ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-235-244
УДК 663.637.1

Обзорная статья
http://fptt.ru/

Влияние технологических характеристик различных видов сырья на вкус и аромат кислых элей

О. И. Пономарева, Е. В. Борисова*, И. П. Прохорчик

ФГБОУ ДПО «Санкт-Петербургский институт управления и пищевых технологий», 191186, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, 7

Дата поступления в редакцию: 20.03.2019
Дата принятия в печать: 21.06.2019

**e-mail: bio@hlebspb.ru*

© О. И. Пономарева, Е. В. Борисова, И. П. Прохорчик , 2019

Аннотация. Кислые эли, традиционно производимые в Бельгии, Великобритании, Германии, в настоящее время приобрели широкую популярность в Америке и многих странах Европы. В последние годы интерес к кислым элям растёт с каждым годом и в России. Цель данной работы заключалась в обобщении и представлении систематизированных данных литературы о различных видах сырья для приготовления кислых элей с учетом их технологических и биотехнологических характеристик. Объектами исследований являлись: солод; зернопродукты (пшеница, кукуруза, рис, ячмень, рожь, овес); хмель; молочнокислые бактерии рода *Lactobacillus*, пивные дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* и дрожжи рода *Brettanomyces*. В статье представлены технологические характеристики качества сырья для производства кислых элей и их влияние на вкусоароматический профиль готового напитка. Степень охмеления сусла для кислых элей не должна превышать 8–15 единиц IBU, т. к. хмелевые кислоты препятствуют жизнедеятельности молочнокислых бактерий. Для получения кислых элей целесообразно использовать типичные сорта хмеля с низким или средним содержанием α-кислот. В технологии кислых элей наиболее часто используют гомо- и гетероферментативные молочнокислые бактерии видов: *Lactobacillus delbrueckii*, *L. brevis*, *L. buchneri*, *L. fermentum*, *L. plantarum*. В сочетании с молочнокислыми бактериями в производстве кислых элей используют штаммы пивных верховых дрожжей вида *Saccharomyces cerevisiae*, а также дрожжи рода *Brettanomyces*. Приведены практические рекомендации по использованию конкретных видов сырья для получения кислых элей с заданным сенсорным профилем.

Ключевые слова. Кислые эли, солод, зернопродукты, хмель, дрожжи, молочнокислые бактерии, вкусоароматический профиль

Для цитирования: Пономарева, О. И. Влияние технологических характеристик различных видов сырья на вкус и аромат кислых элей / О. И. Пономарева, Е. В. Борисова, И. П. Прохорчик // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 2. – С. 235–244. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-235-244.

Review article

Available online at http://fptt.ru/eng

Effect of Technological Characteristics of Various Types of Raw Materials on the Taste and Aroma of Sour Ales

O.I. Ponomareva, E.V. Borisova*, I.P. Prokhorchik

Saint Petersburg Institute of Management and Food Technologies, 7, Griboedov channel, St. Petersburg, 191186, Russia

Received: March 20, 2019
Accepted: June 21, 2019

**e-mail: bio@hlebspb.ru*

© O.I. Ponomareva, E.V. Borisova, I.P. Prokhorchik, 2019

Abstract. Sour ales, traditionally produced in Belgium, Britain, and Germany, have gained wide popularity in America, Europe, and Russia. The paper provides generalized and systematized scientific data related to the technological and biotechnological characteristics of raw materials used in sour ales. The study featured malt, grain products (wheat, corn, rice, barley, rye, and oats), hop, *Lactobacillus* lactic-acid bacteria, *Saccharomyces cerevisiae* brewer's yeast, and *Brettanomyces* yeast. Sour ales are usually prepared from a combination of different malts, such as *Pilsner*, *Vienna*, and *Munich*. Pilsner is used for malt type, while *Munich* is mostly employed as a basisfor dark varieties of sour ales. The review presents some of the flavor characteristics of malt types, as well as their recommended content. Unmalted grain products have a significant impact on the technological process and the organoleptic characteristics of acid ales. Unmalted wheat is used for Belgian sour ales, such as *Lambic*, *Fruit Lambic*, and *Gueuze*, in the amount of 30–40%, while 50 % are used in the German variety of *Berliner Weiss*. In general, the degree of wort pitching for sour ales should not exceed 8-15 IBU, since hop acids kill lactic-acid bacteria. Common hop varieties with a low or medium content of α-acids were found optimal for sour ale production. For example, for Flanders Red Ale, producers most often use one of the best traditional European varieties, namely Saazer (Zatetsky).The following types of homo- and heterofermentative lactic-acid

bacteria are recommended for ale production technology: *Lactobacillus delbrueckii*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus fermentum*, and *Lactobacillus plantarum*. The aromatic characteristics of the wort fermented with lactic acid bacteria are described in the following terms: *bread*, *yeast*, *honey*, *oil*, *cider*, etc. Lactic acid bacteria are used in sour ales production, as well as *Brettanomyces yeasts*. Currently, brewing widely employstwo types of yeast: *Brettanomyces bruxellensis* and *Brettanomyces anomalus*. They give the drink a specific taste and aroma, due to hydroxycinnamic acids (HCAs) and esters (ethyl acetate, ethyl lactate, phenylacetate, etc.). The paper contains some practical recommendations on the use of specific types of raw materials to produce sour ales with a given sensory profile.

Keywords. Sour ales, malt, non-soluble materials, hops, yeast, lactic acid bacteria

For citation: Ponomareva OI, Borisova EV, Prokhorchik IP. Effect of Technological Characteristics of Various Types of Raw Materials on the Taste and Aroma of Sour Ales. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(2):235–244. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-235-244.

Введение

Кислые эли, традиционно производимые в Бельгии, Великобритании, Германии, в настоящее время приобрели широкую популярность в Америке и многих странах Европы [1–3]. В последние годы интерес к кислым элям начал проявляться и в России, причем с каждым годом количество потребителей неуклонно увеличивается.

О росте популярности кислых элей свидетельствует тот факт, что в последнем издании всемирно известного классификатора стилей и сортов пива «Руководство по пивным стилям BJCP», выпускаемом Американской ассоциацией пивных судей, кислые эли выделены в отдельную группу, в которую входят:

– Европейские эли (European sour ale) – Berliner Weisse (Германия), Flanders Red Ale, Oud Bruin (Бельгия) и др.;

– Американские (American wild ale) дикие эли – Brett Bee, Wild Specialty Beer и др [1].

