

## Физико-химические показатели напитка с использованием хвойного экстракта ели и сока ягод костяники

Показатель	Значение
Кислотность (в пересчете на яблочную кислоту), мг/%	3,99
Содержание сухих веществ, %	11,8

Физико-химические показатели безалкогольного напитка с хвойным экстрактом ели согласно полученным результатам соответствуют ГОСТ Р 32105-2013.

**Выводы.** Таким образом, в результате проведенного исследования установлен химический состав хвойного водного экстракта ели сибирской, произрастающей на территории Манского района Красноярского края. Показано, что хвойный водный экстракт ели сибирской содержит ряд ценных биологически активных компонентов.

Разработана рецептура безалкогольного напитка с использованием хвойного водного экстракта ели и сока ягод костяники каменистой, определены органолептические и физико-химические показатели напитка (кислотность и содержание сухих веществ). Наилучшие показатели качества были достигнуты при внесении хвойного экстракта ели в количестве 2,5 л на 1000 л напитка. Выявлено соответствие напитка с использованием хвойного водного экстракта ели сибирской и сока ягод костяники каменистой требованиям ГОСТ Р 32105-2013.

## Литература

1. Антонов В.И., Ягодин В.И. Экстракционная переработка древесной зелени пихты и кедра сибирских // Лесной журнал. – 2007. – № 5. – С. 89–93.
2. Бибик И.В., Глинёва Ю.А. Перспективы использования экстракта из хвои сосны обыкновенной в производстве функциональных напитков // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – № 1. – С. 9–13.
3. Терентьев В.И., Аникиенко Т.И. Химический и микробиологический состав хвойного кедрового экстракта // Вестн. КрасГАУ. – 2011. – № 4. – С. 160–163.

4. Ушанова В.М., Лебедева О.И., Девятловская А.Н. Основы научных исследований: учеб. пособие. Ч. 1–3 / под ред. С.М. Репяха. – Красноярск: Изд-во СибГТУ, 2004. – 240 с.
5. ГОСТ Р 32105-2013. Консервы. Продукция соковая. Напитки сокодержательные фруктовые и фруктово-овощные. Общие технические условия. – М.: Госстандарт России, 2014. – 16 с.

## Literatura

1. Antonov V.I., Jagodin V.I. Jekstrakcionnaja pererabotka drevesnoj zeleni pihty i kedra sibirskih // Lesnoj zhurnal. – 2007. – № 5. – S. 89–93.
2. Bibik I.V., Glinjova Ju.A. Perspektivy ispol'zovanija jekstrakta iz hvoi sosny obyknovennoj v proizvodstve funkcional'nyh napitkov // Tehnika i tehnologija pishhevyyh proizvodstv. – 2012. – № 1. – S. 9–13.
3. Terent'ev V.I., Anikienko T.I. Himicheskij i mikrobiologicheskij sostav hvojnogo kedrovogo jekstrakta // Vestn. KrasGAU. – 2011. – № 4. – S. 160–163.
4. Ushanova V.M., Lebedeva O.I., Devjatlovskaja A.N. Osnovy nauchnyh issledovanij: ucheb. posobie. Ch. 1–3 / pod red. S.M. Repjaha. – Krasnojarsk: Izd-vo SibGTU, 2004. – 240 s.
5. GOST R 32105-2013. Konservy. Produkcija sokovaja. Napitki sokosoderzhashhie fruktovye i fruktovo-ovoshhnye. Obshhie tehnicheckie uslovija. – M.: Gosstandart Rossii, 2014. – 16 s.

УДК 663.4

Л.В. Пермякова

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПОДКОРМОК НА СТАДИИ ХРАНЕНИЯ ПИВНЫХ ДРОЖЖЕЙ

L.V. Permyakova

## THE RESEARCH OF THE POSSIBILITY OF USING FOOD TOP DRESSINGS AT THE STAGE OF BEER YEAST STORAGE

**Пермякова Л.В.** – канд. техн. наук, доц. каф. технологии броидильных производств и консервирования Кемеровского технологического института пищевой промышленности (университета), г. Кемерово. E-mail: delf-5@yandex.ru

