

УДК 663.4

DOI: <http://dx.doi.org/10.20914/2310-1202-2016-1-215-220>

Ректор О.И. Пономарёва,
заведующий сектором микробиологии Е.В. Борисова,
заведующий сектором биохимии С.Ю. Пименова,
инженер-микробиолог В.А. Иванова
(ФГБОУ ДПО «Санкт-Петербургский институт управления и пищевых технологий»)
лаборатория микробиологии, технологии и биохимии дрожжей.
тел (812) 312-33-32
E-mail: bio@hlebspb.ru

Rector O.I. Ponomareva,
head of the microbiology sector E.V. Borisova,
head of the biochemistry sector S.Yu. Pimenova,
engineer microbiologist V.A. Ivanova
(FSBEI APE «St. Petersburg Institute of Management and Food Technology»)
Laboratory of microbiology, biochemistry and technology of yeast.
phone (812) 312-33-32
E-mail: bio@hlebspb.ru

Влияние сахарозы и мальтозы на размножение дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*

The influence of sucrose and maltose on *Saccharomyces cerevisiae* yeast multiplication

Реферат. В литературных источниках приведены данные по влиянию концентрации сбраживаемых дрожжами сахаров на их размножение. В данной работе представлены результаты экспериментальных данных по влиянию концентрации сахарозы и мальтозы на размножение дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*. В качестве объектов исследования были использованы хлебопекарные, пивные, винные и спиртовые дрожжи, широко используемые в бродильной промышленности. В качестве питательных сред при выращивании дрожжей использовали свекловичную мелассу и солодовое сусло, углеводы в которых представлены, в основном, соответственно сахарозой и мальтозой, концентрация которых составляла 9, 12, 16 и 20 %. Интенсивность размножения дрожжей оценивали по концентрации клеток и удельной скорости их деления в процессе культивирования. Получены экспериментальные данные о влиянии концентрации сахарозы и мальтозы на длительность периода лаг-фазы и конечную концентрацию дрожжей различных штаммов. Определены удельные скорости роста исследованных штаммов дрожжей при различных концентрациях сахарозы и мальтозы в питательных средах. Установлено, что эффект Кребтри, обусловленный повышением концентрации углеводов в среде культивирования, в большей степени проявляется при размножении дрожжей в среде с сахарозой. Наиболее адаптированными к повышенным концентрациям углеводов являются винные и хлебопекарные дрожжи. Полученные экспериментальные данные могут быть использованы при разработке технологических схем выращивания чистой культуры дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, используемых на предприятиях бродильных производств, в том числе и малой мощности.

Summary. The data on the influence of fermentable carbohydrates concentration on yeast multiplication are widely represented in the literature. This study presents the results of experiments showing an influence of sucrose and maltose concentration on *Saccharomyces cerevisiae* yeast multiplication. The objects of this research are bakery, beer, wine and alcohol yeast that are widely used in fermentation industry. Beet molasses and malt wort were chosen as nutrient medium for yeast breeding. Their basic sugars are mainly represented by sucrose and maltose. The concentration of sugars was 9, 12, 16 and 20%. The intensity of yeast multiplication was evaluated based on yeast cells concentration during their cultivation and the specific growth rate. Sugar concentrations causing an intensive accumulation of examined yeast strains were determined. This paper presents the experimental data that were received describing the influence of sucrose and maltose concentration on the duration of a lag phase period for different yeast strains. Specific growth rates of researched strains were determined for nutrient mediums with different glucose and maltose concentrations. It was found that the Crabtree effect, that is caused by high carbohydrates concentration in culture medium, is most pronounced when yeast cells grow on a sucrose medium. Brewer's and baker's yeast are more adapted to high concentrations of carbohydrates. The obtained experimental data could be utilized to develop flow charts of growing a pure culture of *Saccharomyces cerevisiae* yeast to use at fermentation plants, including low power ones.

Ключевые слова: напитки брожения, штаммы дрожжей, сахароза, мальтоза, активность размножения дрожжей.

Keywords: fermented beverages, yeast strains, sucrose, maltose, specific growth rate.

