

УДК 663

Формирование сенсорного профиля кислых элей

Канд. техн. наук **О. И. ПОНОМАРЕВА**¹, канд. техн. наук **Е. В. БОРИСОВА**¹,
канд. техн. наук **И. П. ПРОХОРЧИК**

¹bio@hlebspb.ru

Санкт-Петербургский институт управления и пищевых технологий

Проведена систематизация данных по основным веществам, синтезируемым молочнокислыми бактериями при производстве кислых элей. Показано, что в формировании вкуса и аромата кислых элей участвуют как первичные, так и вторичные метаболиты молочнокислого брожения. Приведены диапазоны концентраций основных продуктов при сбраживании солодового сула различными видами молочнокислых бактерий, а также симбиозом молочнокислых бактерий и дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*. Количественный состав синтезируемых органических кислот — молочной, уксусной, янтарной и ряда других зависит от вида лактобацилл, и условий их культивирования. Так, *L. plantarum*, *L. delbrueckii* и *P. damnosus*, синтезируют в 2 раза больше молочной кислоты, чем *L. brevis* и *L. fermentum*, превышая порог ее ощущения. Основное количество различных органических кислот молочнокислые бактерии синтезируют во время экспоненциальной фазы размножения.

Концентрация этилового эфира уксусной кислоты — ацетальдегида, не превышает порог ощущения (25–30 мг/л) для всех рассматриваемых в статье микроорганизмов. Гетероферментативные молочнокислые бактерии могут синтезировать большое количество тетрагидропиридинов, которые в больших количествах придают пиву «мышинный» привкус, а в небольших — привкус «крекера» и «бисквита». Гомоферментативные молочнокислые бактерии *P. damnosus*, используемые для приготовления кислых элей, не синтезируют тетрагидропиридины, но способны синтезировать диацетил в количестве до 150 мг/л, что превышает порог его ощущения (100–140 мг/л). Проанализированные в работе вещества, соответствуют ассоциируемым вкусовым и ароматическим ощущениям, которые характеризуются терминологией, установленной Европейской пивоваренной конвенцией и могут быть рекомендованы для производства кислых элей.

Ключевые слова: кислые эли, молочнокислые бактерии, продукты метаболизма.

Информация о статье:

Поступила в редакцию 25.05.2017, принята к печати 28.07.2017

DOI: 10.21047/1606-4313-2017-16-3-16-21

Язык статьи — русский

Для цитирования:

Пономарева О. И., Борисова Е. В., Прохорчик И. П. Формирование сенсорного профиля кислых элей. // Вестник Международной академии холода. 2017. № 3. С. 16–21.

Sensory profile of sour ales

Ph. D. **O. I. PONOMAREVA**¹, Ph. D. **E. V. BORISOVA**¹,
Ph. D. **I. P. PROKHORCHIK**

¹bio@hlebspb.ru

St. Petersburg Institute of Management and Food Technology

The review presents scientific data on various compounds synthesized by lactic acid bacteria in the production of sour ales. In the formation of taste and aroma of such beverages primary and secondary metabolites of lactic fermentation are involved. The main part of various organic acids is synthesized by lactic acid bacteria during the exponential phase of their multiplication. The ranges for the concentrations of the main fermentation products by various types of lactic acid bacteria as well as the symbiosis of lactic acid bacteria and yeasts of the *Saccharomyces cerevisiae* species are presented in the article. The quantitative composition of synthesized organic acids — lactic, acetic, amber and other acids depends both on the species of lactobacilli and the conditions of their cultivation. *P. damnosus*, *L. plantarum*, and *L. delbrueckii* synthesize more lactic acid than *L. brevis* and *L. fermentum* exceeding sensitivity threshold. Main organic acids are synthesized by lactic acid bacteria during exponential phase of their growth. The concentration of acetaldehyde does not exceed sensitivity threshold (25–30 mg / l) for all microorganisms in question. Heterofermentative species of lactic acid bacteria are capable of synthesizing tetrahydropyridines in large amounts, which is the cause of the «mouse» taste, and in small amounts — the taste of «cracker» and «biscuit». *P. damnosus* used for the production of sour ales does not synthesize tetrahydropyridines, but is able to synthesize diacetyl in the amount of up to 150 mg/l, which exceeds its sensitivity threshold (100–140 mg / l). The main products of the lactic acid bacteria metabolism are organic acids, alcohols, ethers, carbonyl compounds (aldehydes and ketones) that form flavors of pineapple, green apple, freshly mown grass or leaves in the beverage, as well as oil, fusel or solvent odor. The substances presented in

the review correspond to the commonly associated taste and aroma sensations, which are characterized by terminology of the EBC system.

