

МЕТАБОЛИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ МЕСТНЫХ ШТАММОВ ЛАКТОБАЦИЛЛ-ПРОДУЦЕНТОВ ЭКЗОПОЛИСАХАРИДОВ

Элова Н.А

Нормуродова К.Т

Файзуллаев О.А

Бердикулова Г.С

Институт микробиологии Академии Наук Республики Узбекистан

Национальный Университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека

<https://doi.org/>

Аннотация. В настоящей работе проведена физико-химическая характеристика ЭПС местных штаммов лактобактерий. Полученные ЭПС являются гетерополисахаридами: в моносахаридном составе выявлены остатки маннозы, глюкозы, галактозы и рамнозы. ЭПС местных штаммов лактобацилл имеют низкую молекулярную массу (от 5600 до 71000 Da). В результате ферментации МРС-бульона местными штаммами лактобацилл возможно получение разных по аминокислотному и легколетучему жирно-кислотному составу продуктов, обладающих различной биологической ценностью и функциональными свойствами. Разница в аминокислотной активности исследуемых штаммов лактобацилл может выражаться в формировании различных функциональных свойств биопрепаратов, производимых на их основе.

Ключевые слова: лактобациллы, экзополисахариды, пробиотические штаммы, биологическая активность, моносахаридный состав, молекулярная масса полисахаридов.

METABOLIC ACTIVITY OF LOCAL STRAINS OF LACTOBACILL-PRODUCERS OF EXOPOLYSACCHARIDES

Abstract. In this work, the physicochemical characterization of EPS of local strains of lactobacilli was carried out. The resulting EPS are heteropolysaccharides: the monosaccharide composition contains residues of mannose, glucose, galactose, and rhamnose. EPS of local strains of lactobacilli have a low molecular weight (from 5600 to 71000 Da). As a result of the fermentation of MPC-broth by local strains of lactobacilli, it is possible to obtain products that differ in amino acid and volatile fatty acid composition and have different biological value and functional properties. The difference in the amino acid activity of the studied strains of lactobacilli can be expressed in the formation of various functional properties of biological products produced on their basis.

Key words: lactobacilli, exopolysaccharides, probiotic strains, biological activity, monosaccharide composition, molecular weight of polysaccharides.

ВВЕДЕНИЕ

Виды рода *Lactobacillus* и *Bifidobacterium* широко применяются в качестве пробиотиков для людей и животных. Согласно акту Американского Управления по контролю за продуктами и лекарствами они обладают статусом общепризнанной безопасности (GRAS status) благодаря долгой истории безопасного использования в сброженных продуктах питания и их присутствия в нормофлоре кишечника, мочевыводящих путей, половой системе людей [1].

Изучение ЭПС, продуцируемых молочнокислыми бактериями, началось с 80-х годов прошлого столетия и активно развивается в настоящее время, отражением чего служат постоянно публикуемые обзоры [2].

Экзополисахариды молочнокислых бактерий играют решающую роль в улучшении реологии, текстуры, вкуса ферментированных пищевых продуктов, оказывают благотворное физиологическое воздействие на здоровье человека и обладают противоопухолевой, иммуномодулирующей и антиканцерогенной активностью [3]. МКБ также могут производить различные функциональные олигосахариды. Олигосахариды имеют огромное промышленное применение в качестве пребиотиков, нутрицевтиков, подсластителей, увлажнителей, препаратов против рака толстой кишки, иммунных стимуляторов и т. д. [4].

В нескольких работах описываются результаты исследований по изучению антимикробной и антиоксидантной активности экзополисахаридов МКБ [5], иммуномодулирующей активности лаксарана, синтезируемого *L. delbrueckii* [6], а также показано, что экзополисахариды лактобактерий эффективно снижают адгезию энтеротоксичных эшерихий (ЭТЭК) [7], выявлена способность ЭПС связывать к себе мутагены в кишечнике человека [8] и свободные оксидные радикалы [9]. В связи с вышеуказанными биологическими свойствами поиск новых экзополисахаридов лактобактерий является актуальным и вызывает научный и практический интерес.

