

PHYSICAL AND CHEMICAL INTERACTIONS IN FOOD ENVIRONMENTS

V. Krivorotko

National University of Food Technologie

Key words:

Osmotic pressure
Temperature
Solution
Gas phase
The shock reaction

Article history:

Received 18.04.2013
Received in revised form
25.05.2013
Accepted 16.06.2013

Corresponding author:

E-mail:
mif63@i.ua

ABSTRACT

The study shows the relationship between physical and chemical properties of the medium under the influence of temperature on the processes of degradation and synthesis of microorganisms; general relationship between flow velocity transformations and mass transfer of substances; the potential to achieve bacteriostatic effects by osmotic molecular diffusion.

Also it is shown that the change of temperature are accompanied by responses of speeds of chemical, biochemical and microbiological transformations, including the value of osmotic pressure.

It is shown that full consideration of colligative properties of the environments is a promising direction for achieving extended shelf life products, and that the processes are evaluated by important osmodiffusion regulators in transformations of food and microbiological technologies.

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЗАЄМОДІЇ В ХАРЧОВИХ СЕРЕДОВИЩАХ

В.М. Криворотько

Національний університет харчових технологій

У дослідженні показані взаємозв'язки між фізико-хімічними властивостями середовищ за впливів температури на процеси деструкції і синтезу речовин мікроорганізмами; загальні співвідношення між швидкостями перебігу трансформацій і масообміну речовин; перспективність досягнення бактеріостатичних ефектів за рахунок осмомолекулярної дифузії.

Також показано, що зміни температур середовищ супроводжуються відгуками в швидкостях хімічних, біохімічних і мікробіологічних перетворень у тому числі і за рахунок впливів на величини осмотичних тисків.

Доведено, що повноцінне врахування колігативних властивостей середовищ є перспективним напрямком в досягненні подовжених термінів зберігання продукції, а також, що осмодифузійні процеси оцінюються важливими регуляторами в трансформаціях харчових і мікробіологічних технологій.

Ключові слова: осмотичний тиск, температура, розчин, газова фаза, шок, реакція.

Харчові і мікробіологічні технології мають надзвичайно розгалужену сукупність виробництв, однак в їх основі лежать одні і ті ж самі закони збереження,

сталості складу, кратних і об'ємних відношень, положення атомно-молекулярної теорії, теорії хімічної будови, будови твердих тіл і рідин, основні закономірності перебігу хімічних реакцій, властивості води і розчинів тощо.

Перебіг хімічних реакцій відбувається з виділенням або поглинанням теплової енергії; це ж стосується процесів деструкції або мікробіологічного синтезу або життєдіяльності мікроорганізмів. Швидкість перебігу хімічних або біохімічних реакцій залежить від концентрації середовищ, їх хімічних властивостей, температур, енергії активації, присутності каталізаторів тощо.

Дослідження швидкостей перетворень в харчових середовищах в напрямках синтезу або деструкції їх складових пов'язані з необхідністю вирішення певних задач. Поєднання їх в одному дослідженні часто є ланками одного феноменологічного ланцюга сучасних положень, які стосуються локальних концентрацій наукової інформації [1 – 4]. У зв'язку з відміченим завданням цього огляду є узагальнення взаємозв'язків фізико-хімічних і мікробіологічних трансформацій харчових культуральних середовищ.

Вони стосуються впливів фізичних, хімічних і термодинамічних параметрів на співіснування компонентів середовищ і присутніх в них мікроорганізмів.

Так, технології синтезу хлібопекарських дріжджів дають приклад оцінки впливів температурних режимів. За температур культивування дріжджів у межах 9...10 °С погодинний приріст біомаси досягає 10...12 %, а підвищення температури середовища до номінальної для цукроміцетів дозволяє досягти 17...19 % вказаного приросту. Очевидно, що такий результат є наслідком наближення температури до оптимальної для розмноження дріжджів-цукроміцетів.

