

УДК 663.4

*Коваль О.В., аспирант, ассистент кафедры
технологии питания и ресторанного бизнеса
Национальный университет пищевых технологий
Украина, г. Киев*

**РАСТВОРИМОСТЬ CO₂ В ПИВЕ, ОСМАТИЧЕСКИЕ И
ТЕМПЕРАТУРНЫЕ СТРЕССЫ
В ДЕЙСТВИИ НА ДРОЖЖЕВЫЕ КЛЕТКИ**

В статье приведены результаты обобщений оценки различных факторов воздействия на микроорганизмы в условиях анаэробного сбраживания пивного сусла и возможностей динамики насыщения сред диоксидом углерода.

Показана целесообразность и необходимость учета динамики осмотических давлений сред и ограничений, налагаемых на них в связи с изменениями концентраций сахаров и этилового спирта и температур сред.

Ключевые слова: дрожжевая клетка, стресс, анаэробное брожение, насыщение CO₂, осмотическое давления, температура, динамика, концентрация.

*Koval O.V., postgraduate student, assistant of the department
food and catering technology
National University of Food Technologies
Ukraine, Kiev*

**SOLUBILITY OF CO₂ IN BEER, OSMOTIC AND
TEMPERATURE STRESS THE EFFECT ON THE YEAST CELLS**

The results of evaluation of various generalizations of factors impact on the microorganisms in the conditions of anaerobic fermentation of beer wort and opportunities saturation dynamics of carbon dioxide environments.

The expediency and need to consider the dynamics of the osmotic pressure of the medium, and the restrictions imposed on them due to changes in the concentration of sugar and ethanol and temperature.

Keywords: yeast cell, stress, anaerobic fermentation, CO₂ saturation, osmotic pressure, temperature, dynamic, concentration.

Развитие пивоваренной технологии и ее микробиологического обеспечения стремительно дополняется новейшим аппаратным обеспечением. Такое сочетание требует соответствующего научного обоснования и информативных потоков для возможности оценки специалистами дальнейших перспектив развития промышленности. В связи с этим в этом аналитическом обзоре ставится задача обобщения современных взглядов при оценке взаимодействий факторов влияния на растворимость диоксида углерода в пиве и физических факторов среды на дрожжи.

Насыщенность пива на CO₂ является важнейшим качественным критерием. В пиве со стойкой пеной концентрация диоксида углерода составляет от 0,45 до 0,50%.

Растворимость CO₂ в пиве зависит:

- от температуры: с повышением ее растворимость уменьшается;
- от давления, существует над жидкостью: растворимость возрастает пропорционально давлению.

Растворимость диоксида углерода в воде почти такая же, как в пиве, но есть небольшие различия, которые отражены в таблице.

Растворимость CO₂ в воде и пиве (все значения приведены в г CO₂ на 100 г воды или пива)

Температура, °С	Растворимость CO ₂		Температура, °С	Растворимость CO ₂	
	в воде	в пиве		в воде	в пиве
0	0,335	0,317	6	0,268	0,258
1	0,321	0,306	8	0,249	0,241

2	0,309	0,296	10	0,232	0,226
3	0,298	0,286	15	0,197	0,193
4	0,287	0,276	20	0,169	0,165
5	0,277	0,267			

Поскольку все данные соответствуют содержания CO_2 в мг на 100 г воды или пива, то это одновременно и концентрацией диоксида углерода в процентах.

По закону Генри растворимость газов в жидкостях прямо пропорциональна давлению. Это означает, что если повышается давление в танке, то количество растворенного в пиве диоксида углерода увеличивается.

Например, при температуре дображивания 1°C в пиве за атмосферного давления растворяется 0,306% масс. диоксида углерода.

