

УДК 663.057

**Семенов О.М.**

*к.т.н., доцент*

**Підлісний В.В.**

*к.т.н., доцент*

**Палилюк М.І.**

*к.с.г.н., доцент*

*кафедра машиновикористання в АПК*

*Інженерно-технічний факультет*

*Подільський державний аграрно-технічний університет*

*Кам'янець-Подільський, Україна*

*E-mail: [som\\_s78@mail.ru](mailto:som_s78@mail.ru)*

*E-mail: [v.pidlisnyj@mail.ru](mailto:v.pidlisnyj@mail.ru)*

## **ФІЗИЧНІ ВПЛИВИ НА ПРОЦЕСИ ПІДГОТОВКИ ТАРИ ДО ФАСУВАННЯ РІДИННОЇ ПРОДУКЦІЇ**

*Сукупність фізичних і хімічних методів, що використовуються у процесах підготовки скляних, жерстяних банок і пляшок, плівкових або комбінованих матеріалів, з яких формуються "м'які" упаковки тощо, дозволяють забезпечити довготермінове зберігання продукції. У статті пропонується оцінка можливостей досягнення асептичних ефектів по мікрофлорі й охолодженню пляшок. Дослідження спираються на значну кількість видів продукції, яка потребує не менш значних технологічних і енергетичних зусиль ніж у тих випадках, коли теплова обробка стосується фасованої і герметизованої продукції. До таких методів відносяться: "...стерилізований продукт у стерильних умовах фасується у стерильну тару...". Результатом розробленої методики є аналіз впливів вакуумування і заповнення скляних пляшок діоксидом вуглецю у процесах їх підготовки до фасування.*

**Ключові слова:** *аналіз, закони, фасування, рівновага, летальні ефекти, мікроорганізми.*

**Вступ.** Розвиток технологій харчових виробництв має за своє підґрунтя сучасну хімію, досягнення фізики, математики, механіки, комп'ютерної техніки тощо.

Виробництва, устатковані новітніми засобами контролю і керування технологічними процесами, відтворюють з високою точністю запрограмовані технологічні режими, що у значній мірі визначає якісні показники цільової продукції. Традиційно високий рівень значення продовжує займати складова мікробіологічного забезпечення, якому присвячується значна кількість наукових досліджень [1-3, 6]. В останніх відслідковуються явно визначені два напрямки. З одного боку дослідженнями ставляться завдання досягнення позитивних впливів на культури мікроорганізмів, підвищення їх репродуктивної функції або інших показників життєдіяльності, але у значній кількості завершальних стадій технологій має місце інактивація мікроорганізмів або їх повне вилучення із харчових середовищ. У зв'язку з останнім відбуваються аналогічні методи фізичних або хімічних впливів, що використовуються з метою інактивації мікроорганізмів.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** 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 [4, 5].

Між тим подібний результат виробників задовольнити не може, оскільки весь об'єм випущеної продукції повинен відповідати асептичному стану. Очевидно, що саме у зв'язку з останнім загально визнаними зі значного числа можливих технологій асептичної обробки продукції продовжують залишатись теплова на рівні пастеризації і

стерилізації та застосування консервантів.

На рівні бактеріостатичних впливів ефективними є стабілізація показників продукції за рахунок охолодження та заморожування, використання вакуумних упаковок або модифікованих газових середовищ. Динаміку розвитку двох останніх можливо оцінити за тими послідовними змінами, які відслідковуються в обладнанні закордонних поставок. Очевидно, що фірми-розробники нової техніки мають за технологічне підгрунтя особливості перебігу фізико-хімічних процесів, характерних для продукції і мікрофлори, що її супроводжує. Однак подібна інформація не потрапляє до споживачів технічних засобів з цілком зрозумілих причин, але аналіз рекомендованих правил і режимів експлуатації обладнання спонукає до об'єктивної оцінки максимально значущих положень теоретичного підгрунтя.

**Мета.** Метою цього дослідження є аналіз подібної ситуації, пов'язаної з оцінкою параметрів роботи фасувального автомата фірми KHS, що в блоці з закупорювальним автоматом використовується для фасування газованих напоїв, пива, шампанського тощо. При цьому має бути виконана тріада умов, а саме: «...асептичний продукт в асептичних умовах фасується в асептичну тару...».

**Методологія.** Перша складова тріади виконується за рахунок використання пастеризаторів для теплової обробки продукції в потоці. Виконання двох інших умов є дещо складнішим, і це ускладнення пов'язане з особливостями роботи машин і застосуванням для обполіскування пляшок (банок) у фінальній стадії питної води, яка не є асептичною. Неасептичним є також повітряне середовище робочих приміщень.

