

Использование газлифта в пивоварении

Д. В. КОНДРАТЬЕВ, А. С. КАРАПЕТЯН, В. Б. ТИШИН

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

The processes of boiling and hopping of beer wort in a boiler with an off-site shell and-tube heat exchanger and gas-lift circulation of the wort are considered. Air and CO₂ were used as working gases. Earlier experiments allowed determine the optimum point of air and CO₂ delivery for the fastest reaching of boiling temperature.

Задача изменения технологических процессов с целью снижения энергопотребления при одновременном соблюдении установленных показателей качества готовой продукции становится все более актуальной в наши дни. В данной работе этот вопрос рассматривается на примере кипячения пивного сусла как одной из основных стадий пивоваренного производства со значительным потреблением тепловой энергии [2].

Технический эффект достигается за счет кипячения сусла в котле с выносным теплообменником и газлифтной циркуляцией сусла. В качестве рабочих газов использовали воздух и диоксид углерода. Подобные схемы циркуляции уже были опробованы [1, 4]. В работе [1] принципиально до-

казана возможность применения газлифта в котле с внутренним теплообменником. Однако эксперименты были проведены только на воде и без хмеля. То есть не были определены условия устойчивой циркуляции при наличии в контуре твердых частиц.

В работе [4] эксперименты были поставлены на реальных средах в условиях наличия сусла в котле с вынесенным циркуляционным контуром. В качестве нагревательного устройства использовали пластинчатый аппарат. Данная схема оказалась эффективной при охмелении сусла хмелевым экстрактом. Однако в случае использования гранулированного хмеля пластинчатый аппарат быстро забивался твердыми частицами и газлифтная циркуляция прекращалась. И в этой связи возникла необходимость замены пластинчатого аппарата на кожухотрубный теплообменник. Такая замена себя оправдала. Во время работы наблюдалась устойчивая газлифтная циркуляция.

На рис. 1 представлена схема установки для кипячения сусла вышеуказанным способом. Установка состоит из емкости 1, кожухотрубного теплообменника 2, парогенератора 3, воздушного компрессора 4, ротаметра для контроля расхода газа 5, циркуляционных труб 6, 7, дифманометра 8, смесителей газа 9, сборника конденсата 10, датчиков температуры жидкости после, до и внутри теплообменника 11 – 13, цифрового индикатора температуры 14.

Объем емкости для сусла из нержавеющей стали составляет 0,05 м³.

В качестве внешнего нагревателя используется кожухотрубный теплообменник.

Парогенератором служит автоклав марки АВ-2

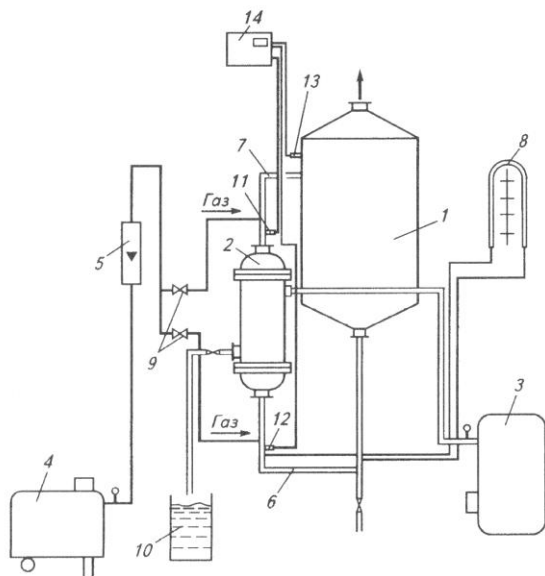


Рис. 1. Схема установки

мощностью 4 кВт и максимально допустимым рабочим давлением пара 2,5 кг/см². При кипячении избыточное давление насыщенного пара составляло в среднем 0,5...0,6 кг/см² при температуре около 112 °С. Давление пара контролировали по образцовому манометру с пределами измерения 0...6 кг/см² и поддерживали постоянным электроконтактным манометром. Контроль уровня воды в парогенераторе осуществляли при помощи водомерного стекла.

