

УДК 664.86:579.873.13

Е.Л. КОНЕВА^{1,*}, В.Е. ТЕРЕХОВА^{2,*}, Е.В. ЯКУШ¹, Н.М. АМИНИНА¹

¹ФГБНУ «Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр», Владивосток, 690091

²ФГБНУ «Научно-образовательный комплекс «Приморский Океанариум»» ДВО РАН, Владивосток, остров Русский, 690922

e-mail: koneva-ele@yandex.ru

Влияние продуктов переработки бурых водорослей на адгезивные свойства *Bifidobacterium bifidum*, штамм 791

Исследовано влияние продуктов переработки бурых водорослей *Saccharina japonica* на способность к адгезии эритроцитов, аутоагрегацию и гидрофобность бактерий *Bifidobacterium bifidum* (штамм 791). Установлено, что адгезионные свойства бифидобактерий и уровень их аутоагрегации возрастают в присутствии альгината натрия и биогеля из бурых водорослей. В связи с этим продукты переработки бурых водорослей следует рассматривать в качестве пребиотиков, способствующих лучшему закреплению пробиотических микроорганизмов на клетках кишечника.

Ключевые слова: адгезия, альгинат натрия, аутоагрегация, биогель из бурых водорослей, бифидобактерии, гидрофобность, пробиотики, эритроциты.

Важнейшими представителями облигатной микрофлоры кишечника человека являются бифидобактерии, которые препятствуют развитию патогенной микрофлоры, способствуют нормализации белкового, липидного и углеводного обмена [1, 2].

Эффективность бифидобактерий во многом обусловлена взаимодействием со слизистой оболочкой кишечника в результате адгезии на клетках кишечного эпителия. Данное свойство этих микроорганизмов является необходимым условием колонизации слизистой и баланса кишечной микрофлоры [3, 4].

На сегодняшний день для исследования адгезии бактерий на клетках организма-хозяина предложены методы *in vitro* и *in vivo*. Первые, свя-

занные с использованием лабораторных животных, являются достаточно трудоемкими и дорогостоящими, а также исключают возможность работы с клетками человеческого происхождения. В связи с этим при определении адгезивности бактерий наиболее часто применяют методы *in vitro* с использованием в качестве клеток-мишеней эритроцитов и тканевых культур *CaCo-2*, *T84*, *HT-29* и *Int 407* [5, 6]. Клетки эритроцитов являются сравнительно простым и легко доступным тест-объектом. Их поверхностный слой (гликоферин) идентичен гликокаликсу эпителиальных клеток, на котором расположены рецепторы для адгезинов микроорганизмов [7]. Данное свойство эритроцитов делает их универсальной моделью для изучения адгезии.

Конева Елена Леонидовна, Терехова Валерия Евгеньевна, Якуш Евгений Валентинович, Аминина Наталья Михайловна.

Список сокращений: ИАМ — индекс адгезивности микроорганизма; КОЕ — колониеобразующая единица; СПА — средний показатель адгезии.

* Авторы для переписки.

Адгезия бифидобактерий *in vitro* зависит от многих факторов, среди которых немаловажная роль отводится составу питательной среды [8, 9]. Рядом авторов показано, что культивирование пробиотических штаммов бифидо- и лактобактерий в присутствии лактулозы, инулина, овсяных хлопьев и меда приводит к увеличению их адгезивной активности [10, 11]. Добавление же в среду отваров лекарственных растений, таких как кашкара и дазифора кустарниковая, ингибирует адгезивность микроорганизмов [12].

Таким образом, изучение адгезивных свойств бифидобактерий и выяснение влияющих на них факторов представляют особый интерес, поскольку дают возможность выявлять высоко адгезивные пробиотические штаммы и, как результат, разрабатывать эффективные пробиотические продукты.

В последнее время большое внимание уделяется созданию пробиотических продуктов питания, предназначенных для коррекции нарушений микробиоценоза у человека с использованием сырья морского происхождения, в частности, водорослей и продуктов их переработки [13, 14]. Ранее нами было показано, что альгинат натрия и биогель из бурых водорослей стимулируют рост *Bifidobacterium bifidum in vitro* [15]. Также испытания на модели экспериментального лекарственного дисбактериоза у мышей, получавших пробиотический продукт, содержащий бифидобактерии и биогель, свидетельствуют о нормализации количественного и качественного состава кишечной микрофлоры [16].