У зв'язку з зазначеним у роботі фасувального автомата передбачено триразове вакуумування скляних пляшок з максимальною технологічно можливою глибиною вакуумування, за якої відбувається перехід за точку адіабатного кипіння залишків вологи. Як показано у дослідженнях [7], подібні режими супроводжуються летальними ефектами щодо мікрофлори і на додаток зумовлюють фізичне вилучення мікроорганізмів, що перебувають у газовій частині об'єму пляшки.

Важливо, що у проміжках між операціями вакуумування відбувається заповнення пляшок діоксидом вуглецю з тиском, що відповідає тиску при фасуванні продукції. Звичайно цей показник перебуває в межах від 0,25 до 0,35 МПа.

Оскільки діоксид вуглецю належить до добре розчинних газів і завдяки зазначеному показнику парціального тиску  $\text{CO}_2$  відбувається швидке насичення залишків рідинної фази. Враховуючи незначну товщину шару залишків рідини, 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  $\text{CO}_2$  через напівпроникну клітинну оболонку і цитоплазматичну мембрану. За невідомої для нас швидкості перебігу такого процесу можемо вказати лише на фактори, які йому сприяють.

У процесах дифузійного масообміну, у тому числі і через напівпроникні мембрани, вирішальну роль відіграють такі рушійні фактори, як різниця концентрацій та поверхня масообміну.

Звичайно, рушійним фактором виступає різниця концентрацій:  $C_n - C_\tau$ , де  $C_n$  – концентрація розчинюваної речовини, що відповідає стану насичення, а  $C_\tau$  – плинна концентрація. Тоді у загальноновизнаній формі процес дифузії  $\text{CO}_2$  відображається залежністю:

$$\frac{dG}{d\tau} = k_L F (C_n - C_\tau), \quad (1)$$

де  $k_L$  – коефіцієнт масопередавання дифузії;

$F$  – поверхня, через яку відбувається дифузійне масопередавання;

$\tau$  – час процесу.

Відмітимо важливу особливість, пов'язану з визначенням константи насичення  $C_n$ .

За законом Генрі маємо:

$$C_n = kP, \quad (2)$$

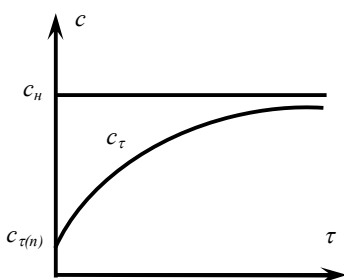
де  $k$  – константа Генрі;

$P$  – парціальний тиск газової фази.

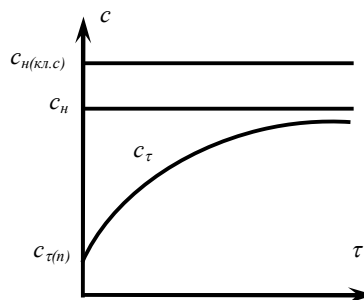
Якщо масообмін має місце в системі «газ – рідина», то тиски зовнішнього рідинного середовища і у газовій бульбашці маємо з малопомітною різницею, що дозволяє визначити величину  $C_n$  через значення суми зовнішнього і гідростатичних тисків. Однак на границі поділу рідинного середовища і клітинного соку (тобто на клітинній й цитоплазматичній оболонці) існує суттєво помітний стрибок градієнта фізичного тиску, величина якого пов'язана з осмотичним тиском клітинного соку. Стосовно останнього показника щодо мікроорганізмів дані авторам невідомі, однак відомо, що такий інтервал для клітин рослинного і тваринного походження є досить широким і становить від 0,5 до 20МПа. Проте за даними, що стосуються бактеріостатичних ефектів, слід очікувати величину осмотичних тисків клітинного соку мікроорганізмів на рівні 0,7–1,0МПа. Це означає, що відповідно до сучасних уявлень тиск клітинного соку дорівнює різниці парціальних тисків клітинного соку і рідинного середовища. Звідси виникає питання стосовно визначення константи насичення у рівнянні (1).

Для системи «газ – рідина» рушійна сила буде змінною і такою, що зменшується з часом (рис. 1).

Для системи «середовище – мікробна клітина» як регуляторний фактор додається константа насичення по  $CO_2$ , що відповідає тиску клітинного соку (у позначці  $C_{n(кл.с)}$ ) на графіку (рис. 2).



