

УДК 663

Использование молочнокислых бактерий для приготовления кислых элей

Канд. техн. наук О. И. ПОНОМАРЕВА¹, канд. техн. наук Е. В. БОРИСОВА,
канд. техн. наук И. П. ПРОХОРЧИК

¹bio@hlebspb.ru

Санкт-Петербургский институт управления и пищевых технологий

Обоснована актуальность систематизации литературных данных, описывающих особенности метаболизма некоторых видов молочнокислых бактерий, традиционно используемых для приготовления кислых элей. Представлены микроморфологические и некоторые биохимические характеристики молочнокислых бактерий рода *Lactobacillus* и вида *Pediococcus damnosus*. Молочнокислые бактерии *Lactobacillus* и *Pediococcus* являются хемоорганотрофными микроорганизмами, поскольку источником энергии для их метаболизма служат внутриклеточные реакции окисления химических соединений органической природы. Они нуждаются в достаточном количестве факторов роста в питательной среде и требовательны к присутствию в ней витаминов. Определен температурный диапазон размножения молочнокислых бактерий. Оптимальная температура культивирования для *L. brevis* и *L. fermentum* составляет 30 °С, а для более термоустойчивых видов *L. delbrueckii* и *L. fermentum*, температурный оптимум лежит в пределах от 32 до 37 °С, в зависимости от штамма. Основным продуктом метаболизма молочнокислых бактерий являются кислоты, поэтому для их культивирования рекомендуется использовать питательные среды с начальными значениями pH = 5,4–6,4, поскольку при более низких значениях, размножение культур замедляется. В зависимости от синтезируемых продуктов метаболизма молочнокислые бактерии дифференцируют на гомоферментативные и гетероферментативные. Гомоферментативные виды молочнокислых бактерий, такие как *L. delbrueckii* и *P. damnosus*, в процессе размножения синтезируют в основном молочную кислоту, в то время как гетероферментативные виды — *L. brevis*, *L. buchneri*, *L. fermentum*, кроме молочной кислоты синтезируют также диоксид углерода, этиловый спирт, уксусную кислоту, а так же летучие кислоты. Бактерии вида *L. plantarum* могут переключать гетероферментативный тип метаболизма на гомоферментативный при отсутствии в среде культивирования растворенного кислорода. Для получения напитка с выраженным кислым вкусом рекомендуется использовать гомоферментативные культуры. Для приготовления сортов кислого эля с более сложным ароматом и «сглаженным» кислым вкусом, используют гетероферментативные молочнокислые бактерии.

Ключевые слова: кислые эли, пиво, молочнокислые бактерии.

Информация о статье:

Поступила в редакцию 21.03.2017, принята к печати 15.05.2017

DOI: 10.21047/1606-4313-2017-16-2-13-17

Язык статьи — русский

Для цитирования:

Пonomарева О. И., Борисова Е. В., Прохорчик И. П. Использование молочнокислых бактерий для приготовления кислых элей // Вестник Международной академии холода. 2017. № 2. С. 13–17.

The use of lactic acid bacteria for the preparation of sour ales

Ph. D. O. I. PONOMAREVA¹, Ph. D. E. V. BORISOVA,

Ph. D. I. P. PROKHORCHIK

¹bio@hlebspb.ru

St. Petersburg Institute of Management and Food Technology

Scientific data characterizing metabolism features for some species of lactic acid bacteria used to prepare sour ales are shown to have been systematized. The article describes the morphological and biochemical characteristics of *Lactobacillus* and *Pediococcus damnosus* lactic acid bacteria. *Lactobacillus* and *Pediococcus* Lactic acid bacteria are chemoorganotrophic microorganisms as the intracellular oxidation reactions for chemical compounds of organic nature serve as a source of energy for their metabolism. They need a sufficient amount of growth factors in the medium and are demanding of vitamins. The temperature range of lactic acid bacteria reproduction is presented. The optimal culture temperature for *L. brevis* and *L. fermentum* is 30 °С, and for the more thermally stable *L. delbrueckii* and *L. fermentum* species the temperature optimum is from 32 to 37 °С. depending on the strain used. The main product of the metabolism of lactic acid bacteria being acids, it is recommended to use nutrient media with initial pH values of 5.4–6.4 for their cultivation, since at lower values the multiplication of cultures slows down. Lactic acid bacteria are differentiated into homofermentative and heterofermentative bacteria depending on the metabolism products being synthesized. Homofermentative species of lactic acid bacteria, such as *L. delbrueckii* and *P. damnosus*, synthesize mainly lactic acid during metabolism, and heterofermentative species —

L. brevis, L. buchneri, L. fermentum — synthesize also carbon dioxide, ethyl alcohol, acetic acid, as well as volatile acids in addition to lactic acid. *L. plantarum* species can switch the heteroenzymatic type of metabolism to homofermentative one in the absence of dissolved oxygen in the culture medium. To prepare a beverage with a strong sour taste it is recommended using homofermentative cultures. For the preparation of sour ale varieties with more complex flavor and «smooth» sour taste heterofermentative lactic acid bacteria are used.