Для подачи воздуха в циркуляционный контур использовали воздушный компрессор, подачу CO₂ осуществляли из баллона. Для контроля расхода газа установлен воздушный ротаметр РМ 0,63 ГУЗ (пределы измерения от 0 до 0,63 м³/ч). Расход жидкости в трубах циркуляционного контура и каналах теплообменника определяли по перепаду давления в трубах до и после теплообменника, измеряемого дифманометром.

Контроль температур в трех точках производили с помощью термопар ТХК (пределы измерения –50... +750 °С). Определяли температуру жидкости на входе и выходе из теплообменника, в центре емкости. В качестве вторичного прибора использовали 2-канальный цифровой измеритель температуры ОВЕН 2ТРМ-0, при этом погрешность определения температуры составляла ±0,5 °С.

Предварительно было проведено три эксперимента на воде с целью выяснения оптимальной точки подачи диоксида углерода и воздуха для скорейшего достижения температуры кипения. При

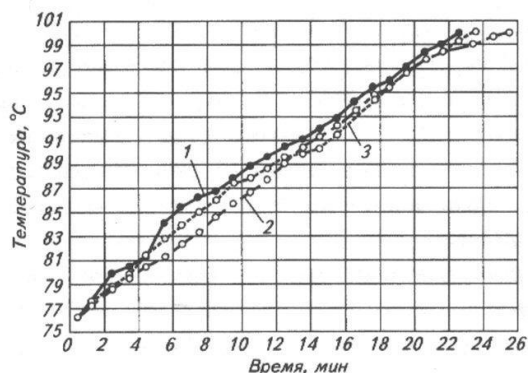


Рис. 2. График выбора оптимальной точки подачи газа: 1 — нижняя подача; 2 — верхняя подача; 3 — без подачи

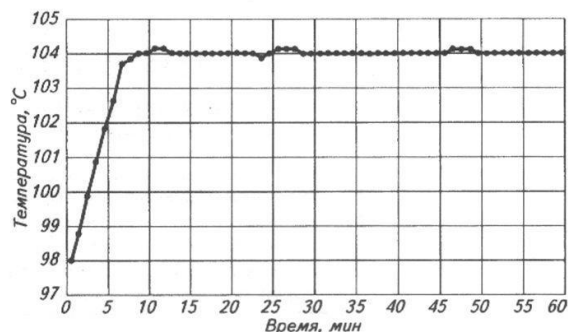


Рис. 3. График кипячения сусла

подаче газа до теплообменника нагрев с 76 до 100 °С произошел за 23 мин, после теплообменника — за 24 мин, а при нагреве жидкости без подачи газа — за 26 мин (рис. 2). Поэтому для кипячения сусла с хмелем был выбран первый режим нагревания, как наиболее оптимальный по расходу газа и скорости нагрева сусла до кипения.

Были проведены экспериментальные варки сусла с пониженной экстрактивностью, но с повышенным содержанием хмеля. Такой выбор был сделан потому, что легкие сорта пива сейчас приобретают все большую популярность: они прекрасно освежают и утоляют жажду, а содержание хмеля увеличено для придания пиву более оригинального хмелевого привкуса. Использование хмеля в пивоварении связано главным образом с тем, что он придает пиву специфический горький вкус (за счет изомеризации α-кислот во время кипячения сусла с хмелем в растворимые изо-α-кислоты) и аромат, который сообщают пиву эфирные масла хмеля. Хмель участвует в коагуляции белков при кипячении сусла и обладает бактериостатическими свойствами, повышая биологическую стойкость пива. Кроме

Таблица 1
Характеристика сусла после кипячения

Образец	Экстрактивность, %	Цвет, ЕВС	pH	Горечь, ЕВС	Кислотность, °Т	Содержание ДМС, мкг/л
1. CO ₂	14,2	10,1	5,18	48,3	1,8	16
2. Воздух	14,3	9,8	5,3	49,2	2,2	26
3. CO ₂	9,2	29,2	5,53	53,5	1,2	15
4. Воздух	9,1	28,3	5,5	51,5	1,6	23
5. CO ₂	13,3	7,5	5,6	56,8	1	16
6. Воздух	13,5	8	5,5	56,4	1,3	25