**Рис. 1. Графік для визначення рушійного фактора у системі «газ – рідина»**



**Рис. 2. Показники для визначення рушійного фактора у системі «середовище – мікробна клітина»**

Зі збільшенням різниці ( $C_{n(кл.с)} - C_n$ ) вплив її на масообмін зростає у напрямку збільшення, і навпаки. Найповільнішим процес буде за рівності  $C_{n(кл.с)} = C_n$  і на початку процесу рушійний фактор визначається різницею  $C_n$  і початковою концентрацією  $C_{τ(n)}$ , а потім поступово зменшується і визначається як  $C_n - C_τ$ .

Як бачимо, вплив на рушійний фактор за інших рівних умов суттєво залежить від створеного фізичного тиску на систему, який слід розглядати як регульований фактор.

На наступному етапі вакуумування зі зниженням тиску від 0,25–0,30 МПа до кінцевого 0,01 МПа перепад становитиме 250–300 одиниць. Це означає, що за таких умов реалізується технологія різкої зміни тиску (ТРЗТ) [8] з наступним вакуумуванням і його ефектами. Ці обидві стадії супроводжуються летальними ефектами, що, очевидно, становить мету поєднання вакуумування і витримки в часі.

Окрім вказаних ефектів фізичних впливів заслугоує на увагу режим адіабатного кипіння залишків вологи, що супроводжується певним охолодженням скляної тари. Адже відомо, що випаровування 1 г води потребує витрат 2258 Дж теплової енергії, яка відбирається від охолоджуваного об'єкта. Зважаючи на те, що температура газіваних напоїв тощо при фасуванні становить 2–3 °С, зниження температури пляшок у режимі вакуумування має позитивну роль, оскільки воно призводить до зменшення температурних напружень безпосередньо при фасуванні і втрат продукції.

Додаткове охолодження пляшок відбувається у зв'язку із заповненням їх діоксидом вуглецю. Ця операція здійснюється за рахунок з'єднання об'ємів пляшки і газованого простору напірного баку фасувального автомата, в якому рідина і газова фаза перебувають в стані термодинамічної рівноваги. Це означає, що температури вказаних фаз однакові. Проте, перехід CO<sub>2</sub> з напірного баку у вакуумований об'єм пляшки супроводжується зміною тиску від P<sub>1</sub> до початкового P<sub>2(n)</sub>, який поступово зростає і наближається до P<sub>1</sub>. У такому перехідному процесі тиск P<sub>2</sub> є функцією часу, тобто:

$$P_2 = P_2(\tau) \quad (3)$$

і тоді температура газу в пляшці T<sub>2</sub> визначається залежністю:

$$T_2 = T_1 \left( \frac{P_2(\tau)}{P_1} \right)^{\frac{m-1}{m}}, \quad (4)$$

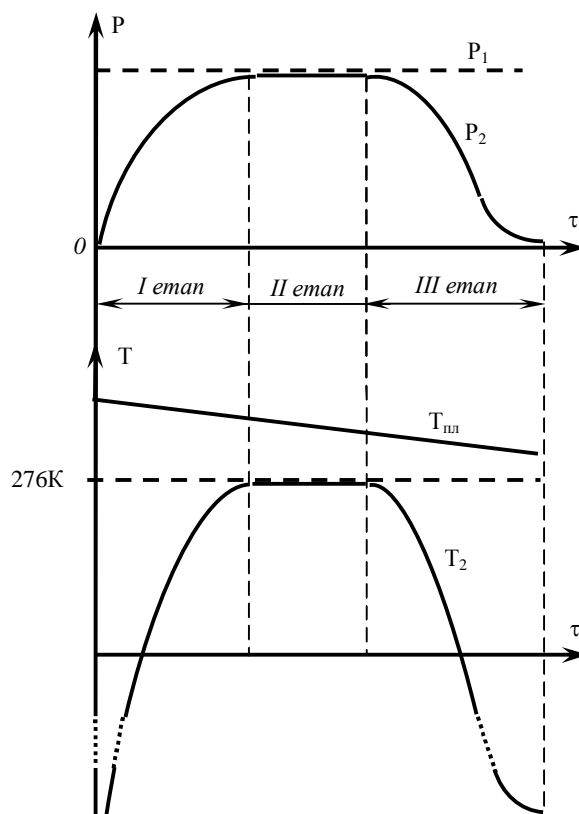
де T<sub>1</sub> – абсолютна температура газової фази в напірному баку фасувального автомата; m – показник політропи процесу.

