

УДК 621.798, 536.7

EFFECT OF PHYSICAL AND CHEMICAL PARAMETERS OF THE MICROFLORA FOOD MEDIA

V.M. Kryvorotko, I. Maksymenko, O. Bilyk, V.A. Piddybnii
National University of Food Technologies

Key words:	ABSTRACT
Synthesis Micro-organisms Temperature Fluid The phase transition pressure	Analysis performed influences physical and chemical parameters on the state of media, mass ratios of substances in them with the assessment of the causes and the possibilities of achieving the lethal effects. Latest in most cases linked to thermal stress whose existence is programmable and provides the current technologies and rates of change of temperature. The effect on the microflora have a double nature, which relates directly to the temperature itself and the changes that occur in this environment. Depending on the properties of liquid environments different variants of phase transitions of the most media or cell sap microorganisms. Obviously, the consequences of such phase transitions related to mass transfer processes. The issues of state media in vacuum and high pressures for rigid packaging.
Article history: Received 1.05.2013 Received in revised form 5.12.2013 Accepted 12.12.2013	
Corresponding author: mif63@i.ua	

ВПЛИВИ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА МІКРОФЛОРУ ХАРЧОВИХ СЕРЕДОВИЩ

В.М. Криворотько, І.Ф. Максименко, О.А. Білик, В.А. Піддубний
Національний університет харчових технологій

Виконано аналіз впливів фізико-хімічних параметрів на стан мікроорганізмів в середовищах, масових співвідношень речовин в них з оцінкою причин і можливостей досягнення летальних ефектів. Останні у більшості випадків пов'язуються з термошоками, існування яких програмується і передбачається окремими діючими технологіями та швидкостями зміни температур. При цьому впливи на мікрофлору мають подвійний характер, що стосується безпосередньо самої температури і змін, які при цьому відбуваються в середовищах.

Ключові слова: синтез, мікроорганізми, температура, середовище, фазовий перехід, тиск.

Вступ. Прояви температурних шоків супроводжують окремі складові технологій мікробіологічних і харчових виробництв. Наприклад, при задаванні дріжджів у потік освітленого сула для його зброджування існує певна різниця температур змішуваних потоків. Помітні перепади температур середовищ також супроводжують синтез мікроорганізмів, виноробство, технології молочних виробництв тощо [1, 2].

© В.М. Криворотько, І.Ф. Максименко, О.А. Білик, В.А. Піддубний, 2013

Однак теоретичне підґрунтя термічних та інших шоків практично відсутнє у їх впливах на фізико-хімічні характеристики середовищ і опосередкованих впливах на мікроорганізми.

Мета досліджень. У зв'язку з викладеним до числа задач цього дослідження віднесено аналіз загального теоретичного підґрунтя стосовно переходів до різних станів термодинамічної рівноваги середовищ за змін температур з оцінкою впливів на динаміку мікробіологічних перетворень середовищ, синтез біомаси або цільових речовин. Хоча наявність температурних шоків є загально визнаною, однак межі їх впливів часто залишаються не повністю визначеними. Відомим і важливим їх проявом, який фіксується у виробництві, є лаг-фаза як наслідок перехідних процесів. При цьому діапазони її присутності можуть знаходитись в межах температур від нуля до +30...35 °С і більше, наприклад, для термофілів з перебігом у часі від кількох хвилин до кількох діб.

Для дріжджів цукроміцетів оптимальна температура життєдіяльності складає +28...32 °С, тому можливий діапазон D_t для них в промислових умовах може наблизитися до +30 °С. Разом з тим мікроорганізми психрофіли продовжують свою життєдіяльність і за від'ємних температур.

Для оцінки перспектив існування лаг-фази доцільно одержати кількісні характеристики впливів таких факторів, як температурний діапазон, швидкість зміни температури і час перебування середовищ з мікроорганізмами при різних температурах. Очевидно, що це ж стосується і середовищ з мікроорганізмами у зоні від'ємних температур.

Методика досліджень. Реакція мікроорганізмів на зниження температури середовищ залежить від глибини охолодження останніх. Очевидно, що сповільнення масообмінних процесів зі зниженням температури завершується їх припиненням у зв'язку з переходом до стану твердої фази середовища або клітинного соку мікроорганізмів. В останньому випадку можливим є досягнення летальних ефектів. Подібні режими мають місце в технологіях холодної обробки вина, виноматеріалів, соків тощо, але при цьому їх метою є хімічні перетворення, вилучення певних складових, вилучення зависей тощо. Зважаючи на обмеженість інформації про цілеспрямовані дослідження впливів охолодження середовищ з метою досягнення летальних ефектів, слід вказати на досвід заморожування зброденої тиражної суміші в пляшках в технологіях виробництва шампанського класичним методом. Не обговорюючи особливості перебігу окремих етапів за вказаного методу все ж вкажемо на 100 відсотковий летальний ефект, якому відповідають заключні операції ремюажу і дегоржажу.