Цель данной работы заключалась в обобщении и систематизировании литературных данных, касающихся технологических характеристик сырья, используемого для приготовления кислых элей: солода, зернопродуктов, хмеля, биотехнологических характеристик молочнокислых бактерий рода *Lactobacillus*, пивных дрожжей вида *Saccharomyces cerevisiae* и дрожжей рода *Brettanomyces*.

Объекты и методы исследования

Объектами исследований являлись технологические характеристики сырьевых компонентов кислых элей – солода, зернопродуктов, хмеля, а также биохимические свойства молочнокислых бактерий рода *Lactobacillus,* в т. ч. *L. delbrueckii*, *L. brevis*, *L. buchneri*, *L. fermentum*, *L. Plantarum* и дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* и *Brettanomyces*.

В качестве методов исследования были использованы методы группировки, обобщения и анализа научных экспериментальных данных, на основании которых получена систематизированная информация о технологических характеристиках качества сырья для производства кислых элей и их влиянии на вкусоароматический профиль готового напитка.

Результаты и их обсуждение

Солод. Для приготовления кислых элей чаще всего используют сочетание различных солодов – Пильснер (Pilsner), Венский (Vienna), Мюних (Munich). В качестве базового вида солода следует рассматривать светлый пивоваренный солод Пильснер (Pilsner), т. к. сусло, полученное из него, имеет чистый зерновой вкус, на фоне которого отчетливо проявляется сенсорный профиль кислых элей [1–4].

В процессе обжарки в солодах образуются нередуцируемые углеводы, которые при взаимодействии с кислотами формируют сложные соединения, придающие кислым элям характерные вкусы и ароматы. Фураны (кислородосодержащие гетероциклические соединения) придают напитку вкус «ириски» и «карамели»; пирролы и пиразины (азотосодержащие гетероциклические соединения), наиболее характер-

Таблица 1. Влияние различных типов солода на вкусоароматические характеристики кислых элей

Table 1. Effect of different types of malt on the flavor characteristics of sour ales

Тип солода/цветность, (ед ЕВС)	Содержание в засыпи, (%)	Вкусы и ароматы
Пильснер (Pilsner)/2,5–3,5	50–80	Чистый зерновой вкус, на фоне которого отчетливо проявляются вкусы и ароматы кислых элей, придаваемые дрожжами и молочнокислыми бактериями
Венский (Vienna)/5,5–10,0	10–20	Лёгкие ноты карамели, интенсивный аромат поджаренного солода
Мюних (Munich)/ 15,0–25,0	5–10	Придаёт темным кислым элям богатый солодовый аромат и некоторую сладость, усиливая ощущение полноты вкуса и аромат хлебной корочки
Карамельный не более 20,0	20	Привкус изюма и карамели
Бисквитный (Biscuit)/45,0–55,0	5	Аромат поджаренного зерна, муки или вкус теста, напоминающий вкус английского печенья
Жжёный/800,0–1200,0	1–2	Придаёт пиву тёмный цвет, жженый привкус
Чёрный/1500,0	1–2	Жжёный аромат

ны для черного и шоколадного солодов, – аромат «ореха» или «жженый» аромат; серосодержащие гетероциклические соединения – аромат «крекера» или «бисквита»; изовалериановый альдегид – «солодовый» и «бисквитный» вкус и аромат [2, 3, 5].

В таблице 1 приведены некоторые вкусоароматические характеристики кислых элей, обусловленные используемыми видами солода, а также рекомендуемое их содержание в засыпи [1, 2, 5, 6].

Солод Мюних используют преимущественно для тёмных сортов кислых элей. Даже в количестве 5–10 % этот карамельный солод вносит достаточно весомый вклад в формирование сложного вкусоароматического профиля кислых элей сортов Flanders Red Ale [1, 2, 5, 4].

Для сортов в стиле Oud Bruin часто используют жженый и чёрный солода, но в количестве не более 1–2 % [1]. Следует учитывать, что интенсивные насыщенные вкусы и ароматы специальных солодов (бисквитный, меланоидиновый, жженый и др.) снижают восприятие комплекса вкусоароматических веществ, синтезируемых дрожжами и молочнокислыми бактериями [1, 2]. При использовании солодов, придающих напитку «хлебный» аромат, следует учесть, что дрожжи рода *Brettanomyces* также синтезируют вещества, обеспечивающие «хлебный» аромат [8].

Зернопродукты (несоложеное зерно). Для приготовления кислых элей часто используют несоложеные зернопродукты – пшеницу, кукурузу, рис, ячмень, рожь, овес, которые оказывают существенное влияние на технологический процесс и органолептические характеристики кислых элей (табл. 2) [1–4, 9–11]. Молочнокислые бактерии и дрожжи *Brettanomyces* осуществляют гидролиз декстринов, содержащихся в этих злаках, до более простых моно- и дисахаридов с последующим использованием их в качестве питательных веществ [12–14].

Несоложёная пшеница традиционно входит в количестве 30–40 % в состав многих бельгийских сортов кислых элей: Lambic, Fruit Lambic, Gueuze, а в немецком сорте Berliner Weiss её доля достигает 50 %. Пшеница озимых сортов имеет пониженное содержание глюкана, поэтому процесс её дробления происходит с меньшими энергозатратами, а качество помола при этом выше [1, 2, 7].

Кукуруза является довольно популярным зернопродуктом, используемым в производстве пива, пивных напитков, в том числе и кислых элей. Цельные зёрна кукурузы, содержащие высокое количество жира (в среднем до 5 %), применять не рекомендуется, т. к. это может привести к снижению пенообразующей способности [1, 2, 6, 7, 15].

При использовании риса следует учесть, что затор приобретает повышенную вязкость. Существенных различий между длинно- и короткозернистыми сортами риса, с точки зрения пивоварения, не выявлено. Крупные пивоваренные заводы используют «пивоваренный» рис, который состоит из сломанных ядер белого риса, оставшихся после измельчения. Индийский рис «Басмати» добавляет характерный приятный аромат напитку. Дикий (североамериканский) рис придаёт кислым элям ореховый и пряный ароматы.

