

Фасування напоїв в тару зі скла та ПЕТФ (порівняння технологій)

А.І. Соколенко, д.т.н., К.В. Васильківський, к.т.н., М.І. Юхно, к.т.н., Національний університет харчових технологій, м. Київ

Сучасні технології фасування напоїв передбачають використання скляної, полімерної та металевої тари. Крім певних уподобань до того чи іншого виду тари, слід оцінювати і технічну сторону. Тим паче розглядати варто не тільки безпосередньо процес фасування, а й підготовку до його виконання. Сукупність фізичних і хімічних методів, що використовуються сьогодні у процесах підготовки напоїв, тари і закупорювальних засобів дають змогу наблизитися до виконання відомої формули, яка стосується забезпечення довготермінового зберігання продукції, а саме: «...стерилізований продукт в стерильних умовах фасується у стерильну тару...». Поєднання цих трьох вимог відноситься до пакування значної кількості видів продукції, а їх досягнення потребує не менш значних технологічних і енергетичних зусиль.

Вибір методів оброблення сировини, продукції, пакувальних матеріалів і тари, здебільшого, ґрунтується на тому, що рівень досягнення летальних ефектів стосується можливих популяцій мікроорганізмів. Однак досвід оцінювання подібних явищ вказує на наявність їх гетерогенних властивостей. Останнє на рівні гіпотези знаходить своє відображення в математичних моделях, що ґрунтуються на реакціях 1-го порядку у формі рівняння Арреніуса:

$$K = A \exp\left(-\frac{E_{акт}}{RT}\right), \quad (1)$$

де K — константа швидкості загибелі, функція наслідкових властивостей фізіологічного стану мікроорганізмів, умов і температур нагрівання;

A — передекспоненціальний множник, с;

$E_{акт}$ — енергія активації, кал/моль;

$R = 8,314472$ Дж/(моль·К) — універсальна газова стала;

T — абсолютна температура.



Інший розповсюджений підхід стосується використання функцій — «кривих виживання», які представлені у формі графічної залежності кількості живих мікроорганізмів від часу нагрівання. Рівняння, що описує «криву виживання», має вигляд:

$$N_t = N_0 \exp(-Kt), \quad (2)$$

де N_t і N_0 — кількість клітин, що вижили, та їх початкова кількість відповідно.

Форми «кривих виживання» суттєво відрізняються залежно як від виду популяції, так і характеристик середовища.

Рівень інформативного забезпечення щодо термічних впливів на мікроорганізми, як можливо оцінити за даними літературних джерел [1–2], є найбільш помітним. При цьому пошуки проводяться як у напрямках активації мікроорганізмів, так і їх інактивації аж до рівня летальних ефектів.

Особливістю значної кількості харчових і мікробіологічних технологій є використання мікроорганізмів різних популяцій для здійснення перетворень вхідних матеріальних сировинних потоків. Після закінчення технологічних операцій мікрофлора повинна вилучатися із середовища. У зв'язку з цим використовують методи

сепарації, фільтрації, ультрафільтрації, вакуумування тощо.

Аналіз результатів наукових досліджень підтверджує відоме положення про значну резистентність культур мікроорганізмів, а точніше окремої частини з них, зовнішнім впливам. Ця думка підтверджується рівнем впливів, які оцінюються, наприклад, за летальними ефектами кількома, а у кращих випадках десятками відсотків.

Між тим виробників подібний результат задовольнити не може, адже весь обсяг випущеної продукції має відповідати асептичному стану. Очевидно, що саме у зв'язку з цим загально визнаними зі значного числа можливих технологій асептичного оброблення продукції залишаються теплова (пастеризація і стерилізація) та застосування консервантів.

На рівні бактеріостатичних впливів ефективними є стабілізація показників продукції завдяки охолодженню та заморожуванню, використанню вакуума або модифікованого газового середовища в упаковці.

Ускладнення асептичного оброблення пов'язане, наприклад, з особливостями роботи машин і застосуванням для ополіскування пляшок (банок) на

фінальній стадії водопровідної води, яка не є асептичною. Також неасептичним є повітряне середовище робочих приміщень.

У зв'язку із зазначеним, у роботі фасувальних машин-автоматів передбачено кількаразове вакуумування скляних пляшок із максимальною технологічно можливою глибиною вакуумування, за якої відбувається перехід за точку адіабатного кипіння залишків вологи [3–5].