В связи с этим целью работы было изучить влияние продуктов переработки бурой водоросли *Saccharina japonica* (биогеля, альгината натрия и фукоидана) на адгезивность основного представителя индигенной кишечной микрофлоры — бифидобактерии в системе *in vitro*.

УСЛОВИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Объектом исследования являлись биогель из бурой водоросли, а также полисахариды — альгинат натрия и фукоидан, которые выделяли по ранее разработанным методам [17, 18]. Основным компонентом биогеля является альгинат натрия, белок и другие минорные компоненты (фукоидан, клетчатка, маннит, липиды, пигменты) [17]. Альгинат натрия и фукоидан (с молекулярной массой 85,7 кДа и 500 Да, соответственно) выделяли из бурых водорослей *Saccharina japonica*, добытых в августе 2014 г. в Японском море, подзона Приморье к югу от м. Золотого. В работе использовали рефе-

ренс-штамм *Bifidobacterium bifidum* 791, полученный из коллекции микроорганизмов Всероссийского государственного научно-исследовательского института контроля, стандартизации и сертификации ветеринарных препаратов (ВГНКИ, Москва).

Адгезивные свойства бифидобактерий в присутствии продуктов переработки водорослей изучали согласно методике В.И. Брилис с соавт. [7]. Бифидобактерии культивировали на полужидкой среде Блаурокка (пептон сухой ферментативный — 10 г, натрий хлористый — 5 г, мясной экстракт — до 1 л; все компоненты производства ФГУН ГНЦ ПМБ «Оболенск»), содержащей 10,0 % биогеля, или 0,1% фукоидана, или 0,5 % альгината натрия при температуре $(38 \pm 1)^\circ$ в течение 48—72 ч в анаэробных условиях. Затем микробную массу осаждали центрифугированием (трехкратно по 10 мин, 1510 г). Из осадка готовили взвесь микроорганизмов на стерильном изотоническом растворе хлорида натрия (ОАО «Дальхимфарм», 10^9 кл/мл). Концентрацию бифидобактерий определяли методом предельных разведений.

В качестве модели кишечного эпителия использовали нативные эритроциты человека О (I) гр., Rh (+), которые отмывали фосфатно-солевым буфером (IbisLab, Италия) и осаждали центрифугированием при 167,7 г. Отбор крови (венозная, 10 мл, от добровольца) проводили в день эксперимента. Эритроциты в концентрации 100 млн/мл и взвесь микроорганизмов вносили в пробирку в равных количествах по 0,5 мл. Смесь инкубировали при $38 \pm 1^\circ$ в шейкере-инкубаторе (Eppendorf, Германия) на протяжении 1 ч, 3 и 5 ч. После этого готовили по 3 препарата из каждой пробирки, которые фиксировали абсолютным метанолом (ЗАО «Вектон») и окрашивали метиленовым синим (Sigma-Aldrich, США) по Леффлеру. Адгезивные свойства оценивали микроскопическим методом, подсчитывая количество бактерий, адгезированных на 50 эритроцитах, по всему предметному стеклу. Результаты исследований оценивали по среднему показателю адгезии (СПА), который соответствовал среднему количеству микробов, прикрепившихся к 1 эритроциту (участвующему или нет в адгезивном процессе), а также коэффициенту участия эритроцитов (К, %) (процент участвующих в адгезии от общего числа эритроцитов) и индексу адгезивности микроорганизма (ИАМ), отражающему среднее количество микробных клеток на одном участвующем в адгезивном процессе эритроците. Адгезивность считали нулевой при СПА от 0 до 1,0; низкой — при СПА от 1,01 до 2,0; средней — от 2,01 до 4,0 и высокой — свыше 4 [7].

Изучение аутоагрегации бифидобактерий в присутствии альгината натрия проводили согласно методике В. Del Re с соавт. [19]. Определение гидрофобности клеточной поверхности *B. bifidum* оценивали по методу, описанному в работе [20]. В качестве растворителя использовали хлороформ (ЗАО «Экос-1»).

Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью пакета прикладных программ Statistica 6 с использованием критерия Стьюдента.