Ячмень повышает пенообразующую способность кислых элей. В соложеном виде ячмень повышает цветность напитка, придаёт вкусу хлебные и зерновые ноты [7, 16].

Таблица 2. Влияние зернопродуктов на технологический процесс приготовления кислых элей и их органолептические характеристики

Table 2. Effect of grain products on the technological process of acid ale production and their sensory characteristics

Вид зернопродукта	Содержание в засыпи, %	Технологические особенности	Органолептические характеристики кислых элей
Пшеница (соложеная, несоложеная, хлопья)	30–50	Клейковина пшеницы затрудняет процесс фильтрования затора	Высокое содержание белка в зерне придаёт характерный вкус и полноту «тела», способствует пенообразованию и пеностойкости напитка
Кукуруза (крупа, мука, хлопья, крахмал)	5–20	Низкое содержание белка повышает коллоидную стойкость	Сглаживает выраженный солодовый характер кислых элей, придает им мягкость, обеспечивая напиток дополнительным «телом» и «тёплым» цветом
Рис (зёрна, хлопья, крахмал)	5–15	Низкое содержание жира, повышает вкусовую стабильность напитка, низкое содержание белка повышает его коллоидную стойкость. Повышается экстрактивность затора	Нейтральный, «сухой» аромат напитка
Ячмень (соложеный, несоложеный, хлопья)	5–10	Повышенное содержание β-глюкана требует особых режимов затирания, повышается мутность сусла	Напиток приобретает поджаренные, хлебные и зерновые привкусы и ароматы
Рожь (соложеная, несоложеная)	5–10	Повышенное содержание β-глюкана требует особых режимов затирания. Повышается вязкость затора до сиропообразной консистенции	Аромат поджаренного ржаного хлеба, фруктовый, пряный и даже маслянистый вкус напитка
Овес (несоложеный, хлопья)	5	Повышает вязкость сусла	«Шелковистая» структура напитка. Чрезмерное внесение придаёт терпкий и вяжущий вкус

Таблица 3. Влияние сортов хмеля на ароматические характеристики кислых элей

Table 3. Effect of hop varieties on the aromatic characteristics of sour ales

Сорт хмеля, страна производитель	Содержание α-кислот, %	Ароматические характеристики
«Saazer», Чехия	3,5–3,9	Цветочный, пряный, травяной или земляной, табачный с древесными и пряными нотами
«Hallertauer», Германия	3,5–5,5	Земляной, травяной, фруктовый, изюм
«Spalt», Германия	2,5–5,5	Мягкий и травяной, с пряными, цветочными и фруктовыми тонами
«Tettnang», Германия	3,9–6,0	Нежно-пряный, цветочный
«Lublin», Польша	3,0–4,2	Тонкий лавандовый, магнолия, мягкий аромат характерный классическим благородным хмелям
«Strisselspalt», Франция	1,8–2,5	Очень приятный пряный, травяной, цветочный, лимонные и другие фруктовые тона
«Mt. Hood», США	3,7–6,6	Мягкий, травяной, пикантный, пряный
«Crystal», США	2,4–5,0	Мягкий цветочный, пряный
«Amarillo», США	8,1–10,5	Цветочный, тропический, цитрусовый (лимон, апельсин, грейпфрут). При длительном кипячении дает запах чеснока и лука
«Galaxy», Австралия	11,0–16,0	Отчетливый цитрусовый, маракуя, персик
«Nelson Sauvin», Новая Зеландия	12,0–13,0	Отчетливое «холодное настроение» и фруктовость белого вина «Sauvin Blanc», свежевыдавленный крыжовник с привнесенными виноградными нотками
«Riwaka», Новая Зеландия	4,5–6,5	Цитрусовый, грейпфрут

Значительное влияние на сенсорный профиль оказывают сорта ячменя и территория его произрастания [16]. Напиток может приобретать следующие вкусы и ароматы: злаковый, цветочный, фруктовый, травянистый, медовый, солодовый, поджаренный, сладкий. Было установлено, что сорт ячменя «Golden Promise» придаёт напитку фруктовый, цветочный и травянистый ароматы; сорт «Full Pint» – солодовый, поджаренный и аромат ириски; сорт «CDC Copeland» обеспечивает наиболее нейтральный вкус напитка, без ярко выраженных ароматов.

Овёс придаёт напитку «шелковистую» структуру. В бельгийских кислых элях в стиле Witbier количество используемого овса составляет от 5 до 10 % [1, 2, 7].

Рожь существенно повышает вязкость затора, что ограничивает её использование в производстве не только кислых элей, но и других сортов пива [2, 6, 7].

Некоторые исследователи считают, что вклад соложеного сырья в формирование вкуса и аромата готового напитка значительно больше, чем несоложеных зернопродуктов [1, 2].

Хмель. Для европейских кислых элей, например, Flanders Red Ale, используют хмель из Великобритании и континентальной Европы (Чехия, Германия, Бельгия), чаще всего один из лучших традиционных европейских сортов – «Saazer» (Жатецкий). Для производства пива Lambic используют европейские сорта хмеля «Hallertauer», «Spalt», «Tettnang», отличающиеся менее интенсивным ароматом, чем американские сорта [1–4, 20, 22].

Известно, что хмелевые кислоты и масла ингибируют жизнедеятельность микроорганизмов, в том числе и молочнокислых бактерий. Бактериостатический эффект усиливается при повышении кислотности среды, что особенно важно учитывать при производстве кислых элей. В этой связи, для производства кислых элей рекомендуется использовать сорта хмеля с низким или средним содержанием α-кислот и не рекомендуется использовать сусло, степень охмеления которого превышает 15 единиц IBU (табл. 3) [1, 2, 9–11, 17–21, 23].

Для снижения горечи и антибактериальных свойств сусла используют хмель, хранившийся в контакте с кислородом воздуха при температуре свыше 10 °C. При хранении в таких условиях происходит окисление α-кислот хмеля [2, 23, 24].

В кислых элях стиля Berliner Weisse хмелевая горечь чрезвычайно низкая – 3–8 IBU, поэтому для его приготовления используют технологию «сухого» охмеления [1, 2]. Вкус напитка приобретает сочетание характерной «кислинки» с цветочными, травяными, сосновыми и/или цитрусовыми ароматами хмеля [1–3, 24–26].

