

бор» и «Центральный» Новосибирской области // Охрана природы и образование: на пути к устойчивому развитию. – Новосибирск: ГЦРО, 2009. – С. 26-28.

10. Власенко В.А. Афиллофороидные грибы // Динамика экосистем Новосибирского Академгородка (колл. авторов). – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. – С. 168-176.

11. Власенко В.А. Афиллофороидные грибы // Растительное многообразие Центрального сибирского ботанического сада (колл. авторов). – Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2014. – С. 208–255.

12. Власенко В.А. Афиллофороидные грибы сосновых лесов правобережья Верхнего Приобья. Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2013. – 105 с.

References

1. Vlasenko V.A. Biotrofnye vidy afilloroidnykh gribov Novosibirskogo Akademgorodka. Priznaki raspada drevesiny // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2010. – № 8. – С. 33-35.

2. Schmidt O. Wood and Tree Fungi: Biology, Damage, Protection, and Use. Springer Berlin Heidelberg, 2006. – 334 p.

3. Bondartseva M.A. Opredelitel gribov Rossii. Poryadok Afilloroforoye. Vyp. 2. – SPb.: Nauka, 1998. – 391 s.

4. Vlasenko V.A. Taksonomicheskii sostav i struktura bioty trutovykh gribov sosnovykh lesov pravoberezhya Verkhnego Priobya // Rastitelnyy mir Aziatskoy Rossii. – 2009. – Т. 3. – № 1. – С. 13-18.

5. Vlasenko V.A. Substrate specialization of wood-decay aphylophoroid fungi in the pine forest of the right riverside of the

Ob headwaters // Contemporary Problems of Ecology. – 2009. – Vol. 2 (6). – P. 620-624.

6. Vlasenko V.A. Ecological characteristics of bracket fungi in the forest steppe of Western Siberia // Contemporary Problems of Ecology. – 2013. – Vol. 6 (4). – P. 390-395.

7. Arefev S.P. Sistemnyy analiz bioty derevorazrushayushchikh gribov. – Novosibirsk: Nauka, 2010. – 260 s.

8. Vlasenko V.A. Kompleksnyy podkhod k ispolzovaniyu afilloroforovykh gribov v kachestve bioindikatorov dlya otsenki sostoyaniya lesnykh ekosistem // Problemy lesnoy fitopatologii i mikologii. Sbornik materialov VII Mezhdunarodnoy konferentsii. – Perm: PGPU, 2009. – С. 40-43.

9. Vlasenko V.A., Vlasenko A.V., Egorova A.V. Afilloroforoye griby i miksomitsety – indikatory otsenki sostoyaniya lesnykh ekosistem zakaznikov «Kudryashovskiy bor» i «Tsentralnyy» Novosibirskoy oblasti // Okhрана prirody i obrazovanie: na puti k ustoychivomu razvitiyu. – Novosibirsk: GTsRO, 2009. – С. 26-28.

10. Vlasenko V.A. Afilloroforoidnye griby // Dinamika ekosistem Novosibirskogo Akademgorodka (koll. avtorov). – Novosibirsk: Izdatelstvo SO RAN, 2013. – С. 168-176.

11. Vlasenko V.A. Afilloroforoidnye griby // Rastitelnoe mnogoobrazie Tsentralnogo sibirskogo botanicheskogo sada (koll. avtorov). – Novosibirsk: Akademicheskoe izdatelstvo «Geo», 2014. – С. 208-255.

12. Vlasenko V.A. Afilloroforoidnye griby sosnovykh lesov pravoberezhya Verkhnego Priobya. – Novosibirsk: Akademicheskoe izdatelstvo «Geo», 2013. – 105 s.



УДК 543.068.8:615.077

В.В. Рогожин, Ю.В. Рогожин
V.V. Rogozhin, Yu.V. Rogozhin

ВЛИЯНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ *MEDUSOMYCES GISEVII*

THE INFLUENCE OF SUBFREEZING TEMPERATURE ON VIABILITY AND PRODUCTIVITY OF *MEDUSOMYCES GISEVII*

Ключевые слова: *Medusomyces gisevii*, quorum sensing, культуральные среды, симбиотические сообщества, мезоглея, микроорганизмы, электропроводимость, кислотность среды, температура.

Keywords: *Medusomyces gisevii*, quorum sensing, culture media, symbiotic communities, mesogloea, microorganisms, electrical conductivity, medium acidity, temperature.

Изучено действие отрицательной температуры (-20°C) на жизнеспособность и продуктивность микроорганизмов *Medusomyces gisevii*. Показано, что действие низкотемпературного фактора проявляет индивидуальные свойства симбионта, культивируемых в экстрактах черного чая или кофе. Выявлено, что жизнеспособность и продуктивность симбионта зависят от продолжительности действия отрицательной температуры. При этом симбионты в экстрактах черного чая после действия отрицательной температуры медленнее восстанавливают свою продуктивность, проявляя низкую активность ферментативных систем, участвующих в синтезе бактериальной целлюлозы. В экстрактах кофе микроорганизмы симбионта при -20°C обладали высокой стабильностью и после окончания действия низкотемпературного фактора проявляли повышенную активность ферментов метаболических систем.

