

**Міністерство аграрної політики та
продовольства України
Міністерство освіти і науки України
Національний університет харчових технологій**

**«Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування
харчової продукції - основні засади її конкурентоздатності»
(Матеріали II Міжнародної спеціалізованої науково-практичної
конференції)**

11 вересня 2013 р. м. Київ, Україна

2013 р.

ЕНЕРГЕТИЧНІ ПОТЕНЦІАЛИ ГАЗОРІДИННИХ СЕРЕДОВИЩ

Термін "газорідинне середовище" відноситься до систем, у яких присутні газова і рідинна фази. При цьому газова фаза є динамічною і такою, яка під дією гравітаційного поля і архімедових сил, утворює висхідні потоки відносно рідинної фази, що одночасно є причиною створення вертикально спрямованих циркуляційних контурів. У більшості випадків газова фаза є диспергованою і її утворення пов'язане з анаеробним бродінням, при якому вона генерується внаслідок біохімічних процесів. Енергетичне підґрунтя такого синтезу представлене хімічною енергією речовин живлення мікроорганізмів, трансформація якої супроводжується біохімічними перетвореннями, синтезом цільових речовин і діоксиду вуглецю. Оскільки середовища біохімічного синтезу характеризуються значною однорідністю щодо живильних компонентів і мікроорганізмів-споживачів останніх, то система вважається такою, в якій диспергована газова фаза також наближується до рівня рівномірно розсосередженої. Однак від початку формування газової фази однорідність її перебування в рідинній фазі порушується з утворенням циркуляційних контурів.

Аналогічні перетворення мають місце в технологіях зброджування виноградного суслу у виноробній промисловості (первинне виноробство), в технологіях вторинного бродіння у виробництві шампанського, при зброджуванні пивного суслу або цукровмістких середовищ у спиртовій промисловості тощо.

Хоча вхідні сировинні потоки названих технологій мають певні відмінності, однак їх спільною характеристикою є те, що всі вони є носіями хімічної енергії цукрів. Названа спільність продовжується ланцюгом співпадаючих перетворень, які представлено на схемі.

Вхідні матеріальні потоки тут представлені рідинним середовищем-розчинником, цукрами як живильними компонентами і мікроорганізмами, а хімічна енергія живильних речовин є основою подальших перетворень.