**Permyakova L.V.** – Cand. Techn. Sci., Assoc. Prof., Chair of Technology of Fermentative Productions and Conservation, Kemerovo Institute (University) of Technology of Food Industry, Kemerovo. E-mail: delf-5@yandex.ru

На жизнеспособность и активность пивных дрожжей большое влияние оказывает состав среды культивирования и хранения. В производстве пива для минимизации воздействия на дрожжевую культуру различных стрессовых факторов и обеспечения клеток необходимыми

веществами в случае их дефицита широко применяют пищевые подкормки, внесение которых в сусло перед ферментацией общепринято. В статье показана возможность использования дрожжевых подкормок (на примере препаратов «Хай-Вит», «Истекс», «Истфуд»,

«Родия Зумесит») на другой стадии технологического процесса – при хранении семенных дрожжей. Для оценки действия препаратов на изменение состава среды инкубации и физиолого-биохимических и технологических показателей дрожжей культуру суспендировали в воде, молодом пиве или пивном сусле (1:1) и хранили при температуре 2–4 °С в течение двух суток. Установлено, что в процессе инкубации дрожжевой суспензии с подкормками в рекомендуемой дозе (0,04 г/дм<sup>3</sup>) происходит более существенное, чем в контроле (без препаратов), возрастание pH, кислотности и аминного азота. Это связано с активизацией обменных процессов микробной культуры за счет дополнительного обогащения среды питательными веществами, особенно при использовании подкормки «Хай-Вит». Наблюдается рост активности клеточных ферментов (мальтазы, зимазного комплекса) на 25–70 % в сравнении с контролем в зависимости от препарата и среды суспендирования, улучшение физиологического состояния дрожжей (увеличение клеток: почкующихся – на 5–30 %, содержащих гликоген – на 8–40 %). Из исследуемых препаратов менее эффективным оказался «Истекс», что объясняется наличием в его составе только неорганических солей в отличие от других подкормок, содержащих азотистые, минеральные соединения, витамины. Использование подкормок на этапе хранения дрожжей исключает потерю внутриклеточных резервных веществ, нивелирует неблагоприятное воздействие на культуру дефицитных по питательным веществам сред.

**Ключевые слова:** дрожжи пивные, среда хранения, подкормки, активность ферментов, физиологическое состояние.

*The viability and activity of brewer's yeast are strongly influenced by the composition of culture and storage medium. In the production of beer in case of their deficiency to minimize the impact on barmy culture of various stressful factors and providing cages with necessary substances food top dressing which entering into the mash before fermentation is widely applied. The possibility of using barmy dressings (on the example of the preparations "HY-VIT", "Yeastex", "Yeast Food", "Rhodia Zumesite") at other stages of technological process is shown in the study at storage of seed yeast. For the assessment of action of preparations on the change of structure of the environment of incubation and physiological and biochemical and technological indicators of yeast the culture of suspending in water, young beer or beer mash (1:1) was also stored at the temperature of 2–4 °C within two days. It was established that during the incubation of the yeast suspension with top dressing in the recommended dose (0.04 g/l), pH, acidity and amine nitrogen had increased more significantly than in the control (without preparations). It was connected with activization of exchange processes of microbic culture due to additional enrichment of medium nutrients, especially when using top dressing of "HY-VIT". The growth of the activity of cellular enzymes (maltose, zymase complex) for 25–70 % in comparison with control depending on the preparation and suspending medium, the improvement of physiological condition of yeast (the increase in cells was observed: budding – for 5–30 % containing glycogen – for 8–40 %). Among studied preparations "Yeastex" proved to be*

*less effective, which is explained by the presence of only inorganic salts in its composition, unlike other dressings containing nitrogenous, mineral compounds, vitamins. Using the dressing at the stage of storage of yeast excluded the loss of intracellular reserve substances, the levels of adverse effect on culture of medium, scarce in nutrients.*

**Keywords:** yeast beer, storage medium, top dressing, enzyme activity, physiological state.

**Введение.** В пивоварении воздействие состава среды на физиолого-биохимические и технологические характеристики микробной культуры возможно на любом этапе производственного процесса: разведение чистой культуры или регидратация сухих дрожжей, брожение сусла, сбор дрожжей, хранение семенных дрожжей, подготовка к очередному циклу ферментации среды. От оптимизации осуществления этих стадий зависит сбраживание пивного сусла и качество готового напитка [1, 2].