The effect of subfreezing temperature (-20°C) on the viability and productivity of microorganisms of *Medusomyces gisevii* was studied. It is shown that the action of the low-temperature factor reveals the individual properties of the symbiont cultivated in black tea or coffee extracts. It has been found that viability and productivity of the symbiont depends on the duration of the exposure to subfreezing temperature. Moreover, after the exposure to subfreezing temperature, the symbionts in black tea extract restore their productivity slower, showing low activity of enzymatic systems involved in the synthesis of bacterial cellulose. In coffee extracts, the symbiont microorganisms at -20°C had high stability, and after the exposure to subfreezing temperature factor, they exhibited increased activity of enzymes of metabolic systems.

Рогожин Василий Васильевич, д.б.н., проф., Якутская государственная сельскохозяйственная академия. E-mail: vrogozhin@mail.ru.

Rogozhin Vasiliy Vasilyevich, Dr. Bio. Sci., Prof., Yakutsk State Agricultural Academy. E-mail: vrogozhin@mail.ru.

Рогожин Юрий Васильевич, ст. преп., Якутская государственная сельскохозяйственная академия. E-mail: vrogozhin@mail.ru.

Rogozhin Yuriy Vasilyevich, Asst. Prof., Yakutsk State Agricultural Academy. E-mail: vrogozhin@mail.ru.

Введение

Medusomyces gisevii J. Lindau представляет собой симбиотическое сообщество микроорганизмов, состоящее преимущественно из различных видов бактерий и дрожжей [1]. При этом дрожжи и уксуснокислые бактерии вступают в симбиотические отношения уже в первые сутки совместного культивирования, используя в своей жизнедеятельности свои метаболиты. Видовой состав *Medusomyces gisevii* очень разнообразен и зависит от условий, места и времени культивирования. Составными частями симбионта *Medusomyces gisevii* являются культуральная жидкость, зооглея, мезоглея и осадок.

Культуральная жидкость состоит из питательных субстратов, продуктов жизнедеятельности микроорганизмов и отдельных бактерий, перемещающихся в пространстве за счет диффузии. Поэтому в культуральной среде присутствуют органические и неорганические кислоты, белки, липиды, углеводы, витамины, ферменты, пигменты, нуклеиновые кислоты, азотистые основания, этанол и др. [2, 3]. Спектр органических кислот очень широк и в его составе можно выделить, прежде всего, уксусную, глюконовую, лимонную, щавелевую, молочную, койевую и яблочную кислоты [4].

Зооглея *Medusomyces gisevii* представляет собой сложное структурное образование, служащее местом локализации различных микроорганизмов, иммобилизованных преимущественно на волокнах целлюлозы, которая располагается на поверхности культуральной жидкости [5]. Основу зооглеи *Medusomyces gisevii* составляют колонии уксуснокислых бактерий *Gluconacetobacterim xylinum*, *Acetobacterim aceti*, а также дрожжи *Saccharomyces sp.*, *Torulopsis datilif* и др.

[6-10]. Основу мезоглеи составляют нитевидные образования биоцеллюлозы, в составе которой присутствуют микроорганизмы симбиота. Осадок культуральной среды обычно представлен в виде плотной массы, которая локализуется на дне сосуда, состоящим преимущественно из дрожжевых клеток и компонентов чая или кофе.

Medusomyces gisevii очень широко используется в пищевых и фармацевтических производствах, а также в медицинской практике. В пищевой промышленности культуральную жидкость активно используют при производстве различных безалкогольных напитков [11], а также в качестве добавки при выпечке хлебобулочных изделий [12] и получении уксусной кислоты [13].

Биоцеллюлоза находит применение в технических и химических производствах, в частности, в целлюлозно-бумажной, лакокрасочной и тонкой химической промышленности, электронике. Из бактериальной целлюлозы в биотехнологической промышленности получают тонкодисперсные порошки, которые используют в пищевой промышленности в качестве загустителей и гелеобразователей [14].

В медицинской практике бактериальная целлюлоза используется в качестве матрицы для иммобилизации различных неорганических соединений (ионов серебра, селена, магния, кобальта, марганца и др.), а также биогенных молекул (пептидов, аминокислот, белков, ферментов, витаминов, гормонов, антибиотиков и др.) [15]. Биопленки, насыщенные различными элементами и биогенными молекулами, находят применение при лечении ожогов и язв, а также послеоперационных, гнойных и травматических ран [16]. Кроме того, биопленки с иммобилизованными веществами ис-

пользуются в косметологии, для оздоровления и восстановления эластичности кожи.

Широкое использование *Medusomyces gisevii* в различных производствах обуславливает актуальность проводимых исследований по разработке технологий получения бактериальной целлюлозы и изучение условий культивирования симбионта.

На продуктивность *Medusomyces gisevii* оказывают влияние очень многие физические факторы среды, среди которых следует выделить действие как низких положительных, так и отрицательных температур. Низкие положительные температуры способствуют угнетению активности ферментативных систем живых организмов, понижая метаболизм и синтетическую деятельность ферментов симбионта, осуществляющих синтез бактериальной целлюлозы, но при этом сохраняется их жизнеспособность.