Целью данной работы является выделение и определение физико-химических свойств экзополисахаридов местных штаммов лактоцилл и изучение метаболической активности продуцентов ЭПС.

МЕТОД И МЕТОДОЛОГИЯ

Объектами исследований служили молочнокислые бактерии, выделенные из различных субстратов.

Выделение экзополисахаридов штаммов лактобактерий проводили по методике, описанной в работе Wang K и др (2015) [10]. Углеводную природу и количество общих полисахаридов определяли по фенол-серноокислому методу, в качестве стандарта была использована глюкоза [10]. Количественное определение белков в составе сырого экзополисахаридов проведено по методу, описанному Ермаковым А.И. и др [11].

Инфракрасно-спектроскопический (ИК-спектр) анализ сырого экзополисахаридов лактобактерий. Для изучения структуры полученного экзополисахаридов и наличия в нем тех или иных функциональных групп пользовались методом инфракрасной спектроскопии ИК-спектры экзополисахаридов лактобактерий, регистрировали на Фурье ИК-спектрометре Vector-22 (Bruker, Германия) в интервале частот 400-4000 см⁻¹. 2 мг экзополисахаридов перемешивали с 200 мг бромида калия (KBr) (соотношение 1:100), потом смесь запрессовывали в форму диаметром 16 мм и провели ИК-спектроскопию для обнаружения функциональных групп, свойственных полисахаридам [12].

ГХ-анализ моносахаридного состава экзополисахаридов лактобактерий. Установление моносахаридного состава полученных ЭПС методом газовой хроматографии проводили по методу, описанному в работе В.В. Арасимович (1980) [13].

Определение молекулярной массы экзополисахаридов лактобактерий. Молекулярно-массовые характеристики экзополисахаридов определяли на жидкостном хроматографе Agilent 1260 Infinity (Agilent, США) [14].

Количественное содержание короткоцепочечных жирных кислот в культуральной жидкости лактобактерий определяли методом ГЖХ на газовом хроматографе Clarus - 400 (Perkin-Elmer, США) [15].

Количественный анализ свободных аминокислот в культуральной жидкости лактобацилл определяли методом ВЭЖХ [16].

ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТ

Выделение экзополисахаридов, образуемых местными штаммами лактобактерий. Экзополисахариды выделяли из культуральной жидкости лактобактерий методом осаждения этиловым спиртом. Из 10 исследуемых культур 8 культур проявили способность синтезировать экзополисахариды (Таблица 1). Из 8 продуцентов экзополисахаридов 4 штамма относятся к *L. casei*: CO₁, K7/3, K7, K7/4; 3 штамма к *L. plantarum*: АБ-1, ЭБ-2, к-3, 1 штамм к *L. rhamnosus*: ж.с.2.

Лиофильно-высушенные экзополисахариды, полученные из культуральной жидкости исследуемых штаммов лактобактерий представляют собой аморфный порошок кремового цвета, хорошо растворяются в воде, имеют ровную волокнистую структуру. Так, сырой ЭПС *L. casei* CO₁ содержит 65,59 ± 0,7% общих полисахаридов и 7,11% белка (содержание азота 1,13%). В составе ЭПС *L. casei* K7/3 содержится 68,03±0,3% общих полисахаридов, содержание белков составляет 7,11% (общий азот 1,22%). Также установлено, что ЭПС *L. casei* K7 содержит 69,22 ±0,4% общих углеводов и 7,24% белков (общий азот 1,15%). В составе ЭПС *L. plantarum* ЭБ-2 выявлено 67,54 ±0,01% общих углеводов и 7,37% белков (общий азот 1,17%).

Таблица 1. Образование экзополисахаридов местными штаммами лактобактерий (M±m, n=3).

