

Влияния условий аэрации на содержание ацетальдегида и диацетила в нефильтованном пиве

Тамазян Г.А. Garik-Tamazyan@yandex.ru

Санкт-Петербургский государственный университет
низкотемпературных и пищевых технологий

В настоящее время, несмотря на множество исследований, однозначного ответа о влиянии кислорода воздуха в ходе приготовления сусла, нет. Что касается брожения то здесь ответ один - аэрация нужна, чтобы обеспечить успешное развитие дрожжей, а также хороший ход брожения. Вопрос только в том — что аэрировать и когда? На этот счет существует два мнения: либо аэрировать сусло, либо дрожжи. Причем все исследования выполнены либо в лаборатории, либо в крупномасштабных условиях производства. Данных относительно малых предприятий нет.

Ключевые слова: ацетальдегид, диацетил, аэрация дрожжей, сусло.

Качества пива — это главная цель каждого пивовара. Условием его достижения является сбалансированный состав сырья и соответствующая этому составу программа варки. Основной целью при этом всегда является высокая производительность, и, следовательно, эффективность производства пива при одновременном сохранении качества продукта. Важнейшим параметрам при этом является аэрация. При этом анаэробных условиях процесс главного брожения замедляется, которое негативно влияет на качество готового продукта, дрожжевые клетки размножаются очень плохо, в результате образуется очень мало молодых клеток, а мертвых больше. Аэрация (снабжение дрожжевых клеток дрожжами), приводит к накоплению энергии и к снижению потребления глюкозы. Поскольку аэрация стимулирует аэробный обмен веществ и тем самым, образование новых клеток, то, в результате потребления кислорода дрожжами их активность, очень быстро, в течении нескольких часов возрастает. Поэтому аэрация, т. е. подача кислорода дрожжам является важной составной частью брожения. Надо отметить, что наличие кислорода в сусле влияет при сбраживании и на образование побочных продуктов жизнедеятельности дрожжей, которые влияют на сенсорный профиль пива.

Аромат пива создают побочные продукты брожения, хмелевые эфирные масла, органические сернистые соединения [1]. Особую роль в создании вкуса пива играют высшие спирты, эфиры, летучие кислоты, карбонильные соединения, важнейшим из которых является ацетальдегид и диацетил, на образование которых существенное влияние оказывает кислород [2, 3].

Исходя из этого, нами было изучено влияние режимов аэрации на образование диацетила и ацетальдегида.

Ацетальдегид, является продуктом спиртового брожения. Он образуется при декарбоксилировании пировиноградной кислоты под действием пируватдекарбоксилазы. С высокой концентрации ацетальдегида связывают появление в готовом пиве при хранении затхлого запаха [5].

Ацетальдегид активно выделяется в среду в первые трое-четверо суток брожения и вызывает «зелёный» вкус молодого пива, имеющего привкус подвала. В ходе дальнейшего сбраживания сусла содержание ацетальдегида снижается, вкус молодого пива постепенно исчезает [4].

Высокая концентрация ацетальдегида в пиве обуславливается интенсивным брожением, высокой нормой засева дрожжей и недостаточной или интенсивной аэрации. Все приёмы для интенсификации процесса дображивания снижают уровень ацетальдегида в свежем пиве.

Порог ощущения диацетила в лагерном пиве составляет по данным одних авторов 0,15–0,10 мг/л [6], по сведениям других — 0,05 мг/л. В случае превышения этой концентрации пиво приобретает привкус и запах прогорклого масла. В пиве верхового брожения нормальным считается уровень диацетила 0,6 мг/л [7].

Исследования по влиянию кислорода на накопление диацетила и ацетальдегида при производстве свежего нефильтрованного пива проводили методом аэрации дрожжей и аэрации сусла (классический способ).

Целью данной работы заключалась в изучении влияния режима аэрации при сбраживании сусла в условиях Малых Пивоваренных Заводах (МПЗ) на образование диацетила и ацетальдегида. При проведении экспериментов использовали:

- *зернопродукты*: ячменный солод «Пилсен» (Дания), «Мюнх» (Россия), «Кара Плюс 10» (Финляндия); физико-химические показатели вышеуказанных солодов приведены в таблице 1;
- *хмель гранулированный*: «Hallertau Spalter Select» (HSE) (Германия) — ароматный; «Saaz» (Чешская республика) – сильно ароматный, который обладает очень тонким и приятным хмелевым ароматом, высоким содержанием

ароматических веществ, дает пиву чистый, тонкий, благородный хмелевой аромат; отличается хорошей устойчивостью к болезням.

