

DYNAMICS OF CHANGE OF CARBON DIOXIDE CONCENTRATION IN VESSEL AT GRAPE FERMENTATION

U. Simonenko, A. Vatrenko, I. Luchku
Odessa National Academy of Food Technologies

Key words:	ABSTRACT
carbon dioxide, fermentation, wort, concentration, gas	The wine industry is a consumer of carbon dioxide. At the same time, the work of fermentation compartments wineries accompanied by a significant CO ₂ emissions, which is released into the atmosphere, polluting it. The article deals with the initial stage of obtaining carbon dioxide from the grape must. We analyze the motion of gas flows in the ullage tank fermentation in the production of wine factories of primary winemaking. It is prepared material balance of traffic flows CO ₂ gas atmospheres in the fermentation tank ullage. With the resulting analysis of the mathematical relationship, obtained characteristics of the changes in the concentration of the gas mixture in the fermentation tank ullage. They have concluded that the selection of starting gas mixture to obtain from its carbon dioxide fermentation of grape, in which there is a need for plants primary wine can have the initial fermentation step without waiting for the beginning of the active fermentation. To clarify the start of the selection of the gas mixture it is advisable to take into account the sugar content of the wort.
Article history: Received 4.05.2016 Received in revised form 25.05.2016 Accepted 3.06.2016	
Corresponding author: alexvatrenko@gmail.com	

ДИНАМІКА ЗМІНИ КОНЦЕНТРАЦІЇ ДІОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ В ЄМНОСТІ ПРИ ВІНОГРАДНОМУ БРОДІННІ

Ю.М. Симоненко, докт. техн. наук,
О.В. Ватренко, докт. техн. наук,
І.М. Лучку, аспірант

Одеська національна академія харчових технологій

Стаття присвячена початковій стадії отримання діоксиду вуглецю з виноградного сусла. Аналізується рух газових потоків в незаповненому об'ємі бродильної ємності при виробництві виноматеріалів на заводах первинного виноробства. За допомогою отриманої в результаті аналізу математичної залежності, отримано характеристики зміни концентрації газової суміші бродіння в незаповненому об'ємі бродильної ємності. Отримані на різних стадіях процесу бродіння характеристики дозволили зробити висновки щодо початку відбору газової суміші для отримання з неї діоксиду вуглецю виноградного бродіння, потреба в якому є на заводах первинного виноробства.

Ключові слова: діоксид вуглецю, бродіння, сусло, концентрація, газ.

Вступ. Одним з найбільших споживачів діоксиду вуглецю є харчова промисловість, в якій він традиційно масово використовується для сатурації напоїв, створення модифікованих газових середовищ для зберігання харчових продуктів та ряду інших технологічних потреб. У той же час робота цілого ряду харчових виробництв супроводжується чималою емісією діоксиду вуглецю. Такі виробництва існують в спиртовій, пивоварній та виноробній галузях.

Подібний стан речей існує на тлі того, що більша частина потреб України в CO_2 задовольняється за рахунок імпорту. Крім того викиди CO_2 в атмосферу завдають екологічної шкоди навколишньому середовищу.

З перелічених харчових галузей, емітентів CO_2 , в нашій країні його уловлювання з подальшим скрапленням досить ефективно здійснюється в пивоварній галузі [1]. Хоча раніше аналогічні роботи проводилися і в спиртовій галузі [2]. В виноробній галузі уловлювання CO_2 не здійснюється. Причини цього в сезонності виробництва, невивченості питання, відсутності відповідних технологій. У той же час традиційно головним виробником CO_2 є хімічна промисловість [3, 4].

В роботі по отриманню рідкісних газів [5] розглянуті питання динаміки зміни концентрації ізотопного компонента в контурі холодильного циклу. Отримано характеристики змін ізотопної концентрації в контурі холодильного циклу при його підживленні віддвувочним потоком колони.

Мета дослідження. У разі подачі парогазової суміші бродіння з бродильної ємності з виноградним сусликом на подальшу обробку для отримання скрапленого CO_2 потрібно знати час, через який можна проводити відбір. Такі роботи з урахуванням специфіки виробництва виноматеріалів і роботи виноробних підприємств не проводилися. Метою дослідження є визначення динаміки зміни і часу стабілізації складу газової суміші в незаповненому об'ємі бродильної ємності.