Все эксперименты выполнялись в трех повторностях.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ кривых роста бифидобактерий при культивировании с полисахаридами и биогелем выявил четкие различия между ними (рис. 1). Присутствие альгината натрия и биогеля способствовало увеличению численности бифидобактерий на 1—1,5 порядка по сравнению с контролем на конец эксперимента. Добавление в питательную среду фукоидана ингибировало размножение бифидобактерий по сравнению с контролем. Так, численность микроорганизмов на среде с фукоиданом после 24 ч культивирования практически не изменилась и составила 10^6 кл/мл, что на 3 порядка ниже, чем в контроле. При культивировании на плотных питательных средах с добавлением фукоидана наблюдалась аналогичная тенденция. Поэтому для дальнейших исследований фукоидан не использовали.

В работе исследовали неспецифическую (обратимую) адгезию, обусловленную только физико-химическими взаимодействиями и протекаю-

щую в первые часы взаимодействия бактериальных клеток с клетками-мишенями.

Адгезивные свойства бифидобактерий на различных средах оценивали по СПА, ИАМ и коэффициенту участия эритроцитов (см. раздел “Условия эксперимента”). Результаты исследований адгезивности представлены в табл. 1.

Установлено, что исследуемый штамм бифидобактерий в присутствии альгината натрия и биогеля проявляет более высокие адгезивные свойства. Так, СПА бифидобактерий после 1 ч инкубации в системе с альгинатом натрия увеличился на 51% ($2,26 \pm 1,23$; $p < 0,01$), с биогелем — на 25% ($1,45 \pm 0,58$; $p < 0,01$) по сравнению с контролем ($1,09 \pm 0,40$; $p < 0,01$).

На адгезивные свойства бактерий влияла также длительность их взаимодействия с эритроцитами. Следует отметить, что данные о влиянии на адгезию времени инкубации бифидобактерий с кишечным эпителием весьма малочисленны и противоречивы. В большинстве указанных исследований длительность инкубации бифидобактерий с тест-клетками составляет 1—2,5 ч [21—23]. Однако, на наш взгляд, время инкубации должно соответствовать физиологическому времени контакта между пробиотиком и слизистой оболочкой кишечника; оно составляет от 1 ч до нескольких часов в верхних отделах тонкой кишки и до 24 ч в толстой кишке [24].

Как показали наши исследования, с увеличением времени инкубации до 3—5 ч адгезивные свойства бифидобактерий возрастают во всех образцах, но наибольший рост наблюдается в системе с биогелем. Если СПА бактерии в присутствии биогеля при инкубации с эритроцитами в течение 1 ч составил $1,45 \pm 0,58$, то по истечении 3 и 5 ч эта

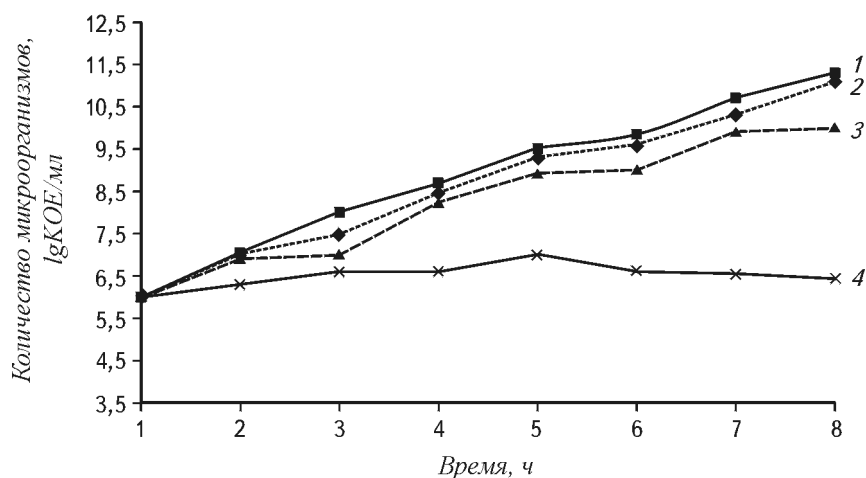


Рис. 1. Динамика роста *B. bifidum*, штамм 791, на среде Блаурокка с различными добавками: 1 — биогель; 2 — альгинат; 3 — контроль (без добавок); 4 — фукоидан

Показатели адгезии *Bifidobacterium bifidum* (штамм 791) в присутствии продуктов переработки водорослей