Факторами, оказывающими неблагоприятное влияние на жизненную активность микробной культуры, являются нарушения параметров хранения и обработки биомассы перед введением в сусло; дефицит необходимых для роста и размножения клеток веществ в случаях переработки несоложенного сырья, солода пониженного качества, чрезмерного обессоливания технологической воды и др. [3, 4].

Длительное нахождение дрожжей в обедненной питательными компонентами среде приводит к ухудшению их физиологического состояния и биохимических показателей. Это способствует более значительному выделению в среду из клеток витаминов, азотистых, минеральных и других соединений, в результате чего дрожжи ослабевают [2, 3, 5].

В настоящее время широкое распространение в различных бродильных производствах, включая пивоварение, получили дрожжевые подкормки, обеспечивающие сглаживание различного рода стрессов и восполнение в среде культивирования важных для дрожжей веществ. Препараты могут содержать одну группу компонентов (к примеру, минеральные соли, витамины группы В или аминокислоты) или комплекс веществ в различных сочетаниях [6].

Предлагаемый производителями основной способ применения пищевых подкормок реализуется на стадии ферментации среды, однако практически отсутствуют сведения по использованию препаратов на этапе хранения дрожжевой культуры после окончания процесса брожения сусла.

**Цель исследования:** изучение возможности применения традиционных дрожжевых подкормок на стадии хранения пивных семенных дрожжей для предотвращения негативных изменений физиологического состояния, ферментативной активности, технологических свойств культуры.

Поставленная цель определила решение следующих **задач:** исследование влияния подкормок на изменение состава среды инкубации дрожжей; оценка активности отдельных ферментов ( $\alpha$ -глюкозидазы, зимазного комплекса) дрожжевой культуры, ее физиологических и технологических показателей в процессе хранения в разных средах с подкормками.

**Объект и методы исследования.** Объект изучения – производственные пивные дрожжи низового брожения расы С34 четвертой и пятой генерации.

Хранение семенных дрожжей осуществляли в средах, обычно используемых в производстве: воде, 11 %-м пивном охмеленном сусле, молодом пиве сорта «Жигулевское». В качестве подкормок применяли «Хай-Вит», «Истекс», «Истфуд», «Родия Зумесит» (состав представлен в таблице 1) в рекомендуемых производителями дозировках (0,01–0,04 г/дм<sup>3</sup> сусла) [6].

Постановка эксперимента состояла в смешивании дрожжей со средой (1:1), внесении препарата с последу-

ющей выдержкой суспензии в течение двух суток при температуре 2–4 °С. Контролем служила культура, хранящаяся в воде, молодом пиве или сусле без добавления подкормки.

Оценку физиологических показателей дрожжей проводили методом прямого микроскопирования с использованием красителей: раствора Люголя – при определении клеток с запасом гликогена, раствора метиленового синего – для подсчета количества мертвых клеток. Способность дрожжей к флокуляции определяли методом Барна по объему осадка, см<sup>3</sup>, образовавшегося через 10 мин отстаивания дрожжевой суспензии [7].

Таблица 1

Состав дрожжевых подкормок [6]

Препарат (производитель)	Состав препарата
«Хай-Вит» (Германия)	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> , MnSO <sub>4</sub> , ZnSO <sub>4</sub> , витамины гр. В, аминокислоты (аспарагиновая, аспартамовая, глутаминовая), пептон
«Истекс» (США)	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> , MnSO <sub>4</sub> , ZnSO <sub>4</sub>
«Родия Зумесит» (Великобритания)	Мука солодовая, кукурузная, NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , K <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>7</sub> , K <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
«Истфуд» (Австрия)	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> , витамины гр. В

Определение активности дрожжевых ферментов α-глюкозидазы (мальтазы) и зимазного комплекса вели по скорости ферментативного гидролиза мальтозы и потребления глюкозы соответственно с последующим поляриметрированием полученных растворов [8].

Результаты эксперимента получены в трехкратной повторности.