Методи і методики. На виноробних підприємствах в сезон збору винограду і виробництва виноматеріалів бродіння виноградного суслика може відбуватися за двома способами: періодичному і безперервному. За обома способами бродіння відбувається в бродильних ємностях об'ємом як правило 20, 25, 30 м³. Ємність заповнюється сусликом на 80 % об'єму. В якості буферного газу в ємностях перед заповненням сусликом використовуються інертні гази, як правило азот рідше CO_2 . Таким чином будемо вважати, що в незаповненому просторі ємності знаходиться азот.

В процесі бродіння виноградного суслика в результаті зброджування цукру утворюється етиловий спирт, діоксид вуглецю і виділяється певна кількість тепла. У верхній частині ємності є віддушину через яку парогазова суміш при періодичному способі бродіння викидається в атмосферу. Розглянемо завдання прогнозування газового складу незаповненого об'єму бродильної ємності для подачі CO_2 , що утвориться на компримування (рис. 1).

Бродильні ємності забезпечені охолоджуючими

сорочками і температура бродіння підтримується на рівні + 16...+ 18 °С. У цьому випадку, як показано на малюнку 1, в верхню незаповнену частину бродильної ємності об'ємом W і початковим складом y_0 (100 % азот) постійно вводиться (виділяється з суслика) парогазова суміш з постійним складом X і витратами v . Реальний склад суміші неоднорідний і з урахуванням попередніх досліджень складу суміші його можна прийняти як 73 % CO_2 , 21 % азоту і деяку невелику кількість водно-спиртової суміші (ароматного спирту). Для розрахунків враховуватимемо сумарну концентрацію газів цільового компонента і азоту — X (94 %). Одночасно з незаповненого об'єму бродильної ємності з таким же витратами v виводиться в атмосферу потік зі змінною концентрацією $y = f(\tau)$.

Для отримання універсальних розрахункових співвідношень не будемо обговорювати, до якого з компонентів (діоксида вуглецю або азоту) відносяться концентрації. Це дозволить прогнозувати в часі τ склад парогазової суміші, який відповідає концентрації виведеного з ємності продукту.

Складемо рівняння матеріального балансу за CO_2 з урахуванням потоків газових середовищ з дзеркала суслика і на виході з незаповненого об'єму (з віддушини ємності), тобто на границях контуру для елементарного часу $d\tau$. Надходження в незаповнений об'єм $[v X d\tau]$. Відбирається потік $[v y d\tau]$. Зміна кількості суміші бродіння (і відповідно CO_2) в незаповненому об'ємі $[W dy]$. В цілому отримаємо:

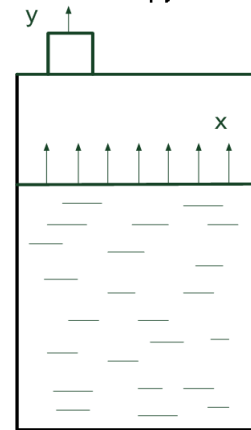


Рис. 1. До розрахунку концентрації в незаповненому об'ємі ємності при бродінні виноградного суслика

$$v(X - y) d\tau = W \cdot dy. \quad (1)$$

Розділимо рівняння на W

$$\frac{v}{W} \cdot d\tau = \frac{dy}{X - y} \quad (2)$$

і інтегруємо в межах від 0 до τ і відповідно від y_0 до y . Для цього проведемо заміну змінної інтегрування. Вважаючи, що $X = \text{const}$, вводимо лінійну функцію $[X - y]$ під знак диференціала і виносимо за знак інтеграла похідну даної функції, тобто множимо праву частину на (-1) . Тоді:

$$\frac{v}{W} \int_0^{\tau} d\tau = - \int_{y_0}^y \frac{d(X - y)}{X - y}. \quad (3)$$