© Пономарёва О.И., Борисова Е.В.,
Пименова С.Ю., Иванова В.А., 2015

Для цитирования
Пономарёва О.И., Борисова Е.В., Пименова С.Ю., Иванова В.А. Влияние сахарозы и мальтозы на размножение дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. №1. С. 215-220. doi:10.20914/2310-1202-2016-1-215-220.

For cite
Ponomareva O.I., Borisova E.V., Pimenova S.Yu., Ivanova V.A. The influence of sucrose and maltose on *Saccharomyces cerevisiae* yeast multiplication. *Vestnik voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologij* [Proceedings of the Voronezh state university of engineering technologies]. 2016, no. 1, pp. 215-220. (In Russ.). doi: 10.20914/2310-1202-2016-1-215-220.

На протяжении многих лет в бродильной промышленности для производства хлебопекарных дрожжей, приготовления пива, вина, спирта, получения различных напитков брожения используют дрожжи вида *Saccharomyces cerevisiae* [1, 2].

Согласно принятой на данный момент систематике, основанной на генетических исследованиях, дрожжи, используемые в бродильной промышленности [3] и рассматриваемые ранее в качестве самостоятельных видов – *S. ellipsoideus*, *S. uvarum*, *S. carlsbergensis*, *S. oviformis*, *S. Vini*, отнесены к одному виду – *Saccharomyces cerevisiae* [4–6].

Дрожжи рода *Saccharomyces* являются гетеротрофными микроорганизмами, которые в качестве источника энергии для своей жизнедеятельности используют только энергию связи органических соединений углерода – необходимых для биосинтеза компонентов. К таким соединениям относятся различные углеводы (сахароза, мальтоза, глюкоза, а также фруктоза, мальтотриоза и в меньшей степени некоторые другие сахара), содержащиеся в солодовом сусле и свекловичной мелассе, которые в основном и используются в современных бродильных производствах в качестве питательных сред для дрожжей [4].

Технология бродильных производств включает в себя получение чистой культуры дрожжей (ЧКД), которую затем используют для приготовления целевого продукта. Качество готового продукта и эффективность технологического процесса во многом зависят от технологии выращивания и физиологического состояния ЧКД [5, 6].

Получение максимального количества ЧКД с высокой физиологической активностью возможно при обеспечении благоприятных условий для их интенсивного размножения. Одним из таких условий является оптимальная концентрация углеводов в среде культивирования.

Цель данной работы заключалась в изучении влияния концентрации сахарозы в мелассном сусле и мальтозы в солодовом сусле на размножение дрожжей, используемых в различных бродильных производствах.

Объекты и методы исследования.

Объектами исследования являлись в наибольшей степени известные и используемые в соответствующих отраслях бродильной промышленности штаммы дрожжей: ЛВ7 – хлебопекарные; W34/70 – пивные (Weihenstephan); Ethanol Red – спиртовые (Fermentis Lesaffre); LittoLevure США – винные.

В качестве питательных сред использовали свекловичную мелассу (ГОСТ Р 52304 – 2005), основным углеводом которой является сахароза, и солодовое сусло, содержащее в большей степени мальтозу. Помимо углеводов, данные среды содержат необходимые для размножения дрожжей ростовые вещества. В раствор мелассы дополнительно вносили сахарозу для получения ее концентрации в питательной среде – 9, 12, 16 и 20 %. Аналогично готовили растворы солодового суслу с мальтозой. Начальная концентрация дрожжей во всех вариантах составляла $1,5 \cdot 10^6 \pm 0,2$ клеток в 1 см^3 .

Дрожжи культивировали 24 часа при температуре 25 ± 1 °C в условиях простой периодической культуры.

Каждые 4 часа производили отбор проб культуральной жидкости и подсчет дрожжевых клеток с помощью камеры Горяева.

Удельную скорость деления дрожжей рассчитывали по формуле.

Результаты и обсуждение.