**Результаты исследования и их обсуждение.** На первом этапе работы изучали изменение состава среды инкубации в процессе хранения семенных дрожжей в присутствии пищевых подкормок на примере препарата «Хай-Вит» и «Истекс» (в дозе 0,04 г/дм<sup>3</sup>). Результаты исследования представлены в таблице 2.

Во всех случаях наблюдается нарастание кислотности и аминного азота, увеличение pH, за исключением образца дрожжей, находившегося под слоем воды, в котором происходит значительное (на 2,0 ед. по отношению к первоначальному значению) смещение pH в слабокислую область.

При хранении дрожжей под слоем молодого пива в течение двух суток в зависимости от применяемого препарата кислотность возрастает в среднем в 2,2 раза по отношению к исходной величине (без препаратов – в 2,3 раза), аминный азот – на 89 % (без подкормок – на 81 %).

Таблица 2

Влияние подкормок на показатели среды хранения дрожжей

Показатель	Длительность хранения, сут	Среда инкубации					
		Вода	Вода + подкормка	Молодое пиво	Молодое пиво + подкормка	Сусло	Сусло + подкормка
1	2	3	4	5	6	7	8
Препарат «Хай-Вит»							
pH	-	7,43	7,43	4,51	4,55	5,26	5,20
	1	5,46	5,59	5,13	5,13	5,42	5,50
	2	5,35	5,43	5,23	5,24	5,61	5,83
Кислотность, к. ед.	-	-	-	2,6	2,6	2,0	2,0
	1	1,8	1,6	5,5	5,4	4,4	4,2
	2	2,8	2,6	6,0	5,8	5,9	5,4
Аминный азот, мг/100 см <sup>3</sup>	-	-	-	19,6	19,6	25,2	25,2
	1	8,4	11,2	30,8	33,6	31,0	33,6
	2	11,2	14,6	33,6	35,0	36,4	37,0
Препарат «Истекс»							
pH	-	7,53	7,53	4,40	4,40	5,41	5,41
	1	5,51	5,53	5,25	5,28	5,55	5,60
	2	5,40	5,37	5,71	5,72	5,73	5,75

1	2	3	4	5	6	7	8
Кислотность, к. ед.	-	-	-	2,6	2,6	2,3	2,3
	1	2,8	2,8	5,8	5,8	4,8	4,7
	2	3,5	3,4	6,3	6,2	6,3	6,3
Аминный азот, мг/100 см <sup>3</sup>	-	-	-	19,6	19,6	23,8	23,8
	1	11,2	14,8	33,6	35,4	36,4	38,0
	2	19,6	22,4	37,5	39,0	39,2	42,0

В то же время использование в качестве среды инкубации пивного суслу с подкормками способствует более выраженному увеличению кислотности – в среднем в 2,4 раза (без препаратов – в 2,5 раза), но в меньшей степени выделению аминного азота – на 61 % (без подкормок – на 55 %). В последнем случае, очевидно, имеет место экскреция аминокислот из клетки с одновременным потреблением низкомолекулярных азотистых веществ из суслу. В этом же варианте в сравнении с другими рост активной кислотности незначителен (в среднем на 0,35 ед.).

Повышение активной кислотности (рН) в дрожжевой суспензии, хранящейся под слоем суслу или молодого пива, вероятно, связано с выделением из дрожжей в условиях ограниченных питательных ресурсов и высокой концентрации клеток щелочных аминокислот и связыванием ионов водорода продуцируемыми фосфатами и протеинами [1, 2].

Из исследуемых препаратов «Хай-Вит» привел к менее существенным изменениям состава среды, чем «Истекс», что лучше с точки зрения сохранения нормального физиологического состояния дрожжевой культуры. Это можно объяснить более полноценным составом подкормки «Хай-Вит» (см. табл. 1), так как наряду с неорганическими солями в ней содержатся витамины и легкоусвояемые азотистые соединения.

Таким образом, использование пищевых подкормок на стадии хранения дрожжей приводит к стимулированию обменных процессов в клетках и за счет этого – к трансформации состава среды суспендирования, что, в свою очередь, отражается на физиолого-биохимических характеристиках культуры.

На рисунке 1 и 2 представлены изменения ферментативной активности и показателей физиологического состояния дрожжей в процессе хранения в разных средах в присутствии подкормок «Хай-Вит», «Истекс», «Истфуд», «Родия Зумесит» в концентрации 0,02 г/дм<sup>3</sup>. В качестве среды инкубации биомассы взяты охмеленное суслу и молодое пиво.