Keywords: acid ales, lactic acid bacteria, metabolic products.

Article info:

Received 25/05/2017, accepted 28/07/2017
 DOI: 10.21047/1606-4313-2017-16-3-16-21
 Article in Russian

For citation:

Ponomareva O. I., Borisova E. V., Prokhorchik I. P. Sensory profile of sour ales. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2017. No 3. p. 16–21.

Введение

Кислые эли производят вот уже на протяжении нескольких веков в Германии, Бельгии, Англии и ряде других стран. При производстве кислых элей, в сочетании с дрожжами вида *Saccharomyces cerevisiae*, для сбраживания пивного сула используют молочнокислые бактерии, продукты метаболизма которых придают напитку тонкий фруктовый аромат, приятную «кислинку» и ощущение свежести.

В последнее время кислые эли завоевывают все большую популярность во всем мире, что обусловлено с развитием крафтового (ремесленного) пивоварения, в том числе и в России.

В ряде зарубежных стран уделяют серьезное внимание изучению продуктов метаболизма молочнокислого брожения [1, 2], формирующих вкус и аромат кислых элей, однако в отечественной научной литературе практически отсутствуют данные, содержащие информацию о сенсорно важных компонентах пивного сула, сброженного различными видами молочнокислых бактерий. Кроме того, в литературе недостаточно освещены вопросы технологических приемов применения молочнокислых бактерий для приготовления кислых элей.

Постановка задачи и результаты исследования

Целью данного исследования является анализ ряда различных соединений, синтезируемых молочнокислыми бактериями, для их применения в производстве кислых элей с заданным сенсорным профилем.

В формировании вкуса и аромата таких популярных сортов кислых элей, как Berliner Weisse, Flanders Brown Ale, Flanders Red Ale, Fruit Lambic, Gueuze, Straight (Unblended) Lambic, главным образом участвуют шесть основных видов кислот, синтезируемых молочнокислыми бактериями: молочная, уксусная, янтарная, лимонная, яблочная и пировиноградная. В данных сортах пива кислоты содержатся приблизительно в следующих соотношениях: молочная — 85%; уксусная — 15%; янтарная — 5% [3–6].

Основное количество кислот молочнокислые бактерии синтезируют во время экспоненциальной фазы размножения, в то время как в стационарной фазе и фазе затухания размножения, активность синтеза кислот сни-

жается, причём количество синтезируемы кислот зависит от вида бактерий [3, 4].

В табл. 1 представлены концентрации основных органических кислот и этилового спирта, синтезируемых различными видами молочнокислых бактерий [3].

В том случае, когда желаемого вкусоароматического профиля кислого эля нельзя обеспечить, за счет того или иного вида *Lactobacillus*, используют симбиоз различных видов молочнокислых бактерий, либо применяют сме-

Таблица 1

Содержание основных метаболитов молочнокислого брожения

Table 1

The content of main metabolites in lactic acid fermentation

Вид <i>Lactobacillus</i>	Молочная кислота, (мг/л)	Уксусная кислота, (мг/л)	Этиловый спирт, (об. %)
<i>L. brevis</i>	212–356	170–270	0,73–1,39
<i>L. fermentum</i>	293–344	130–200	1,02–1,95
<i>L. plantarum</i>	458–514	следы	0
<i>L. delbrueckii</i>	424–498	0	0

Таблица 2

Содержание некоторых сенсорно важных компонентов в пивном суле, сброженном молочнокислыми бактериями, и в их сочетании с дрожжами *S. cerevisiae*, (мг/л)

Table 2

The content of some sensory important components in the mash fermented by lactic acid bacteria in their combination with *S. cerevisiae* yeasts, (mg/l)

Микроорганизмы/Продукты метаболизма	Молочная кислота	Уксусная кислота	Этил-ацетат	Диацетил
<i>P. damnosus</i>	420	90	22	150
<i>L. brevis</i>	370	250	24	90
<i>L. brevis/ P. damnosus</i>	490	595	22	140
<i>S. cerevisiae / P. damnosus</i>	460	85	24	120
<i>S. cerevisiae/ L. brevis</i>	410	520	24	90
<i>S. cerevisiae / P. damnosus/ L. brevis</i>	490	360	23	110

шанное брожение — молочнокислые бактерии в сочетании с дрожжами вида *S. cerevisiae* табл. 2 [3, 7, 8, 9].