При культивировании в питательной среде с концентрацией сахарозы 9 % дрожжи всех исследованных штаммов размножались практически с одинаковой скоростью, конечная концентрация клеток дрожжей всех штаммов составила около 40 млн/см^3 (рисунок 1). В сусле с такой же концентрацией мальтозы динамика размножения винных и пивных дрожжей была на таком же уровне, как и в среде с сахарозой, однако спиртовые и хлебопекарные размножались с большей активностью, и в конце культивирования их концентрация достигала 50 млн/см^3 (рисунок 2). Лаг-фаза у дрожжей всех штаммов при культивировании в обеих средах практически отсутствовала.

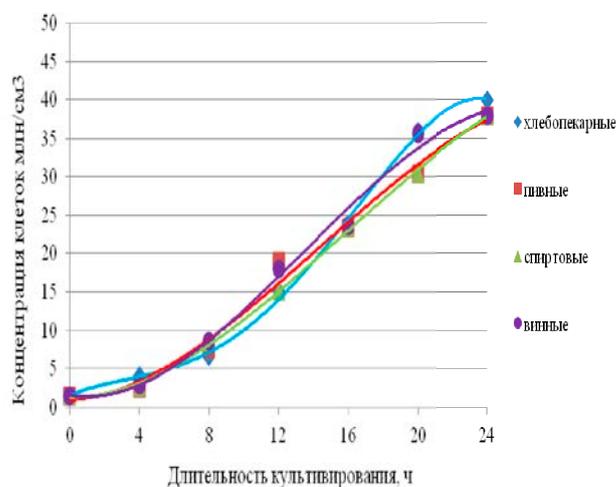


Рисунок 1. Размножение дрожжей в питательной среде с содержанием сахарозы в количестве 9%

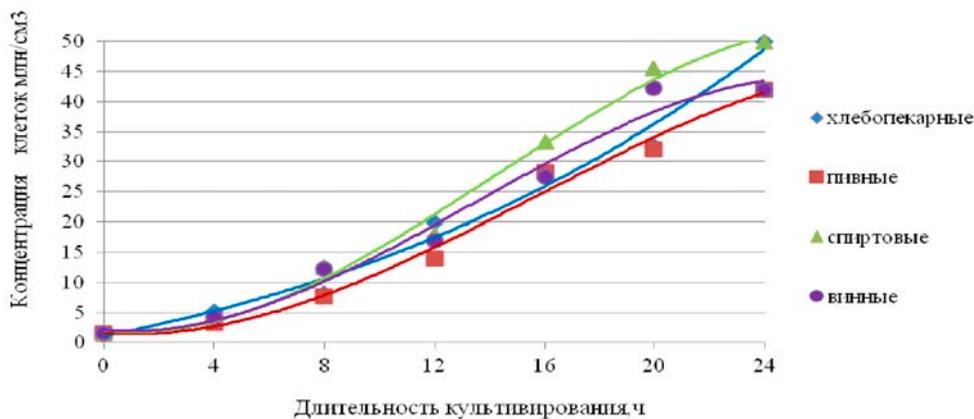


Рисунок 2. Размножение дрожжей в питательной среде с содержанием мальтозы в количестве 9%

Увеличение концентрации сахарозы до 12 % не повлияло на размножение хлебобукаренных и винных дрожжей, но привело к снижению скорости размножения спиртовых и в особенности пивных дрожжей. Конечная концентрация спиртовых дрожжей снизилась до 30 млн/см³, а пивных – до 25 млн/см³. Кроме того, при размножении пивных дрожжей продолжительность лаг-фазы составила около 4-х часов

(рисунок 3). В таких же условиях, но в среде с мальтозой лаг-фаза при размножении пивных и спиртовых дрожжей составила 1 час, у остальных дрожжей отсутствовала. Повышение концентрации мальтозы в питательной среде до 12 % повлияло на активность размножения всех исследуемых штаммов дрожжей в меньшей степени, чем сахароза (рисунок 4).

