

Ковалевский А.П.,

магистр кафедры "Технологии бродильных производств и виноделия"

*ФГБОУ ВО "Московский государственный университет пищевых
производств"*

Россия, г. Москва

Шабурова Л.Н.,

кандидат технических наук, доцент

доцент кафедры "Технологии бродильных производств и виноделия"

*ФГБОУ ВО "Московский государственный университет пищевых
производств"*

Россия, г. Москва

Гернет М.В.,

доктор технических наук, профессор

заведующий кафедры "Технологии бродильных производств и виноделия"

*ФГБОУ ВО "Московский государственный университет пищевых
производств"*

Россия, г. Москва

ВЛИЯНИЕ МЕТОДА СУХОГО ОХМЕЛЕНИЯ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКУЮ ЧИСТОТУ ГОТОВОГО ПИВА

Аннотация: в статье изучено влияние метода сухого охмеления на микробиологическую чистоту готового высокоплотного пива. Проведены количественные и качественные анализы образцов гранул хмеля, хмелевого шрота и пива на различных стадиях производства по микробиологическим показателям. Данные исследования показали уменьшение контаминации и улучшение флокуляционной способности дрожжевых клеток за счет образования хлопьев с частицами хмелевого шрота.

Ключевые слова: пиво, хмелепродукты, сухое охмеление, контаминация, флокуляция.

INFLUENCE OF THE DRY HOPPING METHOD ON THE MICROBIOLOGICAL PURITY OF FINISHED BEER

Annotation: the influence of the dry hopping method on the microbiological purity of finished high-density beer is studied. Quantitative and qualitative analyzes of samples of hop pellets, hop meal and beer at various stages of production according to microbiological indicators were carried out. These studies showed a decrease in contamination and an improvement in the flocculation ability of yeast cells due to adsorption and deposition on hop-meal particles.

Key words: beer, hop products, dry hopping, contamination, flocculation.

В пивоварении одним из основных и незаменимых компонентов является хмель. Это растение играет очень важную роль в пиве, входящие в его состав вещества придают этому напитку специфические вкус, аромат, а также препятствуют развитию посторонних микроорганизмов. В его химический состав входят: горькие вещества, эфирные масла, полифенольные вещества, белки, вода, целлюлоза, зола, безазотистые экстрактивные вещества. Для пивовара важны только три компонента, которые обладают вышеперечисленными свойствами: хмелевые смолы (горькие вещества), хмелевые эфирные масла и полифенольные соединения [3].

Хмелепродукты и методы их внесения нужно выбирать, основываясь на этих критериях. Не вызывает сомнений тот факт, что любой сорт пригоден для охмеления: ароматный, горький или горько-ароматный. Намного важнее выбрать метод внесения для создания сортов пива с яркой ароматикой.

Для этого целесообразно вместо внесения ароматического хмеля в конце кипячения применять метод сухого (холодного) охмеления, позволяющий наиболее полно экстрагировать хмелевые вещества без риска их потерь [2].

Данная методика широко применяется в крафтовом пивоварении, которое имеет малую историю, но, при этом, получило огромную популярность среди потребителей.

Таким образом, создание новых сортов пива с применением технологии сухого охмеления является актуальной задачей. Пиво, приготовленное по этой технологии, отличается насыщенным ароматом хмеля, который невозможно достигнуть в традиционной технологии пивоварения [2].

Однако, несмотря на такой интерес к этому пиву, о методе сухого охмеления с научной точки зрения известно крайне мало, особенно оказывает ли антимикробное действие на готовый напиток по качественным и количественным микробиологическим показателям.

Имеются лишь незначительные исторические справки. В английских письменных источниках XIX в. имеются многочисленные указания на технологию сухого охмеления: на первом плане стояла задача путем охмеления не только придать интенсивный хмелевой аромат, но и повысить микробиологическую стабильность пива [5].

Задача представленной работы – изучение влияния метода сухого охмеления на микробиологическую чистоту пива, так как, предположительно, могла возникнуть контаминация во время этого процесса.

В работе для микробиологических исследований был выбран сорт пива, разработанный пивоварней Panzer Brewery – Indian Pale Ale (IPA) "Акварель".