- *пивные дрожжи*; для брожения использовали низовые дрожжи штамма RH, третьей генерации.

Норма внесения дрожжевых клеток составляла 25 млн. клеток/мл (3% мёртвых) начальная плотность сусла составляла 11,8%. Брожение проводилось в течение 7 суток, в производственных условиях при температурах $t = 11^{\circ}\text{C}$. Брожение осуществлялось без аэрации, с аэрацией сусла и засевных дрожжей.

Таблица 1. Физико-химические показатели качества солода.

Наименование солода	Влажность, %	Экстрактивность, %	Цвет сусла, ед. EBC	Разница экстрактов, %	Число Кольбаха, %	Число Хартронга (VZ 45°C)	Содержание аминного азота, мг/л	Общий белок, %	pH, H ⁺
Пилсен	4,5	80,1	3,7	1,0	39,0	36	160	11,1	5,9
Мюнх	3,0	80,0	20,0	1,0	37,0	38	138	10,2	5,6
Кара Плюс 10	4,8	82,6	13,0	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Показатели, характеризующие основные вкусовые качества хмелевых препаратов приведены в таблице 2, и показатели, характеризующие аромат — таблица 3.

Таблица 2. Основные вкусовые показатели, характеризующие качества хмеля.

Показатели	Единица измерений	HSE	Saaz
Общие смолы	%	17,3	11–14
α -кислоты	%	4,6	3,0
β -кислоты	%	3,9	4,5
Когумулон	% от α -кислот	22–23	23,0
Колупулон	% от β -кислот	42–46	39–43

Таблица 3. Основные ароматические показатели, характеризующие качества хмеля.

Показатели	Единица измерений	HSE	Saaz
Общие масла	%	0,7	0,5–1,0
Мирцен.	% от общих масел	19,0	32–40
2-метил-бутил-изобетират	% от общих масел	0,3	-
β -кариофилен	% от общих масел	9,8	5–8
Аромадендрен	% от общих масел	1,4	-
Гумилен	% от общих масел	19,8	18
Фармизен	% от общих масел	19,5	13–20
β -селинен	% от общих масел	4,4	1–2
α -селинен	% от общих масел	4,6	
Селинадиен	% от общих масел	9,5	-

Определение концентрации кислорода

Концентрация кислорода определяли анализатором растворенного кислорода МАРК-404. Анализатор предназначен для определения растворенного кислорода как в пиве, так и в воде. Аэрацию сусла, проводили в потоке, во время перекачивания сусла из вирпула в бродительный танк. Аэрацию дрожжей, проводили в танке для брожения, после чего перекачивали сусло из вирпула в бродительный танк.

Измерение концентрации кислорода проводилось при помощи датчиков. Один из них был установлен в танке для брожения, которая измеряла концентрацию растворенного кислорода в дрожжах, а другая на линии между теплообменником и бродительным танком. Было установлено, что при аэрации дрожжей и сусла концентрация растворенного кислорода была 9 мг/л.

Определение вторичных продуктов брожения

Количество ацетальдегида и диацетила в образцах определяли методом газожидкостной хроматографии (рис 1, 2): 400 мл пива при температуре 35°C при перемешивании продували током аргона (60 мл/мин) в течение 3 часов, прошедший газ улавливали ловушкой с ледяной водой (10–15 мл). По окончании продувки измеряли объем раствора в ловушке и определяли в нем концентрацию диацетила по реакции с о-фенилендиамином, как в методике ЕВС с отгонкой, или газовой хроматографией.

Хроматограф Shimadzu GC-2010, пробозадатчик АОС-20i, колонка капиллярная FFAP, длина 25,0 м, внутренний диаметр 0,25 мм, толщина пленки 0,30 мкм; температура колонки: 70°C; газ-носитель: гелий; скорость потока: 1 мл/мин; температура испарителя: 130°C; делитель потока: 1:50; детектор: пламенно-ионизационный; температура детектора: 230°C. Время выхода диацетила 5,2 мин.

Ацетальдегид определяли на том же приборе. Колонка та же. Температура испарителя и детектора 250°C; газ-носитель: гелий; скорость потока: 1 мл/мин; делитель потока: 1:30; детектор: пламенно-ионизационный; температурный градиент: 5 минут при 50°C, подъем до 180°C со скоростью 10°C/мин, подъем до 230°C со скоростью 20°C/мин, выдержка при 230°C в течение 7 минут. Пробу вводили с внутренним стандартом (ацетонитрил) непосредственно и после экстракции диэтиловым эфиром. Все хроматограммы повторяли трижды и для расчета концентраций брали пики веществ, концентрации которых сходились в пределах 15%.