Изучено влияние хмеля на вкусоароматический профиль напитков при «сухом» охмелении. Отмечено влияние терпеноидных соединений (лимонен, α-терпинеол, линалоол, цис-линалоолоксид, транс-линалоолоксид, гераниол, геранилацетон и др.), полифункциональных тиолов и их предшественников (цистеина и глутатиона) [21, 27].

Дрожжи. Для приготовления кислых элей в сочетании с молочнокислыми бактериями используют пивные дрожжи верхового брожения вида *Saccharomyces cerevisiae* и/или дрожжи рода *Brettanomyces*.

На сегодняшний день пивоварам стали доступны сотни штаммов дрожжей, каждый из которых обладает уникальными технологическими характеристиками – бродильной активностью, флокуляционной способностью, спиртоустойчивостью, способностью ферментировать различные сахара. Каждый из штаммов обладает также индивидуальной способностью синтезировать те или иные вещества, формирующие уникальный вкусоароматический профиль пива, характерный именно для этого штамма.

Установлено, что вклад штамма дрожжей во вкус и аромат пива составляет примерно 80 % [28].

Дрожжи вида *Saccharomyces cerevisiae.* Известно, что наиболее популярными для приготовления кислых элей являются дрожжевые культуры бельгийского происхождения, отличающиеся способностью синтезировать повышенное количество эфирных и фенольных соединений, придающих напитку фруктовые, цветочные и цитрусовые ароматы [1, 2, 28].

Штаммы дрожжей английского происхождения придают кислым элям характерный фруктовый вкус, обусловленный синтезом вицинальных дикетонов – диацетила (2,3-бутандион) и 2,3-пентандиона, привносящим во вкус и аромат элей «масляный» или «сливочный» тона [2].

Дрожжи американской селекции, обеспечивающие нейтральный вкус напитка, используют при необходимости подчеркнуть вкусы и ароматы, обусловленные молочнокислыми бактериями, особенно гетероферментативными, которые, в отличие от гомоферментативных, синтезируют не только молочную кислоту, но и различные ароматические кислоты [2]. Аналогичные результаты можно получить, применяя шотландские и ирландские штаммы дрожжей [1, 2].

Для приготовления кислых элей используют дрожжи верхового брожения, которые отличаются повышенным синтезом сложных эфиров, высших спиртов, альдегидов и других ароматический соединений. Иногда ферментацию сусла для кислых элей проводят с помощью дрожжей низового брожения при температурах 16–20 °С, хотя традиционно их используют для приготовлении лагерного пива при температурах 9–13 °С. Использование низовых дрожжей при относительно повышенных температурах придает кислым элям характерные эфирные ароматы, обусловленные синтезом ацетальдегида и изоамилацетата, концентрация которых в таких условиях брожения превышает порог их ощущения [6, 28–30]. Следует учесть, что пивные дрожжи низового брожения в процессе метаболизма синтезируют большее количество сернистых соединений, чем штаммы дрожжей верхового брожения [2–4, 6, 28]

Дрожжи, предназначенные для получения пшеничного пива, синтезируют значительное количество изоамилацетата, который придает пиву вкус и аромат банана, что не характерно для кислых элей [2].

Штаммы винных дрожжей придают кислым элям уникальные фруктовые и ягодные вкусы и ароматы. Кроме того, винные дрожжи синтезируют глицерин, отвечающий за полноту тела напитка [2, 3, 31, 32]. При совместном использовании винных и пивных дрожжей важно учитывать способность некоторых штаммов винных дрожжей образовывать микоцины, ингибирующие жизнедеятельность пивных дрожжей [31, 32]. Поэтому винные дрожжи рекомендуется использовать на стадии дображивания [2].

Известно, что при pH среды ниже 3,4 метаболические процессы у некоторых штаммов дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* существенно замедляются [2–4, 28]. Значение pH кислых элей находится в пределах 3,6–3,4, а пиво в стиле Lambic имеет ещё более низкие значения pH – 3,3 [2–4, 29, 30]. Таким образом, особое значение в технологии кислых элей имеет правильный выбор штамма, устойчивого к повышенной кислотности среды.

Дрожжи рода *Brettanomyces.* Дрожжи рода *Brettanomyces* играют важную роль в приготовлении кислых элей [2–4, 14]. В настоящее время в пивоварении широко используются два вида – *Brettanomyces bruxellensis* и *Brettanomyces anomalus* [29, 30, 33].

Дрожжи рода *Brettanomyces* имеют более низкую скорость размножения, чем дрожжи вида *Saccharomyces cerevisiae*. Однако обеспечивают более высокую конечную степень сбраживания и придают дополнительную кислотность напитку, поскольку в процессе ферментации способны расщеплять на более простые углеводы и другие органические соединения сусла, которые дрожжи вида *Saccharomyces cerevisiae* расщеплять не способны. Дрожжи рода *Brettanomyces* отличаются устойчивостью к высоким концентрациям спирта и кислот [14, 34].

Длительность брожения и созревания некоторых сортов кислых элей с использованием дрожжей рода *Brettanomyces* может достигать нескольких лет, в течение которых формируется уникальный вкус и аромат напитка.

В аэробных условиях бреттаномицеты метаболизируют этанол в качестве субстрата с образованием уксусной кислоты [14, 34, 35]. В анаэробных условиях (на стадиях брожения и дображивания) бреттаномицеты, напротив, синтезируют большое количество этанола, при этом количество уксусной кислоты минимально.

Важно отметить, что дрожжи *Brettanomyces* в минимальных количествах синтезируют глицерин либо вообще его не синтезируют. Поскольку глицерин отвечает за восприятие полноты вкуса и «тела» напитка, кислые эли, полученные с использованием только культуры *Brettanomyces*, могут иметь недостаточно полное «тело», а также в напитке может отсутствовать баланс во вкусе [1–4, 14, 34, 35].

При описании вкусов и ароматов элей, приготовленных с участием дрожжей рода *Brettanomyce*s, часто используют следующие термины: «гвоздика», «пряности», «лошадиная попона», «скотный двор», «тропические фрукты», «цветы». Основные летучие фенольные соединения, а также эфиры, определяющие особый вкус и аромат таких элей, подробно описаны в ряде литературных источников [2, 9–11, 28, 29].

Специфичный вкус и аромат напитку, приготовленному с использованием бреттаномицетов, придают также гидроксикоричные кислоты (HCAs) и сложные эфиры, метаболизм которых подробно изложен [36].