Характер изменения активности ферментов подготовительной стадии гликолиза (мальтазы) и собственно спиртового брожения (зимазного комплекса) связан как с составом добавки, так и со средой, в которой находятся дрожжи (рис. 1).

Наибольший прирост зимазной активности (на 72 % в сравнении с контролем) наблюдается на вторые сутки нахождения дрожжей под слоем суслу с препаратом «Хай-Вит», в то время как применение препаратов «Истекс», «Истфуд» и «Родия Зумесит» дает увеличение на 60; 68 и 69 % соответственно.

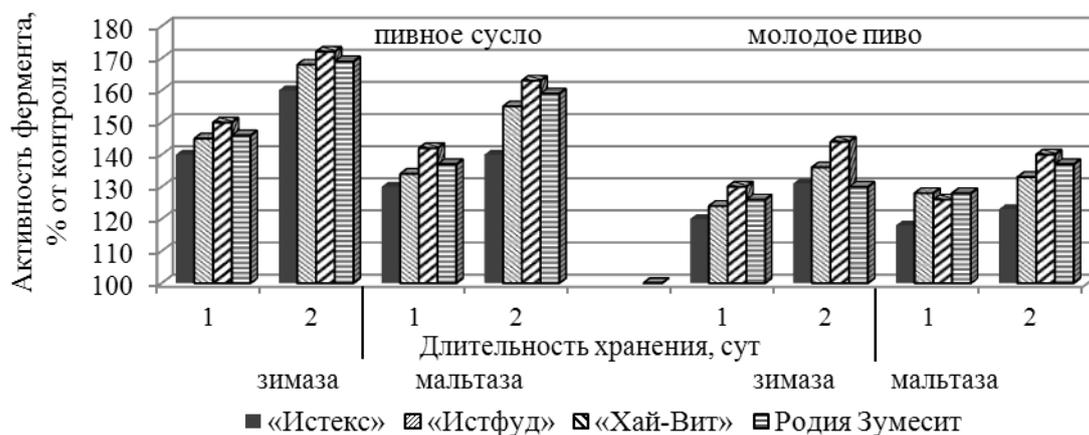


Рис. 1. Изменение ферментативной активности дрожжей при хранении в разных средах с подкормками

Использование в качестве среды инкубации молодого пива с подкормками также приводит к возрастанию активности зимазы, однако этот прирост меньше (20–44 % по отношению к контролю в зависимости от препарата и длительности выдержки), чем при хранении дрожжей в сусле.

Для всех образцов максимальное значение мальтазной активности, как и для зимазного комплекса, достигается ко вторым суткам хранения в сусле. Препарат «Истекс» повысил активность этого фермента на 40 % по сравнению с контролем, «Истфуд» – на 50 %, «Хай-Вит» и «Родия Зумесит» – на 63 и 59 % соответственно.

При хранении дрожжей с препаратами в молодом пиве увеличение активности мальтазы происходит в меньшей степени (на 23–40 % по отношению к контрольному образцу) в сопоставлении с инкубированием в сусле.

Возможные причины наблюдаемых изменений связаны с наличием в молодом пиве спирта, побочных продуктов брожения, дефицитом необходимых субстратов, что приводит к ингибированию ферментов. В пивном сусле присутствует широкий набор химических веществ (сахаров, аминокислот, макро- и микроэлементов, факторов роста), выступающих в роли субстратов и активаторов для действия биокатализаторов. Внесенные с подкормками компоненты являются дополнительными стимуляторами для проявления активности исследуемых ферментов.

Помимо трансформации ферментативной активности изменяется физиологическое состояние дрожжей (рис. 2).

Помимо трансформации ферментативной активности изменяется физиологическое состояние дрожжей (рис. 2).