Культуры	Продукция экзополисахаридов, мг/л	Содержание общих полисахаридов, %.	Содержание белков, %.	Содержание общего азота, %.
<i>L. plantarum</i> LPN1*	170,0	64,29	3,7	Н.д.
<i>L. casei</i> AL 15 **	14,1	63,85	3,4	Н.д.
<i>L. casei</i> CO1	400,0	65,59± 0,7	7,11	1,13
<i>L. plantarum</i> ЭБ-2	250,0	67,54±0,01	7,37	1,17
<i>L. plantarum</i> к-3	175,0	70,2±0,02	Н.о.	Н.о.
<i>L. rhamnosus</i> ж.с.2	75,0	66,25±0,01	Н.о.	Н.о.
<i>L. casei</i> K7	24,2	69,22 ±0,4	7,27	1,15
<i>L. casei</i> K7/4	18,73	Н.о.	Н.о.	Н.о.
<i>L. casei</i> K 7/3	10,0	68,03±0,3	7,11	1,22
<i>L. plantarum</i> АБ-1	16,7	Н.о.	Н.о.	Н.о.

Примечание: *- Bukola C. (2008); ** - Y. W. Pinaria (2016).

ИК-спектроскопический анализ экзополисахаридов лактобактерий.

В ИК-спектрах изученных ЭПС всех исследуемых штаммов лактобактерий обнаружены интенсивные полосы поглощения, характерные для класса углеводов. При ИК-спектральном анализе ЭПС *L. plantarum* ЭБ-2 получены следующие результаты: широко расположенный пик при $3412,17\text{ см}^{-1}$ отображает удлинённые колебания гидроксильной группы и характеризует углеводное кольцо. Слабый пик при $2935,57\text{ см}^{-1}$ указывает на присутствие алифатических CH_2 -групп, которые содержатся в белках и других органических веществах. Пик поглощения в области $1700\text{--}1770\text{ см}^{-1}$ означает, что в ЭПС присутствуют глюконовая кислота или диацетиловый эфир. Пик при $1643,77\text{ см}^{-1}$ представляет удлинённые колебания $\text{C}=\text{O}$ группы. Короткие пики, находящиеся в области ниже 1500 см^{-1} , означают присутствие сульфатированных групп и что данное вещество является полисахаридом. Также, пик при $1225,24\text{ см}^{-1}$ принадлежит $\text{C}-\text{O}$ связям в эфирных или спиртовых группах. Пики, находящиеся в диапазоне $1051,66\text{--}920,27\text{ см}^{-1}$ означают колебания $\text{C}-\text{O}$ и $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ гликозидных связей, демонстрирующие присутствие углеводов. Присутствие карбоксильных групп в ИК-спектре полисахарида может служить сайтом связывания бивалентных катионов.

Также в ИК-спектре ЭПС *L. casei* CO_1 обнаружены пики поглощения следующих функциональных групп и связей: широко расположенный пик при $3304,00\text{ см}^{-1}$ принадлежит к гидроксильной группе. Слабый пик при $2933,73\text{ см}^{-1}$ указывает на присутствие алифатических CH_2 , которые содержатся в белках и других органических веществах (Рис. 1).

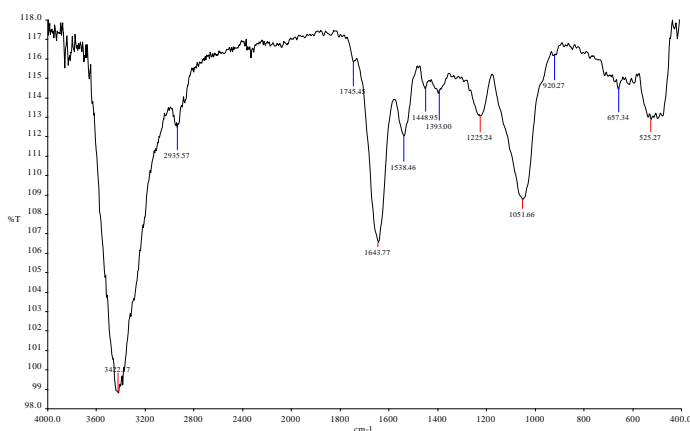


Рис. 1. ИК-спектр сырого ЭПС из *L. plantarum* ЭБ-2.