Indian Pale Ale "Акварель" – сильно охмеленная разновидность пейл-эля, получаемое из высокоплотного пивного суслу с видимым экстрактом 17%. Для приготовления "Акварели" используются традиционные ячменные солода карамельных сортов, придающие пиву мягкий сладкий карамельный вкус, при кипячении добавляется хмель гранулированный T90 горько-ароматных сортов с цитрусовым и фруктовым ароматом, брожение ведется при помощи верховых дрожжей для получения более алкогольного эля. IPA "Акварель" соответствует ГОСТу 31711-2012.

Для сухого охмеления был выбран хмель гранулированный Т90 горько-ароматных сортов Idaho 7 и Simcoe, имеющих высокое содержание α -кислот и эфирных масел, отличающихся сильным цитрусовым и хвойным ароматом. Данные по составу сортов представлены в таблице 1. Выбранные хмелепродукты соответствуют ГОСТу 32912-2014.

Таблица 1.

Качественный состав хмеля

Показатель	Значение показателя в образце	
	Idaho 7	Simcoe
α -кислота, %	13	13
Когумулон в α -кислоте, %	35	17
β -кислота, %	4,5	4,5
Ароматическое эфирное масло, мл/100 г	1,3	2,2
Гумулен в масле, %	11	14
Кариофиллен в масле, %	6	8
Фарнезен в масле, %	3	1

Для эксперимента было проведено охмеление готового напитка методом выщелачивания с использованием специального аппарата ("торпеды") HopSmart (см. рис. 1). Это небольшой ферментер, рассчитанный на давление до 2 бар, с металлическим коническим дном. Перед задачей хмеля установка была тщательно дезинфицирована (надуксусная кислота с примесью перекиси водорода) и промыта водой с последующим продуванием CO₂. Для выщелачивания в емкость устанавливается сетчатый сепаратор ("свеча"): на одном с широкими отверстиями проходит охмеление, после на другом с узкими отверстиями собирается не полностью растворенный хмель с первого охмеления. Установка HopSmart подключается к цилиндро-коническому танку (ЦКТ), пропускает готовое пиво через эту хмелевую взвесь, и возвращает обратно,

обогащая при этом напиток маслянистыми и эфирными веществами [8]. Охмеление длилось в течение 2 часов при температуре 15°C.



Рисунок 1. Аппарат для сухого охмеления HopSmart

Для качественного и количественного микробиологического анализа отбирали пробы: последней промывной воды после дезинфекции аппарата, хмеля и пива до начала и по окончании процесса холодного охмеления. Анализ проводили методом глубинного посева, соблюдая правила асептики.

Глубинный посев образцов хмеля до и после сухого охмеления включает три этапа: приготовление разведений, посев на плотную среду в чашки Петри и анализ выросших колоний [4].

Численные популяции микроорганизмов достаточно велики, поэтому для получения изолированных колоний готовили ряд последовательных разведений. Для выявления бактерий, дрожжей, мицелиальных грибов использовали селективные питательные среды – мясо-пептонный (МПА) и сусловый агар (СА). Высев исследуемой суспензии проводили глубинным методом посева в объеме 1 см³ из соответствующего разведения (1×10^3) в стерильные чашки Петри, заливая их расплавленной и остуженной до 45° С средой. Посевы культивировали в термостате при температуре 28° С. Далее производили количественный (подсчет

колониеобразующих единиц (КОЕ/см³) и качественный (микроскопирование препаратов при x40 и x100) анализы выросших колоний [4]. Результаты исследований представлены на рисунке 2 и в таблице 2.

