



# Азотний переворот у пакувальній індустрії

Ю.О. Ступак, К.В. Васильківський, к.т.н., В.В. Мигович, Національний університет харчових технологій, м. Київ

Виробники харчових продуктів за допомогою передових технологій намагаються підвищити термін зберігання продукції і зменшити кількість хімічних добавок та консервантів. Пакування в модифікованому газовому середовищі Modified Atmosphere Packaging (MAP) є сучасним способом зберігання свіжості і початкових параметрів якості харчових продуктів, що швидко псуються.

Принцип технології MAP полягає в тому, щоб видалити повітря з упаковки і замінити його на змінене атмосферне газове середовище. Модифіковане газове середовище містить ті самі компоненти, що й повітря, але в змінених пропорціях.

Завдання технології MAP — зниження зростання мікроорганізмів на поверхні продукції, що дасть можливість зберегти оригінальний смак і ароматичні властивості продукту, а також його зовнішній вигляд і колір протягом тривалого періоду часу без використання додаткових консервантів, вакуумування, заморожування тощо.

У технології пакування в модифікованому газовому середовищі використовуються одно-, дво- і трьохкомпонентні газові суміші, які містять основні гази — діоксид вуглецю, кисень і азот. Іноді замість азоту використовують ар-

гон. Кожен газ виконує певну функцію окремо або в суміші. Наприклад, азот нейтралізує розвиток анаеробних бактерій та запобігає окисленню жирів. Саме він спричинив переворот у пакувальній індустрії за останні роки, і сьогодні попит на генератори азоту дуже високий.

Азот, як основна складова повітря, безпечний, не має кольору, смаку і запаху, хімічно інертний, не змінює консис-тенцію чи колір продукту. У харчовій промисловості азот зареєстрований як харчова добавка E-941 і є газовим середовищем для пакування і зберігання продукції, холодоагентом, а рідкий азот використовується для фасування рідин, створення надлишкового тиску і інертного середовища у пакуванні.

Сьогодні у світі і на українському ринку успішно застосовують технологію дозування рідкого азоту. Це пов'язано з тим, що потужні виробники напоїв шукають шляхи скорочення витрат і зменшення собівартості продукції, а застосування технології дозування рідкого азоту під час пакування дає можливість використовувати зручні, більш легкі і дешеві контейнери з поліетилентерефталату (ПЕТФ) для холодних або гарячих продуктів.

Технологія криогенної інжекції, що реалізується дозатором рідкого азо-

ту, широко застосовується в лініях пакування під час фасування натуральних соків, негазованих мінеральних вод, напоїв, вина, рослинної олії для створення надлишкового тиску і інертного середовища в тарі з ПЕТФ, алюмінієвих та скляних банках, інших видах упаковки. Інжекція рідкого азоту застосовується також під час «гарячого фасування» для запобігання деформації тонкостінної упаковки після охолодження і зменшення реалізаційних втрат через нетоварний вигляд упаковки.

Рідкий азот — рідина без кольору і запаху з температурою кипіння 77,35 К у разі тиску 101,3 кПа та питомим об'ємом 1,239 дм<sup>3</sup>/кг за тих самих параметрів [1, 2].

Крапля азоту після подачі в упаковку інтенсивно випаровується, переходить у газоподібний стан, збільшується в об'ємі в 700 разів. Дане фізичне явище дає можливість виконати дві важливі технологічні дії:

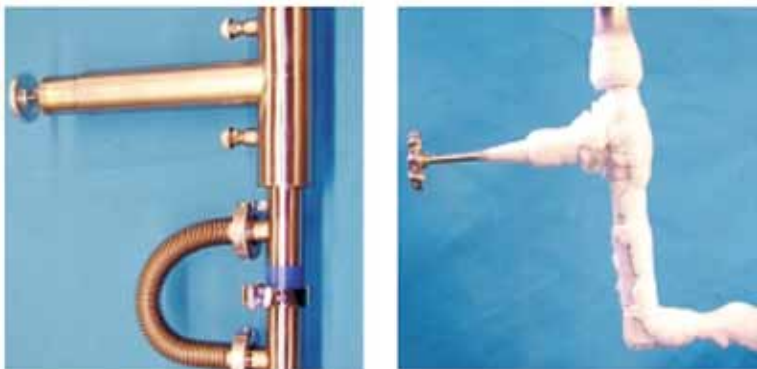
- до закупорювання витіснити із пляшки залишки повітря і кисню, замінити їх інертним газоподібним азотом, що збільшує термін зберігання продукту;
- після закупорювання газоподібний азот створює надлишковий