Наведений аналіз приводить до висновку про доцільність пошуку причин відгуку мікроорганізмів середовищ на зміни фізико-хімічних параметрів останніх. Викладені умови і відмінності стосуються рідинних середовищ, для яких влаштування змін температур технічно є цілком досяжним.

Інший варіант може стосуватися технологій на основі охолодження середовищ під час адіабатного кипіння при їх вакуумуванні. Поєднання режимів адіабатного кипіння середовищ і використання ВЧ і НВЧ електромагнітних полів забезпечують швидкісне охолодження і нагрівання середовищ.

Більш глибока обробка рідинних середовищ з мікроорганізмами від'ємними температурами можлива лише за присутності в середовищі розчинених речовин, що супроводжується наявністю осмотичних тисків і температурних депресій.

Склад розчину впливає на клітини мікроорганізмів і всяка зміна властивостей середовищ супроводжується переведенням клітин до нових термодинамічних параметрів для досягнення нового рівноважного стану.

В залежності від властивостей рідинних середовищ можливими є три варіанта їх охолодження:

- *Варіант перший:* середовище переходить у тверду фазу, а клітинний сік мікроорганізмів фазовий стан не змінює;
- *Варіант другий:* середовище зберігає рідинний стан, а клітинний сік мікроорганізмів переходить до твердого фазового стану;
- *Варіант третій:* і середовище і клітинний сік мікроорганізмів переходять до твердого стану.

Хоча відмінності наведених варіантів є очевидними, однак їх наслідки співпадають і це співпадіння має прояв у припиненні масообміну.

Інший важливий результат стосується можливостей летальних ефектів. Останні однозначно присутні, а їх прояви, швидше за все, слід віднести на взаємодію оболонок клітин з утворюваними кристалами як всередині клітин, так і зовні. Можливо програмувати, що зовнішня деструкція оболонок клітин буде збільшуватися зі зростанням рівня отвердіння середовища. У випадках внутрішнього кристалоутворення деструкція оболонок клітин менше залежить від рівня отвердіння середовища і може відбуватися й за його рідинного стану.

У випадку фазових переходів середовищ в жорстких упаковках і при їх повному заповненні рідинною фазою температурні зміни супроводжуються змінами тисків, пов'язаними з об'ємним розширенням. При зниженні температур середовищ нижче 0 °C і здійсненні фазового переходу тиски в герметизованих об'ємах зростають, що також означає присутність подвійних ефектів впливів.

Зміни тисків в герметизованих об'ємах у своїй дії на мікробіологічні об'єкти супроводжуються об'ємними напруженими станами і підвищенням тиску в них до значень тиску у середовищі у заданій координаті. Це означає досягнення стану термодинамічної рівноваги і підвищення розчинності газової фази по обидві сторони оболонок клітин.

Зважаючи на досвід зброджування цукровмістких середовищ за тисків, що помітно перевищують атмосферний, слід прийти до висновку щодо головного чинника летальних ефектів, роль якого належить явищу фазового переходу.

Розвиток технологій вакуумного пакування стосується значної номенклатури виробів харчової промисловості.

Продукт, фасований в первинну оболонку вакуумується з наступною герметизацією. Влаштування вакуумної камери здійснено таким чином, що зниження тиску відбувається як у середині, так і зовні оболонки. Зниження тиску від атмосферного до того, що відповідає технічним можливостям пристрою, супроводжується зниженням температури та кипінням середовища і цей процес у першому наближенні можливо вважати адіабатним. Зміна термодинамічних параметрів у вакуумованій камері відображується залежністю

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}}, \quad (1)$$

де T_1 і P_1 та T_2 і P_2 — відповідно початкові і кінцеві температури та тиски у вакуумній камері; k — показник адіабати.

Зниження температури до значення T_2 може бути достатньо помітним, однак вплив на температуру об'єкта вакуумування при цьому обмежений за умовою теплообміну з вакуумованим газовим середовищем, а основне охолодження середовища досягається за рахунок випаровування частини його вологи.