Особенно сильное разрушительное действие на микроорганизмы оказывают отрицательные температуры, так как при температуре ниже 0°C вода в биологических системах переходит в твердое агрегатное состояние, увеличиваясь в объеме. Эти изменения в структуре воды в живых организмах обычно сопровождаются разрушением их мембран, что в конечном результате может привести к их гибели. Однако микроорганизмы способны переносить действия отрицательных температур. Выживаемость и возможности быстрого восстановления численности популяции бактерий симбионта зависит от наличия в составе сообщества жизнеспособных, но мало активных форм микроорганизмов – персистеров (persister's cell) [17-19]. Последние при комнатной температуре обычно представляют собой небольшую группу клеток симбиотического сообщества (1-10%), находящихся во время культивирования в пассивном состоянии, которую в данных условиях можно охарактеризовать как защитно-приспособительную жизненную форму, временно находящуюся в состоянии анабиоза. При этом активность многих генов персистеров подавлена за счет собственных регуляторных молекул и обусловлена действием специализированного механизма «токсин-антитоксин».

Однако при отрицательных температурах происходит естественное подавление систем активной жизнедеятельности симбионта, что проявляется в возрастании в культуральной жидкости количества микроорганизмов, переходящих в состояние вынужденного покоя, количественный показатель которых и будет определять возможности восстановления продуктивности *Medusomyces gisevii*.

Целью работы – изучить действие отрицательных температур на жизнеспособность и продуктивность микроорганизмов *Medusomyces gisevii* и установить влияние экстрактов черного чая и кофе на восстановительную активность симбионта.

Материалы и методы исследований

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

В экспериментах использовалась искусственная питательная среда объемом 0,25 л с содержанием 20% инокулята. В качестве углевода в среду культивирования микроорганизмов добавляли сахар (50 г/л), а также экстракты черного чая (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 таблице 1. Для калибровки кондуктометра использовали растворы KCl. В измерениях электропроводимости растворов использовались величины ppm (мг/л).

Таблица 1

Величины pH и электропроводимости (W) исходных растворов и инокулятов

Компонент среды	Исходные растворы		Инокуляты	
	pH	W	pH	W
Черный чай	5,11	56	2,34	532
Кофе	5,06	101	2,39	548

В качестве инокулятов использовались симбиотические культуры *Medusomyces gisevii*, выращенные на сахаре в соответствующем экстракте. Все пробы помещали в морозильную камеру холодильника и содержали при -20°C в течение 240 сут. Пробы для анализа извлекали из холодильника через каждые 30 сут. и затем культивировали при 23-25°C в течение 30 сут., определяя величины pH и электропроводимости. В зависимости исследований с поверхности культуральной жидкости извлекали зооглею. Массы влажных зооглей определяли путем взвешивания, после удаления с их поверхностей избытка влаги. Массы сухих зооглей определяли после высушивания влажных зооглей до постоянной массы в течение 3-4 сут. при комнатной температуре.

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

Результаты и их обсуждение

Пребывание *Medusomyces gisevii* при отрицательной температуре (-20°C) проявляется полным подавлением метаболической активности микроорганизмов, так как при этой температуре вся вода культуральной жидкости переходит в твердое состояние. При этом микроорганизмы для сохранения своей жизнеспособности должны пребывать в состоянии вынужденного покоя. Однако после прекращения действия низкотемпературного фактора часть микроорганизмов сим-

бионта, сохранивших жизнеспособность, могут полностью или частично восстановить свою метаболическую активность. На количество сохранивших жизнеспособность микроорганизмов оказывает влияние не только величина отрицательной температуры, но и продолжительность ее действия на симбионт. Кроме того, сохранность микроорганизмов при действии отрицательной температуры может зависеть от природы и концентрации в культуральной жидкости инокулята и питательного субстрата, а также компонентов экстрактов чаев и кофе. Поэтому в культуральной жидкости *Medusomyces gisevii* во всех пробах содержалось 5% сахара и 20% инокулята, а для поддержания метаболической активности симбионта в питательной среде присутствовали компоненты черного чая или кофе. Углеводы, содержащиеся в культуральной жидкости, могут выполнять роль криопротекторов.

Из рисунков 1-8 видно, что после прекращения действия отрицательной температуры на кривых pH и электропроводимости проявляется лаг-период. Это временной интервал, в течение которого в контроле

проявляется синтетическая активность ферментативных систем симбионта, инициирующих и осуществляющих синтез бактериальной целлюлозы. Продолжительность этого лаг-периода для симбионтов, культивируемых при 23-25°C, обычно составляет 3-7 сут. В этот период культивирования *Medusomyces gisevii* формируется основная часть зооглеи, которая располагается на поверхности культуральной жидкости. После этого на кривых продуктивности симбионта обычно отмечаются периодическое понижение pH и возрастание электропроводимости культуральной жидкости, обусловленные высокой метаболической активностью микроорганизмов *Medusomyces gisevii*. Так, в течение 30 сут. культивирования симбионта контрольного образца pH культуральной жидкости понижалось с 2,34 (100%) до 1,98 (84,6%), т.е. понижение pH составило 15,4%. Тогда как электропроводимость среды в этот период времени возрастала с 526 (100%) до 1030 (195,8%), т.е. увеличивалось практически в 2 раза.