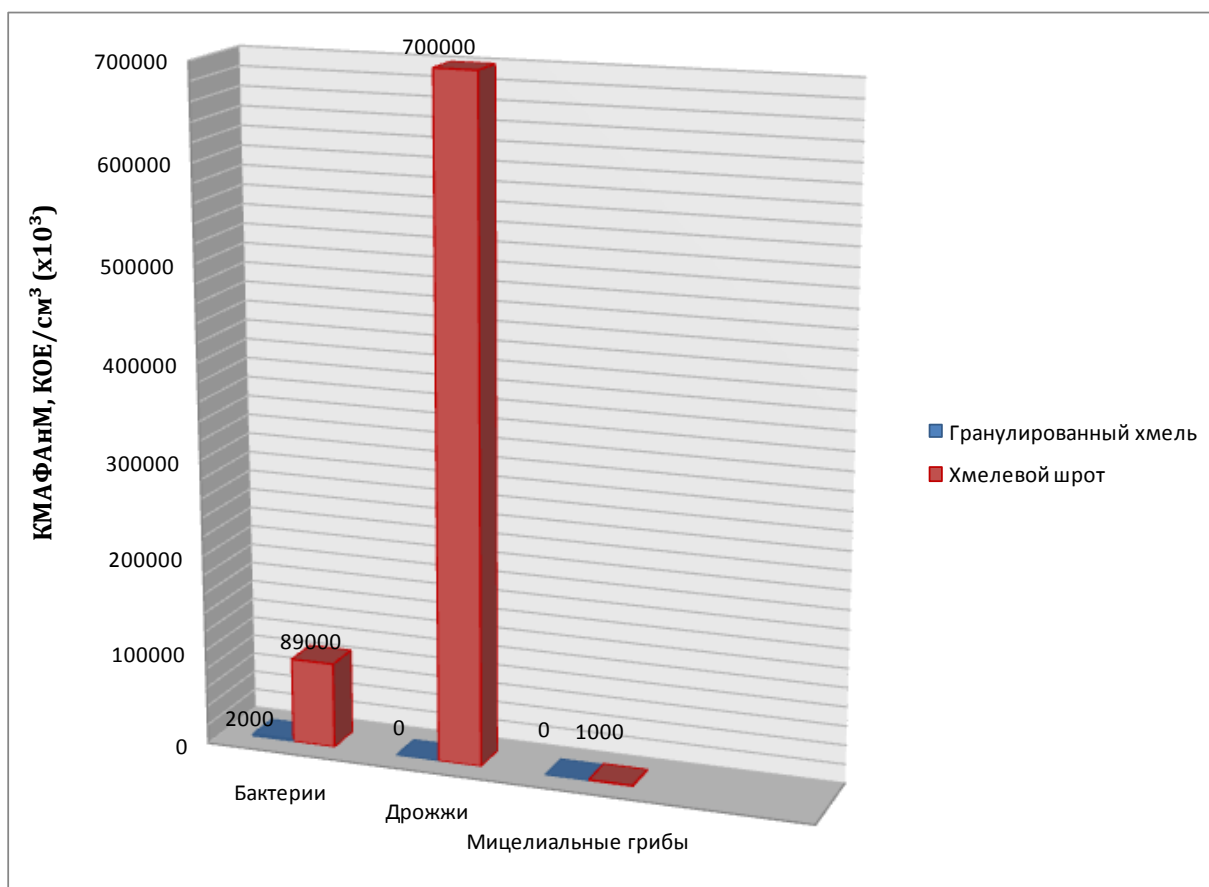


Рисунок 2. Количественный анализ образцов хмеля

Как показывает количественный учет, число бактерий, дрожжей и мицелиальных грибов во втором образце увеличилось на 98% и 100%, соответственно, по сравнению с результатами анализа первого. Это количество составляют не только те микроорганизмы, обнаруженные в хмелепродуктах, но и находившееся в пиве. Из данных по качественному анализу видно, что на частицах шрота имеется наличие различных бактерий, диких дрожжей и грибов, либо которыми был заражен напиток в процессе производства, либо попавшие от переносчика из окружающей среды во время сухого охмеления, которое проходит в нестерильных условиях. Дальнейшее произошедшее слипание двух частиц называется флокуляцией. Предположительно, происходит ионное взаимодействие клеток микроорганизмов и растительных клеток хмеля, образуя при столкновении стабильные и хорошо уравновешенные в жидкости

хлопья. Известно, что растения, дрожжи и грибы будучи эукариотами обладают положительным поверхностным зарядом клетки. Однако, дрожжи и грибы могут изменять его, в зависимости от вида и условий, так во время размножения они приобретают отрицательный заряд, что объясняет появление на хмелевом шроте огромного количества культурных *Saccharomyces cerevisiae*, диких *Torulopsis colliculosa* и клеток мицелия гриба *Alternaria*. То же самое относится и к бактериям (прокариоты), которые всегда имеют отрицательный заряд. Для хорошего распределения, ускорения столкновений частиц и образования хлопьев нужно быстрое перемешивание, что и осуществляется в процессе выбранного метода сухого охмеления.

Таблица 2.