Основная роль в синтезе бреттаномицетами эфирных соединений, которые придают напитку характерные ароматы, принадлежит ферментам эстеразам. Этиловый эфир уксусной кислоты (этилацетат) придаёт кислым элям фруктовый аромат, запах зеленого яблока, который при увеличении концентрации переходит в запах растворителя. Этиловый эфир молочной кислоты (этиллактат) придаёт напитку фрук-

Таблица 4. Характеристики молочнокислых бактерий, используемых в технологии кислых элей

Table 4. Characteristics of lactic-acid bacteria used in the technology of acid ale production

Вид *Lactobacillus*	Тип брожения	Синтез CO_2	Особенности метаболизма
L. delbrueckii	Гомо-ферментативный	–	Высокая кислотообразующая способность. Спиртоустойчивость – до 14 %
L. brevis	Гетеро-ферментативный	+	Устойчивость к α-кислотам хмеля. Спиртоустойчивость – до 15 %. Синтезируют гексановую кислоту
L. buchneri			Синтезируют пропионовую кислоту и пропиловый спирт. Спиртоустойчивость низкая
L. fermentum			Оптимальная температура размножения 37–40 °C. Синтезируют повышенное количество различных вкусоароматических соединений
L. plantarum	Гомо-/гетеро-ферментативный	+/– *	Кислотообразующая способностью высокая, синтезируют гексановую и янтарную кислоты

*В зависимости от состава питательной среды и технологических параметров;
*Depending on the composition of the nutrient medium and the technological parameters.

товый и маслянистый ароматы, а фениловый эфир уксусной кислоты (фенилацетат) – аромат роз. При этом уровень изоамилового эфира уксусной кислоты (изоамилацетата) значительно ниже, чем уровень, обеспечиваемый пивными дрожжами *Saccharomyces cerevisiae* [1–3, 14, 28, 29, 34, 35].

Dr. Linda Bisson, Lucy Joseph и UC Davis в 2015 году предложили круг вкусов и ароматов (*Brettanomyces* Aroma/Wheel), обусловленных синтезом продуктов метаболизма дрожжей рода *Brettanomyces*.

Молочнокислые бактерии в производстве кислых элей. В технологии кислых элей наиболее часто используют гомо- и гетероферментативные молочнокислые бактерии видов *Lactobacillus delbrueckii*, *L. brevis*, *L. buchneri*, *L. fermentum*, *L. plantarum*. Некоторые особенности метаболизма молочнокислых бактерий, используемых для приготовления кислых элей, представлены в таблице 4.

Ароматические характеристики сусла, сброженного молочнокислыми бактериями, описывают следующими терминами: «хлебный», «дрожжевой», «йогуртовый», «медовый», «масляный», «сидровый» и др [2–4, 9–12].

В процессе сбраживании сусла молочнокислыми бактериями *L. delbrueckii* при оптимальной температуре размножения за 48–96 часов происходит снижение pH сусла с 5,2 до 4,2–3,8 [2, 8–11]. *L. delbrueckii* часто используют на стадии затирания.

Штаммы *L. brevis* способны к синтезу экзогенного фермента α-глюкозидазы, гидролизующего декстрины сусла. Это позволяет рекомендовать эти виды бактерий к использованию на главном брожении и на дображивании [2, 9–11].

L. fermentum и *L. buchneri* следует рекомендовать для использования на стадии дображивания кислых элей типа Gueuze, Lambics, Sour brown ales and Berliner Weisse [1, 2, 9, 10]. *L. plantarum* – для стадии затирания и главного брожения.

Гомоферментативные молочнокислые бактерии, синтезирующие молочную кислоту в количестве 95–98 % от общего уровня кислот и незначительное количество ароматических соединений, целесообразно использовать в тех случаях, когда в напитке следует отразить вкусовые и/или ароматические характеристики, обусловленные солодом или хмелем [37, 38]. А также в тех случаях, когда важно выделить вкусоароматические составляющие, синтезируемые дрожжами *Saccharomyces cerevisiae* или дрожжами рода *Brettanomyces.*

Гетероферментативные молочнокислые бактерии следует использовать при необходимости обеспечить такие ароматические свойства продукта, которые обуславливают именно молочнокислые бактерии. В этом случае для сбраживания сусла используют либо только гетероферментативные молочнокислые бактерии, либо в сочетании с теми штаммами пивных дрожжей, которые не синтезируют значительного количества высших спиртов и сложных эфиров.

Из представленных данных следует, что обеспечение ожидаемого вкуса и аромата кислых элей, в первую очередь, зависит от обоснованного выбора сочетания видов и типов солодов, сортов зернопродуктов, хмеля и микроорганизмов брожения – молочнокислых бактерий и дрожжей.

Выводы

В результате проведенного обзора литературы показано влияние технологических характеристик различных типов солода, зернопродуктов, хмеля, а также биотехнологических свойств молочнокислых бактерий вида *Lactobacillus*, дрожжей вида *Saccharomyces cerevisiae* и дрожжей рода *Brettanomyces*, используемых для производства кислых элей, на технологический процесс и вкусоароматические характеристики готового напитка.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности

Авторы выражают благодарность проректору по учебной и научной работе ФГБОУ ДПО СПИУПТ доценту, к.б.н. Потехиной Татьяне Сергеевне, оказавшей существенную помощь при работе над статьей.

Список литературы

1. Strong, G. Beer judge certification program. 2015 style guidelines / G. Strong, K. England. – 2015. – 93 p.

2. Tonsmeire, M. American Sour Beers: Innovative techniques for mixed fermentations / M. Tonsmeire, V. Cilurzo. – Brewers Publications, 2014. – 424 p.

3. Van den Steen, J. Geuze & Kriek: The Secret of Lambic Beer / J. Van den Steen. – Lannoo, 2012. – 192 p.

4. Heath, H. B. Source Book of Flavors: (AVI Sourcebook and Handbook Series) / H. B. Heath. – Springer Science & Business Media, 1981. – 864 p.

5. Busch, J. The Magic of Munich Malt / J. Busch // Brewing Techniques. – 2015. – Vol. 4, № 5. – P. 23–26.

6. Меледина, Т. В. Качество пива: стабильность вкуса и аромата, коллоидная стойкость, дегустация / Т. В. Меледина, А. Т. Дедегкаев, Д. В. Афонин. – СПб. : Профессия, 2011. – 220 с.