Образец	Коэффициент участия эритроцитов (К), %			СПА, кл/эритроцит			ИАМ, кл/эритроцит		
	Время инкубации с эритроцитами								
	1 ч	3 ч	5 ч	1 ч	3 ч	5 ч	1 ч	3 ч	5 ч
Контроль (среда Блаурокка без добавок)	61±14	71,5±15	66±21	1,09±0,40	1,88±0,90	1,91±0,92	1,80±0,53	2,63±0,85	2,89±0,96
Среда Блаурокка с добавлением альгината натрия	71±19	85±7	70±20	2,26±1,23	2,75±0,74	2,76±1,17	3,18±1,05	3,24±0,77	3,94±1,94
Среда Блаурокка с добавлением биогеля	63±12	86±12	99±2	1,45±0,58	3,25±0,91	3,81±0,42	2,30±0,6	3,78±1,93	3,85±0,42

величина выросла до $3,25 \pm 0,91$ и $3,81 \pm 0,42$ ($p < 0,01$), соответственно. В контрольном образце и на среде с альгинатом натрия также наблюдается достоверное возрастание СПА при 3-часовой экспозиции. Однако увеличение времени совместной инкубации до 5 ч оказывает незначительное влияние на адгезивность бифидобактерий.

Рассматривая значение другого количественного показателя — ИАМ, можно сделать вывод о том, что при часовой экспозиции в двух исследуемых системах (контрольной и в присутствии биогеля) бифидобактерии характеризовались низким уровнем адгезивности (ИАМ = 1,80—2,30), а через 5 ч — средним уровнем (ИАМ = 2,89—3,85). Исключение составила система с альгинатом натрия, где уже при часовой экспозиции микроорганизмы обладали средним уровнем адгезивности (ИАМ = 3,18). Можно предположить, что альгинат натрия — компонент биогеля — является основным действующим веществом при повышении адгезивной активности бифидобактерий.

Повышение адгезивной активности является защитной реакцией бифидобактерий, которая обеспечивает им более быструю адаптацию к новой среде и, как результат, стабильность микробного консорциума [25]. Это согласуется с ранее полученными нами данными о повышении биохимической активности бифидобактерий в присутствии продуктов переработки водорослей [26]. Возможно, стимулирующее влияние альгината нат-

рия и биогеля на адгезию бифидобактерий объясняется способностью исследуемых веществ создавать дополнительную поверхность для фиксации микроорганизмов, т.е. выполнять роль «кондиционной пленки».

Анализ данных, представленных на рис. 2, показывает, что бифидобактерии, выращенные на разных средах, обладают различной способностью к агрегации. В контроле наблюдается адгезия к эритроцитам отдельных бактериальных клеток (см. рис. 2, а), тогда как в присутствии альгината и биогеля наблюдается образование бактериальных агрегатов, которые почти полностью закрывают эритроциты (см. рис. 2, б, в).

Аутоагрегация микроорганизмов и гидрофобность поверхности микробной клетки являются одним из ключевых факторов, определяющих способность пробиотических штаммов колонизовать желудочно-кишечный тракт. Это подтверждается рядом работ [6, 27]. Более того, многими авторами показано, что чем выше степень аутоагрегации и гидрофобности у бифидобактерий, тем большей адгезивной способностью они обладают [28, 29].

Способность бифидобактерий к аутоагрегации была исследована после их культивирования в среде Блаурокка с альгинатом натрия в течении 1 и 5 ч. Аутоагрегация разной степени выраженности отмечалась во всех образцах. Результаты показали, что при часовой инкубации значения аутоагрегации бифидобактерий в среде с полисахаридом нез-

