

СПЕКТР ВЕЩЕСТВ, ФОРМИРУЮЩИХ ВКУС И АРОМАТ ПИВА (ЧАСТЬ 2)

к.т.н, доц. Хиврич Б.И.

аспирант Роздобудько Б.В.

Национальный университет пищевых технологий

В первой части статьи авторами было рассмотрено влияние основных серосодержащих соединений на вкус и аромат пива. Во второй части внимание уделено вторичным продуктам брожения, которые являются основой в формировании сенсорного профиля пива. К ним относят высшие спирты, эфиры и карбонильные соединения.

Высшие спирты (ВС) или сивушные масла. ВС относятся к веществам, образующим букет молодого пива, и являются компонентами вкуса и аромата товарного пива. Алкогольный (спиртовой) компонент относится к 1-му классу ароматов пива [1] и воспринимается как приятный или винный. ВС в концентрациях больше 100 мг/дм³ существенно ухудшают не только вкус, но и полезные свойства напитка. При излишнем их накоплении в пиве появляются цветочный, травянистый и картонный привкусы, а также оттенки горечи и плесени [2].

Из ВС, содержащихся в пиве, наибольшее влияние на формирование его вкуса оказывают **2-метилпропанол (изобутиловый), 2-метилбутанол (третамилловый), 3-метилбутанол (изоамиловый)**, а также 2-фенилэтанол (β -фенилэтиловый) [3,4]. Концентрации их в пиве, зачастую, могут быть выше порогового значения (табл.).

Таблица

Характеристика важнейших вкусовых и ароматических веществ в пиве.

Ароматическое соединение	Концентрация в пиве, мг/дм ³	Порог ощущения, мг/дм ³	Вкусовое ощущение	Факторы, влияющие на их образование
Высшие спирты				
2-метилпропанол	5-20	10 (200)*	Алкоголя	Содержание валина в сусле, штамм дрожжей, температура брожения
2-метилбутанол	10-20	10 (65)*	Алкоголя, растворителя	Содержание изолейцина в сусле, штамм дрожжей, температура брожения
3-метилбутанол	35-70	30 (70)*	Алкоголя, бананов	Содержание лейцина в сусле, штамм дрожжей
2-фенилэтанол	10-20 (30-50)*	28 (125)*	Розы	Содержание фенилаланина в сусле, температура брожения, штамм дрожжей
Эфиры				
Этилацетат	5-30	25-30	Фруктов, леденцов	Интенсивность размножения дрожжей, технология брожения
Изоамилацетат	0,5-2,5	1,0-1,6	Бананов или других фруктов	Технология брожения
Этилкапронат	0,1-0,3	0,12-0,23	Яблок или других фруктов	Технология брожения, степень аэрации, штамм дрожжей
Карбонильные соединения				
Ацетальдегид	До 50	25	Кожуры зеленого яблока	Технология главного брожения, штамм дрожжей
Диацетил	До 0,1	0,05	Масла, аромат пахты	Технология созревания, штамм дрожжей, содержание изолейцина и валина в сусле
Транс-2-ноненаль	0,05-20 мкг/дм ³	0,05-0,1 мкг/дм ³	Бумаги, картона	Содержание кислорода в пиве, вид тары, условия хранения

*В скобках даны значения для пива верхового брожения.

Образование ВС. Существует несколько путей образования ВС [3,5].

Один из них осуществляется по схеме Эрлиха, когда потребляемые

дрожжами аминокислоты дезаминируются (отщепление аминогруппы) с последующим их декарбоксилированием (отщепление CO_2) и восстановлением (удаление кислорода), в результате чего образуются спирты, содержащие на один атом углерода меньше, чем потребленная аминокислота (рис. 1).

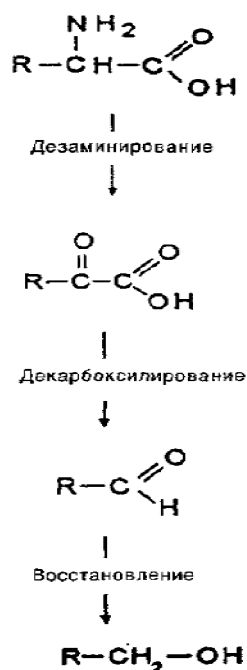


Рис. 1. Схема образования высших спиртов в пиве.

Другие способы образования ВС осуществляются через гидроксикислоты или кетокислоты, а также из сахаров через ацетат при обмене веществ в дрожжевой клетке.

Предполагают, что каждые 100 мг ВС образуются примерно 25 мг из сахаров, 15 мг (по схеме Эрлиха) – из соответствующих аминокислот и 60 мг – из других аминокислот в результате их трансаминирования [6].