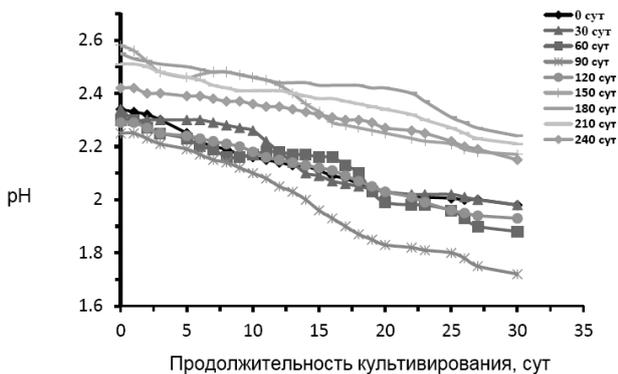


Рис. 1. Динамика pH культуральной жидкости *Medusomyces gisevii* экстрактов черного чая от времени культивирования симбионта при 23-25°C, после его пребывания при -20°C в течение 0-240 сут.

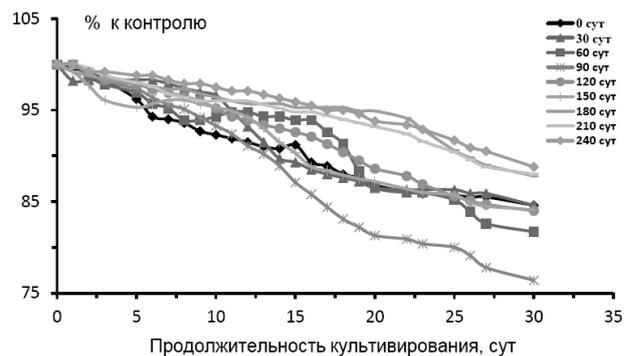


Рис. 2. Динамика процента к контролю величин pH культуральной жидкости *Medusomyces gisevii* экстрактов черного чая от времени культивирования симбионта при 23-25°C, после его пребывания при -20°C в течение 0-240 сут.

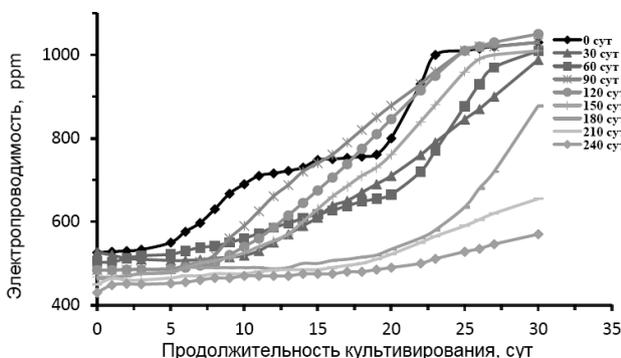


Рис. 3. Динамика электропроводимости культуральной жидкости *Medusomyces gisevii* экстрактов черного чая от времени культивирования симбионта при 23-25°C, после его пребывания при -20°C в течение 0-240 сут.

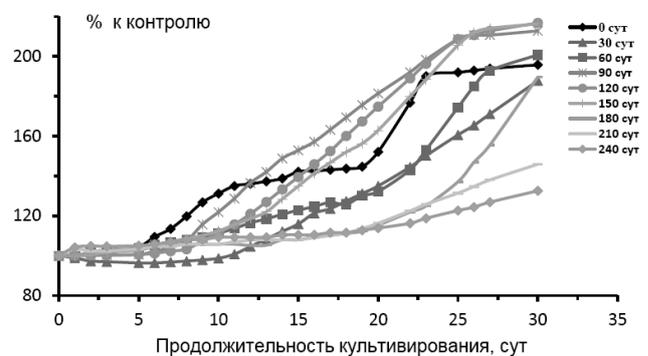


Рис. 4. Динамика процента к контролю величин электропроводимости культуральной жидкости *Medusomyces gisevii* экстрактов черного чая от времени культивирования симбионта при 23-25°C, после его пребывания при -20°C в течение 0-240 сут.

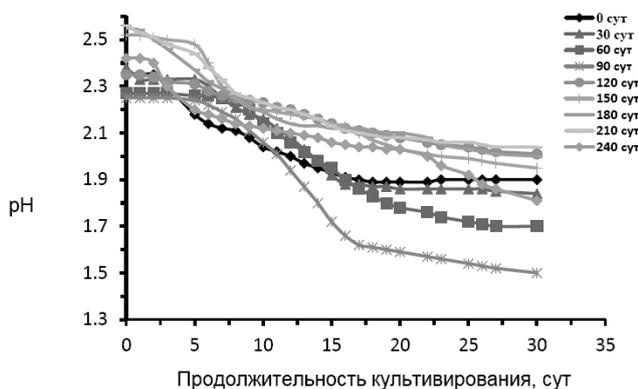


Рис. 5. Динамика pH культуральной жидкости *Medusomyces gisevii* экстрактов кофе от времени культивирования симбионта при 23-25°C, после его пребывания при -20°C в течение 0-240 сут.

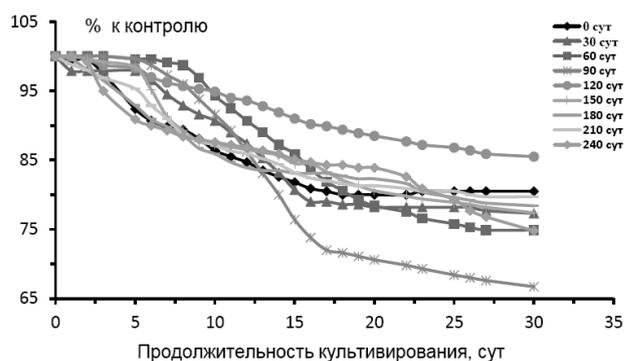


Рис. 6. Динамика процента к контролю величин pH культуральной жидкости *Medusomyces gisevii* экстрактов кофе от времени культивирования симбионта при 23-25°C, после его пребывания при -20°C в течение 0-240 сут.