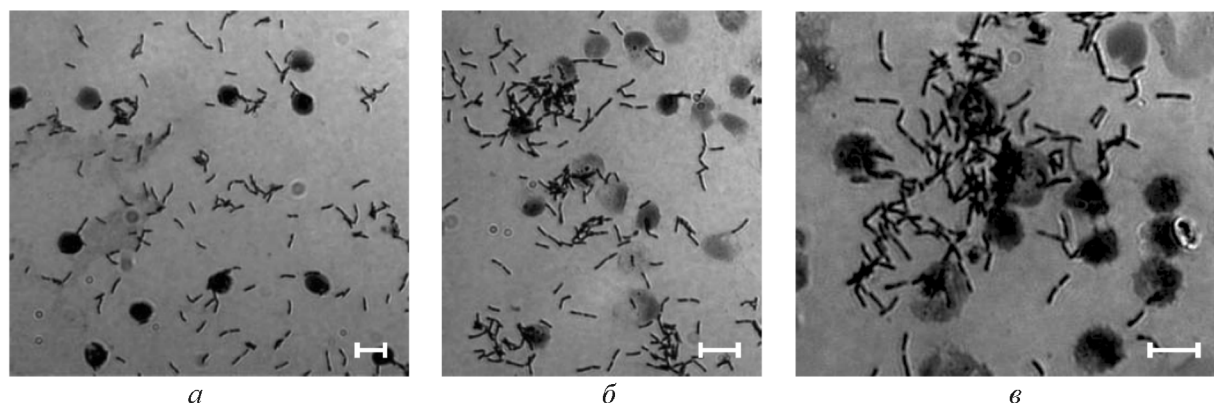


Рис. 2. Агрегация бифидобактерий на эритроцитах в присутствии и в отсутствие добавок: *а* — контроль (среда Блаурокка); *б* — среда с альгинатом натрия; *в* — среда с биогелем. Мерный отрезок соответствует 10 мкм

начительно отличаются от таковых в контроле. Через 5 ч инкубации на среде с альгинатом натрия аутоагрегация возрастает до $41,10 \pm 0,73$ %, тогда как в контроле — до $36,80 \pm 0,60$ % (табл. 2).

Гидрофобность бифидобактерий в тестируемых образцах колебалась от 24,25 до 34,80 %, причем наибольшее значение гидрофобности также наблюдалось в системе с альгинатом натрия.

Таким образом, проведенные исследования показали, что увеличение адгезивной способности бифидобактерий в присутствии биогеля и альгината натрия сопровождалось повышением степени аутоагрегации и гидрофобности клеточной поверхности до значений, достоверно превышающих контрольные, что согласуется с литературными данными, касающимися других микроорганизмов. Известно, что способность пробиотических штаммов к аутоагрегации возрастает в присутствии меда и инулина [8, 10, 11]. Полученные нами результаты позволяют расширить перечень компонентов, усиливающих аутоагрегацию клеток бифидобактерий, за счет альгината натрия и биогеля из бурых водорослей.

Усиление поверхностной гидрофобности бифидобактерий в системах с альгинатом натрия и биогелем позволяет микроорганизмам легче преодолевать силы поверхностного натяжения субстрата за счет удаления слоя воды, препятствующего контакту. Увеличение аутоагрегационной способности в присутствии продуктов переработки водорослей обеспечивает исследуемым бактериям возможность межклеточного обмена, что повышает их конкурентоспособность за сайты адгезии. Кроме того, эти продукты способствуют сокращению времени достижения определенной плотности популяцией пробиотика, при которой скорость размножения микроорганизмов значительно увеличивается.

Вышеперечисленные факты доказывают, что альгинат натрия и биогель из бурых водорослей помимо установленного ранее пребиотического действия в отношении *B. bifidum* обладают способностью облегчать процесс неспецифической (обратимой) адгезии бифидобактерий к клеточным субстратам. Следовательно, использование продуктов переработки водорослей совместно с

Таблица 2

Агрегация и гидрофобность *Bifidobacterium bifidum*, штамм 791, выращенного в течение 5 ч на среде Блаурокка, обогащенной альгинатом натрия

Среда	Аутоагрегация, %		Гидрофобность, %
	1 ч	5 ч	
Контроль (среда Блаурокка)	$12,40 \pm 0,12$	$36,80 \pm 0,60$	$24,25 \pm 0,06$
Среда Блаурокка + альгинат натрия	$13,80 \pm 0,20$	$41,10 \pm 0,73$	$34,80 \pm 0,16$

бифидобактериями способствует более эффективному закреплению пробиотических микроорганизмов на клетках кишечника.