Важливо, що у проміжках між операціями вакуумування відбувається заповнення пляшок CO_2 з тиском, що відповідає тиску фасування продукції. Зазвичай цей показник знаходиться в межах від 0,25 до 0,35 МПа. Так як CO_2 належить до добре розчинних газів, то завдяки зазначеному показнику парціального тиску CO_2 відбувається швидке насичення залишків рідинної фази. Враховуючи незначну товщину шару залишків рідини в пляшці, слід погодитися з припущенням про можливість досягнення рівня насичення, що відповідає стану рівноваги в системі «рідина–газ» (закон Генрі). Наслідком останнього стає порушення умови рівноваги в системі «середовище–мікробна клітина» і дифузії CO_2 через напівпроникні клітинну оболонку і цитоплазматичну мембрану.

У процесу дифузійного масообміну, зокрема і через напівпроникні мембрани, вирішальну роль відіграють такі рушійні чинники, як різниця концентрацій та поверхня масообміну.

У зв'язку з розмірами мікробних клітин має місце значення показника питомої площі масообміну. Отже, можна зробити висновок про можливу високу швидкоплинність процесів масообміну у світі мікроорганізмів, зокрема щодо насичення клітинного соку CO_2 . За вказаних співвідношень лімітування процесу сорбції CO_2 повинно мати місце в системі «газова фаза–рідинна фаза». Проте з урахуванням її фізичного стану, слід зробити висновок про швидкоплинність насичення рідинної фази CO_2 .

На наступному етапі вакуумування зі зниженням тиску від 0,25–0,30 МПа до кінцевого 0,01 МПа перепад стано-

вимою 250–300 одиниць. Це означає, що за таких умов реалізується технологія різкої зміни тиску з наступною короткотерміною витримкою у часі. Ці обидві стадії супроводжуються летальними ефектами, що, очевидно, становить мету поєднання вакуумування і витримки у часі.

Окрім вказаних ефектів фізичних впливів, заслуговує на увагу режим адіабатного кипіння залишків вологи, що супроводжується певним охолодженням скляної тари. Зважаючи на те, що температура пива, шампанського, газованих напоїв тощо при фасуванні становить 2–3 °С, зниження температури пляшок у режимі вакуумування має позитивне значення, адже воно призводить до зменшення температурних напружень безпосередньо під час фасування та втрат продукції.

Додаткове охолодження пляшок відбувається у зв'язку із заповненням їх CO_2 . Ця операція здійснюється за допомогою з'єднання об'ємів пляшки і газovanого простору напірного баку фасувальної машини-автомата, в якому рідинна і газова фази перебувають у стані термодинамічної рівноваги. Це означає, що температури вказаних фаз однакові. Проте, перехід CO_2 з напірного баку в вакуумований об'єм пляшки супроводжується зміною тиску від p_1 до початкового p_{2m} , який поступово зростає і наближається до p_1 . У такому перехідному процесі тиск p_2 є функцією часу, тобто

$$p_2 = p_2(\tau) \quad (3)$$

і тоді температура газу в пляшці T_2 визначається залежністю:

$$T_2 = T_1 \left(\frac{p_2(\tau)}{p_1} \right)^{\frac{m-1}{m}}, \quad (4)$$

де T_1 — абсолютна температура газової фази в напірному баку фасувальної машини-автомата; m — показник політропи процесу.

Аналіз розрахунків вказує на те, що час перехідного процесу повинен супроводжуватися охолодженням пляшки зі спадаючою інтенсивністю, проте і на завершення вирівнювання тисків при температурі ~ 3 °С, температурний напір має місце. Це означає, що за збереження сталого тиску $p_2 = p_1$ теплообмін продовжується, а у наступному стані різкого зниження тиску p_2 до атмосферного і вакуумування температура газової фази T_2 відповідно зменшується і теплообмін знову інтенсифікується.

З викладеного вище можна зробити такі висновки:

- фізичні впливи на основі вакуумування і технологій різкої зміни тисків знаходять практичну реалізацію в сучасних фасувальних машинах-автоматах;
- наслідками вакуумування і різкої зміни тисків є асептична підготовка внутрішнього об'єму пляшок та їх охолодження;
- видалення повітря з такою складовою, як O_2 , з пляшок сприяє колідній стійкості пива, шампанського, газованих напоїв тощо.