Описаний перебіг змін в культуральному середовищі ґрунтується на відомих класичних закономірностях, які більше зорієнтовані на рідинну фазу і лише наприкінці процесу вони пов'язуються з мікроорганізмами, для яких наведені діапазони температур їх існування. В реальних умовах синтезу мікроорганізмів коливання температур культуральних середовищ є досить розповсюдженим явищем, яке доповнюється іншою складовою, пов'язаною з присутністю у рідинній фазі розчиненого діоксиду вуглецю. Розчинність останнього підлягає положенням закону Генрі. Утворення CO₂ пов'язано з життєдіяльністю мікроорганізмів і перехід останнього до рідинної фази здійснюється через їх цитоплазматичні і зовнішні оболонки. Завдяки мікроскопічним розмірам клітин поверхня масопередачі тут на кілька порядків перевищує поверхню поділу фаз газорідинної системи, а тому концентрація розчиненого CO₂ залежить в значній мірі від міжфазної поверхні. Разом з тим розчинність CO₂ помітно більша, ніж у кисню, а тому його присутність може бути у кількостях, які обмежують вихід діоксиду вуглецю за межі клітин. Такий фактор слід розцінювати обмежувальним з точки зору інтересів накопичення біомаси у зв'язку з накопиченням CO₂.

Разом з цим підвищення температури культурального середовища приводить до позитивного результату у зв'язку зі зменшенням розчинності CO₂.

Одночасно можливо прийти до висновку про те, що саме діоксид вуглецю, як кінцевий результат перетворень різних органічних речовин, може застосовуватися в якості інертного консерванту сировини, напівфабрикатів і готової продукції. Це стосується значної більшості хімічних і біохімічних реакцій

окислення органічних сполук, для припинення яких достатньо обмежити або ліквідувати присутність кисню, замінивши його на CO_2 . Однак в умовах дріжджового розмноження можливим є перехід на анаеробний тип дихання. У такому випадку для припинення життєдіяльності мікроорганізмів можливо розраховувати на підвищення парціального тиску CO_2 до величини, за якої ускладнюється або припиняється транспортування діоксиду вуглецю через клітинні оболонки. В останньому випадку можливо очікувати бактеріостатичні ефекти.

Харчові продукти і напої вміщують в собі різні складні органічні сполуки. Саме вони використовуються гетеротрофами як енергетичне матеріальне джерело для підтримання і поновлення клітинних структур і протоплазми. Одночасно з харчуванням гетеротрофи отримують коферменти і вітаміни, які не синтезуються в їх організмах, але абсолютно необхідні для перебігу клітинних процесів.

Оцінюючи можливості досягнення бактеріостатичних ефектів, звернемося до відомих положень стосовно обміну речовин між середовищем і клітинами і в самих клітинах [4]. Кожна з них має в своєму складі клітинну плазму (цитоплазму), оточену клітинною мембраною, в якій знаходяться органели і клітинне ядро (нуклеус). Ендоплазматична сітка здійснює синтез протеїну, а гладенька ендоплазматична сітка синтезує ліпіди і забезпечує видалення з клітини отруйних речовин. Утворений протеїн блокується і переміщується в місця утворення везикул, утворених оболонкою. Ця задача контролюється комплексом Гольджі, завдяки чому секреторна везикула з отруйною речовиною (наприклад, зі спиртом) транспортується до клітинної мембрани і виноситься назовні.

Уявлення щодо механізму видалення CO_2 з мікробіологічних клітин і визначення рушійного фактора цього масоперенесення дозволяє оцінити можливості впливу на такий процес. Очевидно, що блокування масоперенесення CO_2 в культуральне середовище означало б зупинку життєдіяльності мікроорганізмів.

При цьому важливо, що термодинамічні параметри системи середовища — клітина знаходяться у цілком певних співвідношеннях, зміни яких призводять мікроорганізми до шокowego стану. Так досвід пивоварів показує, що внесення дріжджів без підготовки в холодне сусло супроводжується виділенням в культуральне середовище амінокислот і нуклеотидів. В результаті розмноження їх уповільнюється або зовсім припиняється, що вказує на чутливість дріжджів до стрибкоподібного зниження температури.

Шок від нагрівання виникає у дріжджів за короткочасного підвищення температури до 37...40 °C. При цьому відбувається активний синтез певних протеїнів, проте за кілька годин метаболізм повертається до нормального стану.

Всяке джерело живлення мікроорганізмів характеризується сукупністю термодинамічних параметрів, зміна яких відображується на масових характеристиках середовищ та існуванні мікроорганізмів. Так в роботі [1] узагальнюється досвід пивоварів, за яким в шпунт-апаратах за бродіння підтримується надлишковий тиск від 0,2 до 1,8 бар, завдяки чому у пиві підвищується концентрація CO_2 . При цьому дріжджі знаходяться під впливом двох факторів: загального і парціального тисків. Через зростання концентрації CO_2 уповільнюється відновлення власних речовин клітин дріжджів. При цьому розщеплення цих речовин також уповільнюється. За таких умов з'являється можливість зброджувати сусло за більш високих температур.