Из данных, представленных в табл. 1 и 2, следует, что концентрации молочной и уксусной кислот, синтезируемых в процессе молочнокислого брожения, в большинстве случаев превышают порог их ощущения — 400 мг/л и 130 мг/л соответственно.

Количество диацетила, синтезируемого некоторыми видами молочнокислых бактерий, превышает порог ощущения (100–140 мг/л), превнося во вкус и аромат кислых элей характерные «масляный» или «сливочный» тона.

Содержание этилацетата синтезируемого всеми видами молочнокислых бактерий, не превышает порог ощущения 25–30 мг/л [10] (см. табл. 2).

В результате исследований установлено, что *L. plantarum* синтезирует значительно больше диацетила,

ацетоина и ацетальдегида, чем *L. brevis* [3]. *L. brevis* и *L. plantarum* синтезируют гексановую кислоту в пределах 0,25–0,32 мг/л, при этом ее вкусовой порог составляет 5,4 мг/л. В свою очередь, некоторые виды молочнокислых бактерий способны синтезировать эти соединения через катаболизм лимонной кислоты, которая может содержаться в сусле [4].

Гетероферментативные молочнокислые бактерии синтезируют различные виды тетрагидропиридины (ТНР): 2-ацетил-3,4,5,6-тетрагидропиридины и 2-ацетил-1,4,5,6-тетрагидропиридины (сокращенно АТНР или АСТРУ), а также 2-этилтетрагидропиридин (сокращенно ЕТНР или ЕТРУ) и 2-ацетилпироллин (сокращенно АСРУ или АРУ), которые классифицируют, как кетон и циклический имин.

Вкусовые и обонятельные ассоциации, возникающие при наличии тетрагидропиридинов в больших количествах,

Таблица 3

Эфиры, синтезируемые молочнокислыми бактериями и соответствующие вкусовые и ароматические ассоциации

Table 3

Ethers synthesized by lactic acid bacteria and corresponding flavor associations

Эфиры	<i>L. plantarum</i>	<i>L. delbrueckii</i>	<i>L. brevis</i>	<i>L. fermentum</i>	Ассоциативные термины (воспринимаемые вкус, аромат, ощущения во рту)	Номер термина 1-го и 2-го уровней
Уксусно-этиловый	+/-	+++	+	+	Грушевый, фруктовый во вкусе и аромате, при высоких концентрациях похож на растворитель	0133
Уксусно-пропиловый	+	+	+	+	Грушевый, легкий фруктовый	0146
Этиловый эфир пропионовой кислоты	+	+	+	+	Ананас, киви, во вкусе и аромате	0140

Примечание: +++ максимальное количество вещества, образуемого представленными видами молочнокислых бактерий;
+ средний уровень синтеза вещества;
+/- следовые количества вещества.

Таблица 4

Спирты, синтезируемые молочнокислыми бактериями и соответствующие вкусовые и ароматические ассоциации

Table 4

Alcohols synthesized by lactic acid bacteria and corresponding flavor associations

Спирты	<i>L. plantarum</i>	<i>L. delbrueckii</i>	<i>L. brevis</i>	<i>L. fermentum</i>	Ассоциативные термины (воспринимаемые вкус, аромат, ощущения во рту)	Номер термина 1-го и 2-го уровней
<i>Предельные одноатомные спирты</i>						
1-гексанол	+	+	+	+	Свежескошенная трава, легкий фруктовый	0230
1-гептанол	+	–	–	–	Зеленая трава	0231
1-октанол	–	–	+/-	–	Фруктово-цветочный, апельсиновый, сладкий, сладко-мыльный	0140
1-пропанол	*	*	–	–	Апельсин, абрикос, банан. При высоких концентрациях — жжение, запах алкоголя	0110
<i>Высшие спирты</i>						
2-метил-1-пентанол	*	*	+	–	Землистый, затхлый, грязный	0840
3-гексен-1-ол	*	*	–	–	Вкус и аромат свежескошенной зеленой травы и листьев	0231
3-метил-1-бутанол	+	–	–	–	Запах алкоголя, изоамилового спирта, винный	0112

Примечание: + средний уровень синтеза вещества молочнокислыми бактериями;
+/- следовые количества вещества;
– вещество не синтезируется;
* нет данных

связывают с «мышинным» привкусом, а в небольших — с «зерновыми завтраками», «крекером», «бисквитом».

Дегустатор ощущает тетрагидропиридины в конце глотка напитка, а послевкусие может оставаться в течение нескольких минут. Не все дегустаторы способны обнаружить аромат ТНР из-за низкого уровня pH (3,4–3,0) кислого эля.