Получено 3.06.15

ЛИТЕРАТУРА

1. *Gueimonde, M.* Ability of Bifidobacterium strains with acquired resistance to bile to adhere to human intestinal mucus / M. Gueimonde, T.L. Noriega, A. Margolles, C.G. De Los Reyes-Gavilan, S. Salminen // *Int. J. Food Microbiol.* — 2005. — N 101. — P. 341—346.
2. *Reyed, M.* The role of Bifidobacteria in health research / M. Reyed, A.A. Reyed // *J. Med. Medical Sci.* — 2007. — V. 2. — N 1. — P. 14—24.
3. *Ouwehand, A.C.* The effect of digestive enzymes on the adhesion of probiotic bacteria *in vitro* / A.C. Ouwehand, S. Tölkkö, S. Salminen // *J. Food Sci.* — 2001. — V. 66. — N 6. — P. 856—859.
4. *Collado, M.C.* Adhesion of selected Bifidobacterium strains to human intestinal mucus and the role of adhesion in enteropathogen exclusion / M.C. Collado, M. Gueimonde, M. Hernandez, Y. Sanz, S. Salminen // *J. Food Protect.* — 2005. — V. 68. — N 12. — P. 2672—2678.
5. *Guglielmetti, S.* Study of the adhesion of *Bifidobacterium bifidum* MIMBb75 to human intestinal cell lines / S. Guglielmetti, I. Tamagnini, M. Minuzzo, S. Arioli, C. Parini, E. Comelli, D. Mora // *Curr. Microbiol.* — 2009. — N 59. — P. 167—172.
6. *Liu, C.* Adhesion and immunomodulatory effects of *Bifidobacterium lactis* HN019 on intestinal epithelial cells INT-407 / C. Liu, Z.Y. Zhang, K. Dong, X.K. Guo // *World J. Gastroenterol.* — 2010. — N 16(18). — P. 2283—2290.
7. *Брилис В.И.* Методика изучения адгезивного процесса микроорганизмов / В.И. Брилис, Т.А. Брилене, Х.П. Ленцер, А.А. Ленцер // *Лабораторное дело.* — 1986. — № 4. — С. 210—212.
8. *Aissi, E.A.* Adhesion of some Bifidobacterial strains to human enterocyte-like cells and binding to mucosal glycoproteins / E.A. Aissi, M. Lecocq, C. Brassart, S. Bouquelet // *Microb. Ecol. Health Dis.* — 2001. — N 13(1). — P. 32—39.
9. *Ouwehand, A.* *In vitro* adhesion assays for probiotics and their *in vivo* relevance: A review / A. Ouwehand, S. Salminen // *Microb. Ecol. Health and Disease.* — 2003. — N 15. — P. 175—184.
10. *Laine, R.* Performance of bifidobacteria in oat-based media / R. Laine, S. Salminen, Y. Benno, A.C. Ouwehand // *Int. J. Food Microbiol.* — 2003. — N 83. — P. 105—109.
11. *Saran, S.* Comparing adhesion attributes of two isolates of *Lactobacillus acidophilus* for assessment of prebiotics, honey and inulin / S. Saran, M.S. Bisht, K. Singh, U.V.S. Teotia // *Int. J. Sci. Res. Publicat.* — 2012. — V. 2. — N 4. — P. 1—7.
12. *Поткова С.М.* Влияние некоторых экзогенных и эндогенных факторов на адгезию бифидобактерий // *Журн. микробиол.* — 2002. — №6. — С. 15—21.
13. *Коваль П.В.* Кисломолочные продукты с добавками из морской капусты для лечения йодной недостаточности / П.В. Коваль, Т.К. Каленик, Ю.П. Шульгин // *Хранение и переработка сельхозсырья.* — 2005. — № 12. — С. 49—51.
14. *Аминина Н.М.* Пробиотические продукты на основе «Ламиналя» - биогеля морской капусты / Н.М. Аминина, Е.С. Половинкина, Е.В. Якуш // *Молочная промышленность.* — 2006. — № 5. — С. 70—71.
15. *Конева Е.Л.* Бифидогенные свойства продуктов переработки бурых водорослей / Е.Л. Конева, Н.М. Аминина, Е.В. Якуш // *Изв. ТИНРО.* — 2010. — Т. 161. — С. 303—308.
16. *Кузнецова Т.А.* Влияние пробиотического продукта, содержащего бифидобактерии и биогель из бурых водорослей, на кишечную микрофлору и показатели врожденного иммунитета у мышей с экспериментальным лекарственным дисбактериозом кишечника / Т.А. Кузнецова, И.Д. Макаренкова, Е.Л. Конева, Н.М. Аминина, Е.В. Якуш // *Вопросы питания.* — 2015. — Т. 84. — № 1. — С. 73—79.
17. *Аминина Н.М., Конева Е.Л., Якуш Е.В., Бочаров Л.Н.* Способ получения альгинатсодержащего продукта из бурых водорослей и пробиотический продукт на его основе // *Патент РФ № 2453134, А 23 L 1/0532, А 23 L 1/337.* 2012.
18. *Аминина Н.М., Вишневская Т.И., Гурулева О.Н., Подковытова А.В.* Способ комплексной переработки бурых водорослей с получением йодсодержащих и полисахаридных продуктов // *Патент RU 2233104, А 23L1/30, А 23L1/337.* 2004.
19. *Del Re, B.* Autoaggregation and adhesion ability in a *Bifidobacterium suis* strain / B. Del Re, A. Busetto, G. Vignola, B. Sgorbati, D. Palenzona // *Lett. Appl. Microbiol.* — 1998. — N 27. — P. 307—310.
20. *Rosenberg, M.* Adherence of bacteria to hydrocarbons: a simple method for measuring cell-surface hydrophobicity / M. Rosenberg, G.L. Gutnic, E. Rosenberg // *FEMS Microbiol. Lett.* — 1980. — N 9. — P. 29—33.
21. *Andreu, A.* Hemagglutination, adherence, and surface properties of vaginal *Lactobacillus* species / A. Andreu, A.E. Stapleton, C.L. Fennell, S.L. Hillier, W.E. Stamm // *J. Infectious Diseases.* — 1995. — N 171. — P. 1237—1243.
22. *Crocianl, J.* Adhesion of different bifidobacteria strains to human enterocyte-like Caco-2 cells and comparison with *in vivo* study / J. Crocianl, J.P. Grill, M. Huppert, J. Ballongue // *Lett. Appl. Microbiol.* — 1995. — N 21. — P. 146—148.
23. *Alp, G.* The role of hemagglutination and effect of exopolysaccharide production on bifidobacteria adhesion to Caco-2 cells *in vitro* / G. Alp, B. Aslim, Z. Suludere, G. Akca // *Microbiol. Immunol.* — 2010. — N 54. — P. 658—665.
24. *Павлоцкая Л.Ф.* Физиология питания. — М.: Высшая школа, 1989. — 368 С.
25. *Новик Г.И.* Исследование структурно-функциональной организации бифидобактерий // *Микробиология.* — 1998. — Т. 67. — № 3. — С. 376—383.