Keywords: sour ales, beer, lactic acid bacteria.

Article info:

Received 21/03/2017, accepted 15/05/2017

DOI: 10.21047/1606-4313-2017-16-2-13-17

Article in Russian

For citation:

Ponomareva O. I., Borisova E. V., Prokhorchik I. P. The use of lactic acid bacteria for the preparation of sour ales. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2017. No 2. p. 13–17.

Давние традиции культуры пивоварения таких стран, как Бельгия, Германия, Англия, Шотландия тесно связаны с приготовлением особых стилей пива — кислых элей, отличающихся кислым и терпким вкусом. В связи с развитием крафтового (ремесленного) пивоварения кислые эли приобрели широкое распространение в Америке и многих странах Европы. Интерес к этим напиткам и в России имеет явно прогрессирующую динамику [1–4]. Популярность кислых элей объясняется их характерным тонким фруктовым ароматом, обусловленным штаммом используемых молочнокислых бактерий, приятной «кислинкой» и ярко выраженным освежающим эффектом.

Для приготовления кислых элей используют молочнокислые бактерии рода *Lactobacillus* и *Pediococcus damnosus*, как отдельно, так и в сочетании с традиционными для получения лагерного пива дрожжами *Saccharomyces cerevisiae* или дрожжами рода *Brettanomyces* [4, 5]. Лагерное пиво получают низовым брожением *Saccharomyces cerevisiae* с последующей ферментацией при температуре от 2 до 5 °С. В настоящее время это наиболее распространенный тип пива, доля которого в мировом потреблении доходит до 80%.

Таким образом, очевидно, что для разработки и производства кислых элей, пивоварам крайне важна информация о бродильной активности и условиях культивирования молочнокислых бактерий, позволяющих формировать заданный вкусо-ароматический профиль напитка. Однако в отечественной научной литературе сведения о закономерностях ферментирования сула

молочнокислыми бактериями для производства напитков брожения практически отсутствуют.

В табл. 1–5 приведены микроморфологические и некоторые биохимические характеристики молочнокислых бактерий, представляющих наибольший интерес для производства кислых элей [6–13].

Для бактерий рода *Lactobacillus* характерен полиморфизм — изменение размеров клеток в зависимости от состава питательной среды, условий культивирования и возраста культуры [6, 8–10]. Следует отметить, что *L. plantarum* при неблагоприятных условиях формирует более вытянутые клетки. Некоторые штаммы *L. brevis* и *L. delbrueckii* могут образовывать чрезвычайно длинные палочки — до 30–50 мкм, а микроморфология *L. fermentum* и *L. brevis* представлена смесью коротких и длинных палочковидных клеток.

Молочнокислые бактерии *Lactobacillus* и *Pediococcus* являются хемоорганотрофными микроорганизмами, поскольку источником энергии для их метаболизма служат внутриклеточные реакции окисления химических соединений органической природы. Эти микроорганизмы нуждаются в факторах роста и достаточно требовательны к присутствию витаминов табл.2, поэтому в питательные среды для культивирования *Lactobacillus* и *Pediococcus* добавляют дрожжевой экстракт, либо другие источники витаминов [6–10, 12].