L. brevis и некоторые штаммы *L. plantarum* синтезируют тетрагидропиридины в процессе метаболизма L-лизин/L-орнитин, причем ацетальдегид стимулирует этот процесс. Большинство видов *Pediococcus*, в том числе и вид *P. damnosus*, используемый для приготовления кислых элей, не синтезируют ТНР [12].

Кроме основных продуктов молочнокислого брожения — кислот, не менее важными соединениями, влияющими на вкусоароматический профиль кислых элей, являются: эфиры, спирты, карбонильные соединения

(альдегиды и кетоны). Присутствие данных соединений в пиве ассоциируется с запахами свежескошенной травы или листьев, ароматом ананасов, зеленых яблок, а так же наблюдается масляный, сивушный или запах растворителя [13, 14, 16, 17].

В табл. 3, 4, 5, 6 приведены основные вещества, синтезируемые в процессе молочнокислого брожения и соответствующие этим продуктам метаболизма ассоциируемые вкусовые и ароматические ощущения в соответствии с терминологией, установленной Европейской пивоваренной конвенцией (ЕВС) [9, 13, 18].

Образующиеся в молочнокислом брожении альдегиды, такие как 2-метил-1-пропаналь, 2-метил-1-бутаналь, 3-метил-1-бутаналь, и, связанные с ними спирты: 2-метил-1-пропанол, 2-метил-1-бутанол и 3-метил-1-бутанол, могут синтезироваться из аминокислот: лейцина, изолейцина и валина.

Таблица 5

Альдегиды, синтезируемые молочнокислыми бактериями и соответствующие вкусовые и ароматические ассоциации

Table 5

Aldehydes synthesized by lactic acid bacteria and corresponding flavor associations

Альдегиды	<i>L. plantarum</i>	<i>L. delbrueckii</i>	<i>L. brevis</i>	<i>L. fermentum</i>	Ассоциативные термины (воспринимаемые вкус, аромат, ощущения во рту)	Номер термина 1-го и 2-го уровней
Ацетальдегид	+	+	+	+/-	Во вкусе и аромате зеленые яблоки, яблочная кожура	0150
Бензальдегид	*	-	-	-	Миндальный, запах и привкус марципана и миндального масла	0224
Гексаналь	+++	+/-	+	+	Травянистый	0230
3-метил-гексаналь	+/-	-	*	*	Сильный фруктовый запах и вкус	0140
Гептаналь	+	-	+	+/-	Маслянистый	0140
Транс-2-гептаналь	+	-	+	-	Плесневый, сырой картофель	0840
Октаналь	+	+	+	+	Фруктовый, цитрусовый во вкусе и аромате	0141
Ноненаль	+	+/-	+	+	Овощной, переспелых овощей	0730

Примечание: +++ максимальное количество вещества, образуемого представленными видами молочнокислых бактерий;
+ средний уровень синтеза вещества;
+/- следовые количества вещества;
- вещество не синтезируется;
* нет данных.

Таблица 6

Диацетил и алканы, синтезируемые молочнокислыми бактериями и соответствующие вкусовые и ароматические ассоциации

Table 6

Diacetyl and alkanes synthesized by lactic acid bacteria and corresponding flavor associations

Вещества	<i>L. plantarum</i>	<i>L. delbrueckii</i>	<i>L. brevis</i>	<i>L. fermentum</i>	Ассоциативные термины (воспринимаемые вкус, аромат, ощущения во рту)	Номер термина 1-го и 2-го уровней
<i>Кетон</i>						
Диацетил	+/-	+/-	—	—	Масляный, молочный, сладко-молочный, прогорклый	0620
<i>Алканы</i>						
Гексан	+	+	+	+	Растворитель, сладкий	0130
Гептан	+	+	+/-	+/-	Растворитель, сивушный	0130
Октан	+	+	*	*	Растворитель, сивушный	0130

Примечание: + средний уровень синтеза вещества;
+/- следовые количества вещества;
- вещество не синтезируется;
* нет данных.

Альдегиды и спирты придают напитку фруктовые ароматы [19].

