

УДК 663

Кислотоустойчивые штаммы дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* для производства 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

*В технологии получения кислых элей используют сочетание культур, осуществляющих процессы брожения: молочнокислые бактерии и дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*. Основным критерием выбора целевого штамма дрожжей является их устойчивость к воздействию низких значений pH среды: способность активно размножаться; сбраживать пивное сусло с довольно высоким уровнем кислотности и обеспечивать заданный вкусоароматический профиль пива. Еще одним показателем устойчивости выбранного штамма, является низкий уровень содержания мертвых дрожжевых клеток в условиях кислой среды. Таким образом, для изготовления кислых элей с заданными потребительскими свойствами необходимо использовать пивные дрожжи, сохраняющие высокий уровень бродильной активности в сусле с низкими показателями pH. В работе рассмотрены методы, позволяющие оценить биологическую активность дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* при сбраживании пивного сусла совместно с молочнокислыми бактериями. Приведены результаты исследований влияния pH плотных и жидких питательных сред на активность коммерческих штаммов дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*. В ходе исследования было установлено, что на плотной среде все проанализированные штаммы активно растут при pH выше 2,6 и, следовательно, могут быть использованы для приготовления кислых элей в условиях pH среды 3,6–3,2. Так же с повышением кислотности пивного сусла, как правило, снижается в популяциях количество жизнеспособных (почкующихся молодых и зрелых клеток) и увеличивается число мертвых. С увеличением кислотности жидкой питательной среды в диапазоне pH 2,6–2,0 конечная концентрация клеток снижается, что характерно для всех исследованных штаммов дрожжей. По окончании культивирования дрожжей в жидкой питательной среде, сравнивали микроморфологию в кислой среде с контрольной популяцией до культивирования — при pH 5,2. Количество дрожжевых клеток подсчитывали в камере Горяева. По итогам исследований установлен наиболее перспективный штамм для производства кислых элей.*

Ключевые слова: кислые эли, молочнокислые бактерии, дрожжи, физиологическая активность дрожжей, кислотоустойчивость штаммов дрожжей.

Информация о статье:

Поступила в редакцию 29.11.2017, принята к печати 02.03.2018

DOI: 10.17586/1606-4313-2018-17-1-41-47

Язык статьи — русский

Для цитирования:

Пономарева О. И., Борисова Е. В., Прохорчик И. П. Кислотоустойчивые штаммы дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* для производства кислых элей // Вестник Международной академии холода. 2018. № 1. С. 41–47.

Acid-resistant strains of *Saccharomyces cerevisiae* yeast in the production of acid 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

*In the technology of acid ale production a combination of lactobacilli cultures and *Saccharomyces cerevisiae* beer yeast is used. The main criterion for selecting a yeast strain is the resistance to the effect of low pH values: its physiological activity, which is the ability to ferment wort actively, while actively multiplying under the conditions of high acidity and providing the desired flavor profile of beer. Another indicator showing the stability of the yeast strain against the acidic environment, to which acid ales should be attributed, is the number of yeast dead cells in the total number of cells. Therefore, an important task is to analyze the processes of vital activity for various yeast strains under the conditions of increased acidity of the wort, the solution of which will allow producing acid ales with predetermined quality characteristics and providing the desired flavor profile of beer. In the paper the methods to evaluate the physiological activity of beer yeast strains of the *Saccharomyces cerevisiae* species under the conditions of wort fermentation together with lactic acid bacteria are considered. The results of studies of the pH effect on a dense and liquid nutrient medium on the physiological activity*

of various *Saccharomyces cerevisiae* yeast strains are presented. It was found that in a dense medium all the strains under investigation are growing actively at pH above 2.6 and, therefore, can be used for the preparation of acidic ale under pH conditions of from 3.6 to 3.2. Also, with the increase in the acidity of beer wort the number of viable (young and mature) cells is usually reduces and the number of dead ones grows. With the increase in the acidity of the liquid nutrient medium in the pH range of 2.6–2.0 the final cell concentration decreases, which is typical for all yeast strains under investigation. After the cultivation of the yeast in the liquid nutrient medium the morphology in the acidic medium was compared with the one of the control population before cultivation at pH 5.2. The number of yeast cells was calculated by Goryaev chamber. Based on the results of the research the most promising strain for the production of acidic ale was identified.