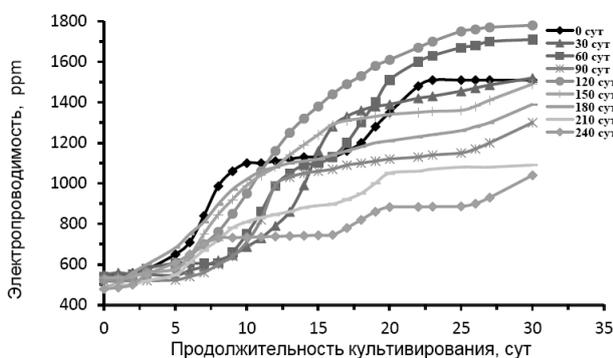


Рис. 7. Динамика электропроводимости культуральной жидкости *Medusomyces gisevii* экстрактов кофе от времени культивирования симбионта при 23-25°C, после его пребывания при -20°C в течение 0-240 сут.

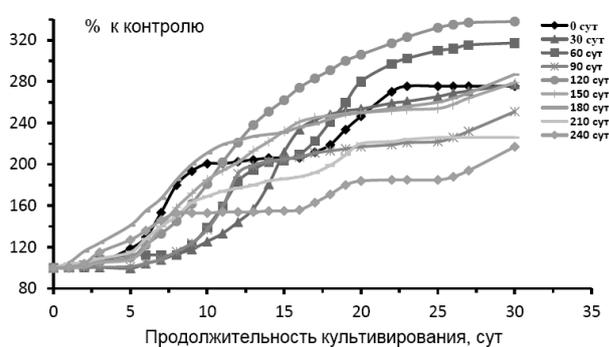


Рис. 8. Динамика процента к контролю величин электропроводимости культуральной жидкости *Medusomyces gisevii* экстрактов кофе от времени культивирования симбионта при 23-25°C, после его пребывания при -20°C в течение 0-240 сут.

Однако действие отрицательной температуры (-20°C) на симбионт в экстрактах черного чая проявлялось в своеобразной динамике кривых pH и электропроводимости (рис. 1-4). Следует выделить следующие особенности поведения микроорганизмов *Medusomyces gisevii* после действия низкотемпературного фактора.

1. На всех кривых продуктивности симбионта проявляется наличие в начальный период времени культивирования *Medusomyces gisevii* лаг-периода, протяженность которого зависит от времени действия отрицательной температуры и обусловлено способностью микроорганизмов выйти из состояния покоя и восстановить метаболическую активность ферментативных систем.

2. Действие низкой температуры может проявляться как в повышении метаболической активности симбионта, так и в понижении его жизнеспособности, что зависит от продолжительности действия низкотемпературного фактора.

3. Наличие в культуральной жидкости компонентов экстрактов чая черного и кофе обуславливало их индивидуальное влияние на жизнеспособность симбионта, проявляя особенности в динамике кривых продук-

тивности, характеризующих восстановительную и метаболическую активность микроорганизмов.

Следует отметить некоторые особенности проявления продуктивности *Medusomyces gisevii* в зависимости от присутствия в культуральной жидкости компонентов черного чая и кофе. Так, симбионт в экстракте кофе проявлял более высокие способности к восстановлению метаболической активности, чем в экстрактах черного чая. Это проявлялось в том, что в динамике кривых симбионта экстрактов кофе лаг-период уменьшался в случае контроля до 2-3 сут., а для опытных образцов его продолжительность составляла всего 0-5 сут. После этого на кривых продуктивности отмечался рост активности метаболических систем симбионта, который мог продолжаться в течение всего периода наблюдений. Ход кривых продуктивности проявляют колебательный характер метаболической активности симбионта, что обусловлено появлением во время культивирования *Medusomyces gisevii* периодов покоя и высокой активности метаболических систем симбионта. pH культивируемой жидкости *Medusomyces gisevii* в экстракте черного чая после снятия действия низкотемпературного фактора могло понизиться на 11,2-23,6%, а электропроводимость при этом возрастала на 32,6-

116,9%. Причем самые высокие значения закисления среды и электропроводимости наблюдались после 90-150 сут. пребывания симбионта при -20°C. Более длительный срок нахождения симбионта при отрицательной температуре сопровождался снижением активности его метаболических систем.

В целом действие отрицательной температуры (-20°C) негативно отражается на жизнеспособности микроорганизмов *Medusomyces gisevii* экстрактов чая черного и кофе, что проявляется во время их культивирования при комнатной температуре в повышении величин pH и понижении значений электропроводимости культуральных жидкостей (рис. 9, 10).

Так, пребывание *Medusomyces gisevii* в течение 240 суток при отрицательной температуре способно понизить продуктивность симбионта в экстрактах чая черного на 44,7%, а в экстрактах кофе – на 31,1%. Видно, что в экстрактах кофе активность метаболических систем *Medusomyces gisevii* при 23-25°C культивирования симбионта выше (рис. 10), чем симбионта в экстрактах черного чая (рис. 9). По-видимому, компоненты кофе обладают не только способностью повышать стабильность ферментативных систем симбионта, но и активировать их, после прекращения действия низкотемпературного фактора (рис. 11).