Складність процесів трансформації компонентів цитоплазми в якійсь мірі відображена схемами анаеробного розпаду вуглеводів і їх анаеробних перетворень. В обох випадках дріжджам доставляється енергія і забезпечуються процеси синтезу біомаси різними попередниками. Із щавелеоцтової і α -кетоглутарової кислот у результаті відновлювального амінування та переамінування утворюється відповідно аспарагінова і глутамінова кислоти. Аспарагінова кислота може утворюватися також із фумарової кислоти. Синтез цих двох амінокислот займає головне місце у синтезі білків із вуглеводів. Під час конденсації фосфодіоксиацетону з альдегідами можуть утворюватися пентози, гексози та різні поліцукриди. Для синтезу біомаси дріжджі використовують і інші — анаплеротичні — шляхи, наприклад, пентофосфатний шлях [2].

Відсутність достатньої інформації щодо особливостей масообміну і транспорту речовин в цитоплазмі мікроорганізмів приводить до необхідності використовувати гіпотези, за якими відомі закономірності макросистем переносяться на мікрооб'єкти. Це ж стосується і транспорту речовин через біологічні мембрани, оскільки більшість процесів життєдіяльності мікроорганізмів пов'язано з перенесенням речовин через них. У зв'язку з цим використовують моделі пасивного транспорту нейтральних частинок, пасивного транспорту іонів у формі рівнянь Теорелла, Нерста-Планка, Нерста. У випадках, коли в системі присутні іони калію, натрію і від'ємно заряджені макромолекули за умови проникності через мембрани малих іонів і непроникності макромолекул, використовується модель на основі рівноваги Доннана. За нею для кожного із розчинів, що знаходяться по обидві сторони мембрани, має виконуватися умова електронейтральності.

Теорія іонного транспорту речовин стосується випадків присутності в мембранах іонних каналів, утворених інтегральними білками. Пасивний транспорт речовин здійснюється з допомогою переносників, що здійснюють так звану полегшену дифузію і переносять речовину із зони більшої концентрації в зону меншої без енергетичних затрат. Теорія переносників розповсюджується на індукційований іонний транспорт, а транспорт, що ґрунтується на градієнті концентрації інших речовин, називається вторинним або спряженим у різновидах: уніпорт, симпорт і антипорт [2].

У випадку уніпорту за рахунок існування на мембрані градієнта електричного потенціалу здійснюється однонаправлений транспорт заряджених частинок в сторону меншого значення потенціалу.

При механізмі симпорту (котранспорту) здійснюється транспорт протилежно заряджених іонів в одну сторону. При цьому транспорт одного із іонів здійснюється по градієнту концентрацій, а транспорт іншого — по градієнту електричного потенціалу, створюваного транспортом першого іона.

В процесі антипорту (обмінного транспорту або протитранспорту) здійснюється транспорт однаково заряджених іонів двох типів в різні сторони.

Наведений далеко не повний перелік теорій перенесення речовин через біологічні мембрани вказує на надзвичайно високий рівень складності таких процесів і на важливість підвищення фактора інформативності і наближення рівня знань до об'єктивного стану масообмінних і термодинамічних взаємодій в таких системах.

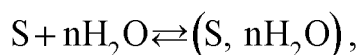
Пошуки впливів на мікроорганізми, які супроводжують культуральні середовища або харчові продукти та напої, традиційно поєднуються з вивченням властивостей останніх. Органічні структури вуглеводів є одним з найбільш масових ресурсів, які мають біологічне і промислове використання. Природні соки, напої, фрукти, овочі або навіть синтетичні конструкції мають своїм підґрунтям мономері і олегомери цукрів, що використовуються безпосередньо в розчинах води або спирту.

Фазові характеристики цукрів у водних розчинах відіграють ключову роль у харчовій, цукровій промисловості та в процесах мікробіологічного синтезу біомаси або її продуцентів. В загальному випадку джерелом існування мікроорганізмів є компонента цукрів сахарози, фруктози і глюкози, компонента амінокислоти (аспарагінової і глютамінової), компонента карбоксильної кислоти (молочної і янтарної) і мінеральні речовини.