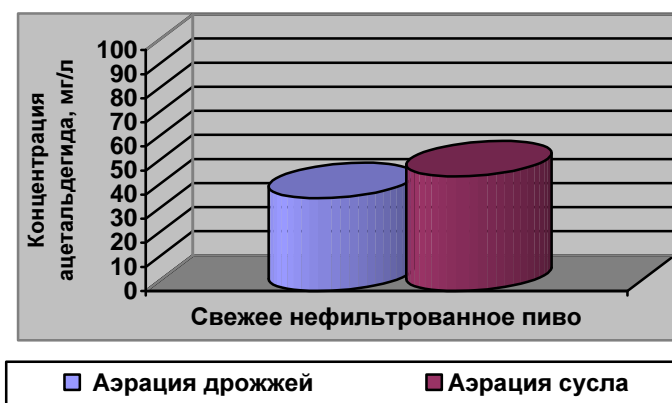


Рис. 1. Влияние условий аэрации на количество ацетальдегида в нефilterованном пиве.

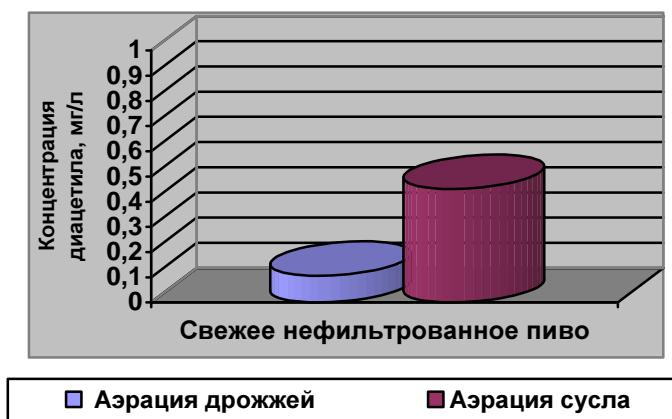


Рис. 2. Влияние условий аэрации на количество диацетила в нефilterованном пиве.

Сравнивая образцы свежего нефilterованного пива, которые были приготовлены при разных условиях аэрации, можно обнаружить небольшие различия в концентрациях ацетальдегида и диацетила. Меньшее количество этих карбониллов образовалась в образце, которое было приготовлено при условиях аэрации дрожжей (рис. 1, 2), но эта разница не такая большая по сравнению с контрольным (аэрация суслу).

Это исследование, таким образом, свидетельствует о том, что режим аэрации не является важным параметром, влияющим на концентрацию диацетила и ацетальдегида в нефilterованном свежем пиве. Однако это не исключает, что практика плохой аэрации, такая как аэрация горячего суслу, и длительный контакт кислорода с суслум без дрожжей, все еще может иметь заметное негативное воздействие на вкус пива. В этом контексте, аэрация дрожжей является хорошей альтернативой аэрации суслу.

Дегустационная оценка

Пиво, приготовленное при разных условиях режимов аэрации, было оценено профессиональной дегустационной комиссией.

Как можно заметить, пиво, которое получили с аэрацией только дрожжей, имеет более высокие баллы по положительным характеристикам, чем пиво с аэрацией суслу (рис. 3).