Разом з тим сучасні технічні можливості дозволяють швидкоплинно створювати навколо виробів кондитерської, хлібопекарної продукції тощо газовий об'єм підвищеного або атмосферного тиску з від'ємними температурами з наступним вакуумним упакуванням. При цьому можливо мати джерело стиснутого повітря (газу) з температурою навколишнього середовища. Наші попередні дослідження показали можливість досягнення у герметизованій камері від'ємних температур (у межах до $-15...-30$ °C) за рахунок двоступінчастого зниження тисків. Важливо, що температурні перепади від показників навколишнього середовища у $+20...+25$ °C до вказаних від'ємних досягаються за 2...3 секунди. Подальша пауза-витримка у часі дає підстави розраховувати на те, що мікрофлора на поверхні продукту і пакувальних матеріалах реагуватиме на дію вказаних низьких температур.

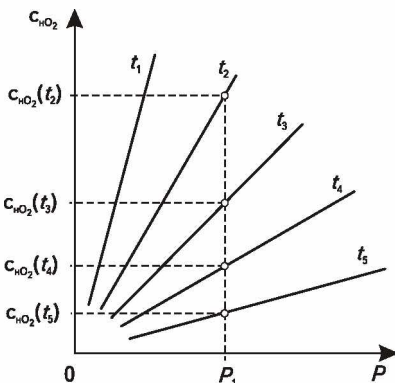
Однак при цьому слід оцінювати величину кінцевого тиску у камері з оброблюваним продуктом. З першого погляду здається, що з метою охолодження продукції доцільно здійснити вакуумування камери. Позитивний результат при цьому можливий у випадку

адіабатного випаровування вологої фракції продукту або напою. Проте за обмеженої вологості продукції або за її відносно обмеженої температури генерування пари вологої фракції стає помітно обмеженим. У зв'язку з цим розв'язання задачі можливо шукати на шляху створення у камері газових середовищ підвищених тисків але з обмеженими і навіть від'ємними температурами. В окремих випадках можливим могло би бути двостадійне оброблення з чергуванням охолодження і вакуумування.

Аналіз сучасних технологій вакуумного пакування продукції і пакування в модифіковані газові середовища приводить до висновку про майже повну придатність обладнання до впровадження і використання температурозмінних методів обробки продукції.

Масообмін і енергообмін між середовищем і мікробною клітиною оцінюється значною кількістю хімічних реакцій, розпадом одних і синтезом інших речовин, зустрічними матеріальними потоками тощо. При цьому в загальній оцінці системи перебувають у стані термодинамічної рівноваги, порушення якої за рахунок певного чинника викликає у відповідності до принципу Ле Шательє реакцію у напрямку досягнення нового рівноважного стану. Новий рівноважний стан може бути коротко- або довготривалим. Наприклад, технології синтезу хлібопекарських дріжджів дають приклад оцінки впливів температурних режимів. За температур культивування дріжджів 9...10 °C погодинний приріст біомаси досягає 10...12 %, а підвищення температури середовища до номінальної для цукроміцетів дозволяє досягти 17...19 % вказаного приросту. Очевидно, що такий результат досягається за рахунок наближення температури до оптимальної для дріжджів-цукроміцетів. Однак при цьому інші життєво важливі показники не повинні створювати обмежень в прирості біомаси. Адже аеробний синтез потребує присутності у культуральному середовищі розчиненого кисню. Проте підвищення температури середовища помітно знижує показник розчинності O_2 , який відображується законом Генрі:

$$C_{H_2O} = kP,$$



Загальний вид графіка залежності сталої насичення кисню від температури і парціального тиску O_2 в газовій фазі

де C_{H_2O} — стала насичення середовища; k — константа Генрі, яка визначається фізико-хімічними властивостями рідинної і газової фаз і температурою середовища; P — парціальний тиск кисню в газовій фазі.

Для оцінки впливу зміни температур звернемося до графічного представлення закону Генрі на рисунку. У відповідності до нього маємо співвідношення

$$t_1 < t_2 < t_3 < t_4 < t_5 \quad (2)$$

і при цьому залежності сталої насичення $c_{H_2O_2} = c_{H_2O_2}(t)$ не лінійні.

Для обраного значення P_1 перехід середовища від температури t_2 до t_3 супроводжується зменшенням сталої насичення на величину

$$\Delta c_{H_2O_2} = c_{H_2O_2}(t_2) - c_{H_2O_2}(t_3). \quad (3)$$

Швидкоплинна зміна температури середовища у вказаних межах означає порушення стану термодинамічної рівноваги, проте не у явному вигляді. За безперервної аерації середовища приріст біомаси супроводжується відповідним рівнем споживання кисню в такому ж безперервному режимі. Це означає, що насичення рідинної фази розчиненим киснем може не досягатися, як і порушення умови термодинамічної рівноваги.