**Результати.** Загальний вигляд графіків зміни тиску і температури газової фази на протязі трьох етапів показано на рис. 3. Перший етап відповідає заповненню пляшки діоксидом вуглецю, другий – витримці в часі при P<sub>2</sub>=P<sub>1</sub>, а третій – падінню тиску газової фази і вакуумуванню. При цьому максимальна температура газової фази близька до значення T<sub>1</sub>=276 К.

Вибір показника політропи у розрахунках прийнято умовно з метою оцінки напрямів впливу і їх порядку. Наявність надійних даних може бути базою для більш точних розрахунків, складання теплових балансів, оцінки температурних стресів мікроорганізмів тощо.

#### **Висновки.**

1. Фізичні впливи на основі вакуумування і технологій різкої зміни тисків знаходять практичну реалізацію у сучасних фасувальних автоматах.
2. Наслідками вакуумування і різкої зміни тисків є асептична підготовка внутрішнього об'єму пляшок та їх охолодження.
3. Видалення повітря з такою складовою, як кисень, з пляшок забезпечує колоїдну стійкість газіваних напоїв.



**Рис. 3. Графіки зміни тиску і температури газової фази протягом трьох етапів при заповненні пляшки  $\text{CO}_2$  та вакуумуванні**

4. В реалізації технологій різкої зміни тисків слід врахувати феноменологічний висновок про можливість суттєвого прискорення масообмінних процесів на межі «рідинне середовище – мікробіологічна клітина» порівняно з масообміном в системі «газова фаза – рідинна фаза».

#### Список використаних джерел

1. Піддубний, В.А. Інтенсифікація масообміну [Текст] / В.А. Піддубний, А.І. Соколенко, О.Ю. Шевченко [та ін.] // Харчова і переробна промисловість. – 2007. – № 2. – С. 18-20.
2. Семенов, О.М. Удосконалення процесів пастеризаційної і стерилізаційної обробки харчової продукції і напоїв [Текст] : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.18.12 / Семенов Олександр Михайлович ; Національний університет харчових технологій. – Київ. 2011. – 24 с.
3. Семёнов, А. Влияние соотношений геометрических параметров упаковок на показатель удельной поверхности [Текст] / А. Семёнов // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – 2015. Vol.17. №.5. 72-77.
4. Соколенко, А.И. Справочник механика пищевой промышленности [Текст] / Соколенко А.И., Украинец А.И., Яровой В.Л. – Київ.: АртЕк, 2004. – 304 с.
5. Соколенко, А.І. Фізико-хімічні методи обробки сировини та продуктів харчування [Текст] / Соколенко А.І., Костін В.Б., Васильківський К.В. – К. : АртЕк, 2000. – 306 с.
6. Соколенко, А.І. Асептична підготовка склотари [Текст] / А.І. Соколенко, К.В. Васильківський, О.Ю. Шевченко // Харчова і переробна промисловість. – 1999. – № 1. – С. 18-20.

7. Шевченко, О.Ю. Визначення параметрів вакуумного пакування харчових продуктів [Текст] / О.Ю. Шевченко // Харчова і переробна промисловість. – 2004. – № 3. – С. 140–143.
8. Шевченко, О.Ю. Технології різкої зміни тиску у пакуваннях [Текст] / О.Ю. Шевченко, В.А. Піддубний // Упаковка. – 2004. – № 3. – С. 28–31.

#### References

1. Piddubnyj, V.A., Sokolenko, A.I., & Shevchenko, O.Yu. (2007). Intensyfikatsiia masoobminu [Intensification of mass-transfer]. *Food and processing industry*, 2, 18-20 [in Ukraine].
2. Semenov, O.M. (2011). *Udoskonalennia protsesiv pasteryzatsijnoi i sterylizatsijnoi obrobky kharchovoi produktsii i napoiv* [Improvement of processes pasteurization and sterilization treatment food products and drinks] (Unpublished doctoral thesis). National university food technologies. Kyiv [in Ukraine].
3. Semionov A. (2015). Vlyyanye sootnoshenij heometrycheskykh parametrov upakovok na pokazatel' udel'noj poverkhnosti [Influence of correlations geometrical parameters of packing on the index of specific surface] *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. Vol.17, № 5, 72-77* [in Polska].
4. Sokolenko A.Y., Ukrainets A.Y., & Yarovoj V.L. (2004). *Spravochnyk mekhanika pyschevoj promyshlennosti* [Reference book mechanic of food industry] Kyiv : ArtEk. [in Ukraine].
5. Sokolenko, A.I., Kostin, V.B., & Vasyk'kivs'kyj, K.V. (2000). Fizyko-khimichni metody obrobky syrovyny ta produktiv kharchuvannia [Physical and chemical methods of treatment of raw material and food stuffs] Kyiv : ArtEk. [in Ukraine].
6. Sokolenko, A.I., Vasyk'kivs'kyj, K.V., & Shevchenko, O.Yu. (1999). Aseptychna pidhotovka sklotary [Aseptic preparation of container] *Food and processing industry*, 1, 18-20 [in Ukraine].
7. Shevchenko, O.Yu. (2004). Vyznachennia parametriv vakuumnoho pakuvannia kharchovykh produktiv [Determination parameters of vacuum packing foods] *Food and processing industry*, 3, 140-143 [in Ukraine].
8. Shevchenko, O.Yu., & Piddubnyj, V.A. (2004). Tekhnolohii rizkoi zminy tysku v pakovanniakh [Technologies of dramatic change pressure are in packing]. *Packing*, 3, 28-31 [in Ukraine].

Дата надходження статті до редакції : 09.02.2016.

1 Рецензування : 29.02.2016, прийняття в друк : 20.03.2016

Received: 09/02/16. 1 revision: 29/02/2016. Accepted: 20/03/2016

**Aleksandr Semenov**

*PhD (Techn.),*

*Associate Professor*

**Vitalij Pidlisnyj**

*PhD (Techn.),*

*Associate Professor*

**Nikolai Palilyulka**

*PhD (Agric.),*

*Associate Professor*

*Department of to use a machine in AIC*

*Engineering Faculty*

*State Agrarian and Engineering University in Podilya*

*Kamyanets-Podilskiy, Ukraine*

**E-mail** : [som\\_s78@mail.ru](mailto:som_s78@mail.ru)

**E-mail** : [v.pidlisnyj@mail.ru](mailto:v.pidlisnyj@mail.ru)

## PHYSICAL INFLUENCES ON TARY PREPARATION PROCESS TO PACKING LIQUID PRODUCTS

*The estimation of possibilities of achievement of aseptic effects on a micro flora and cooling of bottles is offered. The research corresponds to many types of products that need no less considerable technological and power efforts what in those cases, when thermal treatment touches the packed and pressurized products. Such methods include: "...sterile product in sterile terms is packed in a sterile container...". The result of the developed method is an analysis of influences of vacuum zing and filling of glass bottles dioxide of carbon in the processes of their preparation to packing. Aggregate of physical and chemical methods which are used in the processes of preparation of glass, tin jars and bottles, pellicle or*

*combined materials from which the "soft" packing is formed and others like that, allow to provide long-term storage of products.*

**Keywords:** *analysis, laws, pocketing, equilibrium, lethal effects, microorganisms.*

**Александр Семёнов**

*к.т.н., доцент*

**Виталий Подлесный**

*к.т.н., доцент*

**Николай Палилюкьо**

*к.с.х.н., доцент*

*кафедра машиноиспользования в АПК*

*Инженерно-технический факультет*

*Подольский государственный аграрно-технический университет*

*Каменец-Подольский, Украина*

**E-mail :** [som\\_s78@mail.ru](mailto:som_s78@mail.ru)

**E-mail :** [v.pidlisnyj@mail.ru](mailto:v.pidlisnyj@mail.ru)

## **ФИЗИЧЕСКИЕ ВЛИЯНИЯ НА ПРОЦЕССЫ ПОДГОТОВКИ ТАРЫ К ФАСОВАНИЮ ЖИДКОСТНОЙ ПРОДУКЦИИ**

*Совокупность физических и химических методов, которые используются в процессах подготовки стеклянных, жестяных банок и бутылок, пленочных или комбинированных материалов, из которых формируются "мягкие" упаковки и тому подобное, позволяют обеспечить долгосрочное хранение продукции. В статье предлагается оценка возможностей достижения асептических эффектов по микрофлоре и охлаждению бутылок. Исследования опираются на значительное количество видов продукции, которые нуждаются в не менее значительных технологических и энергетических усилиях, чем в тех случаях, когда тепловая обработка касается запечатанной и герметизированной продукции. К таким методам относятся: "...стерильный продукт в стерильных условиях пакуется в стерильную тару...". Результатом разработанной методики является анализ влияний вакуумирования и заполнения стеклянных бутылок диоксидом углерода в процессах их подготовки к упаковыванию.*

**Ключевые слова:** *анализ, законы, упаковывание, равновесие, летальные эффекты, микроорганизмы.*