Keywords: acid ales, lactic acid bacteria, yeast, physiological activity of yeast, acid resistance of yeast strains.

Article info:

Received 29/11/2017, accepted 02/03/2018

DOI: 10.17586/1606-4313-2018-17-1-41-47

Article in Russian

For citation:

Ponomareva O. I., Borisova E. V., Prokhorchik I. P. Acid-resistant strains of *Saccharomyces cerevisiae* yeast in the production of acid ales. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2018. No 1. p. 41–47.

Введение

В технологии кислых элей используют культуры молочнокислых бактерий рода *Lactobacillus* и *Pediococcus damnosus* чаще всего в сочетании с пивными дрожжами *Saccharomyces cerevisiae* верхового брожения.

Из данных, представленных в литературе, известно, что наиболее популярными являются культуры бельгийского происхождения, особенно для приготовления пива типа Saison, благодаря их способности синтезировать повышенное количество эфирных и фенольных соединений, придающие фруктовые, цветочные, цитрусовые ароматы [1, 2]. В соответствии с терминологией, установленной Европейской пивоваренной конвенцией (ЕВС) их можно отнести к 1-ому классу терминологической системы: 0130 эфирный, 0140 фруктовый, 0160 цветочный [3].

Штаммы дрожжей английского происхождения придают кислым элям характерный фруктовый вкус, обусловленный синтезом вицинальных diketонов — диацетила (2,3-бутандион) и 2,3-пентандиона [4], привнося во вкус и аромат элей характерные «масляный» или «сливочный» тона, согласно ЕВС 6-й класс — 0620 диацетил [3].

Дрожжи американской селекции формируют нейтральный вкус напитка и придают ему аромат сброженного сула, поэтому их используют для таких сортов кислых элей, как например Flanders Brown Ale, Flanders Red Ale, Fruit Lambic, Gueuze, Straight (Unblended) Lambic [2] в которые предусмотрено добавление фруктов и специй. Кроме того, такие штаммы дрожжей, используют при необходимости подчеркнуть в напитке вкус и аромат продуктов метаболизма молочнокислых бактерий, преимущественно с гетероферментативным типом брожения. Аналогичные результаты можно получить, применяя шотландские и ирландские штаммы дрожжей [4].

Для приготовления кислых элей можно применять дрожжи, как верхового, так и низового брожения. Ферментирование сула ведется при температурах 16–20 °С, более высоких, чем традиционные условия низового брожения, что придает пиву характерные эфирные ароматы, обусловленные синтезом ацетальдегида и изоамилаце-

тата, концентрация которых в таких условиях превышает порог их ощущения [4, 5, 6].

Используемые в технологии кислых элей штаммы винных дрожжей, придают напитку уникальные фруктовые и ягодные вкусы и ароматы. При этом винные дрожжи для красного вина формируют ягодные ароматы, относящиеся по системе ЕВС к 1-му классу: 0141 цитрусовый, 0144 черная смородина, 0147 малиновый и другие ароматы, гармонично дополняющие букет темных сортов кислых элей. Дрожжи для белого вина — легкие оттенки груши и яблока, что в большей степени подходит для светлых сортов кислых элей [7, 4]. Характерный вкус и аромат груши обусловлен синтезом уксусно-пропиловым эфиром и изоамиловым эфиром уксусной кислоты, а аромат яблок и фруктов — этиловым эфиром гексановой кислоты, уксусно-этиловым эфиром и относящимися по классификации ЕВС к 1-ому классу 0130 эфирный [3].

При совместном использовании винных и пивных дрожжей важно учитывать способность некоторых штаммов винных дрожжей синтезировать микоцины, ингибирующие жизнедеятельность пивных дрожжей [7, 8, 4].

Значения pH кислых элей, например Berliner Weisse, Gose и других сортов находятся в пределах 3,6–3,4; а молодое пиво в стиле ламбик имеет еще более высокую кислотность — pH 3,3 [9, 10, 11, 12, 4]. Однако известно, что при pH среды ниже 3,4 метаболические процессы у некоторых штаммов *Saccharomyces cerevisiae* существенно замедляются. Отмечается, что величина pH влияет на транспорт питательных веществ и активность ферментов [13, 14]. Кроме того, уровень pH влияет и на интенсивность протекания реакции Майяра, а также на степень коагуляции белков при кипячении сула [15, 16].