Однак зростання температури середовища від t_2 до t_3 буде мати вторинний наслідок, прояв якого відображується залежністю

$$\frac{dM_{O_2}}{d\tau} = k_m F (c_{n, O_2} - c_{nl, O_2}), \quad (4)$$

де $\frac{dM_{O_2}}{d\tau}$ — швидкість розчинення кисню; τ — час перебігу процесу; M_{O_2} — маса розчиненого кисню; k — коефіцієнт масопередачі; F — поверхня поділу фаз; $c_{n, O_2} - c_{nl, O_2}$ — рушійний фактор масопередачі; c_{nl, O_2} — плинна концентрація розчиненого кисню.

Саме зміна величини c_{nl, O_2} у відповідь на зміну температури приведе систему до нового зменшеного значення $dM_{O_2}/d\tau$. Обов'язковим відгуком системи на зниження $dM_{O_2}/d\tau$ буде зменшення приросту біомаси. Про швидкоплинність такого переходу говорять дані Плевако Е.А. [3], за якими зниження концентрації розчиненого кисню від стану насичення до нуля за концентрації дріжджів 40 г/л досягається за 15 секунд. Це означає в кінцевому результаті зниження приросту біомаси за одиницю часу. Окрім того у зв'язку з певною інерційністю процесів масообміну між клітиною і середовищем можливою стає ситуація браку на кисень в середовищі, наслідком чого мікроорганізми хоча б тимчасово переналаштовуються на анаеробний тип дихання. Результатом останнього буде зниження виходу біомаси дріжджів, який обраховується по масі використаної цукровмісткої сировини.

Висновок. Виконаний аналіз стосовно впливів фізико-хімічних факторів на мікроорганізми, які супроводжують харчову продукцію, технології їх одержання або синтез мікроорганізмів приводить до висновку про доцільність наукових пошуків в оцінці впливів термодинамічних параметрів середовищ. При цьому значення має не лише глибина входження в незрівноважений стан, а і швидкість переходу до нового стану термодинамічної рівноваги. У зв'язку з цим термодинамічні переходи і перетворення слід оцінювати первинними явищами, а відгуки на них мікроорганізмів — умовно вторинними.

Поєднання в оцінках впливів змінних термодинамічних параметрів, ефектів підвищення і зниження тисків на рівнях вакуумування дозволяють прогнозувати їх перспективність для організації технології подовженого зберігання продукції харчових виробництв.

Особливі наслідки слід очікувати у випадках фазових переходів за утворення парової фази.

ЛІТЕРАТУРА

1. Соколенко А.І. Енергетичні імпульси в харчових технологіях / А.І. Соколенко, К.В. Васильківський, А.А. Палаш, І.Ф. Максименко // Наукові праці НУХТ. — № 47. — 2012. — С. 73–78.
2. Соколенко А.І. Інтенсифікація тепло- масообмінних процесів в харчових технологіях: монографія / А.І. Соколенко, А.А. Мазаракі, О.Ю. Шевченко, В.А. Піддубний, В.О. Сукманов; під ред. д-ра техн. наук, проф. А.І. Соколенка. — К.: Фенікс, 2011. — 536 с.
3. Плевако Е.А. Технологія дрожей / Е.А. Плевако. — М.: Пищевая промышленность, 1970. — 300 с.

ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА МИКРОФЛОРУ ПИЩЕВЫХ СРЕД

В.М. Криворотько, І.Ф. Максименко, Т.А. Билык, В.А. Поддубный
Национальный университет пищевых технологий

Выполнен анализ влияний физико-химических параметров на состояние сред, массовых соотношений веществ в них с оценкой причин и возможностей

достижения летальных эффектов. Последние в большинстве случаев связываются с термошоками, существование которых программируется и предусматривается действующими технологиями и скоростями изменения температур. При этом влияния на микрофлору имеют двойной характер, который касается непосредственно самой температуры и изменений, которые при этом происходят в средах.

В зависимости от свойств жидкостных сред возможны различные варианты фазовых переходов самых сред или клеточного сока микроорганизмов. Очевидно, что последствия таких фазовых переходов касаются массообменных процессов. Рассматриваются вопросы состояния сред в условиях вакуумирования и повышенных давлений в случаях жестких упаковок.

Ключевые слова: синтез, микроорганизмы, температура, среда, фазовый переход, давление.