Качественный анализ образцов хмеля

Исследуемый образец	Колонии микроорганизмов		
	Бактерии	Дрожжи	Мицелиальные грибы
Гранулированный хмель	<i>Bacillus</i> spp. (матовая, гладкая; Г+); <i>Lactobacterium</i> spp. (бледная, блестящая; Г+)	Не обнаружено	Не обнаружено
Хмелевой шрот	<i>Actinomyces</i> spp. (белые, шероховатые, выпуклые; Г+); <i>Bacillus</i> spp. (матовая, морщинистая; Г+); <i>Lactobacterium</i> spp. (бледная, блестящая; Г+); <i>Leuconostoc</i> spp. (белые, сложные, Г+); <i>Micrococcus</i> spp. (белые, гладкие; Г+); <i>Streptococcus</i> spp. (белые, гладкие; Г+)	<i>Torulopsis colliculosa</i> (белые, гладкие); <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (белые, гладкие)	<i>Alternaria</i> (черная, шероховатая)

Микробиологический анализ образцов пива до и после охмеления проводился идентичным способом, как и образцов хмеля с учетом выбранного разведения 1×10^2 [4]. Результаты представлены на рисунке 3 и в таблице 3.

В пиве после охмеления наблюдается значительное увеличение клеток микроорганизмов: бактерий – на 60%, дрожжей – на 40%. Стоит отметить полное отсутствие мицелиальных грибов в обоих образцах пива.