На сколько увеличивается растворимость при увеличении давления, если температура остается постоянной $+1^\circ \text{C}$? Для нахождения результата концентрацию диоксида углерода при данной температуре умножают на величину абсолютного давления, поддерживаемого в танке:

$$1,0 \text{ бар} = 0,306 \% \cdot 1,0 = 0,306 \% \text{ CO}_2$$

$$1,1 \text{ бар} = 0,306 \% \cdot 1,1 = 0,337 \% \text{ CO}_2$$

$$1,2 \text{ бар} = 0,306 \% \cdot 1,2 = 0,367 \% \text{ CO}_2$$

$$1,3 \text{ бар} = 0,306 \% \cdot 1,3 = 0,398 \% \text{ CO}_2$$

$$1,4 \text{ бар} = 0,306 \% \cdot 1,4 = 0,428 \% \text{ CO}_2$$

$$1,5 \text{ бар} = 0,306 \% \cdot 1,5 = 0,459 \% \text{ CO}_2$$

Хорошо видно, что растворимость диоксида углерода возрастает с повышением давления.

Готовое пиво должно содержать у 0,5% диоксида углерода.

Физико-химическая соответствие такой культуральной среды как пивное сусло на определенных участках микробиологических процессов является решающим с точки зрения интересов конечного результата. Хотя количество обращений ученых и практиков к тематике технологий процессов брожения чрезвычайно заметной, однако остаются факторы

влияния, которые не были включены в универсальную оценку ситуаций. Однако очевидно, что для дальнейшего развития исследуемых технологий накопленная информация по воздействию на культуру употребляемых дрожжей должна быть систематизированной для возможности прогнозирования дальнейших направлений развития и комплексного проектирования систем. Достаточно ярким подтверждением последней сформулированной мысли может быть история выбора геометрических параметров цилиндро-конических танков (ЦКТ). В связи с этим продолжим обобщения относительно влияния отдельных физических и химических факторов.

В периоды подготовки чистых культур, брожения, созревания и хранения до следующего использования на дрожжевые клетки могут влиять факторы, которые относятся к стрессовым. Они могут тормозить метаболизм, или даже завершаться летальным исходом.

К числу стрессовых воздействий относятся высокая экстрактивность сусле, высокая концентрация этанола, ограниченное содержание микроэлементов (цинка), ограниченное количество кислорода, неоптимальные температуры, повышенные давления, высокие концентрации диоксида углерода.

Остановимся на беглом анализе названных факторов.

Начальная экстрактивность сусле является программируемой и такой, на которую рассчитана технология производства пива. Повышенная концентрация экстрактивных веществ означает повышенный по сравнению с другими ситуациями осмотическое давление сусле. Явно, что по мере сбраживания и уменьшения концентрации сахаров осмотическое давления с их составляющими должны уменьшаться. Однако такого уменьшения осмотического давления нет, поскольку уменьшение концентрации сахаров означает присутствие синтезированного этанола. Напомним, что

молекулярные массы глюкозы и этанола составляют соответственно 180 и 46 единиц. Поскольку осмотическое давление всякой растворенного вещества обратно пропорционально ее молекулярной массе, то это означает, что в процессе брожения осмотические давления растут. отсюда следует вывод о том, что с самого начала брожения дрожжи поставлены в сложные условия.

Хотя нами отмечено присутствие обобщения в форме осмотического давления, однако по воздействию этанола есть углубленная информация. Отметим, что при начальной плотности в 13% дрожжи приводят систему к концентрации спирта 4,7 ... 5,0% объемных. Для большинства дрожжевых культур является возможность достижения 6 ... 7% объемных. Однако дальнейшее увеличение концентрации этанола практически становится невозможным.

На метаболизм клетки этанол накладывает следующие воздействия:

- ограничивается увеличение размеров клетки;
- замедляется брожения;
- наступают летальные эффекты.

С повышением концентрации этанола содержание некоторых жирных кислот в фосфолипидных мембранах клеточных стенок существенно меняется, что негативно отражается на качестве пива.

Оценивая осмотическое давления на уровне шоковых воздействий, стоит отметить, что с момента передачи дрожжей в сусло в связи с разницей температур ситуация осложняется температурными шоками. Хотя в литературных источниках отсутствуют указания на то, что факторы стрессов осмотических давлений и температуры в своих действиях подлежат принципу суперпозиции, однако несомненно следует прийти к выводу об усилении негативных воздействий на дрожжи от такого содействия.