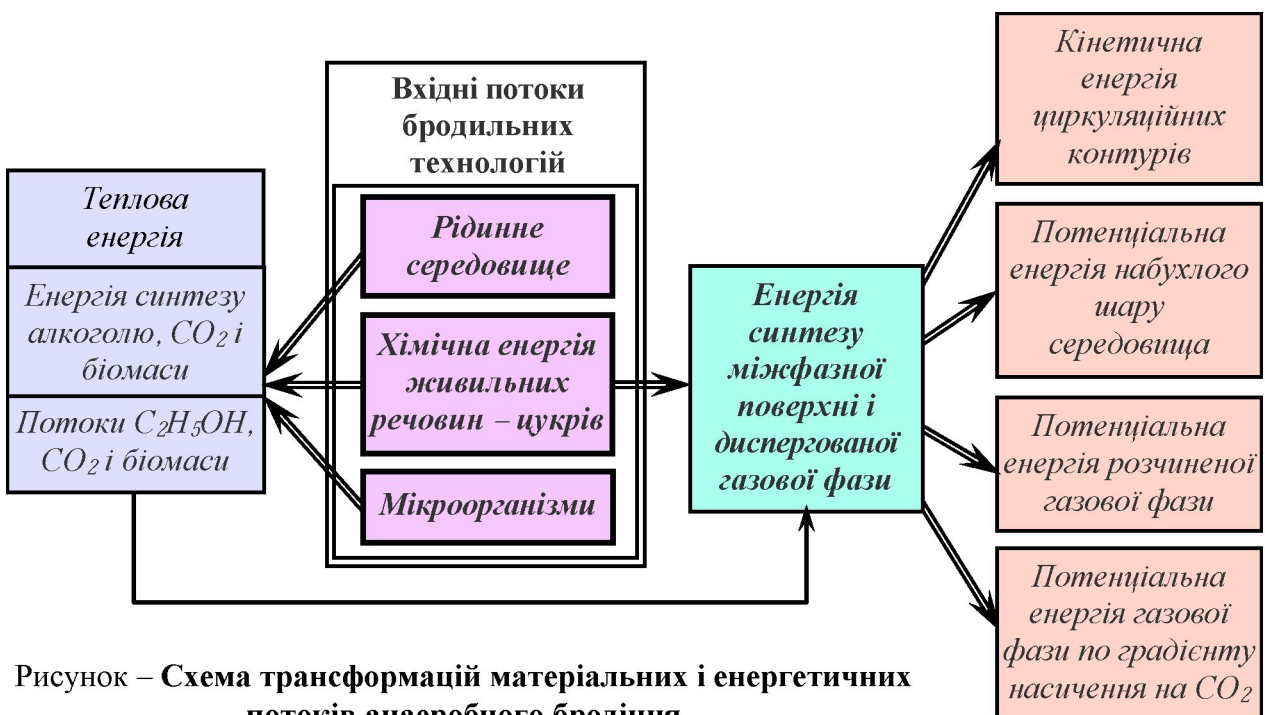


Рисунок – Схема трансформацій матеріальних і енергетичних потоків анаеробного бродіння

Очевидно, що за умови анаеробного бродіння газова фаза представлена діоксидом вуглецю, динаміка синтезу якого пов'язана з організацією процесу, що є цілком визначеним. Однак при цьому в режимах перехідних процесів з урахуванням гідростатичних тисків виникає повисотна нерівномірність вмісту розчиненого CO_2 .

Аеробні процеси частіше пов'язані з прискореним синтезом біомаси і супроводжуються технічними заходами для подавання в рідинну фазу кисню, оскільки дріжджі здатні асимілювати лише його розчинену форму.

Аерація середовищ здійснюється подаванням і диспергуванням в них повітря. Оскільки режими аерації регламентуються концентраціями розчиненого кисню, споживач якого присутній в середовищі, то за таких умов неминуче досягається повне насичення його азотом.

Однак при цьому азот як складова повітря не просто проходить "транзитом" рідинну фазу, а у значній кількості на поверхні поділу фаз присутні масообмінні процеси по кисню, діоксиду вуглецю і азоту. Якщо при цьому спрямованість потоку кисню цілком визначена в напрямку від газової фази до рідинної, то потоки азоту на поверхні поділу фаз можуть бути різнонаправленими. Такими різнонаправленими можуть бути і потоки CO_2 .

Спряженість названих трьох потоків на поверхнях поділу фаз впливає на інтенсивність масообмінних процесів, однак рушійні фактори при цьому у першому наближенні будемо визначати на основі закону Генрі.

Між тим існують можливості впливу на середовища з метою інтенсифікації масообмінних процесів за рахунок використання енергетичних потенціалів, названих в схемі.

Енергетичний потенціал розчинених у рідинних середовищах газів визначається їх кількістю і тиском в системі, який однак не має фізичних проявів за умови термодинамічної рівноваги. Останнє положення слід розглядати як деяку модифікацію системи, що відображується рівнянням Менделєєва-Клейперона, оскільки його ліва частина у формі PV стосується об'єму V чисто газової фази. Однак параметри правої частини MRT відповідають реальному газу, а в сукупності – його енергетичному потенціалу. Підставу на такий гіпотетичний висновок пояснюємо на тій основі, що прояв енергетичного потенціалу розчиненого газу має місце тільки за умови його десорбції і в результаті суто механічної взаємодії з рідинною фазою. При цьому маса газу в такій енергетичній трансформації залишається рівною або кратною M , а газова стала R і температура T відповідають саме газовій фазі. Посилання на деяку кратність маси M пов'язане з тим, що не весь розчинений газ в режимі десорбції завжди переходить в газову фазу. Таким чином енергія десорбційного виділення розчиненої газової фази:

$$E = MRT,$$

а масу утвореної газової фази знайдемо за умовою:

$$M = k(P_{(п)} - P_{(к)}),$$

де k – константа Генрі; $P_{(п)}$ і $P_{(к)}$ – початковий і кінцевий парціальні тиски або фізичні тиски в системі.