Цель исследования

При использовании молочнокислых бактерий важно не только контролировать, но и регулировать кислотность сбраживаемого сула на любой технологической стадии: затирании, главном брожении и дображивании. Особое значение в технологии кислых элей имеет выбор штамма

Saccharomyces cerevisiae (как правило, верхового брожения) устойчивого к повышенной кислотности среды.

В связи с этим, цель данных исследований заключалась в подборе кислотоустойчивого штамма пивных дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* для производства кислых элей.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись коммерческие культуры пивных дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, которые для удобства были условно разделены на 3 группы, представленные в табл. 1.

В первую группу включены штаммы, рекомендованные для получения бельгийских элей, во вторую — штаммы пивных дрожжей для получения пива типа Saison, в третью группу вошли различные штаммы дрожжей верхового и низового брожения, которые могут быть использованы для получения кислых элей.

После проверки препаратов дрожжей (см. табл. 1) на наличие посторонних микроорганизмов выделяли чистую культуру по методу Р. Коха [17]. Далее все исследования проводили только с чистыми культурами.

На первом этапе для оценки влияния pH среды на интенсивность размножения исследуемых штаммов, использовали метод прямых микробиологических посевов с помощью штампа-репликатора [17, 18, 19] на плотную питательную среду сусло-агар с концентрацией сухих веществ — 10% и содержанием агара 2,3%. Значения pH находились в пределах 3,6–1,8. Для подкисления использовался 6N раствор HCl. В качестве контрольного образца применяли среду с pH = 5,2. Концентрация инокулюма составляла 5×10⁶ клеток/мл, объем — 10%. Посевы инкубировали при температуре 26±1 °C в течение 72 ч. Количество дрожжевых клеток в посевном материале подсчитывали в камере Горяева [17] с помощью микроскопа МИКМЕД-6, производства ОАО «ЛОМО». Интенсивность роста оценивали качественно по наличию и размеру колоний, выросших на месте отпечатка штампа-репликатора (рис. 1). Влияние pH среды на размножение различных штаммов дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, представлено в табл. 2.

В данной работе даны усредненные результаты посевов в трех повторностях.

Из данных табл. 2 следует, что все проанализированные штаммы активно растут при pH > 2,6 и, следова-

Таблица 1

Перечень исследуемых штаммов дрожжей

Table 1

The yeast strains under investigation

№ группы	№ образца	Штамм дрожжей	Производитель дрожжей	Рекомендуемые сорта пива
1	1	3522 Belgian Ardennes	Wyeast Laboratories, USA	бельгийские эли
	2	WLP 530 Abbey Ale	White Labs, USA	
	3	Belgian Ale M27	Mangrove Jack's, New Zealand	
	4	3944 Belgian Witbier	Wyeast Laboratories, USA	
2	5	3711 French Saison	Wyeast Laboratories, USA	бельгийское пиво Saison
	6	3726 Farmhouse Ale	Wyeast Laboratories, USA	
	7	3724 Belgian Saison	Wyeast Laboratories, USA	
	8	WLP 566 Belgian Saison II	White Labs, USA	
3	9	W 34/70	Weihenstephan, Germany	пиво низового брожения
	10	SAFALE US — 05 (универсальный штамм)	Fermentis, France	эли
	11	WLP 001 California Ale	White Labs, USA	эли
	12	TUM 175	Weihenstephan, Germany	пшеничное пиво

Таблица 2

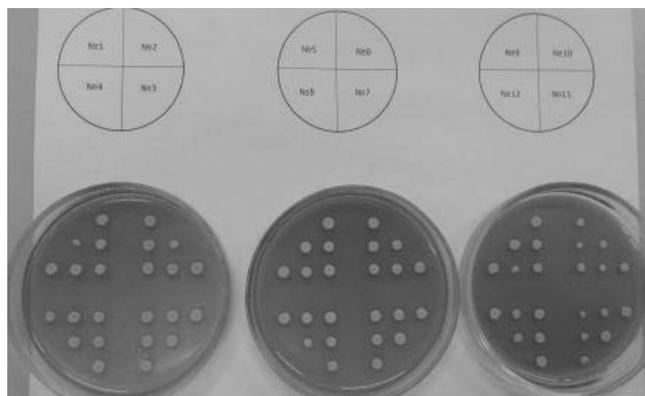
Влияние pH среды на размножение различных штаммов дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*

