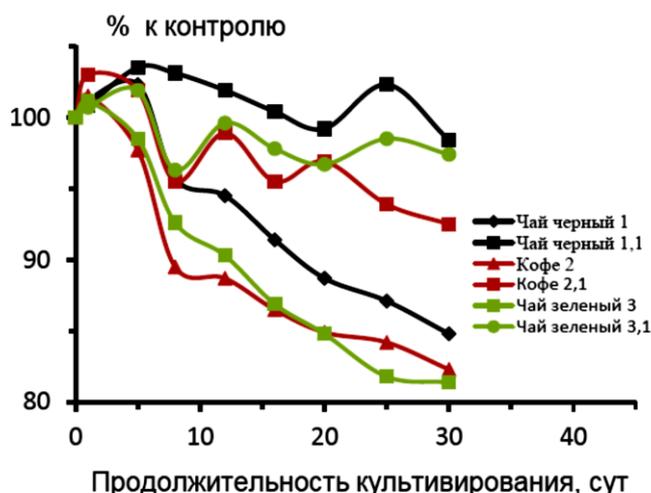


Рис. 2. Динамика процента к контролю величин pH от времени культивирования *Medusomyces gisevii* в различных питательных средах

Fig. 2. pH changes (in percent to control) versus time of *Medusomyces gisevii* cultivation in different nutrient medium

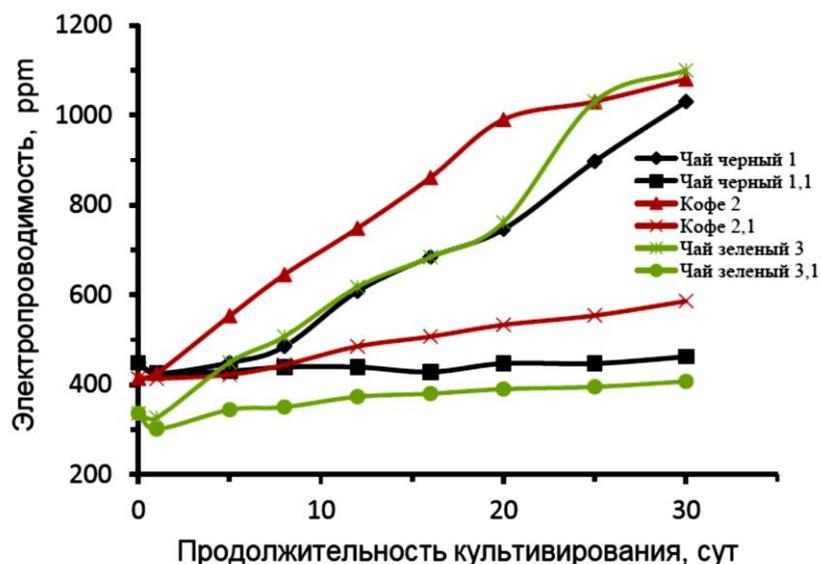


Рис. 3. Динамика электропроводимости от времени культивирования *Medusomyces gisevii* в различных питательных средах

Fig. 3. Electroconductivity changes versus time of *Medusomyces gisevii* cultivation in different nutrient medium

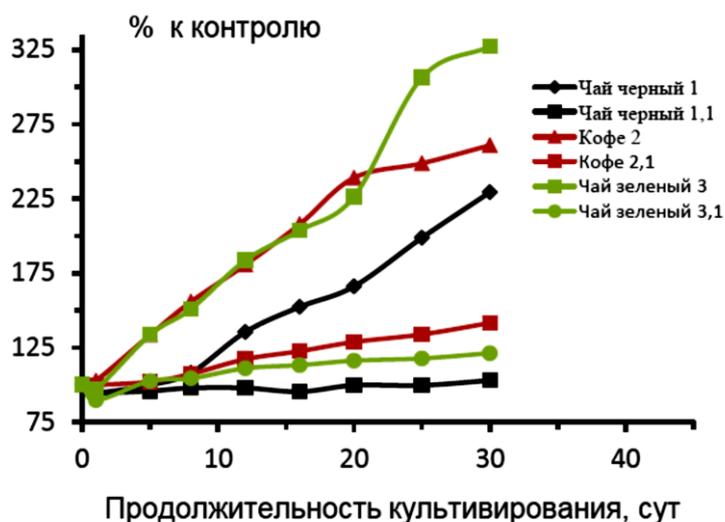


Рис. 4. Динамика процента к контролю величин электропроводимости от времени культивирования *Medusomyces gisevii* в различных питательных средах

Fig. 4. pH changes (in percent to control) versus time of *Medusomyces gisevii* cultivation in different nutrient medium

Величины массы бактериальной целлюлозы *Medusomyces gisevii*

Таблица 2

Mass of bacterial cellulose of *Medusomyces gisevii*

Table 2

| Экстракты   | Масса биоцеллюлозы, г |       | Содержание биоцеллюлозы, % |
|-------------|-----------------------|-------|----------------------------|
|             | влажная               | сухая |                            |
| Чай черный  | 4,88                  | 0,607 | 12,44                      |
| Чай зеленый | 7,97                  | 0,738 | 9,26                       |
| Кофе        | 4,70                  | 0,140 | 2,98                       |

В опытных образцах с экстрактами зеленого чая и кофе наблюдалось образование в липидном слое единичных фрагментов БЦ, что свидетельствует о высокой активационной активности компонентов данных экстрактов на бактерии, осуществляющих биосинтез биоцеллюлозы. При этом в случае использования экстрактов кофе, суммарная влажная масса фрагментов БЦ составляла всего 12,2 % от контроля.

