

НОВІ ТЕХНІЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ У ВИНОРОбСТВІ

7. Меледіна, Т. В. Физиологическое состояние дрожжей [Текст]: учеб. пособие / Т. В. Меледіна, С. Г. Давыденко, Л. М. Васильева – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. – 48с.
8. Fermentis Lesaffre for beverages [Electronic resource] – Mode of access: [http:// www.fermentis.com](http://www.fermentis.com). – Title from the screen.
9. AB Vickers products for brewing and technical support staff [Electronic resource] – Mode of access: [http:// www.abvickers.com](http://www.abvickers.com). – Title from the screen.

References

1. Ukrayins'ka haluzeva kompaniya po vyrobnytstvu pyva, bezalkohol'nykh napoyiv ta mineral'nykh vod «Ukrpyvo». Available at: [http:// www.ukrpivo.com](http://www.ukrpivo.com).
2. Meledina, T. V. (2003). Syr'e i vspomogatel'nye materialy v pivovarenii. SPb.: Professija, 304.
3. Kuncce, V., Mit, G. (2001). Tehnologija soloda i piva. SPb: Izd-vo "Professija, 912.
4. Annemjuller, G., Manger, G. J., Litc, P. (2015). Drozhzhi v pivovarenii, 428.
5. Ivanov, S. V., Domarets'kyu, V. A., Prybyl's'kyu, V. L. (2012). Innovatsiyni tekhnolohiyi produktiv brodinnya i vynorobstva, 487.
6. Meledina, T. V., Gud', I. V. (1998). Vlijanie uslovij reaktivacii na reproduktivnye processy v kletkah aktivnyh suhikh pivnyh drozhzhej. Vestnik mezhdunarodnoj akademii holoda, 3-4, 54.
7. Meledina, T. V., Davydenko, S. G., Vasil'eva, L. M. (2013). Fiziologicheskoe sostojanie drozhzhej, SPb.: NIU ИТМО; ИХиБТ, 48.
8. Fermentis Lesaffre for beverages. Available at: [http:// www.fermentis.com](http://www.fermentis.com).
9. AB Vickers products for brewing and technical support staff. Available at: [http:// www.abvickers.com](http://www.abvickers.com).

УДК 661.975-914:663.252.4

**АНАЛІЗ ВИХОДУ CO₂ ПРИ БРОДІННІ ВІНОГРАДНОГО СУСЛА
ПЕРІОДИЧНИМ СПОСОБОМ
ANALYSIS OF CO₂ OUTPUT AT THE BATCH FERMENTATION
OF GRAPE MUST**

**Ватренко О. В., д-р техн. наук, професор, Вігуржинська С. Ю., канд. економ. наук, доцент
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса
Vatrenko O. V., Vihurzhinska S. Y.
Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine**

Copyright © 2016 by author and the journal "Scientific Works".

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



В статті виконано аналіз послідовності проходження процесу бродіння виноградного сусла в процесі його надходження на завод. Цей аналіз надає розгорнуту картину процесу бродіння в масштабі підприємства і створює передумови для оцінки виходу CO₂ за сезон. Розглянуто періодичний спосіб бродіння з урахуванням його фаз. Взяті зразки газу з окремих бродильних ємностей та встановлено хімічний склад газової суміші бродіння. Хроматографічний аналіз показав дуже високий вміст діоксиду вуглецю у газовій суміші порівняно з альтернативними газами, які на сьогодні використовуються для його промислового отримання. Показано об'єми і динаміку виділення діоксиду вуглецю з окремої ємності. Отримано узагальнену функціональну залежність в яку входять основні чинники, які впливають на об'єми виділення газу. Проведений аналіз роботи дозволяє в подальшому здійснювати розрахунок кількості виділеного CO₂ за сезон роботи підприємства.