7. Меледина, Т. В. Сырьё и вспомогательные материалы в пивоварении / Т. В. Меледина. – СПб. : Профессия, 2003. – 304 с.

8. Gilliland, R. B. *Brettanomyces*. I. Occurrence, Characteristics, and Effects on beer flavour / R. B. Gilliland // Journal of the Institute of Brewing. – 1961. – Vol. 67, № 3. – P. 257–261. DOI: https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.1961.tb01791.x.

9. More beer – beer making kits and home brewing supplies [Electronic resource]. – Available at: https://www.morebeer.com/articles. – Date of the application: 20.02.2019.

10. Sour Beer Blog - sour beer and brewing education for both home and craft brewers [Electronic resource]. – Available at: http://sourbeerblog.com/category/brewing-topics. – Date of the application: 20.02.2019.

11. A Ph.D. in Beer – A Study of Beer and Fermentation Science [Electronic resource]. – Available at: https://phdinbeer.com. – Date of the application: 20.02.2019.

12. Загоруйко, В. А. Обнаружение и идентификация штаммов дрожжей Brettanomyces / В. А. Загоруйко, И. Ф. Ткачев, Т. К. Скорикова [и др.] // «Магарач» Виноградарство и виноделие. – 2007. – № 3. – С. 20–23.

13. The origin of ethyl phenol in wines / P. Chatonnet, D. Dubourdieu, J. N. Boidron [et al.] // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 1992. – Vol. 60, № 2. – P. 165–178. DOI: https://doi.org/10.1002/jsfa.2740600205.

14. Brettanomyces yeasts — From spoilage organisms to valuable contributors to industrial fermentations / J. Steensels, L. Daenen, P. Malcorps [et al.] // International Journal of Food Microbiology. – 2015. – Vol. 206. – P. 24–38. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.04.005.

15. Нгуен, В. Х. Использование кукурузы в пивоварении / В. Х. Нгуен, Р. Г. Разумовская // Вестник АГТУ. – 2010. – Т. 49, № 1. – С. 55–57.

16. Effects of Barley (*Hordeum vulgare* L.) Variety and Growing Environment on Beer Flavor / D. Herb, T. Filichkin, S. Fisk [et al.] // American Society of Brewing Chemists. – 2017. – Vol. 75, № 4. – P. 345–353. DOI: https://doi.org/10.1094/ASBCJ-2017-4860-01.

17. Brown, A. J. On the Antiseptic Properties of Hops / A. J. Brown, D. Clubb // Journal of the Institute of Brewing. – 1913. – Vol. 19, № 4. – P. 261–295.

18. A review of hop resistance in beer spoilage lactic acid bacteria / K. Suzuki, K. Iijima, K. Sakamoto [et al.] // Journal of the Institute of Brewing. – 2016. – Vol. 112, № 2. – P. 173–191. DOI: https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2006.tb00247.x.

19. Zhang, H. Lactic Acid Bacteria. Fundamentals and Practice / H. Zhang, Y. Cai. – Dordrecht : Springer. – 2014. – 535 p. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-017-8841-0.

20. An exploratory study toward describing hop aroma in beer made with American and European Hop Cultivars / D. C. Sharp, Y. Qian, J. Clawson [et al.] // Brewing Science. – 2016. – Vol. 69, № 11–12. – P. 112–122.

21. Dry Hopping with the Dual-Purpose Varieties Amarillo, Citra, Hallertau Blanc, Mosaic, and Sorachi Ace: Minor Contribution of Hop Terpenol Glucosides to Beer Flavors / M.-L. K. Cibaka, C. S. Ferreira, L. Decourrière [et al.] // American Society of Brewing Chemists. – 2017. – Vol. 75, № 2. – P. 122–129. DOI: https://doi.org/10.1094/ASBCJ-2017-2257-01.

22. Varietal Difference of Hop-Derived Flavour Compounds in Late-Hopped/Dry-Hopped Beers / K. Takoi, K. Tokita, A. Sanekata [et al.] // Brewing Science. – 2016. – Vol. 69. – P. 1–7.

23. Mikyška, A. Assessment of changes in hop resins and polyphenols during long-term storage / A. Mikyška, K. Krofta // Journal of the Institute of Brewing. – 2012. – Vol. 118, № 3. – P. 269–279. DOI: https://doi.org/10.1002/jib.40.

24. Garetz, M. Hop Storage: How to Get – and Keep – Your Hops' Optimum Value / Mark Garetz // Brewing Techniques. – 2015. – Vol. 2, № 1. – P. 35–38.

25. Матвеева, Н. А. Выбор сорта хмеля для технологии сухого охмеления / Н. А. Матвеева, А. А. Титов // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2014. – № 4. – С. 120–125.

26. Матвеева, Н. А. Применение технологии сухого охмеления в пивоварении / Н. А. Матвеева, А. А. Титов // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2015. – № 1. – С. 111–118.

27. Determination of Linalool in Different Hop Varieties Using a New Method Based on Fluidized-Bed Extraction with Gas Chromatographic–Mass Spectrometric Detection / K. Štěrba, P. Čejka, J. Čulík [et al.] // Journal of the American Society of Brewing Chemists. – 2015. – Vol. 73, № 2. – P. 151–158. DOI: https://doi.org/10.1094/ASBCJ-2015-0406-01.

28. Annemüller, G. The Yeast in the Brewery. Management – Pure yeast cultures – Propagation / G. Annemüller, H.-J. Manger, P. Lietz // Berlin : VLB Berlin. – 2011. – 440 p.

29. Григорьев, С. М. Перед грозой так пахнет Gose / С. М. Григорьев // Real Brew. – 2016. – Т. 8, № 3. – С. 10–13.

30. Григорьев, С. М. Кислее тени кислого: фламандские красные эли, oud bruin и американские кислые эли / С. М. Григорьев // RealBrew. – 2015. – Т. 5, № 5. – С. 10–15.

31. Геномика и биохимия винных штаммов дрожжей *Saccharomyces cerevisiaen* / М. А. Эльдаров, С. А. Кишковская, Т. Н. Танащук [и др.] // Успехи биологической химии. – 2016. – Т. 56. – С. 155–196.