Все молочнокислые бактерии, рассматриваемые в данной публикации, требовательны к присутствию витамина B5. Вместе с тем важно отметить, что витамин

Таблица 1

Микроморфологические характеристики молочнокислых бактерий для получения кислых элей

<i>Pediococcus damnosus</i>	Род <i>Lactobacillus</i>				
	<i>L. delbrueckii</i>	<i>L. brevis</i>	<i>L. buchneri</i>	<i>L. fermentum</i>	<i>L. plantarum</i>
Кокки (0,6–1,5) мкм, располагаются тетрадами, парами, реже — одиночные клетки, короткие цепочки	Крупные палочки с закругленными концами и концами размером (0,8–1,0) (7,0–12,0) мкм, расположены поодиночно и парно	Мелкие палочки с закругленными концами размером (0,7–1,0) (2–4) мкм, расположены поодиночно, либо цепочками различной длины	Очень мелкие палочки размером (0,7–1,0) (2–4) мкм, с закругленными концами, расположены поодиночно, попарно, часто в виде длинных цепочек	Короткие палочки размером (0,5–1) (3,0–15) мкм, расположены поодиночно, либо цепочками	Палочки размером (0,3–1,0) (3–8) мкм, их длина может меняться в зависимости от условий. Клетки расположены поодиночке, либо короткими цепочками по 4–6 клеток

В1 необходим преимущественно гетероферментативным бактериям и оказывает заметное влияние на продуктивность молочной кислоты у *L. brevis* и *P. damnosus*. Молочнокислые бактерии отличаются потребностью в витамине В6, встречающемся в свободной и связанной формах, например *L. delbrueckii* требуются фосфорилированные производные витамина В6 (пиридоксальфосфат или пиридоксаминфосфат). Количество витамина В6, которое необходимо для размножения молочнокислых бактерий зависит от количественного и качественного аминокислотного состава питательной среды. В присутствии В2 *P. damnosus* увеличивает синтез 2,3-пентандиона, что придает напитку масляный вкус [6, 9, 10, 12–14].

Большинство видов молочнокислых бактерий ферментируют в основном гексозы табл. 3, однако *L. plantarum* сбраживает преимущественно пентозы (рибозу, ксилозу, арабинозу). Факультативно гетероферментативные бактерии *L. plantarum* преобразуют глюкозу по гомоферментативному пути, а рибозу превращают в ацетат и лактат гетероферментативным путем. Особенностью *L. buchneri* является его способность ферментировать мелицитозу [6, 9]. В отличие от лактобацилл педиококки (*Pediococcus damnosus*) ферментируют пентозы, но не сбраживают гексозы (целлобиозу и маннозу). Большинство рассматриваемых в данной статье видов лактобацилл сбраживает галактозу, а у *L. delbrueckii* такой способностью обладают только некоторые штаммы [6, 9, 10, 12].

Температурный диапазон жизнедеятельности молочнокислых бактерий довольно широк, при этом некоторые виды *Lactobacillus* способны размножаться даже при температуре 2–5 °С [6, 7], что позволяет увеличивать кислотность напитков при дображивании компонентов сусла на холоде.

Для размножения молочнокислых бактерий наиболее благоприятны питательные среды с начальными значениями рН 5,4–6,4, при повышении кислотности до рН 3,6–4,0 скорость деления клеток замедляется, однако некоторые штаммы *L. plantarum* сохраняют способность к размножению даже при рН 2,8. В щелочных и нейтральных питательных средах, размножение прак-

Таблица 2

Потребность молочнокислых бактерий в витаминах

Витамины	Род <i>Lactobacillus</i>				
	<i>L. delbrueckii</i>	<i>L. brevis</i>	<i>L. buchneri</i>	<i>L. fermentum</i>	<i>L. plantarum</i>
В1 (тиамин)	–	+	+	+	–
В2 (рибофлавин)	+	–	±	–	±
В5 (пантотеновая кислота)	+	+	+	+	+
В9 (фолиевая кислота)	–	+	–	–	–

тически всех видов бактерий *Lactobacillus* замедляется [6, 9, 12].

По отношению к кислороду молочнокислые относятся к аэротолерантным бактериям: они могут расти в присутствии атмосферного кислорода, но не способны его использовать и получают энергию исключительно путем брожения.

Высокий уровень кислорода в сусле сдерживает размножение *Lactobacillus* и *Pediococcus*. Перед инокуляцией сусло не следует аэрировать и даже наоборот, целесообразно его деаэрировать, например, за счет барботирования диоксида углерода, что способствует активному образованию молочной кислоты.

В зависимости от образующихся продуктов метаболизма молочнокислые бактерии дифференцируют на гомоферментативные и гетероферментативные виды табл. 4. Так, при гомоферментативном брожении основным метаболитом является молочная кислота, составляющая 85–90% от общего количества продуктов брожения [6, 7, 9, 11, 13, 15].