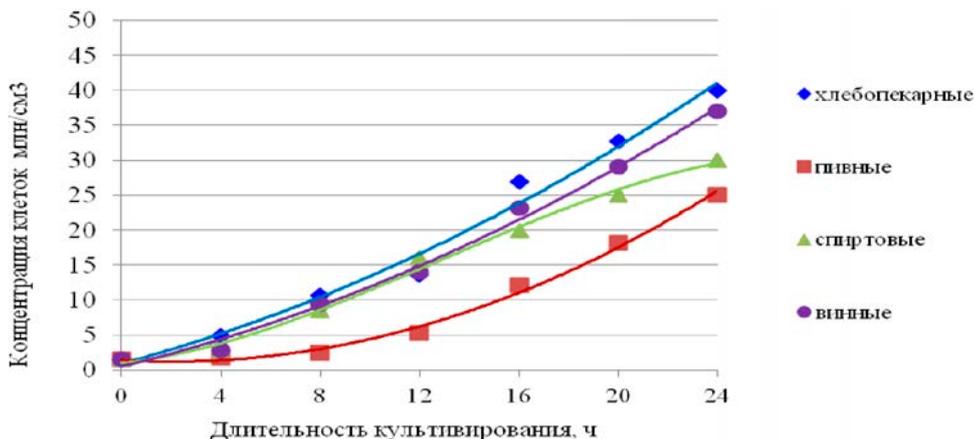


Рисунок 3. Размножение дрожжей в питательной среде с содержанием сахарозы в количестве 12%

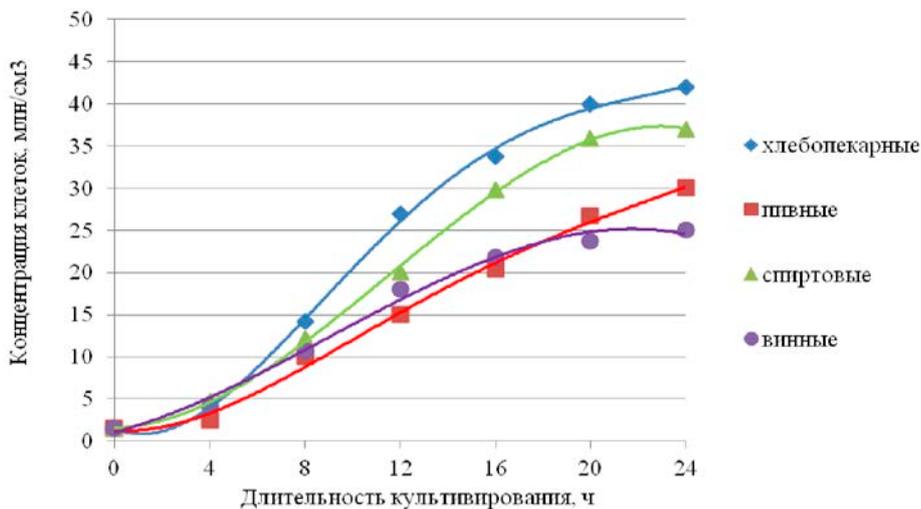


Рисунок 4. Размножение дрожжей в питательной среде с содержанием мальтозы в количестве 12%

Увеличение концентрации сахарозы в среде культивирования до 16 % привело к задержке размножения всех исследованных штаммов дрожжей, при этом лаг-фаза составила: 4; 8;

12; 16 час для хлебопекарных, винных, спиртовых и пивных соответственно. Конечная концентрация клеток дрожжей снизилась соответственно до: 20; 10 и 5 млн/см³ (рисунок 5).