Данные корреляционного анализа величин pH и электропроводимости для различных культуральных жидкостей *Medusomyces gisevii* представлены в таблице 3. Видно, что между этими величинами наблюдается связь, прояв-

ляемая в обратной зависимости. Для образцов *Medusomyces gisevii* с БЦ эти величины очень высоки ( $r=-0,96\dots-0,97$ ), тогда как в отсутствие БЦ значения коэффициентов корреляции значительно ниже ( $r=-0,51\dots-0,81$ ). По-видимому, в анаэробных условиях нарушается взаимодействие микроорганизмов и в среде начинают преимущественно накапливаться продукты жизнедеятельности дрожжей – этанол, который в дальнейшем практически не метаболизируется уксуснокислыми бактериями. Этим можно объяснить низкие значения коэффициентов корреляции величин pH и электропроводимости, для симбионтов в анаэробных условиях.

Таблица 3

Данные корреляционного анализа pH и электропроводимости для культуральных жидкостей *Medusomyces gisevii* в различных питательных средах

Table 3

Correlation analysis of pH and electroconductivity of *Medusomyces gisevii* culture liquids in different nutrient medium

| Параметры                          | Экстракт черного чая |         | Экстракт кофе |         | Экстракт зеленого чая |         |
|------------------------------------|----------------------|---------|---------------|---------|-----------------------|---------|
|                                    | БЦ                   | БЦ      | БЦ            | БЦ      | БЦ                    | без БЦ  |
| Коэффициент корреляции             | -0,96                | -0,51   | -0,96         | -0,85   | -0,97                 | -0,61   |
| Статистическая ошибка коэффициента | 0,110                | 0,323   | 0,103         | 0,199   | 0,093                 | 0,299   |
| Достоверность корреляции           | 0,00006              | 0,15240 | 0,00003       | 0,00372 | 0,00002               | 0,08138 |
| Критерий Стьюдента                 | 8,64                 | 1,60    | 9,36          | 4,27    | 10,41                 | 2,03    |

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, условия культивирования и природа экстракта очень сильно влияют на деятельность симбиотического сообщества микроорганизмов. В условиях анабиоза, на средах с экстрактами черного и зеленого чаев, отмечается отсутствие синтеза биоцеллюлозы, а на среде с экстрактом кофе наблюдается образование только мелких, единичных формирований БЦ. При этом во всех пробах симбионтов *Medusomyces gisevii*, в условиях анабиоза, активность микроорганизмов резко снижалась, что проявлялось в очень незначительном понижении величин pH (1,6–7,3%) в течение периодов наблюдений. Полученные данные свидетельствуют о том, что для нормального функционирования *Medusomyces gisevii* необходим как

кислород, так и биоцеллюлоза, локализуемая на поверхности культуральной жидкости. При этом следует отметить, что присутствие в питательной среде экстрактов кофе несколько подавляет биосинтетическую активность уксуснокислых бактерий, но ускоряет их метаболизм. В результате при наличии экстракта кофе культуральная жидкость быстрее закисляется, проявляя низкие значения pH, но при этом подавляется процесс биосинтеза БЦ. Присутствие компонентов экстрактов черного и зеленого чаев в культуральной жидкости способствует ускорению протекания как процессов синтеза БЦ, так и возрастанию метаболической активности уксуснокислых бактерий, о чем свидетельствуют величины pH и электропроводимости.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Lee K-Y., Buldum G., Mantalaris A., Bismarck A. More than meets the eye in bacterial cellulose: biosynthesis, bioprocessing, and applications in advanced fiber composites // *Macromolecular Bioscience*. 2014. N 6. P. 10–32.

2. Nge T.T., Sugiyama J. Surface functional groups dependent apatite formation on bacterial cellulose microfibrils network in a simulated body fluid // *J. Biomed. Mater. Res*. 2007. V. 81A. P. 124-134.

3. Афиногенова А.Г., Даровская Е.Н. Микробные биоплёнки ран: состояние вопроса // Травматология и ортопедия России. 2011. N 3. С. 119–125.

4. Hall-Stoodley L., Stoodley P. Evolving concepts in biofilm infections // Cell Microbiol. 2009. V. 11, N 7. P. 1034–1043.

5. Gostev V.V., Sidorenko S.V. Bacterial biofilms and infections // Journ Infectol. 2010. V. 3. P. 4–15.

6. Zhong C, Zhang GC, Liu M, Zheng XT, Han PP, Jia SR. Metabolic flux analysis of *Gluconacetobacter xylinus* for bacterial cellulose production // Appl Microbiol Biotechnol. 2013. V. 97, N 14. P. 6189–6199.