Константа Генрі залежить від фізико-хімічних характеристик рідинної і газової фаз і температури. Очевидно, що створення енергетичних накопичувальних пристроїв потребує врахування параметрів розчинності. Впливи температур на розчинність газів відображено в таблиці. Співставлення її даних показує суттєву перевагу за значенням розчинності діоксиду вуглецю. Вказану перевагу тим більш логічно застосувати в бродильних технологіях, або в спеціальних технологіях за рахунок примусового насичення рідинної фази діоксидом вуглецю. Так за десатурації 10 кг CO_2 з 1 м³ середовища енергетичний потенціал переходу складе:

$$E = 10 \cdot 188,9(273 + 12) = 538365 \text{ Дж.}$$

Таблиця – Розчинність газів у воді м³/м³ за парціального тиску 0,1 МПа

Газ	Температура, °С							
	0	5	10	15	20	25	30	40
Азот	0,0235	0,0209	0,0186	0,0168	0,0154	0,0143	0,0134	0,0118
Кисень	0,0489	0,0425	0,0380	0,0341	0,0310	0,0283	0,0264	0,0231
Водень	0,0215	0,0204	0,0195	0,0198	0,0182	0,0175	0,0170	0,0164
Діоксид вуглецю	1,713	1,425	1,194	1,019	0,878	0,759	0,665	0,530

Одержане значення потужності N приблизно на порядок перевищує імпульси енергетичних впливів в класичних технологіях. Створення на основі розчинених газів енергетичних накопичувачів можливе за штучного одержання різних рівнів термодинамічної рівноваги. Важливо, що закон Генрі дає вказівку на їх досягнення в кількісних співвідношеннях.

Сучасне апаратне оформлення процесів бродіння і технологій мікробіологічного синтезу зорієнтовані на використання герметичних апаратів, які працюють в умовах підвищених тисків або хоча б за існування в них гідростатичних тисків. Так циліндро-конічні бродильні апарати пивзаводів, акратофори заводів шампанських вин, форфаси пивзаводів, апарати для вирощування мікроорганізмів, для зброджування квасу можуть мати висоту у кілька десятків метрів. Зброджування цукровмістких середовищ означає насичення їх розчиненим діоксидом вуглецю до значень, які відповідають закону Генрі.

При цьому режим насичення має ту особливість, що CO_2 передається в рідинну фазу на молекулярному рівні і лише за досягнення значення сталої насичення C_H стає можливим утворення газової фази. Однак при цьому наявність гідростатичних тисків визначає нерівномірність концентрації розчиненого діоксиду вуглецю. Відповідний концентраційний градієнт формується від початку виділення CO_2 з верхніх шарів середовища, оскільки в більш заглиблених шарах за рахунок гідростатичного тиску насичення поки що не досягається.

Однак з часом ситуація змінюється і концентраційний градієнт по CO_2 продовжує існувати за умови усталених режимів бродіння, що може бути використано для самоплинного перемішування середовищ.

У зв'язку з останнім розроблено апаратне забезпечення для використання енергетичних потенціалів газорідинних систем.

Висновки

1. За потенціалом розчинених газів переважають анаеробні технології у зв'язку зі значною перевагою розчинності діоксиду вуглецю;
2. Існуючі бродильні апарати за своїм влаштуванням дозволяють реалізувати технології з використанням енергетичних потенціалів розчинених газів.

Література

1. Лензійон В.Й., Криворотько В.М., Соколенко А.І. та ін. Особливості технологій бродіння у виробництві шампанських вин // Харчова промисловість. – 2012. – № 13. – С. 185–189.
2. Соколенко А.І., Шевченко О.Ю., Піддубний В.А. Інтенсифікація масообмінних процесів в харчових і мікробіологічних технологіях. – К.: Люксар, 2008. – 443 с.