Table 2

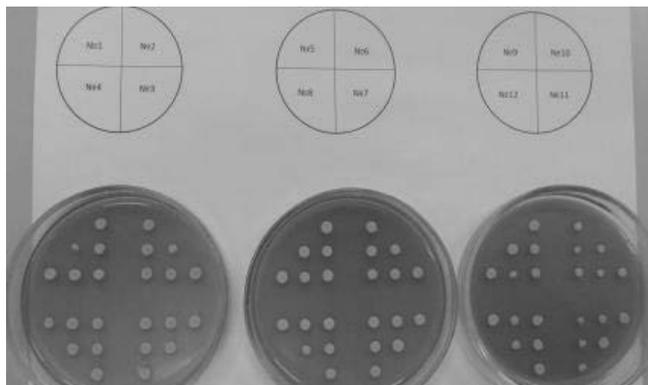
The influence of pH on the growth of *Saccharomyces cerevisiae* yeast strains

№ образца	pH среды									
	3,6	3,4	3,2	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8
1	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	—	—	—
2	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	+	+	—
3	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+	—	—	—
4	+++	+++	+++	+++	+++	+++	—	—	—	—
5	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	—	—
6	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	—	—
7	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	—	—
8	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	—	—
9	+++	+++	+++	+++	+++	+++	—	—	—	—
10	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+	—	—	—
11	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+	+	—	—
12	+++	+++	+++	+++	+++	+++	—	—	—	—

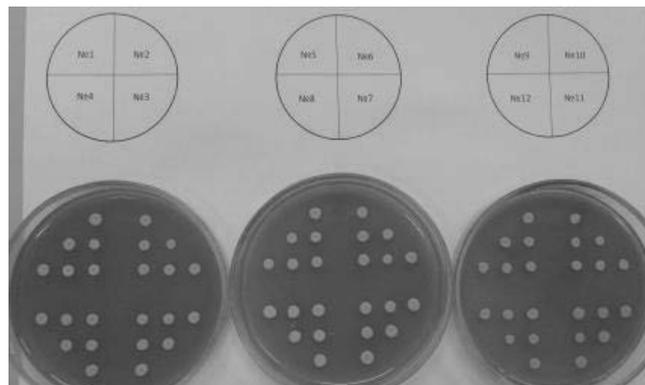
Условные обозначения интенсивности роста дрожжей:
 +++ обильный
 ++ хороший
 + слабый
 — отсутствие роста



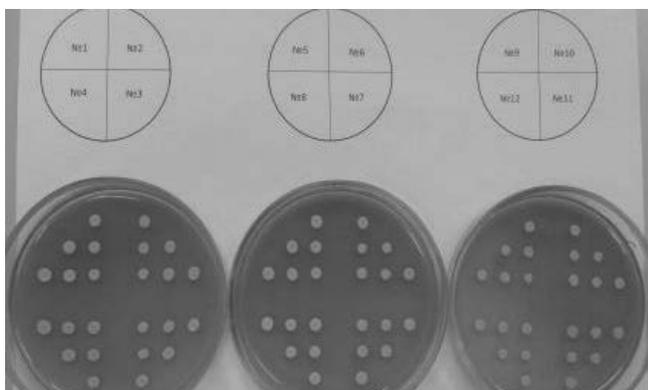
pH = 5,2 (контроль)