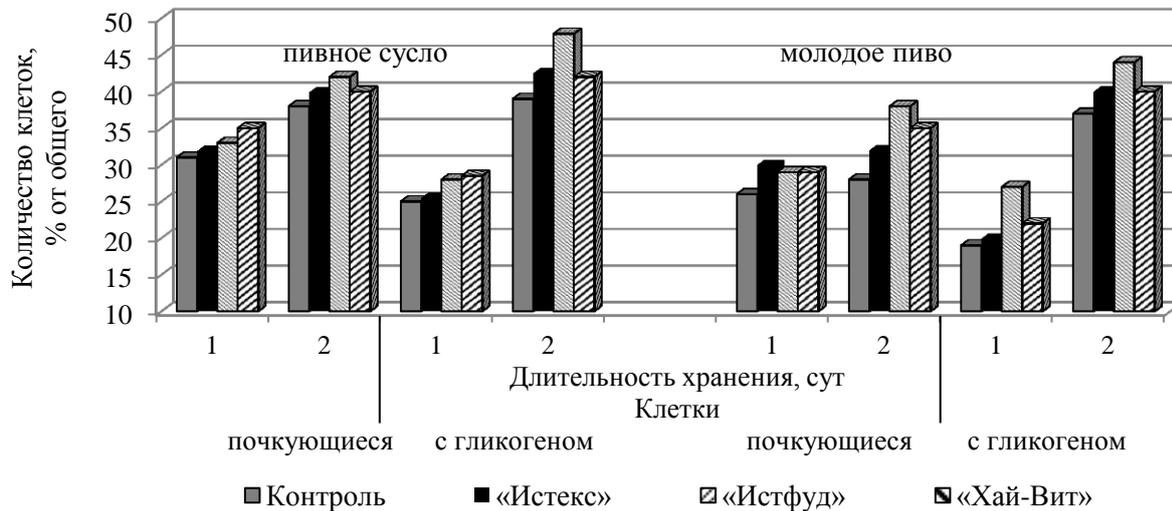


Рис. 2. Влияние пищевых подкормок на физиологические показатели дрожжей при хранении в разных средах

При хранении дрожжевой культуры в течение суток под слоем суслу с внесением подкормок количество почкующихся клеток возрастает в зависимости от препарата на 3–13 % относительно контроля, после двух суток – на 5–11 %, в то время как при использовании в качестве среды инкубации молодого пива активно размножающихся клеток соответственно на 11–17 и 14–36 % больше. Добавление в среду суспендирования (сусло/молодое пиво) подкормок способствует приросту клеток с запасом гликогена, и величина его составляет (108–123) / (105–142) % от контрольного варианта.

Обращает на себя внимание, что при хранении в менее полноценной среде (молодом пиве) дрожжевая культура в плане своего физиологического состояния в большей степени откликается на внесение подкормок, чем при инкубации в пивном сусле, где данный эффект менее выражен.

Важнейший технологический показатель пивных дрожжей – способность клеток к оседанию (флокуляция), от которой зависит степень сбраживания экстракта суслу, редуция диацетила, осветление пива [1, 2, 6].

Была проведена оценка флокуляционной способности дрожжей в процессе хранения в молодом пиве с подкормками «Хай-Вит» и «Родия Зумесит» (дозировка 0,005–0,02 г/дм<sup>3</sup>). Во всех случаях в сравнении с контролем (дрожжи без подкормки) добавление препарата снижает способность клеток к оседанию, о чем свидетельствует уменьшение объема дрожжевого осадка, измеренного через 10 мин после отстаивания суспензии (табл. 3). Указанная зависимость проявляется тем больше, чем выше доза подкормки и длительнее контакт с дрожжами, что особенно наглядно видно на примере «Родия Зумесит».

Таблица 3

**Способность дрожжей к флокуляция, см<sup>3</sup>, в зависимости от дозы подкормок и длительности хранения культуры**

Препарат	Доза препарата, г/дм <sup>3</sup> (срок хранения 2 сут)					Длительность хранения, сут (доза 0,015 г/дм <sup>3</sup> )		
	-	0,005	0,01	0,015	0,02	-	1	2
«Хай-Вит»	3,2	3,6	3,4	3,2	3,0	4,7	4,6	4,4
«Родия Зумесит»	4,6	4,4	4,2	4,0	3,9	4,7	4,5	4,0

Данный факт в дальнейшем может отрицательно повлиять на степень осветления пива и его фильтруемость.

Для устранения этого необходимо сократить срок хранения дрожжей до одних суток либо снизить дозу препарата.