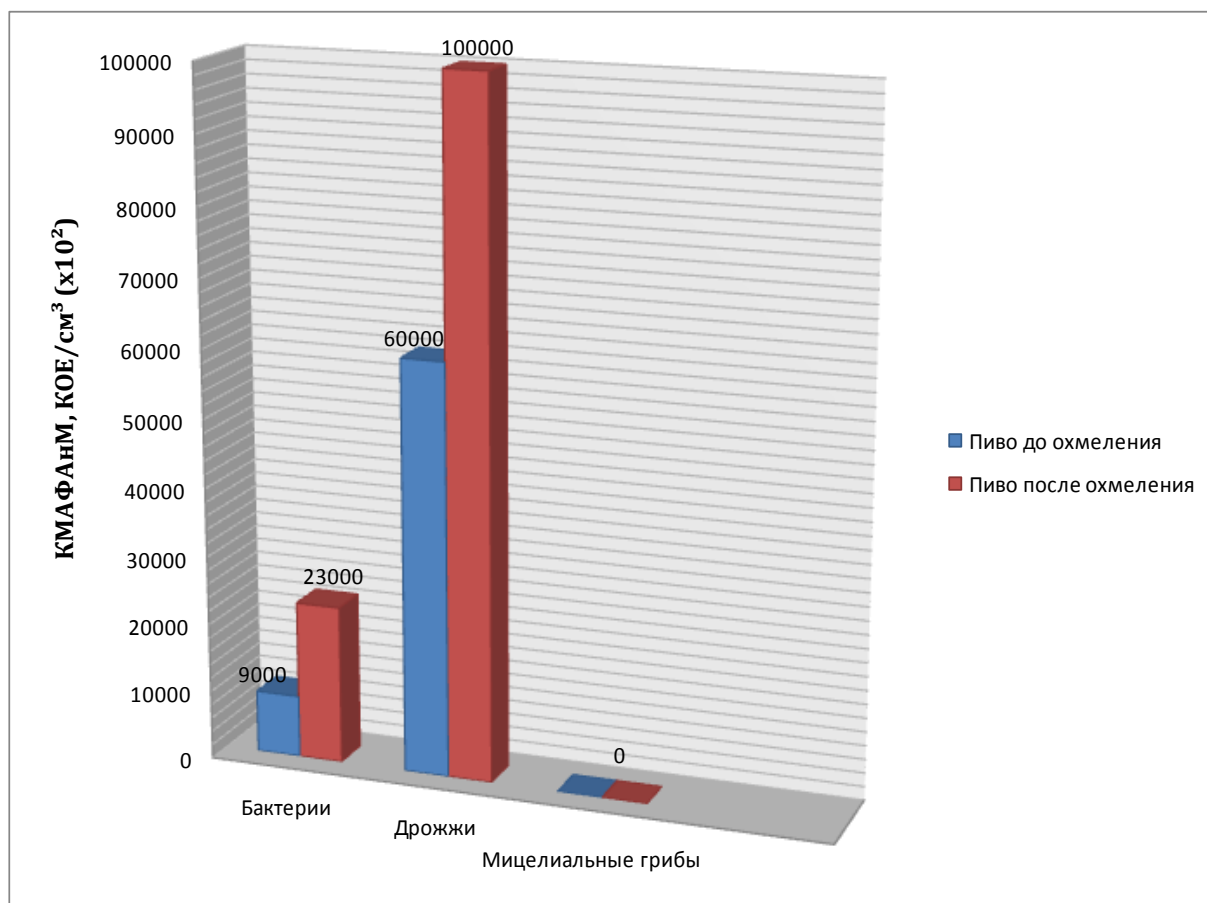


Рисунок 3. Количественный анализ образцов пива

Выяснилось, что часть бактериальной массы в образце пива после охмеления составляют микроорганизмы родов *Micrococcus* и *Streptococcus*, которыми изначально был инфицирован напиток. Остальные бактерии, вероятно, заразили пиво во время процесса охмеления из-за загрязненности воздуха бродильного цеха. Но очевидным остается тот факт, что влияние на такое возрастание количества клеток оказывает механическое воздействие на готовый продукт.

Обращаясь к результатам количественного и качественного анализа хмелевого шрота, можно сказать, что полученное число КОЕ/см³ в пиве после охмеления могло стать в разы больше, также обнаружались бы нежелательные для пива микроорганизмы как *Actinomyces*, *Torulopsis colliculosa* и *Alternaria*, которые отсутствуют в этом же образце. Вышесказанное только подтверждает теорию о флокуляции.

Таблица 3.

Качественный анализ образцов пива

Исследуемый образец	Колонии микроорганизмов		
	Бактерии	Дрожжи	Мицелиальные грибы
Пиво до охмеления	<i>Micrococcus</i> spp. (белые, гладкие; Г+); <i>Streptococcus</i> spp. (белые, гладкие; Г+)	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (белые, гладкие)	Не обнаружено
Пиво после охмеления	<i>Bacillus</i> spp. (матовая, морщинистая; Г+); <i>Lactobacterium</i> spp. (матовая, морщинистая; Г+); <i>Leuconostoc</i> spp. (белые, каплевидные; Г+); <i>Micrococcus</i> spp. (белые, гладкие; Г+); <i>Streptococcus</i> spp. (белые, гладкие; Г+)	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (белые, гладкие)	Не обнаружено

После 7-дневной выдержки пива в танке дображивания при розливе была взята проба из алюминиевой банки для повторных микробиологических исследований. Анализ этих образцов проводился тем же способом, как и образцов хмеля и пива, с учетом выбранного разведения 1x10.

Результаты представлены на рисунке 4 и в таблице 4.