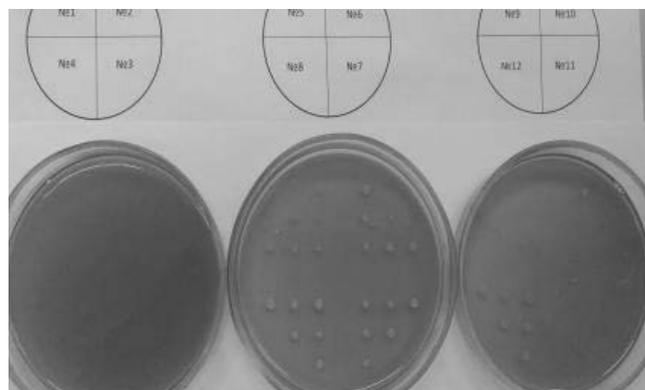
pH = 3,6



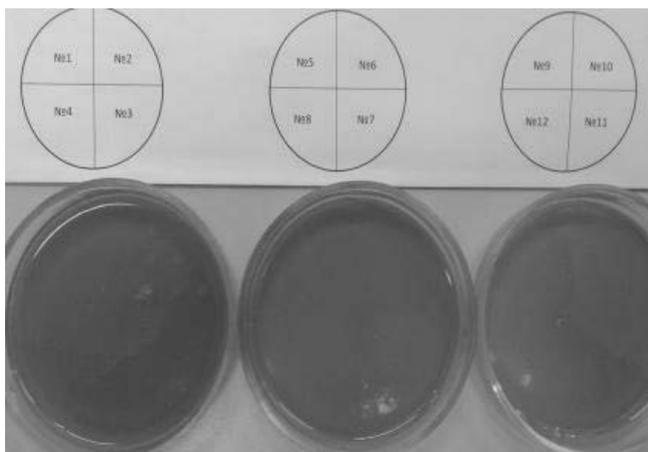
pH = 3,0



pH = 2,6



pH = 2,2



pH = 2,0



pH = 1,8

Рис. 1. Влияние кислотности питательной среды на интенсивность размножения различных штаммов дрожжей
Fig.1. The influence of pH in the medium on the growth of different yeast trains

тельно, могут быть использованы для приготовления кислых элей в условиях pH среды 3,6÷3,2. Наибольшую кислотоустойчивость проявили следующие образцы и, соответствующие им штаммы: № 2 — *WLP530*; № 5 — *3711 French Saison*; № 6 — *3726 Farmhouse Ale*; № 8 — *WLP566*; № 7 — *3724 Belgian Saison*; № 10 — *SAFALE US-05*; № 11 — *WLP001 California Ale* (расположены в порядке понижения кислотоустойчивости).

На втором этапе работы изучали влияние кислотности жидкой питательной среды на биологическую активность дрожжей. В качестве жидкой среды использовали неохмеленное сусло из светлого ячменного солода с содержанием сухих веществ 12%. Начальную кислотность сусла устанавливали в диапазоне pH 2,6–2,0 с помощью молочной кислоты, измерения проводили с помощью лабораторного pH-метра — кондуктометра Sartorius PP-20. В качестве контрольного образца использовали среду с pH = 5,2.

Концентрация клеток в посевном материале составляла 5×10^6 кл/мл. Объем инокулюма — 10%. Культивирование дрожжей проводили в колбах с жидким суслom при температуре 26 ± 1 °C в течение 72 ч, при этом исследуемые образцы перемешиванию не подвергались (стационарная культура). В конце культивирования определяли конечную концентрацию дрожжей в среде, а также содержание живых, почкующихся и мертвых клеток. Подсчет производили с помощью камеры Горяева [15]. Мертвые клетки определялись при окрашивании метиленовой синью [17, 19, 20, 21].

Для выбора кислотоустойчивого штамма использовали следующие образцы и соответствующие им культуры: № 2 — *WLP530* и № 3 — *Belgian Ale M 27* из первой группы (бельгийские штаммы), № 6 — *3726 Farmhouse Ale* из 2-й группы и № 11 — *WLP 001 California Ale* — из третьей (табл. 1). Выбор обоснован литературными сведениями и данными собственных исследований, полученных ранее.

Результаты исследований

Результаты экспериментов представлены на рис. 2 и рис. 3.

Из графика, показанного на рис. 2, следует, что с увеличением кислотности сусла в диапазоне pH 2,6–2,0 число клеток всех исследованных штаммов дрожжей снижается. Из 4-х проверенных наиболее кислотоустойчивым является штамм №3 — *Belgian Ale M 27*, который размножается активнее других во всем изученном диапазоне, причем формирует практически одинаковое число клеток в кислой среде при pH 2,2–2,0.

Из выбранных штаммов наименее приспособленным к воздействию кислой среды оказался *WLP 001 California Ale*, у которого интенсивность размножения в жидкой

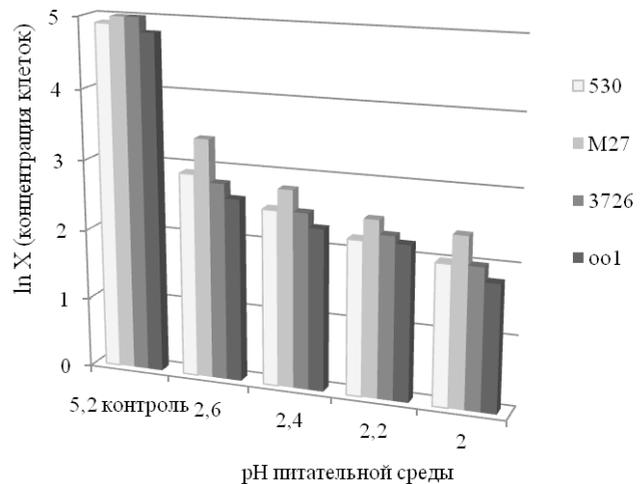


Рис. 2. Влияние pH сусла на конечную концентрацию клеток дрожжей различных штаммов