7. Рогожин Ю.В., Рогожин В.В. Использование кондуктометрического метода для контроля за продуктивностью *Medusomyces gisevii* // Тр.

XVI Междунар. научно-практич. конф. «Стратегические направления развития АПК стран СНГ». Барнаул, 2017. С. 518–520.

8. Ржепаковский И.В. Влияние озонирования на содержание этилового спирта в культуральной жидкости *Medusomyces gisevii* (чайный гриб) при разных температурных режимах культивирования // Фундаментальные исследования. 2015. N 7–3. С. 454–457.

9. Embuscado M.E., Marks J.S., BeMiller J.N. Bacterial cellulose. I. Factors affecting the production of cellulose by *Acetobacter xylinum* // Food Hydrocolloids. 1994. V. 8, N 5. P. 407–418.

10. Chao Y., Sugano Y., Shoda M. Bacterial cellulose production under oxygen-enriched air at different fructose concentrations in a 50-liter, internal-loop airlift reactor // Appl Microbiol Biotechnol. 2001. V. 55. P. 673–679.

#### REFERENCES

1. Lee K-Y., Buldum G., Mantalaris A., Bismarck A. More than meets the eye in bacterial cellulose: biosynthesis, bioprocessing, and applications in advanced fiber composites. *Macromolecular Bioscience*. 2014, no. 6, pp. 10–32.

2. Nge T.T., Sugiyama J. Surface functional groups dependent apatite formation on bacterial cellulose microfibrils network in a simulated body fluid. *J. Biomed. Mater. Res.* 2007, vol. 81A, pp. 124–134.

3. Afinogenova A.G., Darovskaya E.N. Microbial biofilms of wounds: the state of the matter. *Traumatalogiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and orthopedics of Russia]. 2011, no. 3, pp. 119–125. (in Russian)

4. Hall-Stoodley L., Stoodley P. Evolving concepts in biofilm infections. *Cell. Microbiol.* 2009, vol. 11, no. 7, pp. 1034–1043.

5. Gostev V.V., Sidorenko S.V. Bacterial biofilms and infections. *Journ. Infectol.* 2010, vol. 3, pp. 4–15.

6. Zhong C., Zhang G.C., Liu M., Zheng X.T., Han P.P., Jia S.R. Metabolic flux analysis of *Gluconacetobacter xylinus* for bacterial cellulose production. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2013, vol. 97,

no. 14, pp. 6189–6199.

7. Rogozhin Yu.V., Rogozhin V.V. Using the conductometric method to control the productivity of *Medusomyces gisevii*. *Trudy XVI mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konfrentsii «Strategicheskie napravleniya razvitiya APK stran SNG»* [Proc. XVI Int. Sci. Pract. Conf. «Strategic directions of development of agroindustrial complex of the CIS countries»]. Barnaul, 2017, pp. 518–520. (in Russian)

8. Rzhepakovskii I.V. Effect of ozonation on the content of ethyl alcohol in the culture fluid *Medusomyces gisevii* (tea fungus) under different temperature regimes of cultivation. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research]. 2015, no. 7–3, pp. 454–457. (in Russian)

9. Embuscado M.E., Marks J.S., BeMiller J.N. Bacterial cellulose. I. Factors affecting the production of cellulose by *Acetobacter xylinum*. *Food Hydrocolloids*. 1994, vol. 8, no. 5, pp. 407–418.

10. Chao Y., Sugano Y., Shoda M. Bacterial cellulose production under oxygen-enriched air at different fructose concentrations in a 50-liter, internal-loop airlift reactor. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2001., vol. 55, pp. 673–679.

#### Критерии авторства

Рогожин В.В., Рогожин Ю.В. выполнили экспериментальную работу, на основании полученных результатов провели обобщение и написали рукопись. Рогожин В.В., Рогожин Ю.В. имеют на статью авторские права и несут равную ответственность за плагиат.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Contribution

Rogozhin V.V., Rogozhin Yu.V. carried out the experimental work, on the basis of the results summarized the material and wrote the manuscript. Rogozhin V.V., Rogozhin Yu.V. have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interests re-garding the publication of this article.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**  
*Принадлежность к организации*

**Василий В. Рогожин**  
Якутская государственная  
сельскохозяйственная академия  
Д.б.н., профессор  
vrogozhin@mail.ru

**Юрий В. Рогожин**  
Якутская государственная  
сельскохозяйственная академия  
Аспирант  
vrogozhin@mail.ru

**AUTHORS' INDEX**  
*Affiliations*

**Vasilii V. Rogozhin**  
Yakut State Agricultural Academy  
Doctor of Biology, Professor  
vrogozhin@mail.ru

**Yurii V. Rogozhin**  
Yakut State Agricultural Academy  
Postgraduate Student  
vrogozhin@mail.ru

***Поступила 14.06.2017***

***Received 14 June 2017***