В результаті отримаємо

$$\frac{v}{W} \tau = -\ln(X - y) + C. \quad (4)$$

Постійну інтегрування знаходимо з умови $y = y_0$ при $\tau = 0$

$$C = \ln(X - y_0). \quad (5)$$

Ведемо значення постійної C в співвідношення (4) і перетворимо рівняння відповідно до правил перетворення логарифмів

$$\frac{v}{W} \tau = [\ln(X - y_0) - \ln(X - y)] = \ln\left(\frac{X - y_0}{X - y}\right). \quad (6)$$

Відповідно до визначення логарифма

$$\frac{X - y_0}{X - y} = e^{\left(\frac{v}{W}\tau\right)}. \quad (7)$$

Звідки

$$y = X - \frac{X - y_0}{e^{\left(\frac{v}{W}\tau\right)}} = X - (X - y_0) \cdot e^{\left(-\frac{v}{W}\tau\right)}. \quad (8)$$

З використанням формули (8) визначено концентрації $y = f(\tau)$ в незаповненому об'ємі при його підживленні потоком з постійним складом X і концентрацією CO_2 в ньому. При виборі величини витрати газів бродіння бралися до уваги наступні міркування. Весь цикл бродіння в окремій ємності складається з трьох стадій: розброджування, активного бродіння і доброджування. Кожна стадія характеризується своїми показниками витрати газів. Під час розброджування витрата газу мінімальна, оскільки йде адаптація дріжджів в суслі. Тривалість цієї стадії 1—2 доби. Під час активного бродіння витрата газу висока і тривалість стадії значно більша. Порівняємо динаміку зміни концентрації на перших двох стадіях для вибору найбільш сприятливого моменту для початку відбору парогазової суміші.

Крім того витрата газу залежить від кількості цукру в суслі. Цукристість сусла залежить від погодних умов в конкретному році, географічного розташування виноградників і ряду інших факторів. Розрахункова витрата газу: при розброджуванні для цукристості 18 %, 20 % і 22 % відповідно $v_{18} = 1,6$ норм.м³/год, $v_{20} = 1,8$ норм.м³/год і $v_{22} = 2,0$ норм.м³/год; при

активному бродінні для цукристості 18 %, 20 % і 22 % відповідно $v_{18} = 5,6$ норм.м³/год, $v_{20} = 6,2$ норм.м³/год та $v_{22} = 6,8$ норм.м³/год. Результати обчислень представлені у вигляді графіків на малюнку 2. При виборі умов для розрахункових досліджень динаміки зміни прийнятні параметри, характерні для бродильних ємностей «Фаббрі-інокс» (Італія) обсягом 25 м³.

Результати досліджень. Таким чином маємо два режими стабілізації газового складу в незаповненому об'ємі ємності при введенні в нього потоку CO₂ — режим розброджування і режим активного бродіння. З аналізу графіків (рис. 2, а) випливає, що для режиму розброджування стабілізація газового складу в незаповненому об'ємі ємності при введенні в нього потоку, в залежності від цукристості сусла, настає через $\tau = 15\text{—}20$ годин. Тобто тривалість цієї стадії перевищує час стабілізації складу. Починаючи з цього моменту можна здійснювати подачу газової суміші на компресор безпосередньо з бродильної ємності.

З графіків (рис. 2, б) випливає, що для режиму активного бродіння стабілізація газового складу в незаповненому об'ємі ємності настає значно швидше, через $\tau = 4\text{—}5$ годин. В цілому можна констатувати, що незважаючи на значно більш низькі темпи заміщення в режимі розброджування, подачу парогазової суміші на переробку доцільно починати вже на цій стадії.