Fig. 2. The influence of pH in the wort on the final concentration of yeast cells of various strains

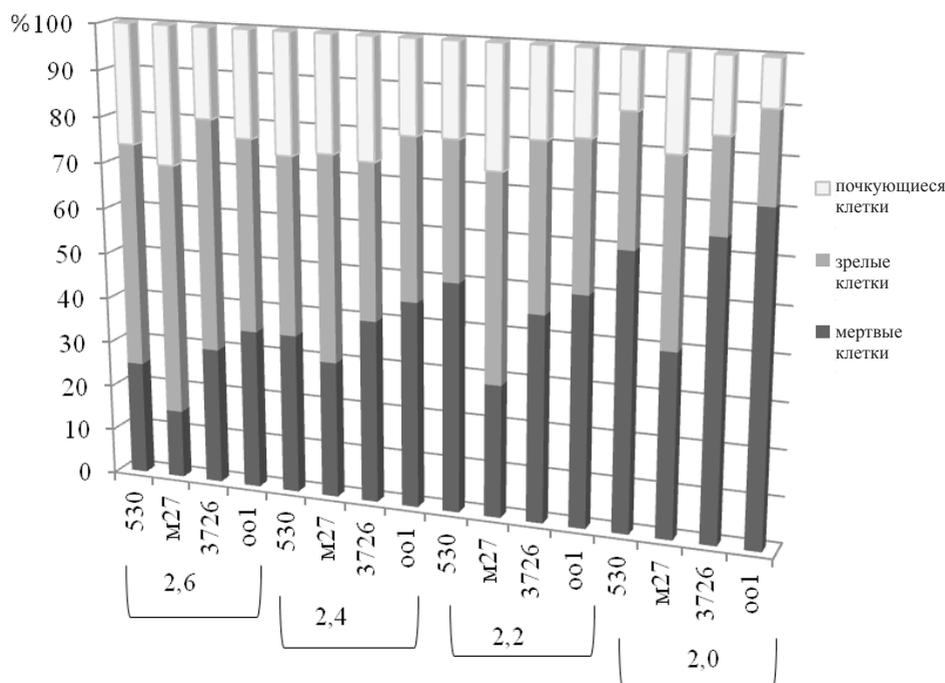


Рис. 3. Влияние pH среды на содержание мертвых и почкующихся клеток, в % от общего числа клеток исследуемых штаммов
Fig. 3. The influence of pH on the content of dead and young cells (the % of total number of cell for the strains under investigation)

среде по сравнению с другими изучаемыми штаммами была существенно ниже.

Вместе с тем, на плотной питательной среде этот штамм продемонстрировал сравнительно высокий уровень кислотоустойчивости.

С повышением кислотности, как правило, снижается в популяциях количество жизнеспособных (почкующихся молодых и зрелых клеток) и увеличивается число мертвых (см. рис. 3).

Уровень содержания живых клеток косвенно подтверждает сохранение метаболической активности популяции в неблагоприятных условиях, поэтому нами проведен подсчет числа живых и мертвых клеток в кислых условиях.

Установлено, что в диапазоне pH 2,2–2,0 у штамма *Belgian Ale M 27* число живых (почкующихся и зрелых) клеток составляет порядка 70–60% от общего числа популяции, тогда как у *WLP 530 Abbey Ale* в этом же диапазоне кислотности — метаболически активными остаются только 50–40% клеток.

Меньше всего живых клеток обнаружено у *WLP 001 California Ale* при pH 2,0. Это число составляет 30%.

По окончании культивирования сравнивали микроморфологию дрожжей в кислой среде по сравнению с контрольной популяцией при pH 5,2. Препараты для микроскопирования готовили методом раздавленной капли [17] при увеличении 1000.