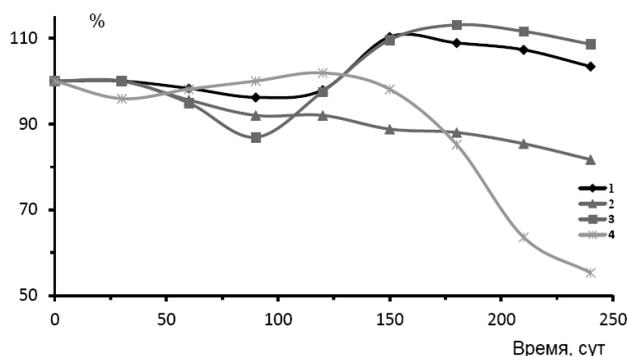


Рис. 9. Динамика pH (1, 3) и электропроводимости (2, 4) культуральной жидкости в начале (1, 2) и в конце (3, 4) культивирования *Medusomyces gisevii* в экстрактах черного чая от времени пребывания симбионта при -20°C. Условия: 23-25°C, время культивирования 30 сут.

Проявлением синтетической активности метаболических систем *Medusomyces gisevii* служат показатели влажной и сухой массы бактериальной целлюлозы (табл. 2). Видно, что низкая температура отрицательно влияет на процесс синтеза БЦ бактериями симбионта в экстрактах черного чая, что проявляется в уменьшении масс влажной и сухой зооглеи, коррелирующей с продолжительностью действия низкотемпературного фактора ($r=-0,88$). Тогда как в экстрактах кофе после действия низкотемпературного фактора синтез БЦ идет очень активно, что проявляется в возрастании масс влажной и сухой зооглеи в 1,84-3,92 раза (рис. 11). При этом следует отметить, что в контрольных образцах экстракта черного чая синтез БЦ бактериями протекает в 2-10 раз быстрее, чем этот же процесс в экстрактах кофе. Самый высокий прирост массы зооглеи в экстрактах кофе наблюдался в образцах после 90 суток пребывания симбионта при -20°C. Затем отмечается снижение массы зооглеи, обусловленное продолжительным действием низкотемпературного фактора. Минимальное содержание воды и максимальный прирост сухой массы зооглеи в экстрактах черного чая и кофе наблюдается только для периода в 90-120 сут. действия низкотемпературного фактора (табл. 2).

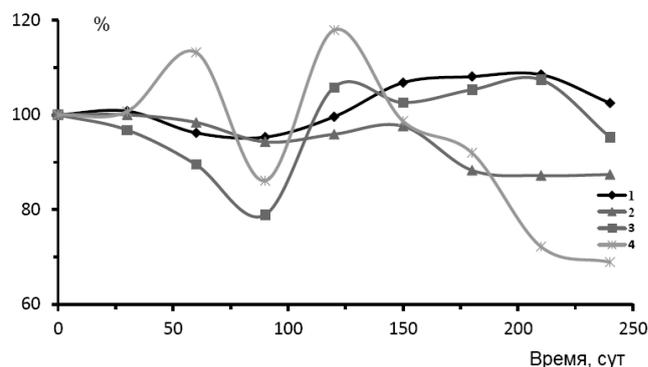


Рис. 10. Динамика pH (1, 3) и электропроводимости (2, 4) культуральной жидкости в начале (1, 2) и в конце (3, 4) культивирования *Medusomyces gisevii* в экстрактах кофе от времени пребывания симбионта при -20°C. Условия: 23-25°C, время культивирования 30 сут.

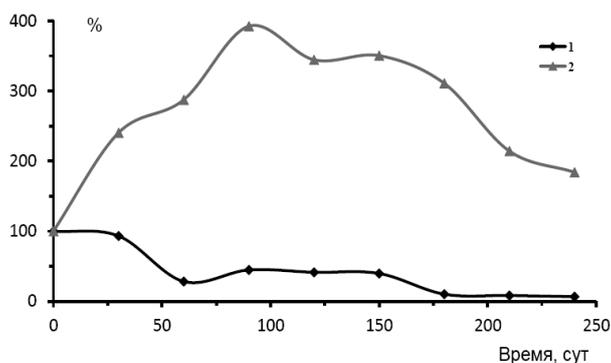


Рис. 11. Процент сухой массы (1, 2) и содержание воды (3, 4) в зооглеи *Medusomyces gisevii*, культивируемой в экстрактах черного чая (1, 3) и кофе (2, 4) от времени пребывания симбионта при -20°C. Условия: 23-25°C, время культивирования 30 сут.

Массы зооглей *Medusomyces gisevii*, культивируемых в экстрактах черного чая и кофе, после пребывания симбионта при -20°C. Условия: 23-25°C, время культивирования симбионта 30 сут.