Пик при $1662,03\text{ см}^{-1}$ отображает кольцо маннозы или галактозы; симметрично удлинённый пик поглощения при $1378,14\text{ см}^{-1}$ образуется от $-\text{COO}^-$ группы. Пики, находящиеся в диапазоне $1218,05\text{--}1054,16\text{ см}^{-1}$ означают колебания $\text{C}-\text{O}$ и $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ гликозидных связей, демонстрирующие присутствие углеводов. Острый пик при $1054,16\text{ см}^{-1}$ показывает наличие полисахарида. Моносахаридный состав и молекулярная масса исследованных экзополисахаридов, продуцируемых местными штаммами лактобактерий.

Установлены моносахаридный состав и молекулярная масса ЭПС 5 штаммов лактобактерий: *L. casei* CO_1 , K7/3 , K7 , *L. plantarum* ЭБ-2, *L. rhamnosus* ж.с.2. ГХ-анализ моносахаридного состава ЭПС *L. casei* CO_1 показал, что данный ЭПС состоит из остатков

маннозы, глюкозы и рамнозы в молярном соотношении 11,3:1,7:1, соответственно (Рис. 2). Молекулярная масса данного ЭПС равна 71000 Da.

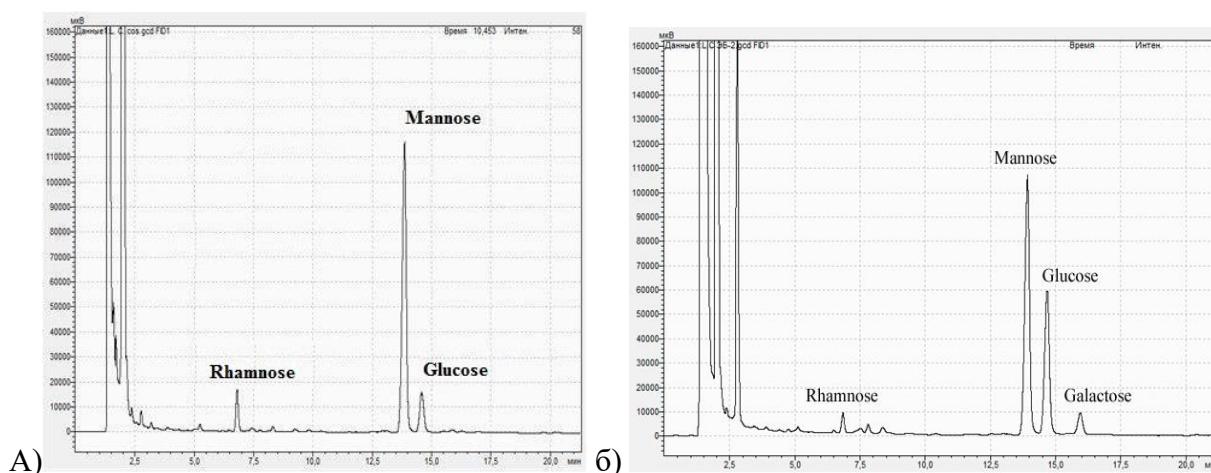


Рис.2. ГХ-хроматограмма моносахаридного состава ЭПС *L.casei* CO₁ (А) и *L.plantarum* ЭБ-2 (Б)

Таким же образом установлен моносахаридный состав ЭПС штамма *L. casei* K7/3, при гидролизе которого образовались глюкоза, манноза и галактоза в молярном соотношении 2,7:1,5:1, соответственно. Молекулярная масса равна 5600 Da. В составе ЭПС *L. casei* K7 обнаружены также манноза, глюкоза и галактоза, в молярном соотношении 2,7:2,7:1, соответственно. Молекулярная масса равна 5600 Da. В ГХ-хроматограмме ЭПС *L.plantarum* ЭБ-2 обнаружены нейтральные моносахариды: манноза, глюкоза, галактоза и рамноза, в молярном соотношении 21,7:12,4:2:1, соответственно. Молекулярная масса ЭПС *L.plantarum* ЭБ-2 равна 31600 Da. Молекулярная масса ЭПС *L.rhamnosus* ж.с. 2 равна 63000 Da.

По литературным данным, молекулярная масса экзополисахаридов, продуцируемых лактобациллами колеблется от 40 до 6000 кDa. Молекулярная масса ЭПС, полученного из *L. plantarum* YW32 равна $1,03 \times 10^5$ Da, индекс полидисперсности равен 1,255. Это значит, что испытуемый образец содержит гомогенный материал [17].

Таким образом, при установлении моносахаридного состава ЭПС, продуцируемых местными штаммами *L.casei* K7/3, K7, CO₁ и *L.plantarum* ЭБ-2 выявлено, что в структуре полимеров в основном присутствуют остатки маннозы, глюкозы, галактозы и рамнозы – моносахаридов, которые определяют нейтральность полимера. В молярном соотношении преобладают манноза и глюкоза, а галактоза и рамноза присутствуют в значительно меньших количествах. ЭПС *L.casei* CO₁ обладает сравнительно высокой молекулярной массой, а ЭПС *L.casei* K7/3 имеет низкую молекулярную массу.

Образование легколетучих органических кислот местными штаммами лактобактерий. Для органолептической оценки готовых молочных продуктов важным является наличие летучих жирных кислот, образуемые лактококами, лактобактериями, бифидобактериями, энтерококками, стрептококками.

В культуральной жидкости 10 культур лактобактерий: 5 штаммов *L. casei* (CO₁, K7/3, K7, K7/4, п6/2), 4 штаммов *L. plantarum* (АБ-1, ЭТ-2, ЭБ-2, к-3) определено

количественное содержание таких летучих жирных кислот: как уксусная кислота, изомасляная кислота, валериановая кислота, пропионовая кислота.

Количественное определение ЛЖК проведено газохроматографическим методом. Полученные данные показали, что, из исследуемых культур наиболее активной оказалась культура *L. plantarum* АБ-1. Количественное содержание уксусной кислоты составляло - $1,42 \pm 0,09\%$, пропионовой кислоты - $0,0554 \pm 0,0082\%$, валериановой кислоты - $0,1135 \pm 0,002\%$, изомасляной кислоты - $0,0398 \pm 0,0043\%$. Среда МРС-бульон была взята как контроль. Из культур *L. casei* штамм К7/3 оказался наиболее активным в синтезе уксусной кислоты на 6,7 г/л, пропионовой кислоты на 0,134 г/л, валериановой кислоты на 0,073 г/л, изомасляной кислоты на 0,08 г/л больше чем содержание этих кислот в среде МРС-бульон (Таблица 2).

Таблица 2. Содержание летучих кислот в культуральной жидкости культур.

Наименование образца	Содержание в %			
	Уксусная кислота	Изомасляная кислота	Валериановая кислота	Пропионовая кислота
Контроль МРС	$0,84 \pm 0,03$	0	0	0
<i>L. casei</i> К 7	$0,91 \pm 0,05$	$0,0024 \pm 0,0003$	$0,0011 \pm 0,0001$	$0,0111 \pm 0,0006$
<i>L. casei</i> К 7 / 3	$1,51 \pm 0,11$	$0,0080 \pm 0,0006$	$0,0073 \pm 0,0005$	$0,0134 \pm 0,0010$
<i>L. casei</i> К 7 / 4	$0,91 \pm 0,05$	$0,0021 \pm 0,0002$	$0,00012 \pm 0,0002$	$0,0056 \pm 0,0005$
<i>L. casei</i> п/б-2	$0,72 \pm 0,02$	$0,0022 \pm 0,0003$	-	$0,0045 \pm 0,0004$
<i>L. casei</i> СО ₁	$0,94 \pm 0,06$	$0,0034 \pm 0,0003$	$0,00024 \pm 0,0003$	$0,0028 \pm 0,0003$
<i>L. plantarum</i> АБ-1	$1,42 \pm 0,09$	$0,0554 \pm 0,0082$	$0,1135 \pm 0,002$	$0,0398 \pm 0,0043$
<i>L. plantarum</i> ЭТ - 2	$0,93 \pm 0,06$	$0,0073 \pm 0,0005$	$0,00224 \pm 0,0002$	$0,0179 \pm 0,0011$
<i>L. plantarum</i> к-3	$0,77 \pm 0,03$	$0,0031 \pm 0,0003$	-	$0,0012 \pm 0,0001$
<i>L. plantarum</i> ЭБ-2	$0,73 \pm 0,02$	$0,0016 \pm 0,0001$	-	$0,0076 \pm 0,0006$