Клетки штамма *Belgian Ale M27* практически не отличались от контрольной популяции: имели четко очерченную клеточную стенку, однородную цитоплазму, небольшие вакуоли. Вместе с тем в клетках штаммов *WLP001 California Ale*, *WLP530 Abbey Ale*, *3726 Farmhouse Ale* были

хорошо различимы крупные вакуоли, что является доказательством снижения метаболической активности и старения клеток. Кроме того, при pH 2,0 живые клетки имели меньший размер, неоднородную и зернистую цитоплазму. Некоторые были покрыты толстой клеточной стенкой, что характерно для старых клеток и свидетельствует о неблагоприятных внешних условиях. Хорошо известно, что старые клетки, имеют низкую жизнеспособность, большое количество дочерних рубцов и, следовательно, в производстве могут приводить к замедлению брожения и снижению качества целевого напитка [13, 15, 21], поэтому для получения кислых элей важно использовать, совместно с молочнокислыми бактериями, кислототолерантные дрожжи.

Выводы

Таким образом, установлено, что наиболее перспективным для производства кислых элей является штамм дрожжей бельгийского происхождения *Belgian Ale M27*, который способен активно размножаться в пивном сусле при pH 2,0 с сохранением высокого уровня метаболических процессов. Вместе с тем штамм *WLP001 California Ale*, позиционируемый производителем как универсальный для изготовления любых сортов элей, в условиях проведенных экспериментов не подтвердил высокого уровня кислотоустойчивости. Следовательно, его использование в технологии кислых элей не позволит получить заданный вкусоароматический профиль напитка.

Дальнейшим направлением исследований является разработка технологии приготовления кислых элей с использованием молочнокислых бактерий.

Литература

1. Wolfe E., Bickham S., Houseman D., Wotring G., Sapsis D., Garofalo P., Hanning C. BJCP Beer Exam Study Guide. October 22, 2015. p. 73.
2. BJCP 2015 Style Guidelines. [Электронный ресурс]: <https://beerrecipes.org/BJCP-2015-Style/>
3. Меледина Т. В., Дедегкаев А. Т., Афонин Д. В. Качество пива: стабильность вкуса и аромата, коллоидная стойкость, дегустация. — СПб.: Профессия, 2011. 220 с.
4. Tonsmeire M. American Sour Beers: innovative techniques for mixed fermentations / foreword by Vinnie Cilurzo. Brewers Publications, 2014. 424 p.
5. Spitaels F., Wieme A. D., Janssens M., Aerts M., Van Landschoot A., De Vuyst L., Vandamme P. The microbial diversity of an industrially produced lambic beer shares members of a traditionally produced one and reveals a core microbiota for lambic beer fermentation. // Food Microbiology. 2015. Vol. 49. P. 23–32.
6. Данина М. М., Иванченко О. Б. Использование дрожжей р. *Brettanomyces* в технологии пива // Вестник Международной академии холода. 2015. № 4. С. 27–31.
7. Эльдаров М. А., Кишковская С. А., Танащук Т. Н., Марданов А. В. Геномика и биохимия винных штаммов дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* // Успехи биологической химии. 2016. С. 155–196.
8. Бабьева И. П., Чернов И. Ю. Биология дрожжей М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. 221 с.

References

1. Wolfe E., Bickham S., Houseman D., Wotring G., Sapsis D., Garofalo P., Hanning C. BJCP Beer Exam Study Guide. October 22, 2015.
2. BJCP 2015 Style Guidelines. [Электронный ресурс]: <https://beerrecipes.org/BJCP-2015-Style/>
3. Meledina T. V., Dedegkaev A. T., Afonin D. V. Beer quality: stability of taste and aroma, colloidal resistance, tasting. SPb.: Professiya, 2011. 220 p. (in Russian)
4. Tonsmeire M. American Sour Beers: innovative techniques for mixed fermentations / foreword by Vinnie Cilurzo. Brewers Publications, 2014. 424 p.
5. Spitaels F., Wieme A. D., Janssens M., Aerts M., Van Landschoot A., De Vuyst L., Vandamme P. The microbial diversity of an industrially produced lambic beer shares members of a traditionally produced one and reveals a core microbiota for lambic beer fermentation. *Food Microbiology*. 2015. Vol. 49. P. 23–32.
6. Danina M. M., Ivanchenko O. B. Using yeast p. *Brettanomyces* in beer technology. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2015, No 4. 27–31 pp. (in Russian)
7. Eldarov M. A., Kishkovskaya S. A., Tanashchuk T. N., Mardanov A. V. Genomics and biochemistry of wine strains of yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Advances in biological chemistry. [Uspekhi biologicheskoi khimii]*. 2016. No 56. 155–196 pp. (in Russian)