Время пребывания симбионта при -20°C, сут.	Экстракт черного чая				Экстракт кофе			
	масса зооглей, г		содержание воды, %	содержание сухой зооглей, %	масса зооглей, г		содержание воды, %	содержание сухой зооглей, %
	влажная	сухая			влажная	сухая		
0	14,43	1,115	92,27	7,73	1,139	0,119	89,55	10,45
30	13,32	1,039	92,20	7,80	2,712	0,286	95,50	10,55
60	3,06	0,316	89,67	10,33	2,706	0,342	87,36	12,64
90	3,73	0,499	86,62	13,38	3,935	0,467	88,13	11,87
120	4,10	0,462	88,73	11,27	3,828	0,410	89,29	10,71
150	4,17	0,443	96,20	10,62	4,402	0,417	90,53	9,47
180	1,15	0,114	90,09	9,91	3,870	0,372	90,39	9,61
210	1,52	0,092	93,95	6,05	4,816	0,255	94,71	5,29
240	1,03	0,074	92,82	7,18	2,445	0,219	91,04	8,96

Выводы

1. Продолжительное действие температуры -20°C оказывает отрицательное влияние на жизнеспособность микроорганизмов *Medusomyces gisevii*, проявляя индивидуальные криопротекторные свойства компонентов экстрактов черного чая и кофе.

2. После пребывания *Medusomyces gisevii* в экстракте черного чая при отрицательной температуре на кривых продуктивности симбионта проявляется лаг-период, величина которого зависит от продолжительности действия низкотемпературного фактора.

3. Действие отрицательной температуры на *Medusomyces gisevii* в экстрактах кофе характеризуется наличием на кривых продуктивности при 23-25°C коротких лаг-периодов и проявлением высокой метаболической активности ферментативных систем симбионта.

4. Продолжительное действие отрицательной температуры на *Medusomyces gisevii* в экстрактах черного чая и кофе способствует понижению жизнеспособности симбионта после 120-150 сут. действия низкотемпературного фактора, что проявлялось в повышении величин pH и понижением значений электропроводности культуральной жидкости.

5. Действие отрицательной температуры на микроорганизмы *Medusomyces gisevii* в экстрактах черного чая и кофе по-разному влияет на их способность синтезировать биоцеллюлозу. Так, пребывание симбионта в экстракте черного чая характеризуется снижением активности ферментативных систем, участвующих в синтезе БЦ, тогда как эти системы симбионта в экстракте кофе после действия низкотемпературного фактора обладали высокой активностью, что проявлялось в увеличении массы зооглей в процессе культивирования симбионта в 1,84-3,92 раза.

Библиографический список

1. Даниелян Л.Т. Чайный гриб (Kombucha) и его биологические особенности. – Ереван: Асогик, 2002. – 254 с.
2. Goginyan V.B. Antioxidant properties of Tea fungus (Kombucha) and its microflora // Biol. J. Armenia. – 2001. – Vol. 53. – P. 296-299.
3. Velicanski A.S., Cvetkovic D.D., Markov S.L., et al. Antimicrobial and antioxidant activity of lemon balm Kombucha // Acta Periodica Technologica. – 2007. – Vol. 38. – P. 165-172.
4. Kozyrovska N.O., Reva O.M. Goginyan V.B., de Vera J.-P. Kombucha microbiome as a probiotic: a view from the perspective of post-genomics and synthetic ecology // Biopolymers and Cell. – 2012. – Vol. 28 (2). – P. 103-113
5. Mohammad, S.M., Rahman, N.A., Khalil, M.S. and Abdullah, S.R.S. An Overview of Biocellulose Production Using *Acetobacter xylinum* Culture // Advances in Biological Research. – 2014. – Vol. 8. – P. 307-313.
6. 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 // Macromol. Biosci. – 2014. – Vol. 14 (1). – P. 10-32.
7. Tabaii M.J., Emtiazi G. Comparison of bacterial cellulose production among different strains and fermented media // Applied Food Biotechnology. – 2016. – Vol. 3 (1). – P. 35-41.
8. Lin S.P., Calvar I.L., Catchmark J.M., Liu J.R., Demirci A., Cheng K.C. Biosynthesis, production and applications of bacterial cellulose // Cellulose. – 2013. – Vol. 20 (5). – P. 2191-2219.
9. Coban E.P., Biyik H. Effect of various carbon and nitrogen sources on cellulose synthesis by *Acetobacter lovaniensis* HBB5 // African Journal of Biotechnology. – 2011. – Vol 10 (27). – P. 5346-5354.
10. 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 (5). – P. 407-418.

11. Зайнуллин Р.А. Кунакова Р.В., Гаделева Х.К., Данилова О.А., Никитина А.А. Влияние условий культивирования чайного гриба (*Combucha*) на его функциональные свойства в пищевых профилактических напитках // Известия вузов, химическая и пищевая биотехнология. – 2010. – № 4. – С. 29-31.

12. Пат. 2430526 РФ. Способ производства пшеничного хлеба / Федорова Р.А., Головинская О.В. Опубл. 19.04.2010.

13. Ламбедова А.А., Кошелев Ю.А., Ламбедова М.Э. Исследование влияния состава питательной среды на эффективность роста и образования облепихового пищевого уксуса бактериями *Acetobacter aceti* // Ползуновский вестник. – 2008. – № 1-2. – С. 78-81.

14. Булдаков А.С. Пищевые добавки. – М.: Дели принт, 2003. – 436 с.

15. Винник Ю.С., Маркелова Н.М., Шишацкая Е.И., Кузнецов М.Н., Прудникова С.В., Соловьева Н.С. Применение раневого покрытия на основе целлюлозы у больных с гнойными заболеваниями мягких тканей // Журнал Сибирского Федерального университета. Серия Биология. – 2016. – № 9. – С. 121-128.