The article provides sequence analysis of grape must fermentation process as it available at the factory. This analysis provides a full—scale picture of the fermentation process enterprise—wide and creates conditions for CO₂ output estimation per season. This article presents batch fermentation considering its phases. Gas samples were taken from separate fermentation tanks and chemical composition of the gas mixture ferment was determined. The chromatographic analysis showed a very high carbon dioxide content in the gas mixture compared with alternative gases, which are used today for its commercial production. The article shows volumes and dynamic of carbon dioxide evolution from a

НОВІ ТЕХНІЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ У ВИНОРОБСТВІ

separate tank. It was obtained generalized functional dependence which includes principal factors affecting the volume of gas evolution. Performed analysis allows calculating the amount of flash CO₂ per season of enterprise operation in future.

Ключові слова: діоксид вуглецю, виноградне сусло, бродіння, газова суміш, цукор.

Keywords: carbon dioxide, grape must, fermentation gas mixture, sugar.

Діоксид вуглецю останні десятиліття привертає до себе велику увагу і його вплив як на різні галузі діяльності людини, так і в глобальному масштабі з часом посилюється. Використання CO₂ в господарській діяльності людини носить двоїстий характер, бо з одного боку це ліквідний продукт, затребуваний на сучасному ринку, а з іншого це парниковий газ, який є головним чинником глобального потепління в результаті небезпечного парникового ефекту.

В залежності від конкретного виробничого процесу, утворення CO₂ може мати форму цільового виділення, з метою перетворення його на товарну продукцію, а також бути баластом на деяких стадіях виробництва певних видів продукції або енергоресурсів. Оскільки діоксид вуглецю є парниковим газом, викиди якого в атмосферу повинні регулюватися згідно з Кіотським Протоколом 1997 року, то є обґрунтована потреба в розробці нових та удосконаленні існуючих технологій, пов'язаних як з його викидами в атмосферу, так і з цільовим виробництвом.

Головним способом виробництва CO₂, в тому числі як цільового продукту, є спалювання органічного палива, вугілля, природного газу, мазуту і отримання діоксиду вуглецю з димових газів з подальшим його очищенням від шкідливих домішок [1]. Слід зазначити, що наявність комплексу NO₂ в димових газах є дуже небезпечним, оскільки в поєднанні з аміном він створює азотну кислоту, яка створює стійкі солі [2]. Ці солі можуть потрапляти у товарний CO₂, що неприпустимо при його використанні у харчовій промисловості. Основними джерелами виробництва CO₂ є технологічні гази, такі як димовий газ, генераторний газ, який є продуктом газифікації бурого вугілля, синтез—газ — продукт газифікації вугілля і вуглеводневих газів та біогаз. Отримання CO₂ з цих газів є енергоємними процесами [3].

Якщо розглянути харчову промисловість то значні обсяги CO₂ виникають на виробництвах де використовуються процеси бродіння рослинної сировини. Зокрема такі процеси використовуються в спиртовій, пивній та виноробній галузях. На цих виробництвах CO₂ є побічним продуктом при виробництві цільової харчової продукції. В спиртовій та пивній галузях для вловлювання викидів CO₂ розроблені та експлуатуються спеціальні технології [4]. Щоправда в спиртовій галузі останнє десятиліття отримання CO₂ в процесах бродіння практично не здійснюється. В роботі [5] аналізується рух газових потоків в незаповненому об'ємі окремої бродильної ємності при виробництві виноматеріалів на заводах первинного виноробства. За допомогою отриманої в результаті аналізу математичної залежності зроблено висновки щодо початку відбору газової суміші для отримання з неї діоксиду вуглецю виноградного бродіння.

Однак аналізу загальної оцінки виходу діоксиду вуглецю в масштабах великого виноробного підприємства не робилося. Стаття має за мету запропонувати методику розрахунку виходу CO₂ за сезон бродіння на великих виноробних підприємствах.