Розглянуті особливості підготовки скляної тари стосуються наступного

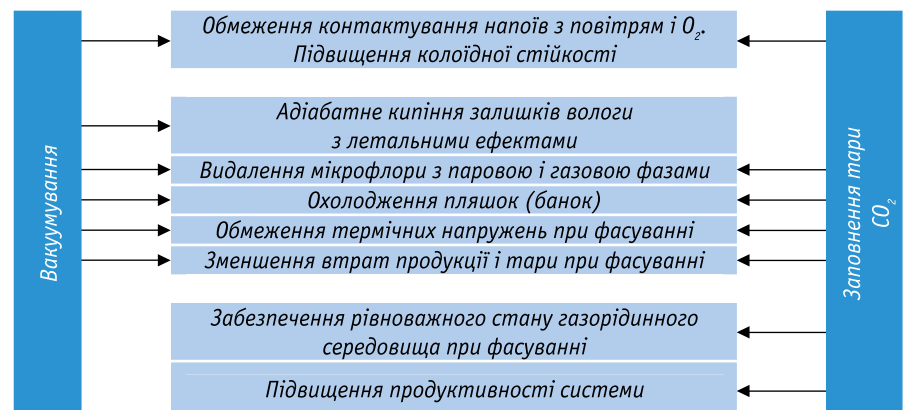


Рис. 1. Сукупність фізичних впливів на скляну тару в режимі передфасувального її оброблення

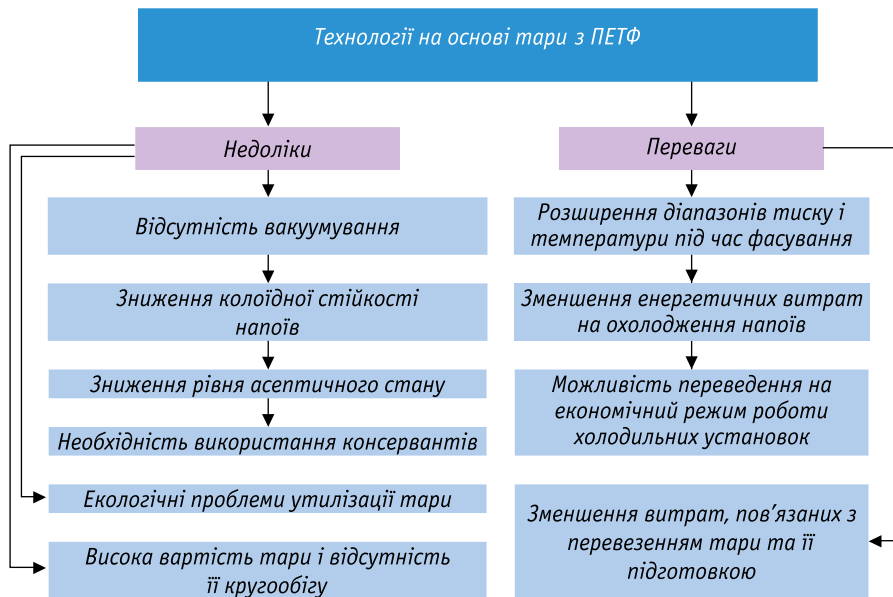


Рис. 2. Фізичні та економічні недоліки і переваги фасування газованих напоїв у тару з ПЕТФ

фасування газованих напоїв, для яких є небажаним контактування з повітрям, а точніше з O_2 повітря. При цьому операція вакуумування можлива лише за міцної і жорсткої тари, яка спроможна витримувати різницю зовнішнього тиску і залишкового тиску вакуумування.

Поєднання фізичних впливів в операціях підготовки скляної тари показано у вигляді схеми на рис. 1, яка демонструє технологічні переваги використання скляної тари.

Використання технологій фасування газонасичених напоїв у тару з поліетилентерефталату (ПЕТФ) має переваги, швидше, економічного характеру. На рис. 2 зображено схему, в якій перераховано недоліки і переваги цієї технології. При цьому відмітимо важливий недолік, пов'язаний з відносно високою вартістю преформ і тари, що видувається з них і те, що ці витрати цілком відносяться на споживача продукції.