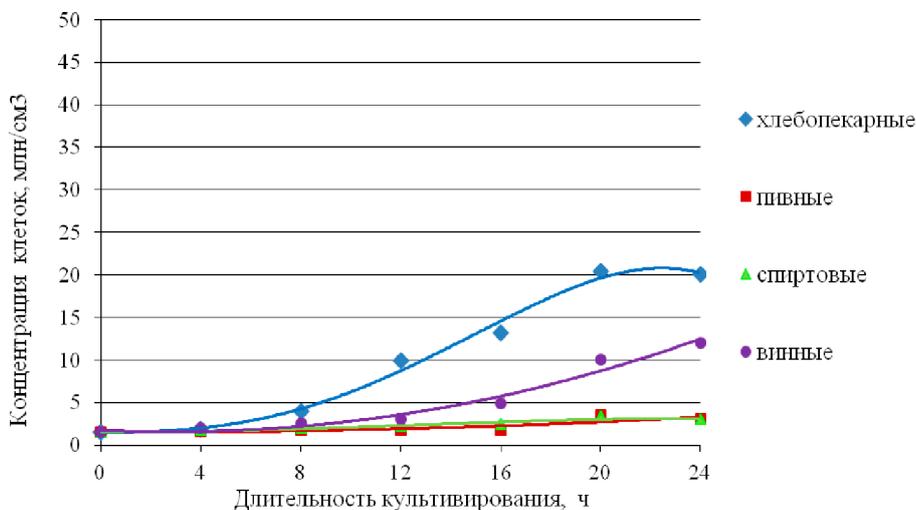


Рисунок 5. Размножение дрожжей в питательной среде с содержанием сахарозы в количестве 16%

Повышение количества мальтозы в питательной среде также вызвало снижение активности

размножения дрожжей всех штаммов, однако, в меньшей степени (рисунок 6).

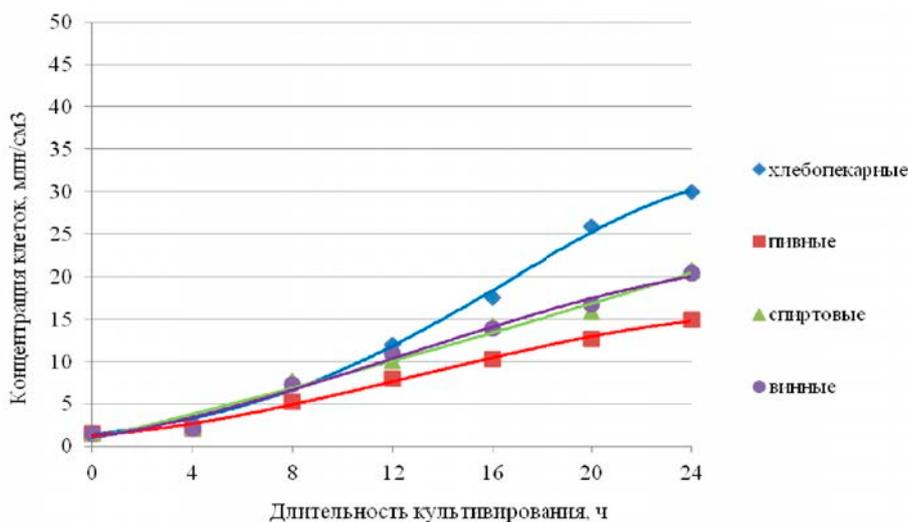


Рисунок 6. Размножение дрожжей в питательной среде с содержанием мальтозы в количестве 16%

В питательном растворе с концентрацией сахарозы 20 %, пивные и спиртовые дрожжи практически не размножались. Винные дрожжи размножились всего лишь до 5, а хлебопекарные до 15 млн клеток в см³ (рисунок 7). Мальтоза в этой же концентрации оказывала менее ингибирующее воздействие на дрожжи всех штаммов, продолжительность лаг-фазы составляла от 2-х до 4-х часов (рисунок 8).

Результаты исследования свидетельствуют о том, что эффект Кребтри, обусловленный повышением концентрации углеводов в среде культивирования, в большей степени проявляется при размножении дрожжей в среде с сахарозой. Наиболее адаптированными к повышенным концентрациям сахарозы являются винные и хлебопекарные дрожжи, мальтозы – хлебопекарные и спиртовые.