Количественное определение ЛЖК проведено газохроматографическим методом. Полученные данные показали, что, из исследуемых культур наиболее активной оказалась культура *L. plantarum* АБ-1. Количественное содержание уксусной кислоты составляло - $1,42 \pm 0,09\%$, пропионовой кислоты - $0,0554 \pm 0,0082\%$, валериановой кислоты - $0,1135 \pm 0,002\%$, изомасляной кислоты - $0,0398 \pm 0,0043\%$. Среда МРС-бульон была взята как контроль. Из культур *L. casei* штамм К7/3 оказался наиболее активным в синтезе уксусной кислоты на 6,7 г/л, пропионовой кислоты на 0,134 г/л, валериановой кислоты на 0,073 г/л, изомасляной кислоты на 0,08 г/л больше чем содержание этих кислот в среде МРС-бульон.

Образование штаммами молочной и уксусной кислот, которые снижают рН среды является важным в проявлении антимикробной активности. Особенно, уксусная кислота

обладает в 2-4 раза большим летальным действием на патогены чем молочная кислота [18]. Образование штаммами лактобактерий короткоцепочечных жирных кислот (молочной, уксусной, пропионовой и масляной кислот) снижает pH среды почти до 4,0, которое является неблагоприятным для многих Грамположительных бактерий как, *S. aureus*, которая выживает в пределах pH 4,5–9,3 [19]. Это объясняется тем, что кислая среда приводит к нарушению и остановке транспортных процессов в клетках патогенов. Эта способность лактобактерий эффективно используется в биоконсервации пищевых продуктов.

ОБСУЖДЕНИЕ

Таким образом, обобщенный анализ пробиотических свойств выделенных штаммов лактобактерий показал, что способность синтезировать легколетучие жирные кислоты обуславливает высокую антимикробную активность штаммов.

Качественный и количественный анализ содержания свободных аминокислот в культуральной жидкости лактобактерий. Методом ВЭЖХ провели количественный анализ в культуральной жидкости 4 штаммов лактобацилл на содержание 20 свободных аминокислот: *L.casei* K7/3, CO1 *L. plantarum* ЭТ-2, АБ-1. Незасеянную среду МРС-бульон использовали в качестве контроля. Так, в культуральной жидкости штамма *L.casei* K7/3 содержание свободных аминокислот составило 6,53 мг/мл, что в 2 раза больше чем количество аминокислот в контрольной среде МРС-бульон (2,97 мг/мл) (Таблица 3).

Таблица 3.

Количественное содержание свободных аминокислот в культуральной жидкости лактобактерий.