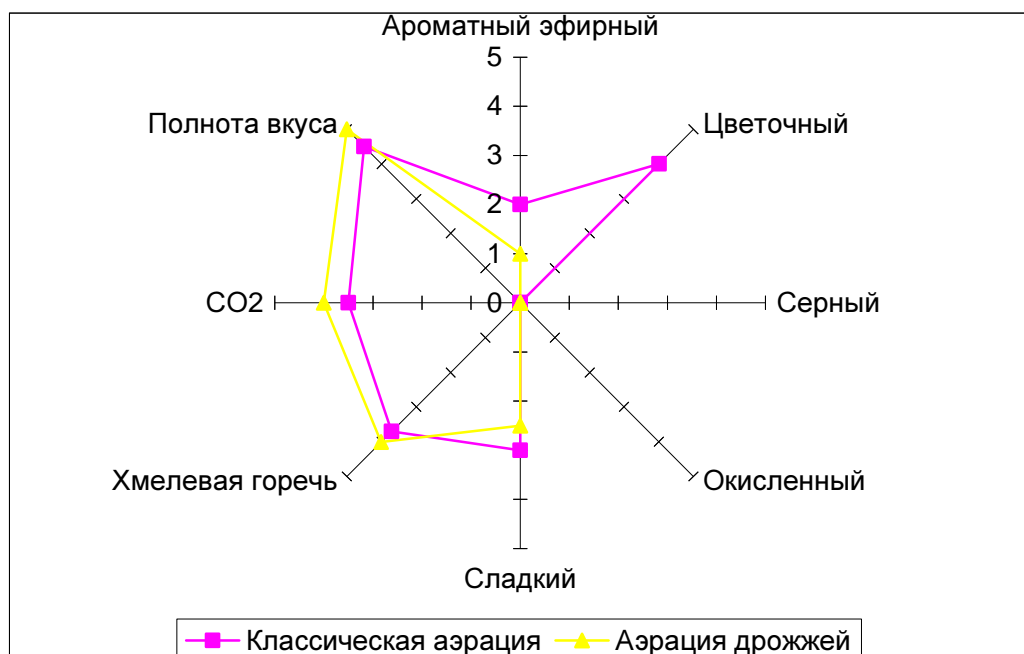


Рис. 3. Органолептический профиль не filterованного пива (свежее пиво).

При проведении органолептического контроля установлено, что в пиве, полученном при использовании метода аэрации дрожжей, не был отмечен жирный запах и привкус диацетила. По интенсивности эфирного аромата, этот образец не отличался. Было так же отмечено, отсутствие серного и окисленного запаха и вкуса. Общие оценки, полученные по результатам работы дегустационной комиссии были следующими: аэрация сусла 4,2 балла, аэрация дрожжей 4,9 бала. Таким образом, можно сказать, что хотя и явных отличий по органолептическим свойствам между образцами приготовленными с использованием аэрации дрожжей и сусла нету, но из профилограммы видно, что использование метода аэрации дрожжей хоть и незначительно, но положительно влияет на вкус пива.

Выводы

1. Исследования показали, что условия аэрации перед брожением сусла, незначительно влияют на концентрацию ацетальдегида и диацетила в свежем нефильтованном пиве.
2. Нефильтрованное пиво приготовленное методом аэрации дрожжей имеет чистый и гармоничный вкус.
3. Лучшие показатели метода аэрации дрожжей позволяют рекомендовать его на пивных заводах малой мощности.

Список литературы

1. Кунце В. Технология солода и пива / В. Кунце. — СПб.: Профессия, 2001 — 912 с.
2. Лебедева Е. П. Технологический подход к регулированию сенсорного профиля пива ч. 1 (Высшие спирты) / *Индустрия напитков*, № 4, 2004, с. 10–14
3. Меледина Т. В.: Тамазян Г. А. Еще раз о вицинальных дикетонов ч. 1 (Биосинтез ацетогидроксикислот) // *Индустрия напитков*, № 4, 2009, с. 8–14
4. Хорунжина С.И. Биохимические и физико-химические основы технологии солода и пива / СИ. Хорунжина. — М.; Высшая школа, 1999. — 312 с.
5. Хофф Д. Кинетика образования ацетальдегида в процессе ухудшения качества лагерного пива (приобретение затхлого запаха) / Д. Хофф, В. Хервик // 43-е ежегодное совещание ASBC. — № 3. — май 1977.
6. Berry, D.R. & Watson, D.C. Production of organoleptic compounds. In *Yeast Biotechnology* (eds D.R. Berry, I. Russell and G.G. Stewart), Allen and Unwin, London. 1987. — p. 345–368.

7. Mandl B., Geiger E., Piendl Q., Brwi, 1974 ,27, s. 57–66 , цит. по В. Кунце, 2001, с. 371

Influence of aeration conditions on acetaldehyde and diacetyl content in unfiltered beer

Tamazyan G.A.

Saint-Petersburg State University of Refrigeration
and Food Engineering

Nowadays, despite lots of investigations, there is no single-valued answer on how atmospheric oxygen affects wort preparation. As to fermentation the answer is in the affirmative — aeration is indispensable to make for yeast growth, as well as good process of fermentation. The only question is what to aerate and when. As to this there are two opinions: either to aerate wort, or yeast, all investigations being done either in laboratories or in scale production. There are no data on small businesses.

Keywords: acetaldehyde, diacetyl, aeration of yeast, wort.