**ELME MESSER GAZAS**

Газ для CO<sub>2</sub> пищевой промышленности

ЧАО «Харьковский автогенный завод»  
Украина, 61046, г. Харьков  
ул. Автогенная, 10  
Тел. +38 (057) 728-0-111  
Факс +38 (057) 728-0-222  
E-mail: emu@emu.com.ua  
www.elmemesser.com.ua



а) Трубопроводи з вакуумною ізоляцією (а) і без неї (б)

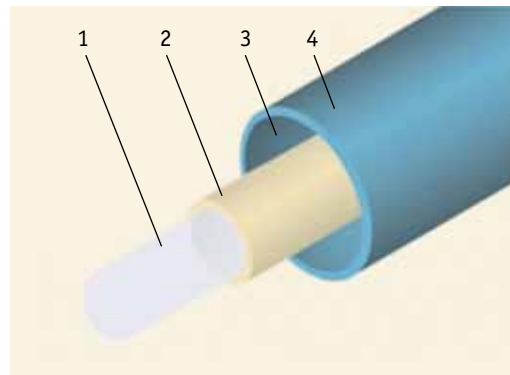


Рис. 2. Схема вакуумної ізоляції трубопроводу: 1 — рідкий азот; 2 — внутрішня труба; 3 — вакуумна ізоляція; 4 — зовнішня труба

тиск, що суттєво збільшує жорсткість і міцність упаковки з ПЕТФ і алюмінію, а це необхідно для раціонального складування і транспортування продукції.

Пристрої для дозування рідкого азоту створені для роботи в складі сучасних моноблоків фасування і закупорювання, але можуть працювати як окрема технічна одиниця у потокових лініях з фасування харчових продуктів і встановлюються між машинами наповнення і закупорювання. Монтаж і пуск у роботу займає всього кілька годин, а зміна насадок для різних типорозмірів тари — кілька хвилин.

Подача азоту в тару повністю автоматизована і погоджена з роботою фасувальної машини. Інжекція азоту виконується дискретно в кожен окрему упаковку або постійним потоком. Азот подається через клапан швидкої дії з ефективною вакуумною ізоляцією під низьким тиском для запобігання розбризкуванню. Пристрій з'єднаний безпосередньо з резервуаром для зберігання азоту за допомогою трубопроводів подачі рідкого азоту. Через точно заданий інтервал часу крапля рідкого азоту вводиться в упаковку до і/або після наповнення. Рідкий азот за кімнатної температури швидко перетворюється в газоподібний стан і витісняє повітря з порожнини упаковки і/або з вільного простору над продуктом. При цьому з 1 г рідкого азоту одержують 850 мл газоподібного азоту — відбувається витіснення кисню і створюється внутрішній тиск у верхній частині упаковки перед її закупорюванням кришкою. Необхідний внутрішній тиск у пляшці можна забезпечити розміром краплі азоту в мікронах або інтервалом часу до закупорювання пляшки. Крім точності дозування азоту ще ряд інших факторів визначають кінцевий тиск у пляшці. Рідкий азот випаровується дуже швидко, тому час переміщення упаковки повинен бути зведений до мінімуму для одержання заданих параметрів. Перехід до зони закупорювання має бути плавним, без струшувань упаковки з киплячим азотом. Іншим фактором, що впливає на кінцеві параметри, тобто значення тиску у пляшці, є рівень заповнення упаковки продуктом. Якщо частка простору в горловині змінюється в результаті різного рівня заповнення, то і остаточний тиск у пляшці буде різним (коливання в межах 5 %). Пляшка з водою за недостатнього внутрішнього тиску може деформуватися під дією статичних і динамічних навантажень, а пляшка з великим тиском може зруйнуватися через температурні впливи. Також у разі недостатнього видалення кисню продукти можуть окислюватися і псуватися.