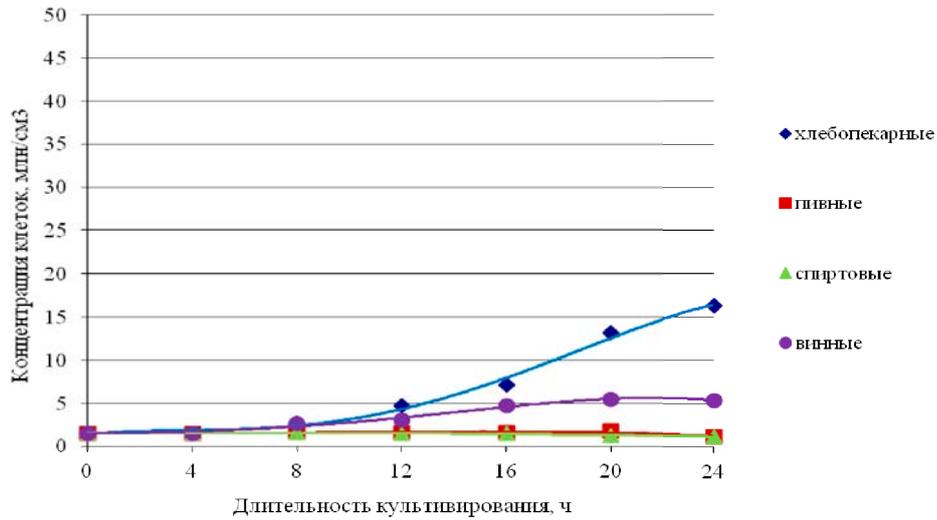


Рисунок 7. Размножение дрожжей в питательной среде с содержанием сахарозы в количестве 20%

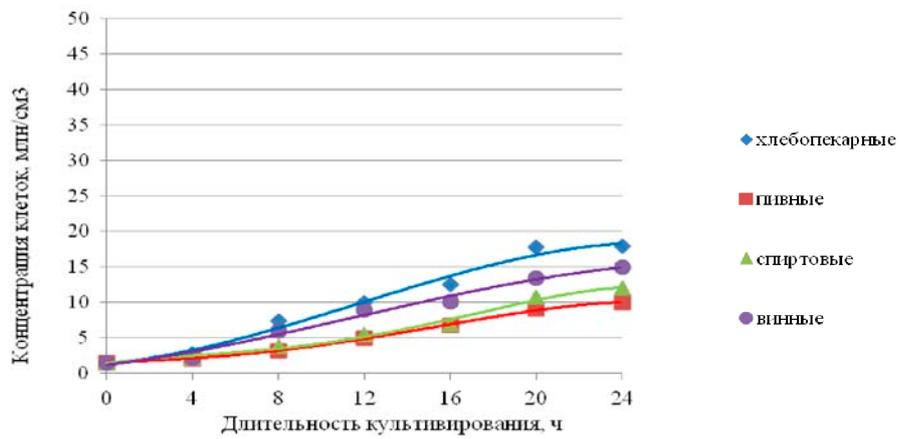


Рисунок 8. Размножение дрожжей в питательной среде с содержанием сахарозы в количестве 20%

Приведенные результаты также подтверждаются данными по изменению удельной скорости деления клеток исследованных штаммов

дрожжей при культивировании в питательных средах с различной концентрацией сахарозы и мальтозы (рисунки 9 и 10).

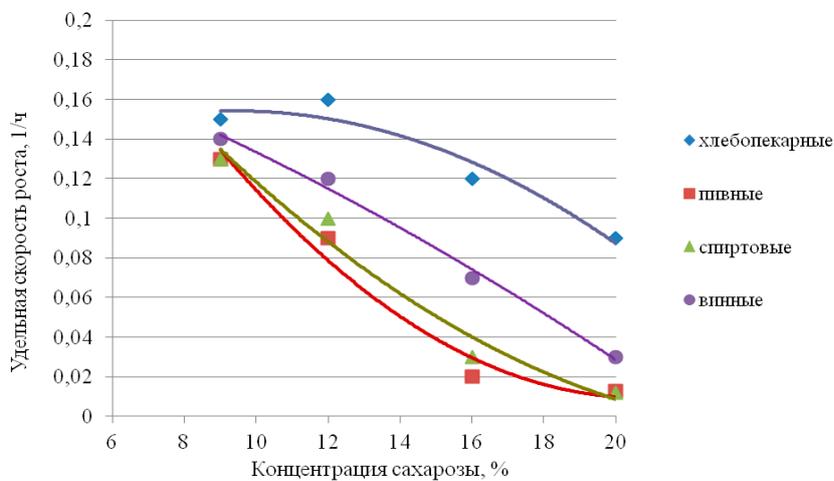


Рисунок 9. Влияние концентрации сахарозы в среде культивирования на удельную скорость деления клеток различных штаммов дрожжей