16. Венгерович Н.Г., Антоненкова Е.В., Андреев В.А., Зайцева О.Б., Хрипунов А.К., Попов В.А. Применение биоактивных наноматериалов при раневом процессе // Вестник Российской военно-медицинской академии. – 2011. – Т. 33. – № 1. – С. 162-167.

17. Гостев В.В., Сидоренко С.В. Бактериальные биопленки и инфекции // Журнал инфектологии. – 2010. – Т. 2 (3). – С. 4-15.

18. Moons P., Michiels C.W., Aertsen A. Bacterial interactions in biofilms // Crit. Rev. Microbiol. – 2009. – Vol. 35 (3). – P. 157-168.

19. Karatan E., Watnick P. Signals, regulatory networks, and materials that build and break bacterial biofilms // Microbiol. Mol. Biol. Rev. – 2009. – Vol. 73 (2). – P. 310-347.

References

1. Danielyan L.T. Чайный гриб (*Kombucha*) и его биологические особенности. – Ереван: Асогик, 2002. – 254 с.

2. Goginyan V.B. Antioxidant properties of Tea fungus (*Kombucha*) and its microflora // Biol. J. Armenia. – 2001. – Vol. 53. – P. 296-299.

3. Velicanski A.S., Cvetkovic D.D., Markov S.L., et al. Antimicrobial and antioxidant activity of lemon balm *Kombucha* // Acta Periodica Technologica. – 2007. – Vol. 38. – P. 165-172.

4. Kozzyrovska N.O., Reva O.M. Goginyan V.B., de Vera J.-P. *Kombucha* microbiome as a probiotic: a view from the perspective of post-genomics and synthetic ecology // Biopolymers and Cell. – 2012. – Vol. 28 (2). – P. 103-113

5. Mohammad, S.M., Rahman, N.A., Khalil, M.S. and Abdullah, S.R.S. An Overview of Biocellulose Production Using *Acetobacter xylinum* Culture // Advances in Biological Research. – 2014. – Vol. 8. – P. 307-313.

6. 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 // Macromol. Biosci. – 2014. – Vol. 14 (1). – P. 10-32.

7. Tabaii M.J., Emtiazi G. Comparison of bacterial cellulose production among different strains and fermented media // Applied Food Biotechnology. – 2016. – Vol. 3 (1). – P. 35-41.

8. Lin S.P., Calvar I.L., Catchmark J.M., Liu J.R., Demirci A., Cheng K.C. Biosynthesis, production and applications of bacterial cellulose // Cellulose. – 2013. – Vol. 20 (5). – P. 2191-2219.

9. Coban E.P., Biyik H. Effect of various carbon and nitrogen sources on cellulose synthesis by *Acetobacter lovaniensis* HBB5 // African Journal of Biotechnology. – 2011. – Vol 10 (27). – P. 5346-5354.

10. 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 (5). – P. 407-418.

11. Zaynullin R.A. Kunakova R.V., Gadeleva Kh.K., Danilova O.A., Nikitina A.A. Vliyanie usloviy kultivirovaniya chaynogo griba (*Combucha*) na ego funktsionalnye svoystva v pishchevykh profilakticheskikh napitkakh // Izvestiya vuzov, khimicheskaya i pishchevaya biotekhnologiya. – 2010. – № 4. – S. 29-31.

12. Пат. 2430526 РФ. Способ производства пшеничного хлеба / Р.А. Федорова, О.В. Головинская. Опубл. 19.04.2010.

13. Lamedova A.A., Koshelev Yu.A., Lamedova M.E. Issledovanie vliyaniya sostava pitatelnoy sredy na effektivnost rosta i obrazovaniya oblepikhovogo pishchevogo uksusa bakteriyami *Acetobacter aceti* // Polzunovskiy vestnik. – 2008. – № 1-2. – S. 78-81.

14. Buldakov A.S. Pishchevye dobavki. – М.: Deli print, 2003. – 436 с.

15. Vinnik Yu.S., Markelova N.M., Shishatskaya E.I., Kuznetsov M.N., Prudnikova S.V., Soloveva N.S. Primenenie ranevogo pokrytiya na osnove tsellyulozy u bolnykh s gnoynymi zabolevaniyami myagkikh tkaney // Zhurnal Sibirskogo federalnogo universiteta. Seriya Biologiya. – 2016. – № 9. – S. 121-128.

16. Vengerovich N.G., Antonenkova E.V., Andreev V.A., Zaytseva O.B., Khripunov A.K., Popov V.A. Primenenie bioaktivnykh nanomaterialov pri ranevom protsesse // Vestnik Rossiyskoy voenno-meditsinskoy akademii. – 2011. – Т. 33. – № 1. – S. 162-167.

17. Gostev V.V., Sidorenko S.V. Bakterialnye bioplenki i infektsii // Zhurnal infektologii. – 2010. – Т. 2 (3). – S. 4-15.

18. Moons P., Michiels C.W., Aertsen A. Bacterial interactions in biofilms // Crit. Rev. Microbiol. – 2009. – Vol. 35 (3). – P. 157-168.

19. Karatan E., Watnick P. Signals, regulatory networks, and materials that build and break bacterial biofilms // Microbiol. Mol. Biol. Rev. – 2009. – Vol. 73 (2). – P. 310-347.