Технологическое регулирование содержания ВС. При повышенной норме задачи дрожжей и более холодном ведении процесса брожения количество ВС в пиве уменьшается, а пониженная концентрация аминокислот в начальном сусле и повышенная его экстрактивность (более 13%) способствуют увеличению их количества [6-8].

Эфиры. Большинство эфиров имеют в зависимости от структуры фруктовый, сладковатый или цветочный ароматы. Как и ВС, они относятся к

1-му классу ароматов пива [1]. При повышенной концентрации аромат эфиров рассматривается как нежелательный, так как придает пиву дрожжевой привкус и запах.

В пиве содержится около 60 различных эфиров, однако только три из них (табл.) наиболее важны для вкусовых свойств пива: этилацетат (этиловый эфир уксусной кислоты), изоамилацетат (изоамиловый эфир уксусной кислоты), этилкапронат (этиловый эфир гексановой кислоты).

Суммарное количество эфиров зависит от сорта пива и экстрактивности сула. Пиво верхового брожения содержит до 80 мг/дм³ эфиров, низового – до 60 мг/ дм³ [3].

Образование эфиров. Эфиры образуются в ходе реакции между спиртами и кислотами. Механизм образования эфиров еще не вполне изучен. Большинство исследователей склоняется к тому, что в механизме образования эфиров большую роль играет фермент алкогольцистрасфераза, служащий катализатором реакции между спиртом и каким-либо производимым ацетил-КоА [5].

Технологическое регулирование содержания эфиров. Концентрация эфиров возрастает при интенсивном главном брожении, а при дображивании содержание эфиров может увеличиться на 30-100% [7]. Показано [9], что сложноэфирный привкус в значительной степени зависит от качества солода. Так, слишком малое количество аминокислот в недорастворенном солоде с низким содержанием ферментов, приводит к повышенному содержанию эфиров в пиве. Использование несоложенных материалов приводит к снижению уровня эфиров. Также доказано [8], что повышение массовой доли сухих веществ в начальном сусле приводит к значительному увеличению концентрации эфиров.

Образование эфиров тесно связано со снабжением дрожжей кислородом, который влияет как на синтез жиров, так и на интенсивность их дыхания при брожении. Поэтому недостаточная степень аэрация сула и

высокая температура брожения могут привести к повышенному образованию эфиров в пиве.

Карбонильные соединения (КС). КС формируют 6-ой класс вкусов и ароматов пива [1]. Наиболее важными веществами этой группы являются ацетальдегид, 2,3-бутандион (диацетил) и транс-2-ноненаль (табл.), который имеет очень низкий порог ощущения и является основным соединением, характеризующим вкусовую стабильность товарного пива [10].

Ацетальдегид является промежуточным продуктом брожения. Он интенсивно выделяется дрожжами в пиво на протяжении первых трех дней брожения и вызывает «зеленый» вкус молодого пива, имеющий привкус «подвала» или «подземелья». В ходе дальнейшего брожения ацетальдегид расщепляется и вкус молодого пива исчезает. В молодом пиве содержание альдегида составляет от 20 до 40 мг/дм³. В готовом пиве его количество уменьшается до 8-10 мг/дм³ [3].

Диацетил — важнейшее вещество в формировании букета товарного пива. При превышении порогового значения (0,05 мг/дм³) он придает пиву неприятный вкус — от сладкого до приторного, а в очень больших концентрациях обладает ароматом масла. Поэтому в светлых сортах пива низового брожения нежелательно содержание диацетила с концентрацией более 0,05 мг/дм³, а в пиве верхового брожения допускается до 0,2 мг/дм³ и более. Аналогичные ощущения вызывает и пентандион, но он имеет сравнительно большой порог ощущения вкуса – 0,5 мг/дм³. Эти вещества называются вицинальными diketонами (ВДК), так как обладают расположенными рядом кетогруппами (рис. 2):

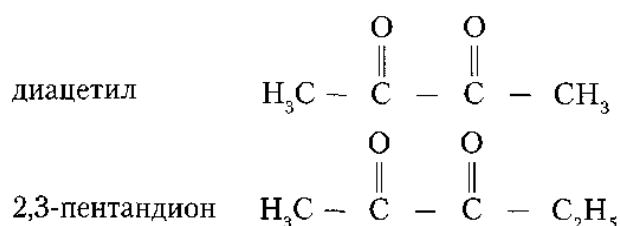


Рис.2 Вицинальные diketоны [3].

Отношение диацетила к пентандиону в пиве варьирует от 10: 1 до 1: 10 и эти колебания вызваны в основном изменениями в концентрации диацетила [11].