Вуглекислий газ, який отримується в результаті бродіння рослинної сировини вигідно відрізняється від його аналогів, отриманих з димових газів та з хімічних виробництв, відсутністю небезпечних для здоров'я людей домішок NO₂, сажі, золи та попелу. Крім того концентрація CO₂ в парогазових сумішах бродіння рослинної сировини в декілька разів перевищує його концентрацію в димових газах та газах хімічних виробництв. Аналізи хімічного складу газової суміші бродіння взяті протягом двох сезонів на Шабському виноробному заводі показали, що концентрація CO₂ в суміші знаходиться в межах 93...96 %. Для порівняння — концентрація CO₂ в димових газах за даними наведеними в роботі [2] складає близько 3...12 %. Типова хроматограма складу суміші наведена на рис. 1. Вона демонструє, що решту 4...7 % складають приблизно однакові кількості азоту і спирту (по ≈ 2,5 %) та менше 1 % кисень.

Вловлювання викидів CO₂ у виноробній галузі практично не здійснюється. Причини цього полягають в сезонності виробництва, невивченості питання, відсутності відповідних технологій.

Розглянемо один із найбільш поширених у виноробній галузі періодичний спосіб бродіння. Проведемо аналіз виходу газової суміші бродіння на прикладі дільниці бродіння сусла з винограду білих сортів підприємства.

Дільниця виробництва виноматеріалів із винограду білих сортів великого підприємства може включати більше сотні бродильних ємностей для періодичного способу бродіння. Розглянемо для прикладу використання ємностей об'ємом 25 м³ виробництва італійської фірми Фабрі—інокс. Кожна ємність має охолоджуючу сорочку, оскільки реакція розщеплення цукру на спирт та вуглекислий газ є екзотермічною, а на верхньому днищі ємності є віддушину через яку при підвищенні тиску в ємності безперервно вивільняється в атмосферу газова суміш бродіння. В той же час виноробне підприємство закуповує зріджений CO₂ для своїх технологічних потреб.

НОВІ ТЕХНІЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ У ВИНОРОБСТВІ

Візьмемо для прикладу, що в період збору винограду його надходження на цю ділянку підприємства складає 300 тон на добу. Відповідно об'єм суслу, що надходить на бродіння, складатиме близько 22500 дал. Такою кількістю суслу наповнюється 11 бродильних ємностей вищезазначеного типу. Отже щоденно наповнюються 11 бродильних ємностей. Вміст цукру у суслі може коліватися в межах 180...220 г/дм³ (тобто 18...22 %).