Економічні проблеми, що супроводжують цю технологію, мають подвійний рівень. Один з них стосується необхідності використання консервантів, а інший — пов'язаний з необхідністю збирання, сортування і перероблення використаної упаковки. Хоча в державах Європи мають місце зразки впроваджених і чинних систем утилізації відходів упаковки, для

України вирішення цього завдання на державному рівні залишається проблематичним.

У схемі на рис. 2 до числа переваг технологій фасування напоїв у тару з ПЕТФ віднесено можливість збільшення тисків і температур фасування. По-перше, такі можливості відкриваються завдяки механічній міцності ПЕТФ і виробів з нього, а також відсутності впливів термічних напружень. Лабораторні дослідження пляшок із ПЕТФ місткістю 1,0; 1,5 та 2,0 л показали, що вони витримують внутрішній тиск до 1,3 МПа без помітних залишкових деформацій. Цей показник тиску значно перевищує аналогічну характеристику скляної тари. По-друге, підвищення тиску фасування дає змогу в умовах збереження рівноваги у газорідній системі підвищувати температуру середовища, відповідно до закону розчинності газів. Саме відповідність параметрів тиску і температури нормативному значенню вмісту CO_2 може бути забезпечена різними сполученнями.

Висновки. Враховуючи важливість обраної послідовності технологічних операцій, узагальнимо у формі висновків позитивні результати, які при цьому виникають, для скляної тари:

- обмежується рівень контактування напоїв з повітрям і O_2 завдяки

першочерговому вакуумуванню пляшок (банок);

- перехід через температуру адиабатного кипіння залишкової вологи на внутрішній поверхні тари знижує вірогідність мікробіального забруднення, адже адиабатне кипіння її супроводжується видаленням мікробних структур разом з утвореною парою;
- адиабатне кипіння залишків вологи призводить до охолодження тари, зближуючи температуру останньої з температурою фасованого продукту ($0-4\text{ }^\circ\text{C}$). Наслідком такого зближення є обмеження термічних напружень під час фасування та зменшення втрат тари і продукції при ізобаричному фасуванні;
- чергування операцій вакуумування і заповнення пляшок (банок) CO_2 при тисках фасування ($0,258-0,35\text{ МПа}$) супроводжується зміною напрямків масоперенесення на поверхні мікробних клітин. Різке зниження тиску в тарі призводить до критичних режимів десатурації клітинного соку мікробних клітин, що залишаються на внутрішній поверхні і у газовій фазі, та летальних ефектів;
- фасування напоїв у газову фазу CO_2 при рівноважних тисках забезпечує утримання в напоях CO_2 в розчиненому стані. Тому важливо обмежувати температурні перепади напоїв і тари, адже невиконання цієї умови на початковій фазі фасування призводить до активної десорбції CO_2 , утворення пінної фракції і недозаповнення тари.

Позитивні результати для тари з ПЕТФ:

- досягається можливість фасування газованих напоїв за збільшених тисків і температур, що обмежує енергетичні втрати на їх охолодження;
- обмежена маса тари;
- зменшення витрат на перевезення преформ і продукції;
- збільшення типорозмірів тари, зокрема об'ємних виробів з га-



рантованим забезпеченням міцності виробів.

Недоліком є відсутність теплового оброблення фасованої продукції.

Література

1. *Пирог Т.П.* Загальна мікробіологія / Т.П. Пирог. — К.: НУХТ, 2010. — 632 с.
2. *Пирог Т.П.* Загальна мікробіологія / Т.П. Пирог, О.А. Ігнатова. — К.: НУХТ, 2009. — 336 с.
3. *Бабарин В.П.* Стерилизація консервов / В.П. Бабарин. — СПб.: ГИОРД, 2006. — 312 с.
4. *Ватренко О.В.* Герметизація скляної тари / О.В. Ватренко, А.Ю. Шендеровський, О.К. Гладушняк // Упаковка. — 2003. — Вип. 25. — С. 28–29.
5. *Енергетичні трансформації і енергозбереження в харчових технологіях / А.І. Соколенко, А.А. Мазаракі, В.А. Піддубний та ін.* — К.: Фенікс, 2012. — 484 с. *У*

Фасование напитков в тару из стекла и ПЭТФ (сравнение технологий)

А.И. Соколенко, д.т.н., К.В. Васильковский, к.т.н., М.И. Юхно, к.т.н.

Авторы приводят сравнительный анализ преимуществ и недостатков технологий фасования газированных напитков в тару из стекла и ПЭТФ. К числу главных преимуществ стеклянной тары относится её полная инертность к продуктам питания и напитков, дешевое природное сырье, традиционные технологии для её изготовления и возможность использования повышенных давлений при фасовании, в том числе и в интересах достижения асептических состояний.

Приведены преимущества и недостатки применяемых технологий, из которых следует, что хотя технологии фасования в тару из ПЭТФ быстро овладели значительным пространством в производстве, однако технологии фасования в стеклянную тару имеют соответствующий сектор использования с высоким уровнем машинного обеспечения.

Ключевые слова: технология; оборудование; термодинамика; массообмен; микроорганизмы; асептика; вакуумирование.

Filling drinks in glass and PET bottles (comparison of technologies)

A. Sokolenko, Dr, K. Vasilkovsky, Ph.D., M. Yuhno, Ph.D.

The authors provides a comparative analysis of the advantages and disadvantages of technology packaging of carbonated beverages on the basis of glass and PET bottles. The major advantages of glass containers include its complete inertness to food and drinks, cheap natural raw materials and traditional technologies for its production, the possibility of using higher pressures for packing, including in order to achieve aseptic conditions.

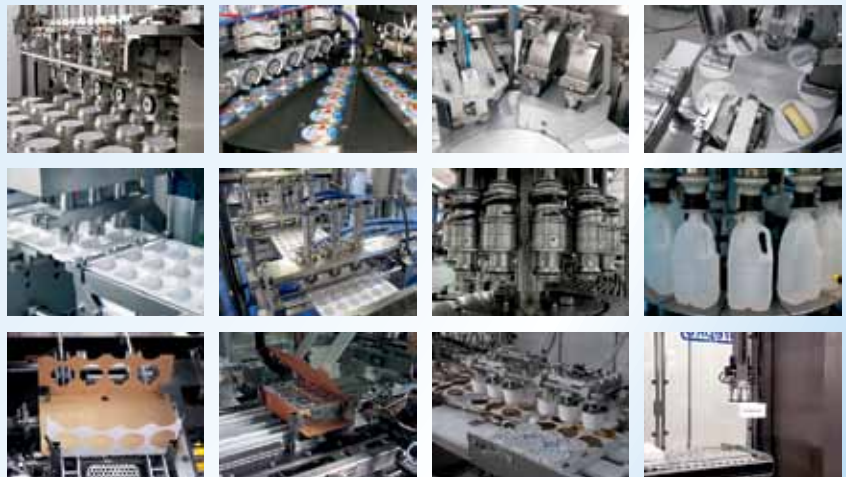
The authors presents the advantages and disadvantages of these technologies applied, from which it follows that, although PET technology is rapidly captured a significant space in the production, but the glass container technology sector have a corresponding use of a high quality machine software.

Keywords: technology; equipment; thermodynamics; mass transfer; microorganisms; aseptic; vacuum.

Trepko

ВСЕ РЕШЕНИЯ В ОДНОМ МЕСТЕ КАК ЭКОНОМИТЬ ВРЕМЯ И ДЕНЬГИ

- ЛИНЕЙНЫЕ И РОТОРНЫЕ АВТОМАТЫ ДЛЯ ДОЗИРОВКИ И ЗАКРЫТИЯ
- АВТОМАТЫ ДЛЯ ТЕРМОФОРМОВКИ, ДОЗИРОВКИ И ЗАКРЫТИЯ (FFS)
- АВТОМАТЫ ДЛЯ НАПОЛНЕНИЯ БУТЫЛКИ
- АВТОМАТЫ ДЛЯ ФАСОВКИ В БРИКЕТЫ
- АВТОМАТЫ ДЛЯ ГРУППОВОЙ УПАКОВКИ



24-27.03.2015
Кельн, Германия
ЗАЛ 7.1
СТЕНД В-040 С-049



17-20.03.2015
Москва, Россия

ПАВИЛЬОН № 75
ЗАЛ А, СТЕНД А325