В отличие от остальных видов, молочнокислые бактерии *Pediococcus damnosus* толерантны к хмелю, и, что особенно важно — усваивают сложные углеводы, вплоть до крахмала, синтезируя диацетил, порог ощущения которого может быть превышен в 100 раз. *Pediococcus damnosus* требуют наличия достаточного количества широкого спектра питательных веществ в среде культивирования, медленно размножаются, при этом конечная концентрация клеток не превышает 10^6 клеток в 1 мл. Молочнокислые бактерии *Pediococcus damnosus* в основном используют на стадии дображивания, что придает пиву мягкий, глубокий и сложный вкус, молочную кислинку, которая ощущается задними краями языка. Для того, что бы кислинка ощущалась на небе, пиво требуется выдерживать не менее 6-ти мес [4].

При сбраживании солодового суслу молочнокислыми бактериями вида *Lactobacillus delbrueckii* следует учесть, что в течение 2÷4 сут при температуре 43–46 °С, кислотность суслу снижается с pH 5,2 до pH 4,2–3,8. Пиво приобретает привкус лимона и характеризуется терпкостью. Культура *Lactobacillus delbrueckii* отличается устойчивостью к горьким кислотам хмеля — до 20 IBUs, в зависимости от штамма, и рекомендуется для приготовления кислого эля в стиле Berliner Weiss [4].

Важной характеристикой гетероферментативных молочнокислых бактерий вида *L. plantarum* является его способность перестраивать свой метаболизм в отсутствие кислорода на гомоферментативный, основным продуцентом которого является молочная кислота. При недостатке глюкозы в сусле, а также при незначительных концентрациях растворенного в нем кислорода, *L. plantarum* преобразует молочную кислоту в уксусную с образованием пероксида водорода, которая, накапливаясь в бактериальной клетке, ингибирует ее жизнедеятельность. Это преобразование происходит за счет фермента пируват-оксидазы, активность которого усиливается в присутствии кислорода и снижается в присутствии глюкозы [20].

В процессе хранения кислые эли существенно меняют свои органолептические характеристики. Так, солодовое сусле, свежесброженное *L. plantarum*, описываемое ассоциативными терминами «масло» и «мед», через несколько недель характеризуется терминами «йогурт» и «кислый».

Вкус солодового суслу, сброженного молочнокислыми бактериями *L. brevis*, можно охарактеризовать как «соевый соус», а после некоторой выдержки как «дрожжевой» и «сидровый».

Выводы

Проанализированные в работе вещества, соответствуют ассоциируемым вкусовым и ароматическим ощущениям, которые характеризуются терминологией, установленной Европейской пивоваренной конвенцией и могут быть рекомендованы для производства кислых элей.

Представленные данные свидетельствуют о сложности состава продуктов метаболизма молочнокислого

брожения, а, следовательно, и вкусоароматического профиля кислых элей.

Авторы считают целесообразным дальнейшее изучение влияния технологических параметров процессов затирания, брожения и дображивания на метаболизм различных видов молочнокислых бактерий. Это является важной составляющей по разработке практических рекомендаций по использованию молочнокислых бактерий на различных этапах производства кислых элей.

Также не менее важным вопросом в производстве кислых элей с заранее заданным сенсорным профилем, является научно обоснованный выбор штамма пивных дрожжей вида *Saccharomyces cerevisiae* для совместного брожения.

Выполнение поставленных задач по формированию сенсорного профиля кислых элей требует экспериментальных исследований, результаты которых будут представлены в дальнейших публикациях.

Литература (References)

1. Snauwaert, I., Roels, S. P., Van Nieuwerburg, F., Van Landschoot, A., De Vuyst, L., Vandamme, P. Microbial diversity and metabolite composition of Belgian red-brown acidic ales. *International Journal of Food Microbiology*, 2016, Vol. 221, P. 1–11.
2. Kim, K. H., Park, S. J., Kim, J. E., Dong, H., Park, I. S., Lee, J., Hyun, S. Y., Noh, B. S. Assessment of physicochemical characteristics among different types of Pale Ale Beer. *Korean Journal of Food Science and Technology*. 2013, Vol. 45, Issue 2, pp. 142–147.
3. Lorenzo C. Peyer, Zannini E., Jacob F. and Elke K. Arendt Growth Study, Metabolite Development, and Organoleptic Profile of a Malt-Based Substrate Fermented by Lactic Acid Bacteria. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*. 2015. No 4. pp. 303–313.
4. American Sour Beers: innovative techniques for mixed fermentations / by Michael Tonsmeire; foreword by Vinnie Cilurzo Brewers Publications, 2014. 424 p.
5. 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. No 2. pp. 166–175.
6. Rodrigues J. E., Gil A. M. NMR methods for beer characterization and quality control. *Magnetic Resonance in Chemistry*. 2012. Vol. 49. pp. 37–45.
7. D. Van Oevelen, F. de l'Escaille and H. Verachtert Synthesis of aroma components during the spontaneous fermentation of Lambic and Gueuze. *Journal of the Institute of Brewing*. 1976. Vol. 82. Issue 6. pp. 322–326.
8. Crauwels S., Steensels J., Aerts G., Willems K. A., Verstrepen K. J. and Lievens B. *Brettanomyces Bruxellensis*, Essential Contributor in Spontaneous Beer Fermentations Providing Novel Opportunities for the Brewing Industry. *Brewing Science*. 2015. Vol. 68. P. 110–121.
9. Katherine A Thompson Witrick Characterization of aroma and flavor compounds present in lambic (gueuze) beer. Dissertation submitted to the faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy In Food Science and Technology. 2012. 157p.