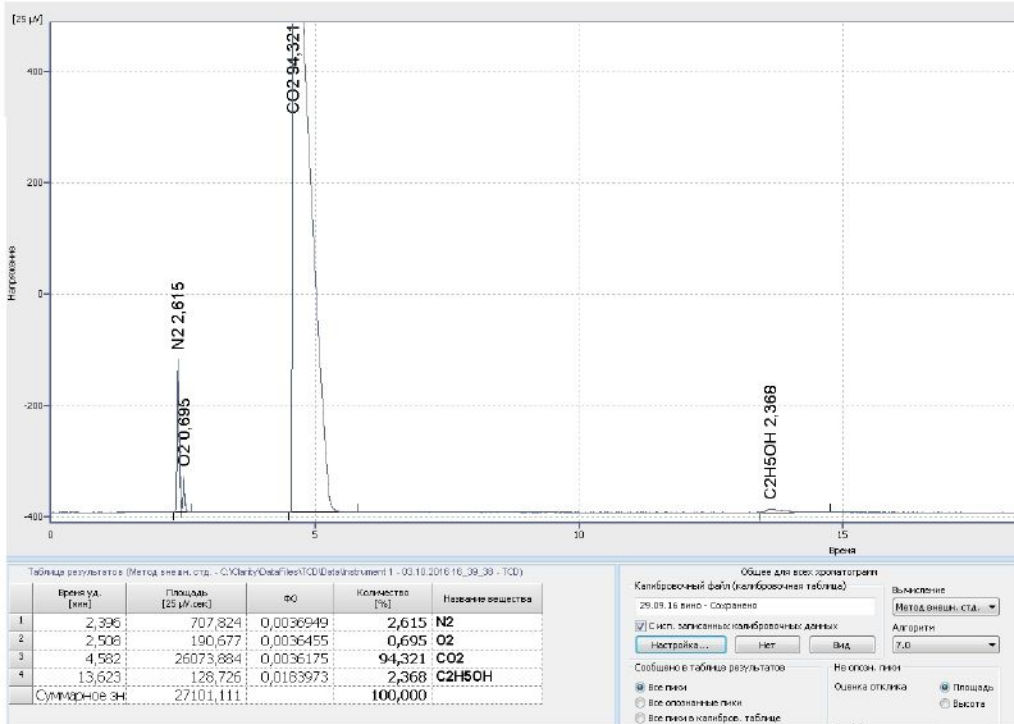


Рис. 1 — Хроматограма газової суміші бродіння виноградного суслу

Процес бродіння проходить у декілька фаз. 1...2 доби відбувається початок бродіння (розброджування) — іде адаптація дріжджів в суслі. На цій фазі CO₂ виділяється дуже слабо. Наступні 5...6 діб відбувається активна фаза бродіння, яка супроводжується активним виділенням газу. Кількість цукру знижується на 80 %. Далі процес бродіння поступово уповільнюється і наступні 4...6 діб відбувається доброджування. Таким чином середня тривалість процесу бродіння в одній ємності складає 10...14 діб. Залишковий цукор у суслі складає до 3 г/дм³.

Загалом вся картина бродіння в узагальненому вигляді представлена на рис. 2. Перша зліва на право затемнена смуга показує розброджування суслу. Середня затемнена смуга показує фазу активного бродіння, під час якої іде активне виділення газу і утворюється основна його кількість. Третя затемнена смуга виділяє фазу доброджування. Якщо розглянути виділення газу в процесі бродіння в окремій ємності, то як показали експериментальні дослідження за умови вмісту цукру у суслі 18 % і тривалості бродіння 10 діб графік виділення CO₂ матиме вигляд зображений на рис. 3. Він демонструє, що процес виділення газової суміші в окремо взятій ємності носить нестационарний характер і на ньому чітко прослідковуються усі три фази бродіння.

Запишемо функціональну залежність для виділення CO₂ в окремій ємності у вигляді виразу

$$q_i = q_i(m, p, t, T) \tag{1}$$

- де q_i — виділення CO₂ з i -ї ємності, м³/добу;
- m — маса суслу в ємності, кг;
- p — вміст цукру в суслі, %;
- t — час (тривалість) бродіння, діб;
- T — температура бродіння, °C,
- або

$$\bar{q}_i = \int_0^{14} q(t) dt \tag{2}$$

НОВІ ТЕХНІЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ У ВИНОРОБСТВІ

День	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Находження сусла на бродіння, дал/добу																															
19																					22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500
18																					22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500
17																					22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500
16																					22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500
15																					22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500
14																					22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500
13																					22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500
12																					22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500
11																					22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500
10																					22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500
9																					22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500
8																					22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500
7																					22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500
6																					22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500
5																					22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500
4																					22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500
3																					22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500
2																					22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500
1																					22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500	22500
Всього сусла, дал	22500	45000	67500	90000	112500	135000	157500	180000	202500	225000	247500	270000	292500	315000	337500	360000	382500	405000	427500	427500	427500	427500	427500	427500	427500	427500	427500	427500	427500	427500	
Кількість ємностей, шт	11	23	34	45	56	68	79	90	101	113	124	135	146	158	169	180	191	203	214	214	214	214	214	214	214	214	214	214	214	214	

Рис. 2 — Послідовність проходження процесу бродіння у ємностях на виноробному підприємстві