С учетом оценки всех вышеприведенных характеристик дрожжевой культуры исследуемые препараты по эффективности располагаются следующим образом: наибольшее воздействие на популяцию оказали «Хай-Вит», «Истфуд» и «Родия Зумесит», в меньшей степени проявил себя «Истекс», что объясняется составом подкормок. Первые три препарата содержат комплекс неорганических и органических соединений, в то время как «Истекс» является однокомпонентным, содержащим только минеральные составляющие (см. табл. 1).

**Выводы.** Хранение дрожжей с подкормками приводит к изменению активной кислотности среды на 0,35–2,0 ед., повышению аминного азота – в среднем на 8 % в сравнении с инкубированием биомассы без препаратов.

Пищевые подкормки снижают на 5–13 % флокуляцию клеток, но оказывают положительное влияние на физиолого-биохимические характеристики дрожжей, способствуя возрастанию на 25–70 % активности ферментов α-глюкозидазы и зимазного комплекса, увеличению количества клеток, почкующихся на 5–30 % и с запасом резервного углевода на 8–40 %.

Более результативное действие на культуру дрожжей оказывают многокомпонентные препараты («Хай-Вит», «Истфуд» и «Родия Зумесит»), устраняющие негативное влияние на физиологические, технологические показатели популяции, активность клеточных биокатализаторов дефицитного по питательным веществам молодого пива как среды хранения.

#### Литература

1. Аннемюллер Г., Мангер Г.-Й., Литц П. Дрожжи в пивоварении / пер. с англ. под науч. ред. С.Г. Давыденко. – СПб.: Профессия, 2015. – 428 с.
2. Нарцисс Л. Краткий курс пивоварения / пер. с нем. А.А. Куреленкова. – СПб.: Профессия, 2007. – 640 с.
3. О'Коннор-Кокс А. Ведение дрожжей и определение их качества // Спутник пивовара. – 1999. – № 3–4. – С. 30–36.

4. О'Коннор-Кокс А. Оптимизация процесса ведения дрожжей на пивоваренном заводе // Спутник пивовара. – 1999. – № 1–2. – С. 15–28.
5. Пермякова Л.В. Регулирование биотехнологических свойств пивных дрожжей путем корректировки состава питательной среды. – Кемерово, 2017. – 248 с.
6. Меледина Т.В. Сырье и вспомогательные материалы в пивоварении: справочник. – СПб.: Профессия, 2003. – 304 с.
7. Химико-технологический контроль пивобезалкогольного производства / Р.А. Колчева [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1988. – 272 с.
8. Польшгалина Г.В., Чередниченко В.С., Римарева Л.В. Определение активности ферментов. – М.: ДеЛи принт, 2003. – 375 с.

#### Literatura

1. Annemjuller G., Manger G.-J., Litc P. Drozhzhi v pivovarenii / per. s angl. pod nauch. red. S.G. Davydenko. – SPb.: Professija, 2015. – 428 s.
2. Narciss L. Kratkij kurs pivovarenija / per. s nem. A.A. Kurelenkova. – SPb.: Professija, 2007. – 640 s.
3. O'Konnor-Koks A. Vedenie drozhzhezj i opredelenie ih kachestva // Sputnik pivovara. – 1999. – № 3–4. – S. 30–36.
4. O'Konnor-Koks A. Optimizacija processa vedenija drozhzhezj na pivovarennom zavode // Sputnik pivovara. – 1999. – № 1–2. – S. 15–28.
5. Permjakova L.V. Regulirovanie biotehnologicheskijh svojstv pivnyh drozhzhezj putem korrekcirovki sostava pitatel'noj sredy. – Kemerovo, 2017. – 248 s.
6. Meledina T.V. Syr'e i vspomogatel'nye materialy v pivovarenii: spravochnik. – SPb.: Professija, 2003. – 304 s.
7. Himiko-tehnologicheskij kontrol' pivobezalkogol'nogo proizvodstva / R.A. Kolcheva [i dr.]. – M.: Agropromizdat, 1988. – 272 s.
8. Polygalina G.V., Cherednichenko V.S., Rimareva L.V. Opredelenie aktivnosti fermentov. – M.: DeLi print, 2003. – 375 s.