Транс-2-ноненаль придает пиву запах бумаги, картона. Данное соединение является одним из основных альдегидов, появляющемся в пиве в процессе хранения. Порог ощущения транс-2-ноненала очень низкий и составляет 0,05 мкг/дм³. В свежем пиве содержание его не превышает порога ощущения, а в пиве после шестимесячного хранения в неблагоприятных условиях может превышать 20 мкг/дм³. Увеличение концентрации транс-2-ноненала в процессе хранения зависит от времени и температуры, а также от содержания кислорода [3,10].

Образование карбонильных веществ. Ацетальдегид является промежуточным соединением при образовании этилового спирта в ходе процесса брожения. Именно это соединение формирует «зеленый», «травянистый» аромат молодого пива, а поскольку оно спонтанно реагирует с другими соединениями (особенно с диоксидом серы) нежелательный аромат довольно быстро исчезает в процессе дображивания пива.

Вицинальные diketоны образуются из промежуточных продуктов биосинтеза аминокислот (рис.3).

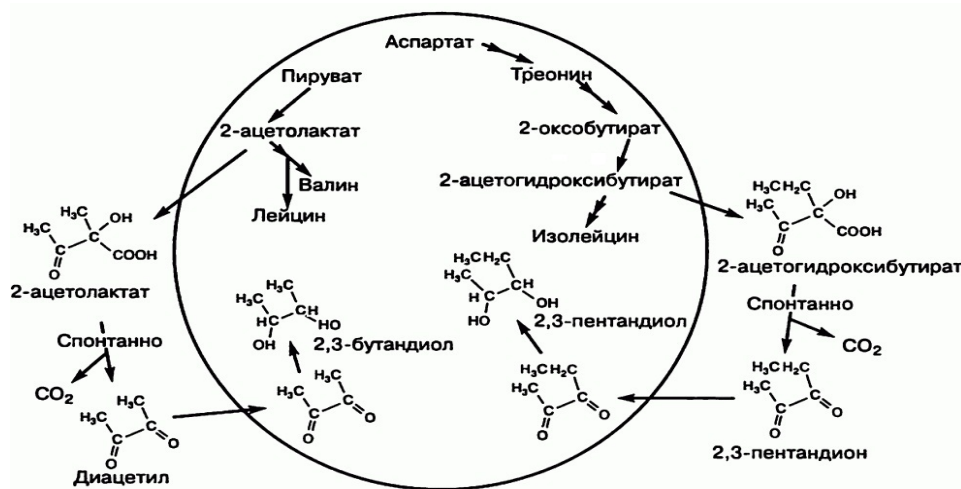


Рис.3. Схема синтеза вицинальных diketонов в дрожжевой клетке.

Биосинтез диацетила связан с синтезом валина, а 2,3-пентандиона — изолейцина. Промежуточными продуктами на пути от пирувата к валину являются ацетолактат, а на пути от оксобутирата к изолейцину — ацетогидроксибутират. Эти соединения выделяются из дрожжевой клетки в сусло, где подвергаются спонтанному окислительному декарбоксилированию с образованием диацетила и 2,3-пентандиона, которые в последствии претерпевают различные превращения в результате метаболизма дрожжей.

В дрожжевой клетке диацетил редуцируется до 2,3-бутандиола, а ацетогидроксибутират — до 2,3-пентандиола. Эти вещества имеют высокий порог ощущения и на аромат не влияют. Предполагают, что снижение содержания вицинальных дикетонов в дрожжевой клетке происходит, вероятно, с помощью нескольких специфичных дегидрогеназ, активность которых в ходе брожения зависит от штамма дрожжей. Поэтому селекция дрожжей должна быть направлена не на минимальное образование дрожжами ацетолактата, а на регулирование уровня диацетила в пиве [5].

Транс-2-ноненаль относится к алифатическим ненасыщенным альдегидам. Основными механизмами образования транс-2-ноненала в пиве является ферментативное и неферментативное окисление липидов и свободных жирных кислот. Как и другие насыщенные и ненасыщенные альдегиды, кетоны и спирты, транс-2-ноненаль образуется в результате липидного обмена при солодоращении ячменя и превращении жирных кислот в ходе технологических процессов производства пива.

Концентрация транс-2-ноненала в светлом солоде после сушки составляет примерно 200 мкг/кг. В технологическом процессе производства пива, большое влияние на содержание транс-2-ноненала имеют температура, pH среда, а также способ кипячения и раса дрожжей. Летучие карбонильные соединения, к которым относится транс-2-ноненаль, в процессе кипячения сусла удаляются. Поэтому, в зависимости от интенсивности кипячения содержание этого карбонила в охмелённом сусле может колебаться в

пределах 0,5-2,0 мкг/дм³. Отмечено, что хмель также является источником транс-2-ноненаля.