В процессе гетероферментативного брожения соотношение продуктов метаболизма распределяется следующим образом: молочная кислота 40–50%; диоксид углерода — до 20%; этанол и уксусная кислота — по 10%; янтарная кислота — до 20%. Некоторые штаммы способны синтезировать в небольших количествах муравьиную, лимонную и fumarовую кислоту [6, 9, 11]. При этом важно отметить, что при гетероферментативном броже-

Таблица 3

Способность различных видов молочнокислых бактерий к сбраживанию углеводов

Углеводы	<i>Pediococcus damnosus</i>	Род <i>Lactobacillus</i>				
		<i>L. delbrueckii</i>	<i>L. brevis</i>	<i>L. buchneri</i>	<i>L. fermentum</i>	<i>L. plantarum</i>
Глюкоза	+	+	+	+	+	+
Галактоза	+	±	+	±	+	+
Лактоза	±	–	±	±	±	+
Сахароза	±	+	±	+	±	+
Мальтоза	±	±	±	+	+	+
Маннит	–	–	+	±	–	+
Арабиноза	±	–	±	+	±	±
Ксилоза	±	–	±	±	–	±
Рамноза	–	–	–	–	–	±
Раффиноза	–	–	–	+	±	+
Мелибиоза	–	+	–	+	±	+
Трегалоза	±	–	–	–	±	+
Сорбит	–	–	–	–	–	–
Синтез CO ₂ при сбраживании глюкозы						
	–	–	+	+	+	±

Таблица 4

Некоторые характеристики гомоферментативных и гетероферментативных молочнокислых бактерий

Параметры	<i>Pediococcus damnosus</i>	Род <i>Lactobacillus</i>				
		<i>L. delbrueckii</i>	<i>L. brevis</i>	<i>L. buchneri</i>	<i>L. fermentum</i>	<i>L. plantarum</i>
Тип брожения	Гомоферментативный	Гетероферментативный				Гомо/ Гетеро-ферментативный
Оптимальная температура размножения, °С	22–25	32–42 45–50	30	37	37–40	30
Температура прекращения роста, °С	Min 10 Max 35	Min 20 Max 65	Min 15 Max 45	Min 10 Max 45	Min 15 Max 45	Min 10 Max 45
pH опт.	5,5–8,0	5,0–6,0	4,0–6,0	5,5–6,2	5,0–6,0	5,0–6,0
pH прекращения роста	Min 4,5 Max 8,5	Min 3,0 Max 7,0	Min 3,0 Max 8,0	Min 5,0 Max 6,5	Min 3,0 Max 8,0	Min 3,0 Max 7,5

Таблица 5

Некоторые особенности метаболизма молочнокислых бактерий

<i>Pediococcus damnosus</i>	Род <i>Lactobacillus</i>				
	<i>L. delbrueckii</i>	<i>L. brevis</i>	<i>L. buchneri</i>	<i>L. fermentum</i>	<i>L. plantarum</i>
Синтезируют: диацетил; бутандиол-2,3 ацетон (причина маслянистого привкуса); глицерин. Чувствительны к NaCl (4%), этиловому спирту, перепадам температур и pH	Высокая интенсивность кислотообразования. Некоторые штаммы выдерживают кратковременную пастеризацию (85–90 °С). Устойчивы к этанолу до 14% (об)	Диацетил не синтезируют, но образуют глицерин. Устойчивы к горьким кислотам хмеля. Некоторые штаммы устойчивы к этанолу до 15% (об)	Синтезируют пропионовую кислоту, пропанол. Разлагают молочную кислоту на уксусную кислоту и 1,2-пропандиол. Чувствительны к низким температурам и этанолу	Синтезируют этиловый спирт. Размножение происходит в широких диапазонах значений pH	Синтезируют глицерин и бутандиол-2,3, янтарную кислоту. Спиртоустойчивы до 20%

нии доля летучих кислот, участвующих в формировании ароматического профиля пива, составляет до 15% от их общего количества. Помимо перечисленных соединений, молочнокислые бактерии способны синтезировать эфиры муравьиной, уксусной и пропионовой кислот [1, 10, 12, 13, 15].

Ряд исследователей отмечает, что отдельные виды и штаммы гомоферментативных молочнокислых бактерий способны переключать метаболизм с гомоферментативного на гетероферментативный, в зависимости от наличия растворенного кислорода, диоксида углерода, а также кислотности, температуры и других параметров питательной среды [9, 12, 13, 15].