26. Конева Е.Л. Пробиотические продукты на основе биогеля из морских водорослей / Е.Л. Конева, Н.М. Аминина, Е.В. Якуш // Изв. ТИНРО. — 2009. — Т. 158. — С. 361—365.
27. Abdulla, A.A. Adhesion autoagregation and hydrophobicity of six Lactobacillus strains / A.A. Abdulla, T.A. Abed, A.M. Saeed // British Microbiol. Res. J. — 2014. — N 4(4). — P. 381—391.
28. Perez, P.F. Surface properties of bifidobacterial strains of human origin / P.F. Perez, Y. Minnaard, E.A. Disalvo, G.L. de Antoni // Appl. Environ. Microbiol. — 1998. — N 64. — P. 21—26.
29. Del Re, B. Adhesion autoagregation and hydrophobicity of 13 strains of *Bifidobacterium longum* / B. Del Re, B. Sgorbati, M. Miglioli, D. Palenzona // Lett. Microbiol. — 2000. — N 31. — P. 438—442.

E.L. KONEVA^{1,*}, V.E. TEREKHOVA^{2,*},
E.V. YAKUSH¹, and N.M. AMININA¹

¹The Pacific Research Fisheries Centre, 690091, Vladivostok Russia

²The Research and Educational Center «Primorsky Aquarium», Far-Eastern Branch, 690922, Vladivostok, Russkiy Island Russia

e-mail: koneva-ele@yandex.ru

Effect of Kelp Processing Products on *Bifidobacterium bifidum* 791 Strain Adhesive Properties

The influence of kelp *Saccharina japonica* processing products on the adhesion to erythrocytes, capacity of self-aggregation and hydrophobicity of the *Bifidobacterium bifidum* bacteria strain 791 has been studied. It was found out that in the presence of sodium alginate and the kelp biogel, the ability to self-aggregation and adhesion level in bifidobacteria increased. Therefore, the kelp processing products should be considered as prebiotics promoting the better fixation of probiotic microorganisms on the intestinal cells.

Key words: adhesion, bifidobacteria, erythrocytes, hydrophobicity, kelp biogel, probiotics, self-aggregation, sodium alginate.

* Authors for correspondence.