Таблица 2

Характеристики готового пива

Варка пива	pH	Цвет, ЕВС	Видимый экстракт	Спирт, об. %	Действительный экстракт	Плотность, %	VDK	Изогомулон, ЕВС	Кислотность, °Т	RDF	Спирт, мас. %
1. CO ₂	4,6	8,3	1,6	6,73	3,95	14,3	0,2	34,8	2,3	72,1	5,35
2. Воздух	4,72	7,9	1,63	6,83	4,06	14,33	0,22	36,1	2,8	73,2	
3. CO ₂	4,56	27,1	1,17	4,48	2,8	9,72	0,15	40,2	1,5	72,3	3,53
4. Воздух	4,63	26,4	1,25	4,43	2,9	9,66	0,17	38,9	2	73	
5. CO ₂	4,66	7,1	1,7	5,8	3,88	13,05	0,2	43,4	2,3	72,5	4,65
6. Воздух	4,73	7	1,73	6,1	3,92	13,15	0,22	42	2,5	73,4	

того, он способствует улучшению пенистых свойств. Полифенолы хмеля предохраняют пиво от «старения вкуса», связанного с окислительными процессами [3]. В экспериментальных варках использовалась единовременная задача хмеля в начале (после 10 мин кипения) процесса кипячения сусла с хмелем (содержание хмеля 14 %). Кипячение происходило при температуре 104 °С (рис. 3).

Было сварено 4 варки светлого (1, 2, 5, 6) и 2 варки темного пива (3, 4) (см. табл. 1, 2). После кипячения сусло было охлаждено до 14...15 °С и перекачено в бродильный танк, оборудованный рубашками охлаждения. Для поддержания требуемой температуры главного брожения в рубашки подавалась водопроводная вода с температурой 5 °С. Для контроля давления CO₂ в верхней части танка установлен манометр.

После добавления дрожжей (для брожения использовались дрожжи только 2-й и 3-й генерации, как наиболее продуктивные) была проведена аэрация сусла чистым воздухом в течение 30 мин. Главное брожение проводилось при температуре 14...15 °С в течение 14 сут. В процессе брожения через вентиль в днище танка периодически осуществлялся сьем дрожжей.

Как альтернатива диоксиду углерода в работе использовали воздух [5]. Однако известно, что наличие кислорода в сусле снижает стойкость пива, уменьшает срок его хранения. В то же время в сусле количество растворенного кислорода при температуре 100 °С не превышает значения $4 \cdot 10^{-3}$ мг/м³, т.е.

если окислительные процессы и будут происходить, то значительного влияния на качество готового пива не окажут, что и показано в табл. 2. Сравнивая результаты варок, произведенных с диоксидом углерода и воздухом, видим, что содержание диметилсульфида (ДМС) ниже в образцах, сваренных с диоксидом углеродом.

Результаты анализов свидетельствуют о том, что качество сусла и пива соответствует спецификации данного продукта. Проведенные дегустации показали, что все образцы имеют оригинальный хмельной вкус без посторонних привкусов и соответствуют всем стандартам. Поэтому можно рекомендовать данную схему кипячения сусла с хмелем для мини-пивоварен и для пивоваренных заводов, особенно в сезон.

Список литературы

1. Головня Р.А., Тишин В.Б. Интенсификация циркуляции сусла в сусловарочном котле с внутренним нагревателем // Известия СПбГУНиПТ. № 4. 2001.
2. Кунце В. Технология солода и пива / Пер. с нем. — СПб.: Профессия, 2001.
3. Меледина Т.В. Сырье и вспомогательные материалы в пивоварении. — СПб.: Профессия, 2003.
4. Тишин В.Б., Головня Р.А., Сабуров В.А. Газлифтная циркуляция при кипячении сусла // Brauwelt (мир пива). 2003. № 4.
5. CRC Handbook of Chemistry and Physics by David R. Lide, Editor-in-Chief, 1997 Edition.