№	Аминокислоты	Количество аминокислот (мг/мл)				
		МРС-бульон	<i>L.casei</i> K7/3	<i>L.plantarum</i> АБ-1	<i>L.plantarum</i> ЭТ-2	<i>L.casei</i> CO1
1.	Аспарагиновая кислота	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03
2.	Глутаминовая кислота	0,06	0,23	0,19	0,18	0,17
3.	Серин	0,04	0,16	0,14	0,13	0,12
4.	Глицин	0,08	0,15	0,14	0,13	0,12
5.	Аспарагин	0,08	0,15	0,14	0,13	0,12
6.	Глутамин	0,01	0,05	0,04	0,04	0,04
7.	Цистеин	0,26	0,95	0,98	0,39	0,40
8.	Треонин	0,11	0,26	0,29	0,26	0,22
9.	Аргинин	0,02	0,21	0,20	0,14	0,14
10.	Аланин	0,09	0,21	0,19	0,17	0,15
11.	Пролин	0,16	0,23	0,25	0,20	0,17
12.	Тирозин	0,10	0,12	0,17	0,12	0,11
13.	Валин	0,26	0,44	0,42	0,40	0,31
14.	Метионин	0,11	0,17	0,17	0,15	0,11
15.	Изолейцин	0,33	0,78	0,49	0,74	0,61
16.	Лейцин	0,69	1,56	1,10	0,88	1,01

17.	Гистидин	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18.	Триптофан	0,25	0,38	0,39	0,36	0,27
19.	Фенилаланин	0,06	0,10	0,10	0,09	0,07
20.	Лизин-НСl	0,22	0,33	0,32	0,31	0,33
	Общее	2,97	6,53	5,75	4,85	4,5

Отмечено, увеличение количества незаменимых аминокислот: цистеина в 3,8 раза больше, валина в 1,7 раза, изолейцина в 2,4 раза и лейцина в 2,3 раза больше чем содержание этих аминокислот в МРС-бульоне. Культура *L.casei* CO₁ синтезировала аминокислоты в количестве 4,5 мг/мл, что 1,5 раза больше чем в контрольной среде.

В культуральной жидкости штамма *L.plantarum* АБ-1 содержание свободных аминокислот составило 5,75 мг/мл; культура *L.plantarum* ЭТ-2 синтезировала аминокислоты в количестве 4,85 мг/мл. Из представленных в таблице 3.5.2.1 данных видно, что аминокислотный состав среды культивирования находится в большой зависимости от метаболической активности исследуемых штаммов.

В среде выращивания – МРС-бульоне - по количественному содержанию преобладают такие аминокислоты, как цистеин, изолейцин, треонин и валин.

Важно отметить, что не наблюдается синтез гистидина. Изменение аминокислотного состава культуральной жидкости исследуемых штаммов за счет протеолитических свойств лактобацилл является очень ценным свойством. Происходит обогащение конечного молочного продукта незаменимыми аминокислотами, крайне необходимыми для организма человека.

Скрининг местных пробиотических штаммов лактобацилл на образование экзополисахаридов показал, что из 8 штаммов наиболее активными продуцентами являются 3 штамма: *L.casei* CO₁ (400,0 мг/л), *L. plantarum* ЭБ-2 (250,0 мг/л) и *L. plantarum* к-3 (175,0 мг/л). Проведена физико-химическая характеристика ЭПС местных штаммов лактобактерий. Полученные ЭПС являются гетерополисахаридами: в моносахаридном составе выявлены остатки маннозы, глюкозы, галактозы и рамнозы. ЭПС местных штаммов лактобацилл имеют низкую молекулярную массу (от 5600 до 71000 Da).

ВЫВОД

Таким образом, полученные данные свидетельствуют, что в результате ферментации МРС-бульона местными штаммами лактобацилл возможно получение разных по аминокислотному составу продуктов, обладающих различной биологической ценностью и функциональными свойствами. Разница в аминокислотной активности исследуемых штаммов лактобацилл может выражаться в формировании различных функциональных свойств биопрепаратов, производимых на их основе.

REFERENCES

1. Точилина А.Г., Белова И.В., Соловьева И.В., Новикова Н.А., Иванова Т.П., Жирнов В.А. Изучение биологических свойств штаммов рода *Lactobacillus* // Современные проблемы науки и образования. — 2015. — №5.