Так, бактерии вида *L. plantarum* в отсутствие кислорода перестраивают гетероферментативный метаболизм на гомоферментативный, синтезируя в основном молочную кислоту. При этом в незначительных количе-

ствах *L. plantarum* образует летучие и нелетучие органические кислоты, глицерин (глицерол), спирты, диацетил, 2,3-бутандиол, 1,3-пропандиол, 2-бутанол и некоторые другие вещества. Следовательно среди молочнокислых бактерий можно выделить как облигатно гомо- и гетероферментативные, так и факультативно гетероферментативные [9, 12, 13, 15–17].

Таким образом, для приготовления пива с выраженным кислым вкусом и с наименьшим количеством ароматических веществ («чистым» ароматом), целесообразно использовать гомоферментативные культуры молочнокислых бактерий — *Lactobacillus delbrueckii* и *Pediococcus damnosus*. Для приготовления сортов кислого эля с более сложным ароматом и «сглаженным» кислым вкусом, используют гетероферментативные молочнокислые бактерии *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus fermentum*.

Литература

1. American Sour Beers: innovative techniques for mixed fermentations / by Michael Tonsmeire; foreword by Vinnie Cilurzo, Brewers Publications, 2014, 424 p.
2. Григорьев Мгер С. Перед грозой так пахнет Gose // Real Brew. 2016. № 3 (8). С. 10–13.
3. Григорьев Мгер С. Кислые тени кислого: фламандские красные эли, oud bruin и американские кислые эли. // Real Brew. 2015. № 5 (5). С. 10–15.
4. Григорьев Мгер С. О стилях: медаль за самый лучший Brett. Ламбики, гёзы и фруктовые сорта // Real Brew» СПб. 2016. № 1 (6). С. 16–21.

References

1. American Sour Beers: innovative techniques for mixed fermentations / by Michael Tonsmeire; foreword by Vinnie Cilurzo Brewers Publications, 2014. 424 p.
2. Grigor'ev Mager C. Before the storm so smells Gose. *Real Brew*. 2016. no. 3. 10–13 pp. (in Russian)
3. Grigor'ev Mager C. Sour sour shade: Flemish red ale, oud bruin and American sour ales. *Real Brew*, 2015. no. 5. 10–15 pp. (in Russian)
4. Grigor'ev Mager C. About styles: a medal for the best Brett. Lambics, geuzen and fruit varieties. *Real Brew*. 2016. no. 1. 16–21 pp. (in Russian)