32. Бурьян, Н. И. Микробиология виноделия / Н. И. Бурьян. – Симферополь : Таврия, 2002. – 433 с.

33. Данина, М. М. Использование дрожжей р. *Brettanomyces* в технологии пива / М. М. Данина, О. Б. Иванченко // Вестник Международной академии холода. – 2015. – № 4. – С. 27–31.

34. Effect of temperature on *Brettanomyces bruxellensis*: metabolic and kinetic aspects / C. Brandam, C. Castro-Martinez, M. L. Delia [et al.] // Canadian Journal of Microbiology. – 2008. – Vol. 54, № 1. – P. 11–18. DOI: https://doi.org/10.1139/W07-126.

35. Modeling of yeast *Brettanomyces bruxellensis* growth at different acetic acid concentrations under aerobic and anaerobic conditions / G. A. Yahara, M. A. Javier, M. J. M. Tulio [et al.] // Bioprocess and Biosystems Engineering. – 2007. – Vol. 30, № 6. – P. 389–395. DOI: https://doi.org/10.1007/s00449-007-0135-y.

36. Lentz, M. Analysis of Growth Inhibition and Metabolism of Hydroxycinnamic Acids by Brewing and Spoilage Strains of *Brettanomyces* Yeast / M. Lentz, C. Harris // Foods. – 2015. – Vol. 4, № 4. – P. 581–593. DOI: https://doi.org/10.3390/foods4040581.

37. Квасников, У. И. Молочнокислые бактерии и пути их использования / У. И. Квасников, О. А. Нестеренко. – М. : Наука, 1975. – 389 с.

38. Яруллина, Д. Р. Бактерии рода Lactobacillus: общая характеристика и методы работы с ними / Д. Р. Яруллина, Р. Ф. Фахруллин. – Казань : Казанский университет, 2014. – 51 с.

References

1. Strong G, England K. Beer judge certification program. 2015 style guidelines. 2015. 93 p.

2. Tonsmeire M, Cilurzo V. American Sour Beers: Innovative techniques for mixed fermentations. Brewers Publications; 2014. 424 p.

3. Van den Steen J. Geuze & Kriek: The Secret of Lambic Beer. Lannoo; 2012. 192 p.

4. Heath HB. Source Book of Flavors: (AVI Sourcebook and Handbook Series). Springer Science & Business Media; 1981. 864 p.

5. Busch J. The Magic of Munich Malt. Brewing Techniques. 2015;4(5):23–26.

6. Meledina TV, Dedegkaev AT, Afonin DV. Kachestvo piva: stabil′nost′ vkusa i aromata, kolloidnaya stoykost′, degustatsiya [Beer quality: stability of taste and aroma, colloidal stability, and tasting]. St. Petersburg: Professiya; 2011. 220 p. (In Russ.).

7. Meledina TV. Syr′yo i vspomogatel′nye materialy v pivovarenii [Raw materials and auxiliary materials in brewing]. St. Petersburg: Professiya; 2003. 304 p. (In Russ.).

8. Gilliland RB. *Brettanomyces*. I. Occurrence, Characteristics, and Effects on beer flavour. Journal of the Institute of Brewing. 1961;67(3):257–261. DOI: https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.1961.tb01791.x.

9. More beer - beer making kits and home brewing supplies [Internet]. [cited 2019 Feb 20]. Available from: https://www.morebeer.com/articles.

10. Sour Beer Blog - sour beer and brewing education for both home and craft brewers [Internet]. [cited 2019 Feb 20]. Available from: http://sourbeerblog.com/category/brewing-topics.

11. A Ph.D. in Beer – A Study of Beer and Fermentation Science [Internet]. [cited 2019 Feb 20]. Available from: https://phdinbeer.com.

12. Zagoruiko VA, Skorikova TK, Chernousova IV, Gerzhikova VG, Zhilyakova TA, Tkachenko MG, et al. Detection and identification of strains belonging to the Brettanomyces genus. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2007;(3):20–23. (In Russ.).

13. Chatonnet P, Dubourdieu D, Boidron JN, Pons M. The origin of ethyl phenol in wines. Journal of the Science of Food and Agriculture. 1992;60(2):165–178. DOI: https://doi.org/10.1002/jsfa.2740600205.

14. Steensels J, Daenen L, Malcorps P, Derdelinckx G, Verachtert H, Verstrepen KJ. *Brettanomyces* yeasts — From spoilage organisms to valuable contributors to industrial fermentations. International Journal of Food Microbiology. 2015;206:24–38. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.04.005.

15. Nguen VH, Razumovskaya RG. Application of corn in brewing. Vestnik of Astrakhan State Technical University. 2010;49(1):55–58. (In Russ.).

16. Herb D, Filichkin T, Fisk S, Helgerson L, Hayes P, Meints B, et al. Effects of Barley (*Hordeum vulgare* L.) Variety and Growing Environment on Beer Flavor. American Society of Brewing Chemists. 2017;75(4):345–353. DOI: https://doi.org/10.1094/ASBCJ-2017-4860-01.

17. Brown AJ, Clubb D. On the Antiseptic Properties of Hops. Journal of the Institute of Brewing. 1913;19(4):261–295.

18. Suzuki K, Iijima K, Sakamoto K, Saihi M, Yamashita H. A review of hop resistance in beer spoilage lactic acid bacteria. Journal of the Institute of Brewing. 2016;112(2):173–191. DOI: https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2006.tb00247.x.

19. Zhang H, Cai Y. Lactic Acid Bacteria. Fundamentals and Practice. Dordrecht: Springer; 2014. 535 p. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-017-8841-0.

20. Sharp DC, Qian Y, Clawson J, Shellhammer TH. An exploratory study toward describing hop aroma in beer made with American and European Hop Cultivars. Brewing Science. 2016;69(11–12):112–122.

21. Cibaka M-LK, Ferreira CS, Decourriere L, Lorenzo-Alonso C-J, Bodart E, Collin S. Dry Hopping with the Dual-Purpose Varieties Amarillo, Citra, Hallertau Blanc, Mosaic, and Sorachi Ace: Minor Contribution of Hop Terpenol Glucosides to Beer Flavors. Journal of the American Society of Brewing Chemists. 2017;75(2):122–129. DOI: https://doi.org/10.1094/ASBCJ-2017-2257-01.