9. Thompson-Witrick K. A. 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. 157 p.
10. Григорьев Мэгер С. Перед грозой так пахнет Gose // *Real Brew*. 2016. № 3 (8). С. 10–13.
11. Григорьев Мэгер С. Кислее тени кислого: фламандские красные эли, oud bruin и американские кислые эли. // *Real Brew*. 2015. № 5 (5). С. 10–15.
12. Григорьев Мэгер С. О стилях: медаль за самый лучший Brett. Ламбики, гезы и фруктовые сорта // *Real Brew* СПб. 2016. № 1 (6). С. 16–21.
13. López-Pérez, M., Viniegra-González, G. Production of protein and metabolites by yeast grown in solid state fermentation: Present status and perspectives. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. 2016. Vol. 91 (5). P. 1224–1231.
14. Priest F. G. Handbook of Brewing / Ferguson G. Priest, Graham G. Stewart. Second Edition edited. 2006. 844 p.
15. Annemüller, G. The Yeast in the Brewery. Management — Pure yeast cultures — Propagation. Published by VLB Berlin. 2011. 440 p.
16. Нарцисс Л. Краткий курс пивоварения. — Издательство: Профессия, 2007. 640 с.
17. Егоров Н. С. Руководство к практическим занятиям по микробиологии. — М.: МГУ, 1995. 224 с.
18. Захаров И. А., Кожин С. А., Кожина Т. Н., Федорова И. В. Сборник методик по генетике дрожжей-сахаромицетов. — Л.: Наука, 1984. 112 с.
19. Бабьева И. П., Голубев В. И. Методы выделения и идентификации дрожжей. — М.: Пищевая промышленность, 1979. 120 с.
20. Меледина Т. В., Баракова Н. В., Давыденко С. Г., Устинова А. С. Скрининг штаммов спиртовых дрожжей для сбраживания высококонцентрированного сусла // *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств»*, 2012. № 2
21. Меледина Т. В., Давыденко С. Г. Дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*. Морфология, химический состав, метаболизм: учебное пособие. — СПб.: Университет ИТМО. 2015. 88 с.
8. Babieva IP, Chernov I. Yu. Biology of yeast. Moscow, 2004. 236 p. (in Russian)
9. Thompson-Witrick K. A. 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. 157 p.
10. Grigor'ev Mager C. Before the storm so smells Gose. *Real Brew*. 2016. no. 3. 10–13 pp. (in Russian)
11. 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)
12. 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)
13. López-Pérez, M., Viniegra-González, G. Production of protein and metabolites by yeast grown in solid state fermentation: Present status and perspectives. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. 2016. Vol. 91 (5). P. 1224–1231.
14. Priest F. G. Handbook of Brewing / Ferguson G. Priest, Graham G. Stewart. Second Edition edited. 2006. 844 p.
15. Annemüller, G. The Yeast in the Brewery. Management — Pure yeast cultures — Propagation. Published by VLB Berlin. 2011. 440 p.
16. Narciss L. Short course of brewing. Moscow, Professiya, 2007. 640 p. (in Russian)
17. Egorov N. S. A Guide to Practical Studies in Microbiology. Moscow: MSU, 1995. 224 p. (in Russian)
18. Zakharov I. A., Kozhin S. A., Kozhina T. N., Fedorova I. V. Collection of techniques on the genetics of yeast-saccharomycetes. Leningrad, Nauka, 1984. 112 p. (in Russian)
19. Babieva, I. P., Golubev V. I. Methods of identification and identification of yeast. Moscow, 1979. 120 p. (in Russian)
20. Meledina T. V., Barakova N. V., Davydenko S. G., Ustinova A. S. Screening strains of alcohol yeast for fermentation of highly concentrated wort. *Nauchnyi zhurnal NIU ITMO. Seriya «Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv»*, 2012. No 2. (in Russian)
21. Meledina T. V., Davydenko S. G. Yeast *Saccharomyces cerevisiae*. Morphology, chemical composition, metabolism: Textbook. SPb, University ITMO, 2015. 88 p. (in Russian)

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. 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