5. Данина М. М., Иванченко О. Б. Использование дрожжей р. *Brettanomyces* в технологии пива // Вестник Международной академии холода. 2015. № 4 (57). С. 27–31.
6. Квасников У. И., Нестеренко О. А. Молочнокислые бактерии и пути их использования. — М.: Наука, 1975. 389 с.
7. Красникова Л. В., Гунькова П. И., Маркелова В. В. Микробиология молока и молочных продуктов. — СПб.: НИУ ИТМО, 2013. 85 с.
8. Исаева В. С., Раттель Н. Н., Волкова Т. Н. Краткий атлас посторонних микроорганизмов в пивоваренном производстве. — М.: 1997. 96 с.
9. Яруллина Д. Р., Фахруллин Р. Ф. Бактерии рода *Lactobacillus*: общая характеристика и методы работы с ними. — Казань: Казанский университет, 2014. 51 с.
10. Афанасьева О. В. Микробиологический контроль хлебопекарного производства. — М.: Пищевая промышленность, 1976. 143 с.
11. Беспоместных К. В., Галстян А. Г., Короткая Е. В. Исследование биохимических и морфологических свойств штаммов бактерий рода *Lactobacillus* // Техника и технология пищевых производств. 2011. № 2. С. 94–98.
12. Priest F. G. Handbook of Brewing / Ferguson G. Priest, Graham G. Stewart/ Second Edition edited, 2006. 844 p.
13. Lahtinen S. Lactic Acid Bacteria: Microbiological and Functional Aspects, Fourth Edition / Lahtinen S., Ouwehand A. C., Salminen S., Atte von Wright/ CRC Press, 2012. 760 p.
14. Hucker B., Christophersen M., Vriesekoop F. The influence of thiamine and riboflavin on various spoilage microorganisms commonly found in beer // Journal of the Institute of Brewing. 2017. vol. 122.
15. Rodrigues, J. E., Erny, G. L., Barros, A. S., et al. Quantification of organic acids in beer by nuclear magnetic resonance (NMR) — based methods // Analytica Chimica Acta. 2010. vol. 674 (2). p. 166–175.
16. Горбатова К. К., Гунькова П. И. Биохимия молока и молочных продуктов: учеб. / под общ. ред. К. К. Горбатовой. 4-е изд., перераб. и доп. — СПб.: ГИОРД, 2010. 336 с.
17. Bhavbhuti M. Mehta Fermentation: Effects on Food Properties / Bhavbhuti M. Mehta, Afaf Kamal-Eldin, Robert Z. Iwanski./ CRC Press, 2012. 399 p.
5. Danina M. M., Ivanchenko O. B. Using yeast p. *Brettanomyces* in beer technology. *Journal of the International Academy of Refrigeration*, 2015. No 4. 27–31 pp. (in Russian)
6. Kvasnikov U. I., Nesterenko O. A. Lactic acid bacteria and way of using Moscow: Science, 1975. 389 p. (in Russian)
7. Krasnikova L. V., Gun'kova P. I., Markelova V. V. Microbiology of milk and dairy products. SPb.: ITMO, 2013. 85 p. (in Russian)
8. Isaeva V. S. Rattel' N. N., Volkova T. N. Concise atlas of foreign microorganisms in the brewing industry. Moscow, 1997. 96 p. (in Russian)
9. Yarullina D. R., Fakhrullin R. F. Bacteria of the genus *Lactobacillus*: general characteristics and methods of work with them. Kazan: Kazan University, 2014. 51 p.
10. Afanas'eva O. V. Microbiological monitoring of bakery production. M.:P Food industry, 1976. 143 p. (in Russian)
11. Bespomestnykh K. V. Galstyan A. G., Korotkaya E. V. Biochemical and morphological properties of bacteria of the genus *Lactobacillus* strains. Technique and technology of food production, 2011. No2. 94–98 pp. (in Russian)
12. Priest F. G. Handbook of Brewing / Ferguson G. Priest, Graham G. Stewart. Second Edition edited, 2006. 844 p.
13. Lahtinen S. Lactic Acid Bacteria: Microbiological and Functional Aspects, Fourth Edition / Lahtinen S., Ouwehand A. C., Salminen S., Atte von Wright. CRC Press, 2012. 760 p.
14. Hucker B., Christophersen M., Vriesekoop F. / The influence of thiamine and riboflavin on various spoilage microorganisms commonly found in beer. *Journal of the Institute of Brewing*. 2017. vol. 122.
15. Rodrigues J. E. Erny, G. L., Barros, A. S., et al. Quantification of organic acids in beer by nuclear magnetic resonance (NMR) — based methods. *Analytica Chimica Acta*, 2010. vol. 674 (2). 166–175 p.
16. Gorbatova K. K., Gun'kova P. I. Biochemistry of milk and dairy products: Textbook. Spb, GIORD, 2010. 336 p. (in Russian)
17. Bhavbhuti M. Mehta Fermentation: Effects on Food Properties / Bhavbhuti M. Mehta, Afaf Kamal-Eldin, Robert Z. Iwanski. CRC Press, 2012. 399 p.

Сведения об авторах

Пономарева Ольга Ивановна

к.т. н., доцент, ректор Санкт-Петербургского института управления и пищевых технологий, 191186, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, 7, bio@hlebspb.ru

Борисова Екатерина Валерьевна

к.т. н., зав. сектором микробиологии лаборатории микробиологии, технологии и биохимии дрожжей Санкт-Петербургского института управления и пищевых технологий, 191186, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, 7, bio@hlebspb.ru

Прохорчик Игорь Петрович

к.т. н., доцент, зав. лабораторией микробиологии, технологии и биохимии дрожжей Санкт-Петербургского института управления и пищевых технологий, 191186, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, 7, bio@hlebspb.ru

Information about authors

Ponomareva Olga Ivanovna, Ph.D., associate professor, rector of the St. Petersburg Institute of Management and Food Technologies, 191186, Russia, St. Petersburg, kanala Griboedova nab., 7, bio@hlebspb.ru

Borisova Ekaterina Valerievna, Ph.D., head of the microbiology sector in laboratory of microbiology, biochemistry and technology of yeast of the St. Petersburg Institute of Management and Food Technology, 191186, Russia, St. Petersburg, kanala Griboedova nab., 7, bio@hlebspb.ru

Prokhorchik Igor Petrovich, Ph.D., associate professor, Head of laboratory of microbiology, biochemistry and technology of yeast of the St. Petersburg Institute of Management and Food Technologies, 191186, Russia, St. Petersburg, kanala Griboedova nab., 7, bio@hlebspb.ru