Технічний комплекс для роботи з рідким азотом складається з ємності для зберігання скрапленого газу, трубопроводів, дозатора і блока керування. Для ефективної роботи обладнання воно не повинно обмерзати, має бути безпечним і надійним. Надійність є важливим критерієм роботоздатності, оскільки втрати на виробництві розраховуються залежно від часу простою обладнання.

До споживача азоту він може надходити трьома шляхами, що залежать від обсягів виробництва:

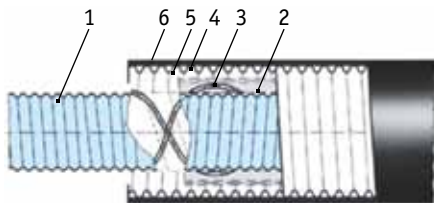
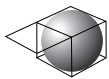
- централізовано через систему трубопроводів у межах індустріальних парків;

- у транспортних або стаціонарних цистернах у криогенному або компресійному вигляді для середніх об'ємів виробництва;
- у балонах (моноблоки, контейнери) для забезпечення невеликих об'ємів виробництва.

У випадках великого обсягу його використання і відсутності можливості постачання за допомогою встановлених стаціонарних місткостей і трубопроводів необхідна кількість газу може бути виготовлена на місці в спеціальних on-site-генераторах (криогенні газогенератори, мембранні установки). Газоподібний і рідкий азот отримують з атмосферного повітря методом низькотемпературної ректифікації. Сьогодні для поділу і очищення компонентів повітря використовуються й інші фізичні методи: мембранна сепарація, адсорбція через спеціальні матеріали.

Такий технічний комплекс є готовим рішенням для виробництва азоту (за підвищеного тиску) з атмосферного повітря. В основі комплексу — генератор азоту. Генератору азоту для роботи необхідне сухе стиснене повітря (тиск не менше 0,8 МПа), тому до складу комплексу входить повітряний компресор, осушувач і ресивер. Повітря також необхідно очищувати від пилу і масла, що здійснюють спеціальні фільтри, які входять до складу комплексу або безпосередньо генератора азоту. Ресивер призначений для накопичення виготовленого газу із залишковим вмістом кисню до 0,001 %.

Генератори азоту призначені для виробництва газоподібного азоту із стиснутого атмосферного повітря методом короткоциклової безнагрівної



**Рис. 3.** Будова гнучкого трубопроводу з екранно-вакуумною ізоляцією: 1 — спіральна гофрована і поздовжньо зварена внутрішня труба; 2 — шари екранної ізоляції; 3 — розпірки, що забезпечують мінімальні теплові притоки; 4 — спіральна гофрована і поздовжньо зварений сталевий кожух; 5 — вакуумна порожнина; 6 — зовнішній захисний поліетиленовий кожух

адсорбції — КБА (PSA — Pressure Swing Adsorption).

Останнім часом для виробництва азоту найбільш ефективною вважається технологія використання полімерних мембран, виконаних у вигляді порожнистих волокон.

Рідкий азот зберігають у спеціальних місткостях Дьюара з вакуумною ізоляцією відкритого типу або в криогенних місткостях під тиском. Оболонка з вакуумною ізоляцією дає можливість температурі зовнішньої поверхні тари залишатися рівною температурі навколишнього середовища за тривалого зберігання рідкого азоту. Хоча ідеальної ізоляції не існує, певні втрати тепла неминучі в будь-якій тарі для зберігання продукції. Більшість виробників тари приймають коефіцієнт втрат від 0,5 до 2 % на день. Металеві місткості здебільшого виготовлені з нержавіючої сталі та забезпечені системою автоматичного регулювання тиску всередині та системою забезпечення безпеки. Упаковка, маркування, транспортування і зберігання газоподібного азоту і рідкого технічного азоту, азоту підвищеної чистоти і азоту особливої чистоти регламентуються ГОСТ 26460-85, при цьому номінальний тиск азоту за температури 20 °С в балонах і автоцистернах дорівнює (15,0 ± 0,5) та (20,0 ± 1,0) МПа відповідно.

Азот не токсичний, не вибухонебезпечний, однак накопичення газоподібного азоту у виробничих приміщеннях викликає явище кисневої недостатності і задухи. Вміст кисню у повітрі робочої зони виробництва повинен становити не менше 19 %.