Раніше відмічалася роль концентрації сухих речовин і цукрів як своєрідних консервантів харчових продуктів. На цій основі використовується осмотична дегідратація — операція обробки харчових продуктів з помірним їх обезводнюванням як попередня обробка овочів і фруктів, рибних та м'ясних продуктів. Наслідком осмотичної дегідратації є підвищення якості продукції і обмеження енерговитрат при переробці сировинних потоків. Досягається осмотична дегідратація концентруванням оброблюваної продукції з концентрованими водними розчинами цукрів, сорбіту, поліетилен-гліколю або солі. Для цукровмістких продуктів термін їх придатності пов'язаний з взаємодією компонентів цукор — вода. Гідратація цукрів є вирішальним фактором для таких властивостей, як активність води, температура склування, температура плавлення, розчинність і осмотичний тиск. Названі характеристики продовжують залишатися в полі зору досліджень, однак узагальнення теорії залишається не завершеним. В загальній оцінці існують фізична і хімічна моделі. Фізичні моделі зорієнтовані на те, що всі відхилення від ідеальних розчинів обумовлені такими фізичними властивостями як відносний розмір кожної молекули і фізичні сили взаємодії між ними.

Хімічні моделі пояснюють відхилення від ідеальних сумішей результатами хімічних реакцій. В окремих випадках ті чи інші підходи дають краще наближення, однак результати моделювання і прогнозування можуть бути суттєво покращені за врахування і фізичних і хімічних взаємодій.

Орієнтуючись на теорію розчинів для двокомпонентної суміші цукру S і води, запишемо:



де n — число гідратації.

Оскільки число гідратації пов'язується з активністю води у розчині, то це означає, що збільшення концентрації розчиненого цукру визначає зміни коллігативних властивостей розчинів. Разом з тим розчинність речовин залежить від температури розчинів.

Підвищення розчинності зі зростанням температури означає підвищення осмотичного тиску розчину і можливостей осмотичної дегідратації. При цьому підвищення осмотичного тиску відображується відомим рівнянням

Вант-Гоффа, в якому присутній і показник температури. Очевидно, що за умови стабілізованих параметрів системи середовище і мікроорганізми в ньому мають приблизно однакові температури, однак осмотичні тиски першого і цитоплазми відрізняються. Ця різниця визначає величини і напрямки осмодифузійних потоків між середовищем і клітинами.

Висновки

Виконаний аналіз взаємозв'язків між параметрами середовищ харчових і мікробіологічних виробництв дозволяє відмітити наступне.

1. Зміни температур середовищ супроводжуються відгуками в швидкостях хімічних, біохімічних і мікробіологічних перетворень.

2. Повноцінне врахування коллігативних властивостей середовищ є перспективним напрямком в досягненні подовжених термінів зберігання продукції.

3. Осмодифузійні процеси оцінюються важливими регуляторами в трансформаціях харчових і мікробіологічних технологій.

Література

1. Кунце В. Технология солода и пива. — С.-Пб.: Профессия, 2001. — 921 с.
2. Маринченко В.О., Домарецький В.А., Шиян П.Л. та ін. Технологія спирту. — К.: Поділля, 2003. — 496 с.
3. Шевченко О.Ю. Наукові основи і апаратурне оформлення процесів довгострокового зберігання продукції. Автореф. дис. на здобуття наукового ступеня д.т.н. — НУХТ. — 2006. — 43 с.
4. Шавел Я. Факторы стресса для дрожжевых клеток // Пиво и напитки. — 2001. — № 1. — С. 24 – 27.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ПИЩЕВЫХ СРЕДАХ

В.М. Криворотько

Национальный университет пищевых технологий

В исследовании показаны взаимосвязи между физико-химическими свойствами сред при воздействии температуры на процессы деструкции и синтеза веществ микроорганизмами; общие соотношения между скоростями течения трансформаций и массообмена веществ; перспективность достижения бактериостатических эффектов за счет осмомолекулярной диффузии.

Также показано, что изменения температур сред сопровождаются отzyвами в скоростях химических, биохимических и микробиологических преобразований, в том числе и за счет влияния на величину осмотического давления.

Доказано, что полноценный учет коллигативных свойств среды является перспективным направлением в продлении сроков хранения продукции, а также, что осмодиффузийные процессы являются важными регуляторами в трансформациях пищевых и микробиологических технологий.

Ключевые слова: *осмотическое давление, температура, раствор, газовая фаза, шок, реакция.*