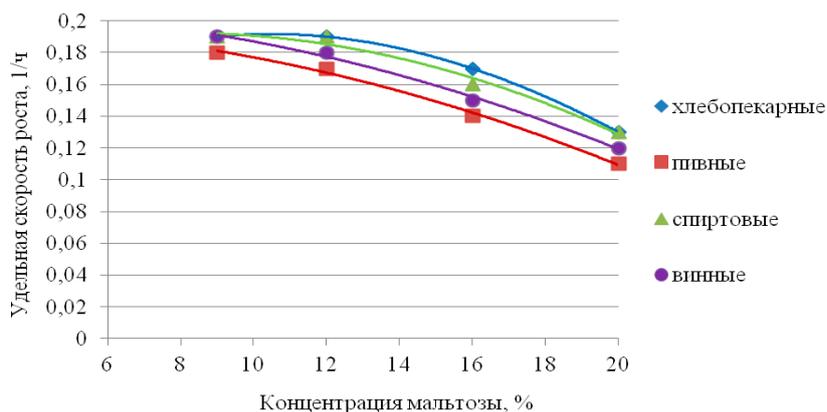


Рисунок 10. Влияние концентрации мальтозы в среде культивирования на удельную скорость деления клеток различных штаммов дрожжей

Проведенные исследования показали, что для выращивания чистой культуры дрожжей на любом производстве по выпуску напитков бро-

жения и хлебопекарных дрожжей более целесообразно использовать питательную среду, содержащую мальтозу в концентрации не более 12 %.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Annemuller G., Manger H. – J., Lietz P. The Yeast in the Brewery. Management-Pure yeast cultures – Propagation. Berlin: VLB, 2011. 440 p.
- 2 Качмазов Г.С. Дрожжи броидильных производств. СПб.: Лань, 2012. 224 с.
- 3 Джей Дж.М., Лесснер М.Дж., Гольден Д.А. Современная пищевая микробиология. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2012. 886 с.
- 4 Меледина Т.В. Дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*. Морфология, химический состав, метаболизм. Учебное пособие. СПб.: Университет ИТМО, ИХ и БТ, 2014. 108 с.
- 5 Помозова В.А., Хафизова С.Г., Пермякова Л.В. Исследование особенностей жизнедеятельности дрожжей при производстве пивных напитков // Современные проблемы науки и образования. 2014. №2. С.127
- 6 Пономарева О.И. и др. Влияние условий культивирования на выход и качество хлебопекарных дрожжей // Научный журнал СПбГУНИПТ пищевых производств. 2011. №2. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://processes.ihbt.ifmo.ru>

REFERENCES

- 1 Annemuller G., Manger H. – J., Lietz P. The Yeast in the Brewery. Management-Pure yeast cultures – Propagation. Berlin, VLB, 2011, 440 p.
- 2 Kachmazov G.S. Drozhzhi brodil'nykh proizvodstv [Yeast of fermentation industry]. Saint-Petersburg, Lan', 2012, 224 p. (In Russ.)
- 3 Jay J.M., Loessner M.J., Golden D.A. Sovremennaya pishchevaya mikrobiologiya [Modern food microbiology]. Moscow, Binom. Laboratoriya znaniy, 2012, 886 p. (In Russ.)
- 4 Meledina T.V. Drozhzhi *Saccharomyces cerevisiae*. Morphology, chemical composition, metabolism]. Saint-Petersburg, Universitet ITMO, IH and BT, 2014, 108 p. (In Russ.)
- 5 Pomozova V.A., Hafizova S.G., Permjakova L.V. Research of the features of yeast vital activity in the production of beer beverages. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. [Modern problems of science and education], 2014, no. 2, pp. 127. (In Russ.)
- 6 Ponomareva O.I. et al. Influence terms of cultivation on the productivity and quality of yeast for baking of bread. *Nauchnyi jurnal SPbGUNIPT. Series: Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv*. [SPbGUNIPT Science magazine. Series: Processes and devices of food manufactures], 2011, no 2. Available at: <http://processes.ihbt.ifmo.ru> (In Russ.)