10. Меледина Т. В., Дедегкаев А. Т., Афонин Д. В. Качество пива: стабильность вкуса и аромата, коллоидная стойкость, дегустация. — СПб.: Профессия, 2011. 220 с. [Meledina T. V., Dedegkayev A. T., Afonin D. V. Quality of beer: stability of taste and aroma, the colloid firmness, tasting. SPb.: Profession, 2011. 220 p. (in Russian)]
11. Verstrepn Kevin J., Derdelinckx G., Dufour Jean-Pierre, Winderickx J., Thevelein Johan M., Pretorius Isak S., Delvaux Freddy R. Flavor-active esters: Adding fruitiness to beer. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 2003. Vol. 96. No.2. P. 110–118.
12. Heresztyn T. Formation of Substituted Tetrahydropyridines by Species of *Brettanomyces* and *Lactobacillus* Isolated from Mousy Wines. *American Journal of Enology and Viticulture*. 1986. Vol 37. Issue 2. P. 127–132.
13. Verstrepn Kevin J., Derdelinckx G., Dufour Jean — Pierre, Winderickx J., Thevelein Johan M., Pretorius Isak S., Delvaux Freddy R. Flavor-Active Esters: Adding Fruitiness to Beer. *International Journal of Biosciences*. 2003. Vol. 96. No 2. P. 110–118.
14. Wolfe E., Bickham S., Houseman D., Wotring G., Sapsis D., Garofalo P., Hanning C. BJCP Beer exam study guide. Last Revised: February 26, 2016.
15. Yang He, Jianjun Dong, Hua Yin, Yuxiang Zhao, Rong Chen, Xiujian Wan, Peng Chen, Xiaoping Hou, Jia Liu and Lu Chen J. Wort composition and its impact on the flavour-active higher alcohol and ester formation of beer — a review. *Journal of the Institute of Brewing*. 2014. Vol. 120. pp. 157–163.
16. Fergus G. Priest Graham G. *Stewart Handbook of Brewing Second Edition*. by Taylor & Francis Group, LLC. 2006. P. 831
17. Bamforth C. W. (ed.) *Brewing. New technology*. Woodhead Publishing Limited. 2006. P. 501.
18. Zhang H., Cai Y. *Lactic Acid Bacteria Fundamentals and Practice*. Springer. 2014. P. 535.
19. Peyer Lorenzo C., Zannini E., Arendt Elke K. Lactic acid bacteria as sensory biomodulators for fermented cereal-based beverages. *Trends in Food Science & Technology*. 2016. Vol. 54. Pp. 17–25.
20. Sedewitz B., Schleifer Karl H., Gotz F Physiological Role of Pyruvate Oxidase in the Aerobic Metabolism of *Lactobacillus plantarum*. *Journal of Bacteriology*. 1984. Vol. 160. No 1. pp. 462–465.

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

Проخورчик Игорь Петрович

к. т. н., доцент, зав. лаборатории 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

О Перечне рецензируемых научных изданий*

В соответствии с приказом Минобрнауки России от 25 июля 2014 г., **1 декабря 2015 г.** сформирован Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

Издания, текущие номера которых или их переводные версии входят хотя бы в одну из международных реферативных баз данных и систем цитирования Web of Science, Scopus, Astrophysics Data System, PubMed, MathSciNet, zbMATH, Chemical Abstracts, Springer, Agris или GeoRef считаются входящими в Перечень по отраслям науки, соответствующим их профилю.

Вестник Международной академии холода включен в Перечень по двум международным базам: Agris (Agricultural Research Information System) и Chemical Abstracts.

*На сайте ВАК, в справочной информации об изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования (по состоянию на 30.06.2017) Вестник МАХ опубликован под № 364.