Температуры среды, соответствующие режимам низового брожения, существенно ниже температурного оптимума для ферментов дрожжей. Поэтому в числе мер по ограничению негативных воздействий применяют ступенчатые режимы снижения температур в приближении к значениям последних, которые соответствуют следующим режимам брожения. За невыполнение условий ограничения температурных перепадов дрожжи выделяют во внешнюю среду аминокислоты и нуклеотиды, размножение их замедляется или даже полностью прекращается. Дрожжи очень чувствительны к скачкообразному снижению температуры. Вместе с тем "шок" от кратковременного нагрева соответствует температурам 37 ... 40 °С, при которых начинается активный синтез протеинов. Однако за несколько часов метаболизм возвращается к обычному состоянию. Отметим, что в классических методах производства пива "шок" от нагрева не применяется.

Оценивая влияние температурных факторов на процессы брожения должны прийти к выводу о важности температурной стабилизации среды. При этом последнее касается всех этапов брожения. Для управления температурным режимом за низового брожения важным является поддержание начальной и максимальной температур. Главное брожение завершается охлаждением молодого пива.

Начальная температура составляет 5 - 6 °С, однако благодаря тепловыделению брожения верхняя температура холодного брожения составляет 8 - 9 °С. Скорость снижения температуры от верхнего значения ограничивается значением 1 градус в сутки, что указывает на сложность реализации задачи температурной стабилизации.

Активизации начального этапа брожения способствует присутствие в среде растворенного кислорода. Это сопровождается образованием незаменимых липидов и ненасыщенных жирных кислот, которые используются на построение клеточных веществ. Нижней границей

содержания кислорода считается концентрация 8 ... 10 мг O₂ / л сусла. В технологиях производства пива указана позиция начала брожения является единственной, в которой присутствие O₂ является желанной.

С начала брожения синтезируется этанол и диоксид углерода. Последний остается растворенным в соответствии с законом Генри, а с момента достижения состояния насыщения начинается образование диспергированной газовой фазы в форме пузырьков. Последние под действием архимедовой сил всплывают, существенно изменяя гидродинамическое состояние сред. Брожение под давлением касается не только давления в газовой фазе аппарата, но и гидростатического давления в нем. Повышенные давления само по себе оцениваются стрессовыми факторами, однако важно, что они сопровождаются парциальными и абсолютными давлениями CO₂ и ростом растворимости последнего, что в свою очередь тормозит восстановление собственных веществ дрожжевых клеток.

ВЫВОДЫ.

Выполненный анализ особенностей анаэробного брожения среды пивоваренной отрасли позволяет отметить следующее.

- начальная концентрация сахаров в зеленом сусле является величиной, что определяет начальное осмотическое давление и с учетом трансформаций веществ динамику его изменений и конечные значения осмотического давления. Последние определяются концентрациями этилового спирта и диоксида углерода;
- прекращения процессов брожения является результатом роста осмотических давлений;
- физические давления имеют ограниченные влияния на микроорганизмы, однако такие воздействия имеют место в

непосредственной форме через их влияния на растворимость газов;

- гидростатические давления среды являются причиной возникновения градиентов растворения газов.

Использованные источники:

1. Кунце, В. Технология солода и пива /В. Кунце. – С.-Пб.: Профессия, 2001. – 912 с.
2. Домарецький, В.А. Технологія солоду та пива / В.А. Домарецький. – К.: Урожай, 1999. – 537 с.
3. Транспортно-технологічні системи пивзаводів / А.І. Соколенко, А.І. Українець, В.А. Піддубний / За ред. А.І. Соколенка. – К.: АртЕк, 2002. – 304 с.
4. Пирог, Т.П. Загальна біологія / Т.П. Пирог. – К.: НУХТ, 2010. – 632 с.

Информация о себе: телефон +38 (097) 757-80-60, e-mail koval_olia@i.ua