Транспортування рідкого азоту в межах виробництва здійснюють по трубо-

проводах, що поділяються на жорсткі і гнучкі. Жорсткі трубопроводи вимагають певної точності виготовлення для їхнього належного монтування. Гнучкі трубопроводи є універсальними і дають можливість реалізувати різні варіанти схем прокладання. Трубопроводи повинні транспортувати рідкий азот з мінімальним випаровуванням та втратами. Використовують 2 типи трубопроводів: з вакуумною ізоляцією і без неї (рис. 1) [3]. Трубопроводи без вакуумної ізоляції зазвичай мають піноізоляцію і втрати тепла у 20 разів більші, ніж у лініях з вакуумною ізоляцією. Трубопроводи без вакуумної ізоляції також мають більший зовнішній діаметр. Трубопроводи з вакуумною ізоляцією більш ефективні, ніж безвакуумні. Основний тип трубопроводів для рідкого азоту — це трубопроводи з вакуумною ізоляцією (екранно-вакуумні).

Вакуумна оболонка (рис. 2) розміщується навколо внутрішньої труби з рідким азотом і зменшує втрати тепла. Трубопроводи з вакуумною ізоляцією можуть мати статичну та динамічну вакуумну систему. Статичні вакуумні системи герметизуються зазвичай виробником. З часом така система зношується, що призводить до збільшення тепловтрат і, відповідно, до зменшення їхньої продуктивності. У динамічних вакуумних системах використовують вакуумний насос для створення і підтримання вакууму. Вакуумний насос має працювати безперервно, що позначається на збільшенні експлуатаційних витрат, однак вакуумна цілісність є кращою.

Кріофлекс (CryoFlex) — гнучкий трубопровід з екранно-вакуумною ізоляцією (рис. 3), розроблений компанією Nexans. Трубопровід складається із двох коаксialних гофрованих труб з нержавіючої сталі. Простір між трубами має високоефективну екранно-вакуумну ізоляцію. Зовнішня труба має захисне покриття з поліетилену. Такий трубопровід збирається, випробовується на герметичність на заводі, що гарантує надійність, економію часу і матеріальних ресурсів. Номінальний діаметр трубопроводу — від 10 до 264 мм.

У верхній точці трубопроводу розміщується сепаратор газової фази, що призначений для відокремлення парів азоту з метою гарантованої подачі тільки рідкої фази в лінії фасування напоїв.

Блок керування системою подачі та дозування азоту за допомогою системи відслідковування дає команду клапану на подачу (інжекцію) заданої дози рідкого азоту в кожен пляшку або контейнер. Система контролю працює за принципом: «Є упаковка — є доза, немає упаковки — немає дози». Блок керування на базі сучасних промислових контролерів дає можливість оператору налагоджувати параметри дозування рідкого азоту з високою точністю. Об'єм дози рідкого азоту може варіюватися від 0,1 до 1,0 мл за теоретичної продуктивності до 20 тис. доз/год.

## Висновки

Азот — газ, який на сьогоднішній день використовується як компонент не тільки для створення модифікованої газової атмосфери, але й для покращення технології фасування напоїв. Це привело до появи сучасних технологій і техніки для виробництва, зберігання та дозування рідкого азоту, які успішно починають використовуватися на території України.

## Література

1. *Вольнец В.Ф., Вольнец М.П.* Аналитическая химия азота. — М.: Наука, 1977. — 307 с.
2. Химия: Справ. изд. / В. Шретер, К.-Х. Лаутеншлегер, Х. Бибрак и др.: Пер. с нем. 2-е изд., стереотип. — М.: Химия, 2000.
3. *John W. Ross* How to Dose Liquid Nitrogen Effectively // Process cooling & equipment. — 2000, July. — P. 6–28. ✓

## Азотный переворот в упаковочной индустрии

Ю.А. Ступак, К.В. Васильковский, к.т.н.,  
В.В. Мигович

Авторами рассмотрены технологии и оборудование для хранения, транспортирования и дозирования сжиженного азота, которые находят широкое применение в упаковочной индустрии. Азот может использоваться не только как компонент модифицированной газовой атмосферы, но и во время упаковки напитков.

**Ключевые слова:** азот; газ; модифицированная газовая атмосфера; генератор; трубопровод.

## Nitrogen revolution in the packaging industry

J.A. Stupak, K.V. