

УДК: [679.872+ 579.873. 1] : 57.083. 1

Л.В. Капрельянц, Л.А. Крупицкая

Одесская национальная академия пищевых технологий,
ул. Канатная, 112, Одесса, 65039, Украина, тел.: +38 (048) 712 41 12,
e-mail: krupitskaja.lora@yandex.ua

ПРОБИОТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ПРОПИОНОВОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ

*В статье приведены сведения научной литературы об физиологических и биохимических свойствах пропионовокислых бактерий, а также об их метаболической способности, что позволяет использовать пропионовокислые бактерии в роли препаратов и продуктов питания пробиотического назначения при дисбиотических нарушениях желудочно-кишечного тракта. Рассмотрен биотехнологический потенциал бактерий рода *Propionibacterium*, которому, с точки зрения конструирования эффективного био корректора, недостаточно уделено внимания.*

Ключевые слова: пробиотик, нормобиота, молочнокислые продукты, пропионовокислые бактерии, пропионовая кислота.

В настоящее время, для восстановления нормобиоты желудочно-кишечного тракта человека, применяют пробиотические препараты, содержащие живые микроорганизмы [7].

Согласно классическому определению, пробиотики – это живые микроорганизмы, использование которых в необходимом количестве оказывает лечебно профилактическое действие на организм человека, нормализуя его кишечную микробиоту [6, 12].

При этом пробиотический препарат должен состоять из микроорганизмов, которые являются облигатными представителями желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) человека. Это, преимущественно, бактерии из родов *Bifidobacterium*, *Lactobacillus* и *Propionibacterium* [4, 9].

Несмотря на убедительные данные, свидетельствующие о постоянном присутствии пропионовокислых бактерий (ПКБ) в различных биотопах человека [2, 5], исследований, которые посвящены физиологической значимости данной группы прокарриот, как одного из наиболее важных компонентов об-



ПРОБІОТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ...

лигатной микробиоты, значительно меньше, чем аналогичных исследований относительно лактобацилл и бифидобактерий [9].

Представители рода *Propionibacterium* содержат кольцевую хромосому подобно большинству бактерий, размер которой варьирует в пределах от 2,3 Мб до 3,2 Мб в зависимости от вида. Содержание Г+Ц (гуанин + цитозин) в ДНК ПКБ варьирует в пределах 53 – 68 мол % [14].

В настоящее время род *Propionibacterium* классифицируют как отдел *Actinobacteria* с широким диапазоном содержания Г+Ц в ДНК, что делает их более близкими к отделам *Carynobacteria* и *Mycobacteria*, чем к молочнокислым бактериям [24].

Существующее таксономическое положение ПКБ следующее: Отдел *Actinobacteria*; Класс *Actinobacteria*, Подкласс *Actinobacteriae*; Порядок *Actinomycetales*; Подпорядок *Propionibacterineae*; Семейство *Propionibacteriaceae*; Род *Propionibacterium* [28].

Пропионовокислые бактерии – грамположительные, не образующие спор, неподвижные, факультативно-анаэробные или аэротолерантные палочковидные бактерии от 0,5 мкм до 1,5 мкм. Обычно плеоморфные, дифтероидные или булавовидные палочки с одним закругленным, другим – конусообразным или заостренным концом. Клетки в молодых культурах – искривленные, слегка изогнутые палочки, в более старых – кокковидной формы. Расположение клеток: одиночное, парное, в виде коротких цепочек, V- или Y-образное, в виде «китайских иероглифов». Большинство культур лучше растет в анаэробных условиях. Сбраживают углеводы, лактаты, пируваты с образованием пропионовой и уксусной кислот, небольших количеств изовалериановой, муравьиной, янтарной или молочной кислот, CO₂. Лактат и глюкоза более благоприятны в качестве источника энергии, чем лактоза. Основные продукты ферментации лактата показаны в уравнении:



Отношение количества пропионовой кислоты к уксусной обычно равно 2:1, но оно меняется в широких пределах и может достигать 5:1. Наиболее быстрый рост при температуре от 30 °С до 37 °С и pH 7,0. ПКБ ферментируют аланин, серин, аспарагин и глицин с образованием углекислого газа, аммиака, уксусной и пропионовой кислоты. Накопление биомассы максимально при 30 °С, а также достаточно высоко при 20 °С и даже при 7 °С. Большинство штаммов растет в глюкозном бульоне с 20% желчи. Колонии могут быть белыми, серыми, розовыми, красными, желтыми, оранжевыми. При росте в жидкой среде некоторые штаммы образуют тяжелый тянущийся осадок. Непатогенные, обитают в рубце и кишечнике жвачных животных, в молочных продуктах (в основном в твердых сычужных сырах) [3, 18].

Основываясь на локализации ПКБ, их условно делят на две большие группы: молочнокислые или классические и кожные. Классические ПКБ встречаются в сыром молоке, сырах [24], силосе, овощах, ЖКТ человека и в рубце



жвачных животных. Они также были изолированы из кишечника свиней и кур несушек [10]. Кожные ПКБ найдены не только на коже человека, но также были изолированы из кишечника человека, кур, свиней и были представлены как *Propionibacterium acnes* [24]. В пищеварительном тракте здоровых взрослых людей ПКБ присутствуют в количестве не менее 10^5 КОЕ/г фекалий [9].

Тринадцать хорошо изученных видов ПКБ представлены в таблице 1.

С точки зрения безопасности, классические виды ПКБ имеют длительную историю применения в промышленных биотехнологических процессах, главным образом, в качестве стартерных культур при производстве сыров [8, 29], получении пропионовой кислоты и других метаболитов [22, 25].

Таблица 1

Виды молочнокислых и кожных бактерий рода *Propionibacterium* [24]

Table 1

The species of lactic acid and skin bacteria of the genus *Propionibacterium* [24]

Молочнокислые ПКБ	Кожные ПКБ
<i>P. acidipropionici</i>	<i>P. acidifaciens</i>
<i>P. ceclohexanicum</i>	<i>P. acnes</i>
<i>P. freudenreichii</i>	<i>P. australiense</i>
<i>P. jensenii</i>	<i>P. avudum</i>
<i>P. microaerophilus</i>	<i>P. granulorum</i>
<i>P. thoenii</i>	<i>P. humerusii</i>
	<i>P. propionicus</i>

В настоящее время достаточно данных, свидетельствующих о наличии пробиотических свойств у ПКБ (рис 1). ПКБ устойчивы к действию желчных кислот и выдерживают низкую (pH 2,0) кислотность желудка. Классические ПКБ способны к биосинтезу нутрицевтиков (витаминов B2, B7, B9, B12, K, конъюгированной линоленовой кислоты) [2, 5, 18]. Их оздоровительные эффекты могут быть связаны с влиянием на состав кишечной микробиоты, за исключением патогенов, модуляцией метабиотической активности микробиоты и хозяина, иммуномодуляцией [1, 5, 10].

Основным продуктом жизнедеятельности ПКБ является пропионовая кислота. Биосинтез пропионовой кислоты этими бактериями включает в себя сложный метаболический цикл с несколькими реакциями, в которых субстраты метаболизируются до пирувата по гликолитическому пути, генерируя АТФ и восстановленные коферменты. Затем пируват декарбоксилируется до ацетата и CO₂ или до пропионата. Последнее превращение происходит с помощью цикла Вуда-Веркмана.



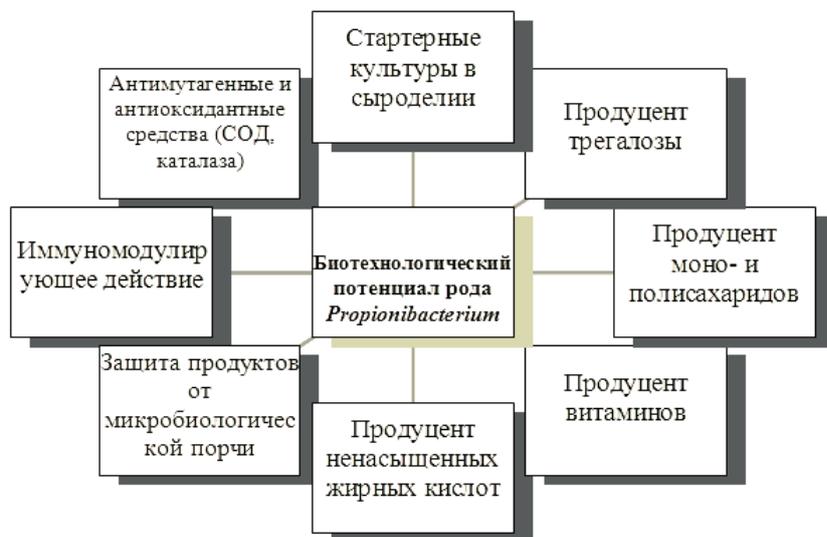


Рис. 1. Биотехнологический потенциал бактерий рода *Propionibacterium*

Fig. 1. Biotechnological potential of bacteria of the genus *Propionibacterium*

Наиболее важная реакция этого цикла транскарбоксилирование, которое переносит карбоксильную группу от метилмалонил-СоА на пируват с образованием оксалоацетата и пропионил-СоА, без потребления АТФ. Фермент, катализирующий эту реакцию, является метилмалонил-СоА карбокситрансферазой [13].

Затем оксалоацетат превращается в сукцинат, посредством реакций гидратации и дегидрирования с образованием малата и fumarата, на которые расходуется две молекулы NADH. Сукцинат затем превращается в пропионат с участием метилмалонил-СоА и образованием промежуточных продуктов (сукцинил-СоА и пропионил-СоА); карбоксильная группа, удаленная из метилмалонил-СоА, переносится на пируват с образованием оксалоацетата, таким образом, завершая один цикл. Метилмалонил-СоА также способен регенерировать сукцинил-СоА в процессе производства пропионата, создавая тем самым второй цикл, и может реагировать с новой молекулой пирувата. Все реакции этого цикла являются обратимыми. Следует подчеркнуть, что цикл Вуда-Веркмана, используемый ПКБ для получения пропионата, связан с окислительным фосфорилированием [26].

Пропионовая кислота, образованная в цикле Вуда-Веркмана, транспортируется в печень и включается в процесс глюконеогенеза и синтеза биогенных аминов, улучшает микроциркуляцию в слизистой кишечника и поддерживает в ней метаболические процессы, блокирует прикрепление к колоницитам условно-патогенной микробиты, и в тоже время стимулирует рост анаэробных бактерий нормальной микробиоты ЖКТ [11, 17, 18].

Витамин В₁₂ является необычным в отношении своего происхождения. Практически все витамины могут быть выделены из разнообразных растений или животных но, ни одно растение или животное не способно производить витамин В₁₂. Источником этого витамина, по современным данным, являются ПКБ [8, 27, 29].

Биосинтез витамина В₁₂ ПКБ происходит параллельно накоплению их биомассы. На образование витамина благоприятное влияние оказывает наличие молочной кислоты, создавая селективность условий [5, 11, 18].

В то же время ПКБ значительно стимулируют рост бифидобактерий [15, 16, 21]. ПКБ являются продуцентами ростовых бифидогенных стимуляторов (РБС), обладающих выраженными пребиотическими эффектами. Исследование [27] показало, что концентрация РБС колеблется в пределах от 0,1 мкг/л до 1 мкг/л. Такие штаммы ПКБ как *P. freudenreichii* ET-3, *P. shermanii* PZ-3, *P. acidipropionici* JCM 6432, *Propionibacterium jensenii* JCM 6433 продуцируют РБС в количестве 4–23 мг/л в анаэробных условиях культивирования. Используя ВЭЖХ хроматографию, установлено, что более 70% от общего содержания РБС составляют 1,4-дигидрокси-2-нафтоиновая кислота (DHNA) [18] и 2-амино-3-карбоксо-1,4-нафтохинон (ACNQ) [19].

Показано, что фильтрат культуральной среды ПКБ обладает выраженным селективным стимулирующим эффектом на рост бифидобактерий. В отличие от пребиотиков углеводной природы, бифидогенный эффект которых связан со стимуляцией роста пробиотических микроорганизмов путем обогащения питательной среды источником углерода [20], ACNQ стимулирует рост бифидобактерий как акцептор электронов при восстановлении NAD⁺ [20, 21]. Восстановленный NAD⁺ считают ответственным за способность ПКБ стимулировать рост бифидобактерий посредством DHNA и ACNQ.

Различные исследования описывают возможность классических ПКБ связывать и удалять из ЖКТ и пищевых продуктов афлатоксин В, токсины *Fusarium sp.*, цианотоксины и некоторые тяжелые металлы, такие как медь и кадмий. Они также ингибируют активность п-глюкуронидазы и нитроредуктазы – ферментов, образуемых кишечной микробиотой и вовлекаемых в образование мутагенов, канцерогенов [2, 8].

Представители классических видов ПКБ образуют ряд белковых бактериоцинов. Виды *P. thoenii* и *P. jensenii* образуют термоустойчивые белки, ингибирующие ряд грамотрицательных и грамположительных бактерий, дрожжей и плесеней [2, 10].

Экспериментальные и клинические испытания препаратов на основе ПКБ показали иммуномодулирующую, противовирусную активность в клинических исследованиях, что связывают с активацией моноцитмакрофаговой системы, индукцией синтеза интерферона и активацией киллерных клеток [2, 13].

ПКБ известны выраженным антимуtagenным действием. Метаболиты ПКБ повышают активность ферментных систем, участвующих в детоксикации поступающих в клетку веществ, оказывая влияние на окислительно-



ПРОБІОТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ...

восстановительный потенциал организма, эти процессы приводят к снижению количества мутаций [2, 8].

Важную роль в организме играют антиокислительные ферменты. Синтезируемые ПКБ супероксиддисмутаза (СОД) и каталаза, образуют антиоксидантную пару, которая инактивирует свободные радикалы кислорода, не давая им возможности запустить процессы цепного окисления, а глутатионпероксидаза обезвреживает липидные перекиси [8].

Таким образом, выше изложенное свидетельствует о том, что пропионовокислые бактерии и их метаболиты служат важным фактором в поддержании баланса микробной экосистемы человека, поэтому актуальной является разработка пробиотических препаратов нового поколения с включением ПКБ.

Л.В. Капрельянц, Л.О. Крупицька

Одеська національна академія харчових технологій,
вул. Канатна, 112, Одеса, 65039, Україна, тел.: +38 (048) 712 41 12,
e-mail: krupitskaja.lora@yandex.ua

ПРОБІОТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ПРОПІОНОВОКИСЛИХ БАКТЕРІЙ

Реферат

*У статті наведено відомості наукової літератури щодо фізіологічних та біохімічних властивостей пропионовокислих бактерій, а також їх метаболічної активності, що дозволяє використовувати пропионовокислі бактерії як препарати і продукти харчування пробіотичного призначення при дисбіотичних порушеннях шлунково-кишкового тракту. Розглянуто біотехнологічний потенціал бактерій роду *Propionibacterium*, якому, з погляду конструювання ефективного біокоректора, недостатньо приділено уваги.*

Ключові слова: пробіотики, нормобіота, молочнокислі продукти, пропионовокислі бактерії, пропионова кислота.

L.V. Kaprelyants, L.A. Krupitskaya

Odessa National Academy of Food Technologies
112, Str. Kanatnaya, Odessa, 65039, Ukraine, tel.: +38 (048) 712 41 12,
e-mail: krupitskaja.lora@yandex.ua

PROBIOTIC PROPERTIES AND BIOTECHNOLOGICAL POTENTIAL OF PROPIONIC ACID BACTERIA

Summary

This article provides information about the physiological and biochemical properties of propionic acid bacteria, as well as their metabolic capacity, which allows the use



of propionic acid bacteria as medicine and food probiotic appointment at dysbiotic microbiota disorders of the gastrointestinal tract. There were considered the prospects of biotechnological potential of bacteria of the genus Propionibacterium, which should be given attention in terms of designing of effective biocorrectors.

Key words: probiotic, normobiota, fermentation products, propionic acid bacteria, propionic acid.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бережной В.В., Крамарев, С.А., Мартынюк, В.Ю.* Микроэкологические нарушения у детей и современные возможности повышения эффективности их коррекции // *Здоровье женщины.* – 2002. – Т. 4. – №. 12. – С. 79–92.
2. *Воробьева Л.И., Ходжаев Е.Ю., Пономарева Г.М.* Внеклеточный белок пропионовокислых бактерий ингибирует индуцируемые мутации у штаммов *Salmonella typhimurium* // *Микробиология.* – 2001. – Т. 70. – № 31. – С. 39–44.
3. *Выделение и очистка продуктов биотехнологии.* Методическое пособие / авт.: Д.А. Новиков – Минск.: БГУ, 2014. – 256 с.
4. *Капустян А.И.* Перспективы использования биологически активных бактериальных гидролизатов для нутритивной поддержки населения с расстройствами иммунной системы / А.И. Капустян, Н.К. Черно // *Харчова наука і технологія.* – 2015. – № 2 (31). – С. 18–25.
5. *Плетнева Н.Б., Рожков А.В.* Пропионовокислые бактерии – основное действующее начало симбиотической закваски “Эвита” / *Матер. Научно-техн. конф.* – Симферополь, 2001. – С. 101–103.
6. *Пребиотики: химия, технология, применение.* / Л.В. Капрельянц. – Киев: ЭнтерПринт, 2015. – 252 с.
7. *Свириденко Ю.Я.* Инновационные разработки в области сыроделия / Ю.Я. Свириденко, В.А. Мордвинова // *Сыроделие и маслоделие.* – 2011. – № 3. – С. 17–19.
8. *Хамагаева И. С.* Биотехнология заквасок пропионовокислых бактерий: монография / И. С. Хамагаева, Л. М. Качалина, С. М. Тумурова. – Улан-Удэ : Изд-во ВСГТУ, 2006. – 176 с.
9. *Янковский Д.С.* Состав и функции микробиоценозов различных биотопов человека / *Здоровье женщины,* 2003. – № 4(16). – С. 150–157.
10. *Arganaraz M.E.* Presencia de propionibacterias clásicas de potencial efecto probiótico en intestino de aves de consumo humano. // *Revista Chilena de Nutrición* – 2009. – Vol. 36. – № 1. – P. 677–683.
11. *Cousin F.J. Mater D.D., Foligne B., Jan G.* Dairy propionibacteria as human probiotics: a review of recent evidence // *Dairy science & technology.* – 2011. – Vol. 91. – № 1. – P. 1–26.
12. *FAO/WHO.* Joint FAO/WHO Working group Guidelines for the Evolutions of Probiotics in Foods // London. – Ontario. – Canada. – 2002.
13. *Falentin H., Deutsch S., Jan G., Loux V., Thierry A., Parayre S.* The complete genome of *Propionibacterium freudenreichii* CIRM-BIA1, a hardy actinobacterium with food and probiotic applications. *PLoS One.* – 2010. – Vol. 5. – P. 11748–11753.



ПРОБІОТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ...

14. *Gautier M., Mouchel N., Rouault A.* Determination of genome size of four *Propionibacterium* species by pulsed-field gel electrophoresis. *Lait.* – 1992. – Vol. 72. – P. 421–446.

15. *Gomes A.A., Braga S.P., Cruz A.G., Cadena R.S., Lollo P.C.* Effect of the inoculation level of *Lactobacillus acidophilus* in probiotic cheese on the physico-chemical features and sensory performance compared with commercial cheeses // *Journal of Dairy Science.* – 2011. – Vol. 94. – № 10. – P. 4777–4786.

16. *Hatakka K., Holma R., El-Nezami H., Suomalainen T., Kuisma M., Saxelin M., Korpela R.* The influence of *Lactobacillus rhamnosus* LC705 together with *Propionibacterium freudenreichii* ssp. *shermanii* JS on potentially carcinogenic bacterial activity in human colon // *International journal of food microbiology.* – 2008. – Vol. 128. – № 2. – P. 406–410.

17. *Hill C., Guarner F., Reid G., Gibson G.R., Merenstein D.J., Pot B., Calder P.C.* The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic // *Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol.* – 2014. – Vol. 11. – P. 506–514.

18. *Hugenholtz J., Hunik J., Santos H., Smid E.* Nutraceutical production by *Propionibacteria* / J. Hugenholtz, J. Hunik, H. Santos, E. Smid // *Lait.* 2002. – Vol. 82. – P. 103–112.

19. *Isawa K., HoJo K., Yoda N., Kamiyama T., Makino S., Saito M., Endo N.* Isolation and identification of a new bifidogenic growth stimulator produced by *Propionibacterium freudenreichii* ET-3, *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 2002. – Vol. 66. – P. 679–681

20. *Kaneko T.* A novel bifidogenic growth stimulator produced by *Propionibacterium freudenreichii*. // *Biosci. Microflora,* – 1999. – Vol. 95. – № 18. – P. 73–80.

21. *Kanmani P., Kanmani P., Satish K.R., Yuvaraj N., Paari K.A., Pattukumar V., Arul V.* Probiotics and its functionally valuable products – A review // *Critical reviews in food science and nutrition.* – 2013. – Vol. 53. – № 6. – P. 641–658.

22. *Michael de Vrese.* Probiotics, prebiotics and synbiotics / Michael de Vrese, J. Schrezenmeir // *Food Biotechnology: Advances in Biochemical Engineering/ Biotechnology.* – 2008. – Vol. 111. – P. 1–66.

23. *Minervini F. et al.* Manufacture of Fior di Latte cheese by incorporation of probiotic lactobacilli // *Journal of dairy science.* – 2012. – Vol. 95. – № 2. – P. 508–520.

24. *Mitsuyama K et al.* Treatment of ulcerative colitis with milk whey culture with *Propionibacterium freudenreichii*. // *J. Intest. Microbiol.* – 2007. – Vol. 21. – № 2. – P. 143–147.

25. *Sullivan A., Nord C.* The place of probiotic in human intestinal infections // *Intern J. of Antimicrobial Agents.* – 2002. – № 20. – P. 313–319

26. *Thierry A.* New insights into physiology and metabolism of *Propionibacterium freudenreichii*. // *J. Food Microbiol* – 2011. – № 149. – P. 19–27.

27. *Tomoaki Konya et al.* Production of extracellular bifidogenic growth stimulator by anaerobic and aerobic cultivations of several *propionibacterial* strains // *Journal of bioscience and bioengineering.* – 2007. – Vol. 103. – № 5. – P. 464–471.



28. Vos P. et al. (ed.). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. – Springer Science & Business Media, 2011. – Т. 3. – 1599 p.
29. Yerlikaya O. Starter cultures used in probiotic dairy product preparation and popular probiotic dairy drinks // *Food Science and Technology (Campinas)*. – 2014. – Vol. 34. – № 2. – P. 221 – 229.

References

1. Berezhnoy VV, Kramarev SA, Martyinyuk VE, Shunko EE. Microecological disorders in children and advanced features improve the efficiency of their correction. *Women's health*. 2002;(12):79 – 92.
2. Vorobeva LI, Hodzhaev EYu, Ponomareva GM. Extracellular protein propionic acid bacteria inhibits the induced mutations in strains of *Salmonella typhimurium*. *Microbiology*. 2001;(70):39-44.
3. Isolation and purification of biotechnological products. Ed. by D.A. Novikov. BSU, Minsk, 2014. 256 p.
4. Kapustyan AYu Prospects for the use of biologically active bacterial hydrolyzate for nutritional support for people with disorders of the immune system. *Nutritive science i tehnologiya*. 2015;(31):18-25.
5. Pletnev NB, Rozhkov AV. Propionic acid bacteria – the main active principle of symbiotic ferment «Evita». In: *Materials of scientific and technical conference. Simferopol*, 2001:101-103.
6. Kaprelyants LV. *Prebiotics: chemistry, technology and application*. EnterPrint, Kiev, 2015. 252 p.
7. Sviridenko YY Innovative developments in the field of cheese. *Cheesemaking and butter making*. 2011;(3):17- 9.
8. Hamagaeva JS, Kachalina LM, Tumurova SM. *Biotechnology propionic acid bacteria starters: monograph*. Izd ESSTU, Ulan-Ude, 2006. 176 p.
9. Yankovsky DS. The composition and function of various human habitats microbiocenoses. *Women's Health*. 2003;(16):150-157.
10. Arganaraz ME. Presencia de propionibacterias clasicas de potencial efecto probiótico en intestino de aves de consumo humano. *Revista Chilena de Nutrición*. 2009;(36):677-683.
11. Cousin FJ, Mater DD, Foligne B, Jan G. Dairy propionibacteria as human probiotics: a review of recent evidence. *Dairy science & technology*. 2011;(91):1-26.
12. FAO/WHO. *Join FAO/WHO Working group Guidelines for the Evolutions of Probiotics in Foods*. London. Ontario.Canada. 2002;(30).
13. Falentin H, Deutsch S, Jan G, Loux V, Thierry A, Parayre S. The complete genome of *Propionibacterium freudenreichii* CIRM-BIA1, a hardy actinobacterium with food and probiotic applications. *PloS One*. 2010;(5):11748-11753.
14. Gautier M, Mouchel N, Rouault A. Determination of genome size of four *Propionibacterium* species by pulsed-field gel electrophoresis. *Lait*. 1992;(72):421-446.
15. Gomes AA, Braga SP, Cruz AG, Cadena RS, Lollo PC. Effect of the inoculation level of *Lactobacillus acidophilus* in probiotic cheese on the physicochemical



ПРОБІОТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ...

features and sensory performance compared with commercial cheeses. *Journal of Dairy Science*. 2011;(94):4777-4786.

16. Hatakka K, Holma R, El-Nezami H, Suomalainen T, Kuisma M, Saxelin M, Korpela R. The influence of *Lactobacillus rhamnosus* LC705 together with *Propionibacterium freudenreichii* ssp. *shermanii* JS on potentially carcinogenic bacterial activity in human colon. *International journal of food microbiology*. 2008;(2):406-410.

17. Hill C, Guarner F, Reid G, Gibson GR, Merenstein DJ, Pot B, Calder PC. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*. 2014;(11):506-514.

18. Hugenholtz J, Hunik J, Santos H, Smid E. Nutraceutical production by *Propionibacteria*. *Lait*. 2002;(82):103-112.

19. Isawa K, Isawa K, HoJo K, Yoda N, Kamiyama T, Makino S, Saito M, Endo N. Isolation and identification of a new bifidogenic growth stimulator produced by *Propionibacterium freudenreichii* ET-3. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*. 2002;(66):679-681.

20. Kaneko TA. Novel bifidogenic growth stimulator produced by *Propionibacterium freudenreichii*. *Biosci. Microflora*. 1999(95):73-80.

21. Kanmani P, Satish KR, Yuvaraj N, Paari KA, Pattukumar V, Arul V. Probiotics and its functionally valuable products – A review. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2013;(53):641-658.

22. Michael de Vrese. Probiotics, prebiotics and synbiotics. *Food Biotechnology: Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*. 2008;(111):1-66.

23. Minervini F, Siragusa S, Faccia M, Dal BF, Gobbetti M. Manufacture of Fior di Latte cheese by incorporation of probiotic lactobacilli. *Journal of dairy science*. 2012;(95):508-520.

24. Mitsuyama K, Masuda J, Yamasaki H, Kuwaki K, Kitazaki S, Koga, H, Sata M. Treatment of ulcerative colitis with milk whey culture with *Propionibacterium freudenreichii*. *Journal of Intestinal Microbiology*. 2007;(21):143-147.

25. Sullivan A., Nord C. The place of probiotic in human intestinal infections. *Intern J. of Antimicrobial Agents*. 2002;(20):313-319

26. Thierry A. New insights into physiology and metabolism of *Propionibacterium freudenreichii*. *Journal of Intestinal Microbiology*. 2011;(149):19-27.

27. Tomoaki Konya. Production of extracellular bifidogenic growth stimulator by anaerobic and aerobic cultivations of several propionibacterial strains. *Journal of bioscience and bioengineering*. 2007;(103):464-471.

28. Vos P. et al. (ed.). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Springer Science & Business Media, 2011;(3):1599

29. Yerlikaya O. Starter cultures used in probiotic dairy product preparation and popular probiotic dairy drinks. *Food Science and Technology (Campinas)*. 2014;(34):221-229.

Стаття надійшла до редакції 12.07.2016 р.