Известно, что в течение процесса брожения дрожжи восстанавливают альдегиды до соответствующих спиртов. Дрожжи обладают высокой способностью восстанавливать и транс-2-ноненаля. В незначительных количествах содержание этого карбонила скрывается находящимся в пиве диоксидом серы, взаимодействуя с ним. Но не все предшественники удаляются после кипячения и брожения сула. Часть предшественников переходят в товарный продукт и под действием кислорода снова образуют транс-2-ноненаля [3,10].

Технологическое регулирование синтеза карбонильных соединений.
Увеличению концентрации ацетальдегида на стадии главного брожения способствуют режимы интенсивного брожения – повышенные температура и норма внесения дрожжей, увеличение давления в аппарате брожения, а также степень инфицирования сула.

Расщепление образующегося альдегида обеспечивают все приемы, ведущие к интенсивному дображиванию и созреванию пива - теплое созревание, повышенная концентрация дрожжей в фазе созревания и др. [2].

Для снижения концентрации ВДК свежее пиво некоторое время необходимо выдерживать с дрожжами. Продолжительность стадии контакта пива с дрожжами в процессе созревания пива определяется физиолого-биохимическими особенностями конкретного штамма дрожжей включать эти соединения в процессы своего метаболизма.

В технологическом процессе производства пива, образование транс-2-ноненаля происходит в результате каталитического окисления ненасыщенных жирных кислот липоксигеназами солода и неферментативным путем. Регулировать количество его в товарном пиве можно на всех стадиях технологического процесса, начиная с выбора сорта ячменя для

солодоращения, заканчивая выбором тары для розлива и условий хранения напитка.

Таким образом, рассмотренные выше представители трех групп веществ могут содержаться в концентрациях равных или выше порога их ощущения. Они формируют основу сенсорного профиля пива, а их количество определяется особенностями метаболизма дрожжей, составом сусла, режимами брожения и созревания. Пивные дрожжи большей частью образуют одинаковые ароматические вещества, однако у разных штаммов количество их значительно колеблется. Особенно это обнаруживается в образовании дрожжами эфиров.

Литература

1. Хиврич Б.И. Спектр веществ, формирующих вкус и аромат пива (часть 1) / Б.И. Хиврич, Б.В. Роздобудько // Напитки. Технологии и инновации. – 2012. – №9. – С. 59-61.
2. Nykanen L. Aroma of Beer, Wine and Distilled Alcoholic Beverages / L. Nykanen. – Berlin.: Springer, 1983. – 424 p.
3. Кунце В. Технология солода и пива / В. Кунце, Г. Мит; перевод с нем. Г. В. Даркова, В.А. Калашникова, А.М. Калашниковой и др. – СПб.: Профессия, 2001. – 912 с.
4. Drews B. Der Einfluß einiger gärungstechnologischen Faktoren auf den Gehalt des Bieres an höheren aliphatischen Alkoholen und Isoamilacetat / В. Drews, J. Riemann // Brauerei. – 1967. – Nr 7. – s. 254-286.
5. Матерали сайта <http://alko-mir.ru/>
6. Фараджаева Е.Д. Образование побочных продуктов брожения при высокоплотном пивоварении / Е.Д. Фараджаева, Н.А. Колнышенко // Пиво и напитки. – 2007. – №2. – С. 25-27.
7. Жвирблянская А.Ю. Дрожжи в пивоварении / А.Ю. Жвирблянская, В.С. Исаева. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 476 с.

8. Проблемы плотного пивоварения / Т.И. Филимонова, О.А. Борисенко, Т.П. Рыжкова, К.В. Кобелев // Пиво и напитки. – 2006. – №3. – С. 26-27.
9. Хорунжина С.И. Биохимические и физико-химические основы технологии солода и пива. / С.И. Хорунжина. – М.: Колос, 1999. – 312 с.
10. Дедегкаев А.Т. Индикаторы вкусовой стабильности пива (часть 2) / А.Т. Дедегкаев, Б.Э. Баташов, Д.В. Афонин // Мир пива. – 2011. – №4. – С. 155-158.
11. Landaud S. Quantitative analysis of diacetyl, pentandion and their precursors during beer fermentation by an accurate GS/MS method / S. Landaud, P. Lieben, D. Picque // Journal of The Institute of Brewing. – 1998. – march-april. – P. 89-96.

**КАФЕДРА БІОТЕХНОЛОГІЇ БРОДИЛЬНИХ ВИРОБНИЦТВ І
ВИНОРОБСТВА.**

Журнал: Напитки. Технологии и инновации.– 2012. – №10. – С. 59-61.