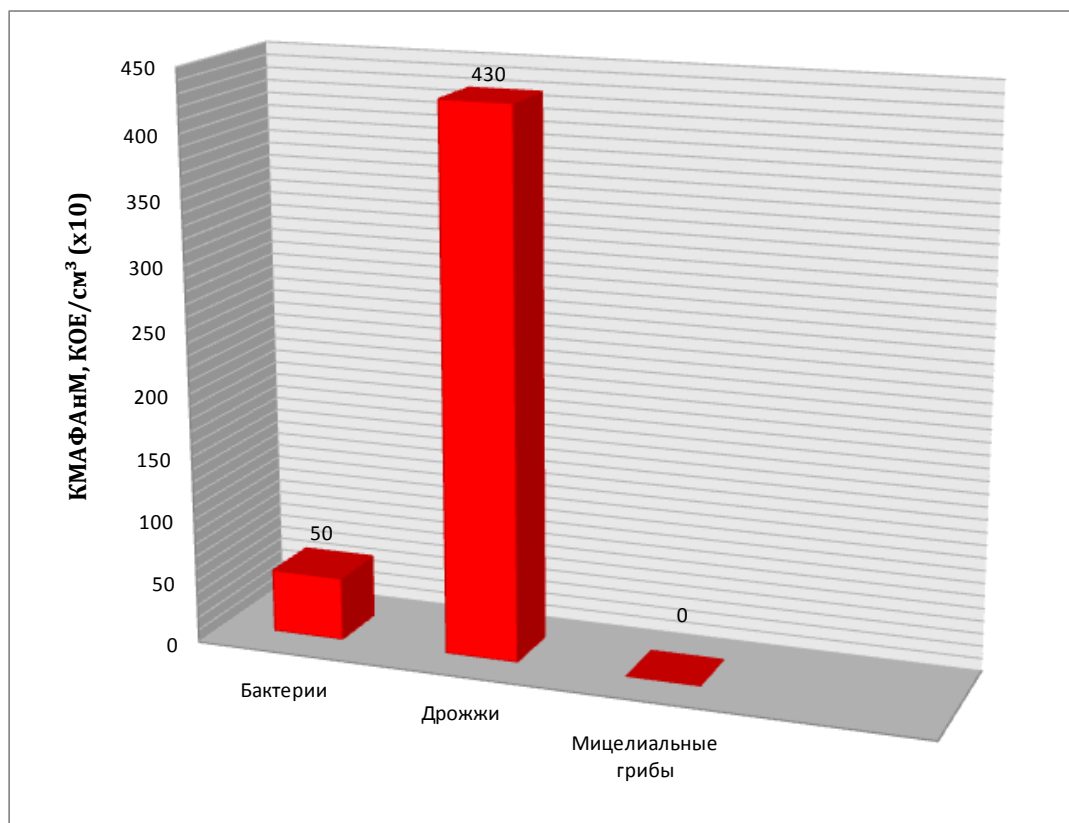


Рисунок 4. Количественный анализ готового пива

По истечении срока настаивания пива с хмелем наблюдается существенное уменьшение общего количества микроорганизмов почти на 100%. Данное явление произошло, скорее всего, вследствие седиментации образовавшихся хлопьев из твердых хмелевых частичек вместе с прикрепленными к ним клетками бактерий и дрожжей, на дно ЦКТ. Равным образом снижению значительного числа клеток могут способствовать вещества хмеля, выделенные в течение длительной выдержки. Содержащиеся в нем мягкие смолы и отдельные группы полифенолов обладают антисептическим и антибиотическим действием, которое проявляется при средних значениях рН среды [6;7]. Как показывает качественный анализ спорообразующие бактерии частично присутствуют в готовом пиве, ввиду своей устойчивости к подобным свойствам. Количество микроорганизмов в готовом пиве соответствует нормам ТР ТС 201_/00.

Качественный анализ образцов готового пива

Исследуемый образец	Колонии микроорганизмов		
	Бактерии	Дрожжи	Мицелиальные грибы
Готовое пиво	<p><i>Bacillus</i> spp. (гладкая, матовая; Г+);</p> <p><i>Micrococcus</i> spp. (белые, гладкие; Г+)</p>	<p><i>Saccharomyces cerevisiae</i> (белые, гладкие)</p>	Не обнаружено

Анализ образцов смыва последней промывной воды с аппарата осуществлялся глубинным методом посева, без разведения. Результаты исследований показали отсутствие контаминации по микробиологическим показателям.

Для сбраживания пивного сула использованы дрожжи верхового брожения. Данный тип пылевидных дрожжей имеет плохую флокуляционную способность. Ранее было высказано предположение о явлении флокуляции, возникающие в процессе холодного охмеления, поэтому метод должен изменить эту особенность пылевидного типа дрожжей в лучшую сторону. Анализ трех разных образцов пива проводили методом подсчета дрожжевых клеток с помощью камеры Горяева. Итоги исследования изображены на рисунке 5.