22. Takoi K, Tokita K, Sanekata A, Usami Y, ItogaY, Koie K, et al. Varietal Difference of Hop-Derived Flavour Compounds in Late-Hopped/Dry-Hopped Beers. Brewing Science. 2016;69:1–7.

23. Mikyška A, Krofta K. Assessment of changes in hop resins and polyphenols during long-term storage. Journal of the Institute of Brewing. 2012;118(3):269–279. DOI: https://doi.org/10.1002/jib.40.

24. Garetz M. Hop Storage: How to Get – and Keep – Your Hops' Optimum Value. Brewing Techniques. 2015;2(1):35–38.

25. Matveeva NA, Titov AA. The choice of varieties of hops for the technology of dry hopping. Scientific Journal NRU ITMO. Processes and Food Production Equipment. 2014;(4):120–125. (In Russ.).

26. Matveeva NA, Titov AA. The use of dry hopping technique in brewing. Scientific Journal NRU ITMO. Processes and Food Production Equipment. 2015;(1):111–118. (In Russ.).

27. Štěrba K, Čejka P, Čulík J, Jurková M, Krofta K, Pavlovič M, et al. Determination of Linalool in Different Hop Varieties Using a New Method Based on Fluidized-Bed Extraction with Gas Chromatographic–Mass Spectrometric Detection. Journal of the American Society of Brewing Chemists. 2015;73(2):151–158. DOI: https://doi.org/10.1094/ASBCJ-2015-0406-01.

28. Annemüller G, Manger H-J, Lietz P. The Yeast in the Brewery. Management – Pure yeast cultures – Propagation. Berlin: VLB Berlin; 2011. 440 p.

29. Grigor'ev CM. Pered grozoy tak pakhnet Gose [Gose smells so sweet before a thunderstorm]. Real Brew. 2016;8(3): 10–13. (In Russ.).

30. Grigor'ev CM. Sourer than shade of sour: Flanders Red Ale, *oud bruin* and American wild ale. Real Brew. 2015;5(5): 10–15. (In Russ.).

31. Ehl'darov MA, Kishkovskaya SA, Tanashchuk TN, Mardanov AV. Genomika i biokhimiya vinnykh shtammov drozhzhey Saccharomyces cerevisiaen [Genomics and biochemistry of wine strains of Saccharomyces cerevisiae yeast]. Biological chemistry reviews. 2016;56:155–196. (In Russ.).

32. Bur'yan NI. Mikrobiologiya vinodeliya [Microbiology of winemaking]. Simferopol: Tavriya; 2002. 433 p. (In Russ.).

33. Danina MM, Ivanchenko OB. *Brettanomyces* yeast use in brewing. Journal of International Academy of Refrigeration. 2016;(4):27–31. (In Russ.).

34. Brandam C, Castro-Martinez C, Delia ML, Ramón-Portugal F, Strehaiano P. Effect of temperature on Brettanomyces bruxellensis: metabolic and kinetic aspects. Canadian Journal of Microbiology. 2008;54(1):11–18. DOI: https://doi.org/10.1139/W07-126.

35. Yahara GA, Javier MA, Tulio MJM, Javier GR, Guadalupe AUM. Modeling of yeast Brettanomyces bruxellensis growth at different acetic acid concentrations under aerobic and anaerobic conditions. Bioprocess and Biosystems Engineering. 2007;30(6):389–395. DOI: https://doi.org/10.1007/s00449-007-0135-y.

36. Lentz M, Harris C. Analysis of Growth Inhibition and Metabolism of Hydroxycinnamic Acids by Brewing and Spoilage Strains of Brettanomyces Yeast. Foods. 2015;4(4):581–593. DOI: https://doi.org/10.3390/foods4040581.

37. Kvasnikov UI, Nesterenko OA. Molochnokislye bakterii i puti ikh ispol'zovaniya [Lactic-acid bacteria and how to use them]. Moscow: Nauka; 1975. 389 p. (In Russ.).

38. Yarullina DR, Fakhrullin RF. Bakterii roda *Lactobacillus*: obshchaya kharakteristika i metody raboty s nimi [*Lactobacillus* bacteria: general characteristics and processing methods]. Kazan: Kazan University; 2014. 51 p. (In Russ.).

Сведения об авторах

Пономарёва Ольга Ивановна
канд. техн. наук, доцент, ректор, ФГБОУ ДПО «Санкт-Петербургский институт управления и пищевых технологий», 191186, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, 7, тел.: +7 (812) 314-18-45, e-mail: bio@hlebspb.ru
https://orcid.org/0000-0003-3680-9445

Борисова Екатерина Валерьевна
канд. техн. наук, заведующая лабораторией микробиологии, технологии и биохимии дрожжей, ФГБОУ ДПО «Санкт-Петербургский институт управления и пищевых технологий», 191186, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, 7, тел.: +7 (812) 312-33-32, e-mail: bio@hlebspb.ru
https://orcid.org/0000-0002-5472-7358

Information about the authors

Olga I. Ponomareva
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Rector, Saint Petersburg Institute of Management and Food Technologies, 7, Griboedov channel, St. Petersburg, 191186, Russia, phone: +7 (812) 314-18-45, e-mail: bio@hlebspb.ru
https://orcid.org/0000-0003-3680-9445

Ekaterina V. Borisova
Cand.Sci.(Eng.), Head of the Laboratory of Microbiology, Biochemistry and Technology of Yeast, Saint Petersburg Institute of Management and Food Technologies, 7, Griboedov channel, St. Petersburg, 191186, Russia, phone: +7 (812) 312-33-32, e-mail: bio@hlebspb.ru
https://orcid.org/0000-0002-5472-7358

Прохорчик Игорь Петрович
канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой пищевой биотехнологии, ФГБОУ ДПО «Санкт-Петербургский институт управления и пищевых технологий», 191186, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, 7, тел.: +7 (812) 312-33-32, e-mail: bio@hlebspb.ru
https://orcid.org/0000-0002-6857-4524

Igor P. Prokhorchik
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Head of the Department of Food Biotechnology, Saint Petersburg Institute of Management and Food Technologies, 7, Griboedov channel, St. Petersburg, 191186, Russia, phone: +7 (812) 312-33-32, e-mail: bio@hlebspb.ru
https://orcid.org/0000-0002-6857-4524