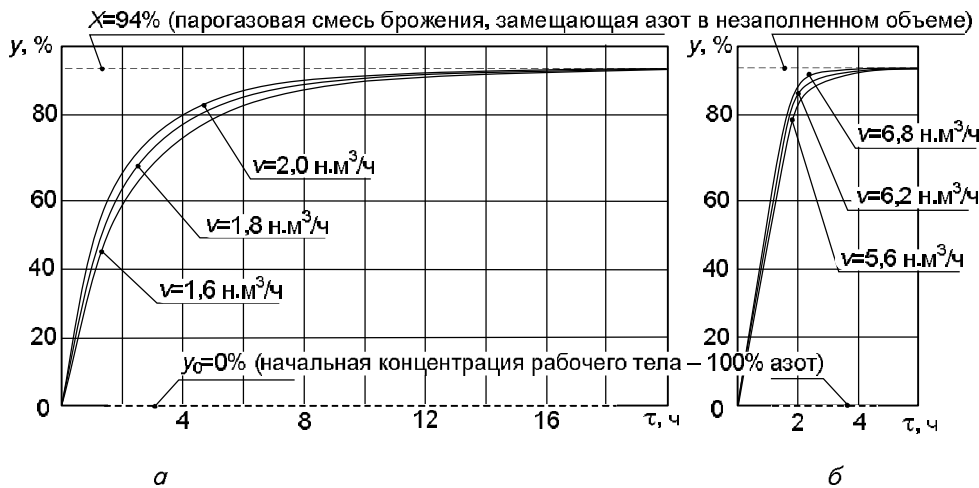


Рис. 2. Зміна концентрації газової суміші в незаповненому об'ємі при його підживленні газами бродіння зі складом $X = 94\%$ (73% CO₂ і 21% азоту) і різних витратах газів бродіння для незаповнених обсягів $W = 4,6$ норм.м³: а) для режиму розброджування; б) для режиму активного бродіння

Слід зазначити, що зі зміною об'єму бродильної ємності при сталій цукристості сусла і частці незаповненого об'єму ємності, час стабілізації газового складу не зміниться. Схема, в якій реалізовано поступове заміщення азоту парогазової сумішшю бродіння показана на рис. 1.

Висновки.

1. Відбір парогазової суміші з бродильних ємностей для подальшого очищення і компримування можна здійснювати вже на стадії розброджування не чекаючи початку активного бродіння, що дозволить скоротити втрати і викиди до мінімуму.

2. Для уточнення часу початку відбору парогазової суміші доцільно враховувати цукристість сусла, що дозволить полегшити і прискорити подальше очищення суміші для отримання товарного CO₂.

3. Кількість цукру в суслі має істотне, близько п'яти годин, значення саме на стадії розброджування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лавреченко Г.К. Повышение энерготехнологической эффективности производства и использования диоксида углерода [Текст] / Г.К. Лавреченко, А.В. Копытин // Технические газы. — 2009. — № 3. — С. 2—10.

2. Герасименко В.В. Производство диоксида углерода на спиртовых заводах / — В.В. Герасименко — М.: Пищевая промышленность, 1980. — 272 с.

3. Лаврченко Г.К. Энерготехнологические многоцелевые комплексы на природном газе, содержащие углекислотную станцию, когенерационную и воздухораспределительную установки / Г.К. Лаврченко, А.В. Копытин // Технические газы. — 2008. — №1. — С. 18—22.

4. Лаврченко Г.К. Современные технологии извлечения CO₂ из дымовых тепловых электрических станций / Г.К. Лаврченко, А.В. Копытин // Технические газы. — 2013. — №1. — С. 40—51.

5. Бондаренко В.Л. Криогенное обеспечение ректификационных колонн для получения неона и его стабильных изотопов / В.Л. Бондаренко, Э.В. Матвеев, Ю.М. Симоненко, В.Н. Рура // Технические газы. — 2015. — №5. — С. 36—47.

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА В ЕМКОСТИ ПРИ ВИНОГРАДНОМ БРОЖЕНИИ

Ю.М. Симоненко, А.В. Ватренко, И.М. Лучку

Одесская национальная академия пищевых технологий

В статье рассматривается начальная стадия получения диоксида углерода из виноградного сусла. Составлен материальный баланс по CO₂ движения потоков газовых сред в незаполненном объеме бродильной емкости. Характеристики получены на разных стадиях процесса брожения. Они позволили сделать вывод о том, что начинать отбор газовой смеси для получения из нее диоксида углерода виноградного брожения, потребность в котором существует на заводах первичного виноделия, можно уже на стадии разбраживания не дожидаясь начала активного брожения. При этом для уточнения времени начала отбора газовой смеси целесообразно учитывать сахаристость сусла.

Ключевые слова: диоксид углерода, брожение, сусло, концентрация, газ.