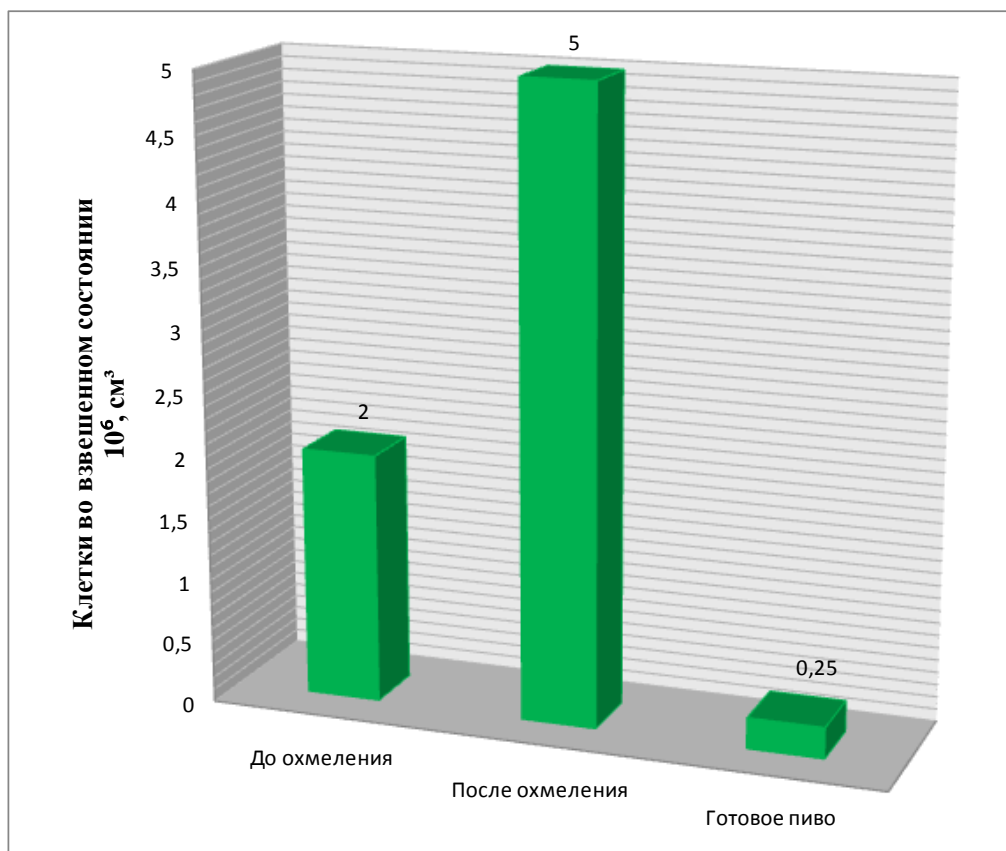


Рисунок 5. Анализ флокуляционной способности дрожжей

Количество дрожжей после сухого охмеления увеличилось на 60%, а в готовом пиве – резко уменьшилось на 95%, что говорит об хорошей агглютинации и осаждении дрожжевых клеток. Это положительно влияет на напиток, делая его более прозрачным.

На основании полученных экспериментальных данных можно сделать вывод, что после сухого охмеления повышается микробиологическая чистота напитка. Количественные и качественные анализы готового пива показывают уменьшение контаминации в пределах норм по микробиологическим показателям. Вместе с тем, исследования флокуляционной способности дрожжевых клеток показали, что после такой обработки улучшается прозрачность – важный органолептический показатель.

Использованные источники:

1. Кунце В. Технология солода и пива: пер. с нем. - СПб.: Изд-во «Профессия», 2001. 912 с
2. Матвеева Н.А., Титов А.А. Применение технологии сухого охмеления в пивоварении // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2015. – №1. – С. 111-118.
3. Нарцисс Л.: Краткий курс пивоварения, перевод с нем. – СПб.: Изд-во «Профессия», 2007. – 640 с.
4. Шабурова Л.Н., Ильяшенко Н.Г., Каптерева Ю.В. Основные методы изучения морфологических, культуральных и физиолого-биохимических свойств микроорганизмов. – М.: Издательский комплекс МГУПП, 2005. – 112 с.
5. Шенбергер К. Хорошо проведенное сухое охмеление – половина успеха // Brauwelt – Мир пива и напитков. – 2014. – №3. – С. 277-280.
6. Биохимия солода и пива. Горькие вещества хмеля: сайт журнала Beauty and Success. [Электронный ресурс]. URL: <http://sunmuseum.ru/biohimiya-soloda-i-piva/2648-gorkie-veschestva.html>.
7. Отрывок из статьи "Теория хмеля". [Электронный ресурс]. URL: <http://narodnij.ru/articles/teoriya-khmelya/> (дата обращения: 29.04.2018).
8. Установка для сухого охмеления пива HopSmart: сайт компании П.И.Н.Т.А. КРАФТ - оборудование для пивоварни. [Электронный ресурс]. URL: <https://pintacraft.com/our-products/hopsmart/>.

Информация о себе: +7 (916) 723-46-19; drobash97@mail.ru