2. Bergmaier B., Champagne C.P., Lacroix C. Exopolysaccharide production during batch cultures with free and immobilized *Lactobacillus rhamnosus* RW- 9595M // Jour of Appl. Microbiol. — 2003. — №5. — P.1049-1057.
3. Doleyres Y., Schaub L., Lacroix C. Comparison of functionality of exopolysaccharides produced in situ or added as bioingredients on yoghurt properties // J Dairy Sci. — 2005. — №88. — P. 4146-4156.
4. Patel S., Majumder A., Goyal A. Potentials of Exopolysaccharides from Lactic Acid Bacteria // Indian J Microbiol. — 2012. — P. 1-11.
5. He F., Yang G. Yang L.Yu. Studies on antibacterial activity and antibacterial mechanism of a novel polysaccharide from *Streptomyces virginia* H03 // Food Contr. — 2010. — №21. — P.1257-1262.
6. Полукаров Е.В. Экзополисахариды молочнокислых бактерий и их функциональная значимость в организме животных // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Саратов. — 2009.
7. Korakli M., and Vogel R. F. Structure/function relationship of homopolysaccharides producing glycosucrase and therapeutic potential of their synthesized glycans // Appl. Microbiol. Biotechnol. — 2006. — №71. — P. 790-803.
8. Tsuda H., Hara K., Miyamoto T. Binding of Mutagens to Exopolysaccharide Produced by *Lactobacillus plantarum* Mutant Strain 301102S // J. Dairy Sci. — 2008. — №91. — P.2960-2966. doi:10.3168/jds.2007-0538
9. Wang J., Zhao X, Yang Ya, Zhao A, Yanga Zh. Characterization and bioactivities of an exopolysaccharide produced by *Lactobacillus plantarum* YW32 // International Journal of Biological Macromolecules — 2015. — №74. — P. 119-126.
10. Wang K, Li W, Rui X, Li T, Chen X, Jiang M, Dong M. Chemical modification, characterization and bioactivity of a released exopolysaccharide (r-EPS1) from *Lactobacillus plantarum* 70810 // Glycoconj J. — 2015. — №32(1-2). — P.17-27.
11. Ермаков А.И., Арасимович В.В. Методы биохимических исследований растений // Москва. — 1982. — С.430.
12. Pinaria Y.W., Antara N.S., Ganda Putra G.P., Sujaya N. Characterization of exopolisaccharide produced by *Lactobacillus casei* AL15 Isolated from Sap of *Arenga pinnata* // Journal of Natural Sciences Research. — 2016. — №22. — P.8.
13. Арасимович В.В. Биохимические методы анализа фруктов // Кишинёв, — 1984.
14. Александрова Г.П., Боймирзаев А.С., Лесничая М.В., Сухов Б.Г., Трофимов Б.А. Металлополимерные нанобиокомпозиты с галактозосодержащими стабилизирующими матрицами: Размерный эффект в изменении молекулярно-массовых характеристик // Журнал общей химии. — 2015. — №2. — С.317-326.
15. Седакова В.А., Клебанов А.В., Осипенко А.Н., Клебанова Н.А. Определение короткоцепочечных жирных кислот в биологических объектах методом газожидкостной хроматографии // Вестник фармации. — 2013. — №3(61). — С.37-42.
16. Steven A., Cohen Daviel J. Amino acid Analysis Utilizing Phenylisothiocyanata derivatives // Analytical Biochemistry. — 1988. — №1b. — P.1-16.

17. Wang J., Zhao X, Yang Ya, Zhao A, Yanga Zh. Characterization and bioactivities of an exopolysaccharide produced by *Lactobacillus plantarum* YW32 // International Journal of Biological Macromolecules — 2015. — №74. — P. 119-126.
18. Aween M.M., Hassan Z., Muhialdin B.J., Noor H.M., Eljamel Y.A. Evaluation on antibacterial activity of *Lactobacillus acidophilus* strains isolated from honey // Am. J. Appl. Sci. — 2012. — №9. — P. 9, 807–817.
19. Servin A.L. Antagonistic activities of Lactobacilli and Bifidobacteria against microbial pathogens // FEMS Microbiol. Rev. — 2004. — №28. — P.405–440.