НОВІ ТЕХНІЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ У ВИНОРОБСТВІ

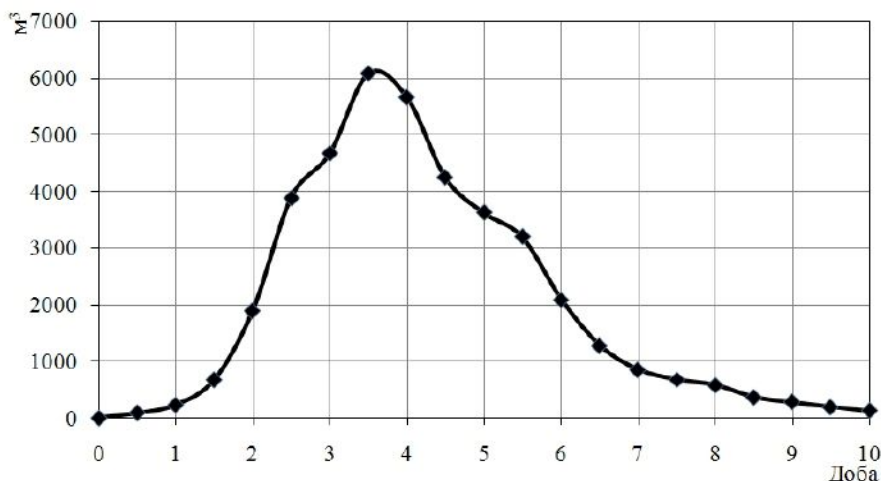


Рис. 3 — Динаміка виділення CO₂ з однієї бродильної ємності (місткість 25 м³; вміст цукру у суслі 18 %)

Тоді загальна кількість CO₂ за сезон бродіння на даній ділянці для n ємностей складе

$$Q = \sum_{i=1}^n \bar{q}_i. \quad (3)$$

Очевидно, що головним чинником кількості виділення CO₂ є вміст цукру у суслі.

Висновки. Проведений аналіз роботи дозволяє в подальшому здійснювати розрахунок кількості виділеного CO₂ за сезон роботи підприємства. Цей аналіз можна застосовувати для будь-якого підприємства галузі.

Література

1. Лавренченко, Г. К. Новые технологии извлечения CO₂ из дымовых газов тепловых станций [Текст] / Г. К. Лавренченко, А. В. Копытин // Технические газы. – 2011. – № 2. – С. 32–42.
2. Лавренченко, Г. К. Современные технологии извлечения CO₂ из дымовых газов тепловых электрических станций [Текст] / Г. К. Лавренченко, А. В. Копытин // Технические газы. – 2013. – № 1. – С. 40–51.
3. Пятничко, А. И. Сравнительный анализ эффективности способов извлечения диоксида углерода из технологических газов [Текст] / А. И. Пятничко, Ю. В. Иванов, Г. В. Жук, Л. Р. Онопа // Технические газы. – 2014. – № 4. – С. 58–65.
4. Герасименко, В. В. Производство диоксида углерода на спиртовых заводах [Текст] / В. В. Герасименко – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 272 с.
5. Симоненко, Ю. М. Динаміка зміни концентрації діоксиду вуглецю в ємності при виноградному бродінні [Текст] / Ю. М. Симоненко, О. В. Ватренко, І. М. Лучку // Харчова промисловість. – 2016. – № 19. – С. 87–91.

References

1. Lavrenchenko, G. K., Kopytin, A. V. (2011). Novye tehnologii izvlechenija CO₂ iz dymovyh gazov teplovyh stancij. Tehnicheskie gazy, 2, 32–42.
2. Lavrenchenko, G. K., Kopytin, A. V. (2013). Sovremennye tehnologii izvlechenija CO₂ iz dymovyh gazov teplovyh jelektricheskijh stancij. Tehnicheskie gazy, 1, 40–51.
3. Pjaticniko, A. I., Ivanov, Ju. V., Zhuk, G. V., Onopa, L. R. (2014). Sravnitel'nyj analiz jeffektivnosti sposobov izvlechenija dioksida ugleroda iz tehnologicheskijh gazov. Tehnicheskie gazy, 4, 58–65.
4. Gerasimenko, V. V. (1980). Proizvodstvo dioksida ugleroda na spirtovyh zavodah. Moskva, Pishhevaja promyshlennost', 272.
5. Symonenko, Yu. M., Vatenko, O. V., Luchku, I. M. (2016). Dynamika zminy kontsentratsiyi dioksydu vuhletsyu v yemnosti pry vynogradnomu brodimi. Kharchova promyslovist', 19, 87–91.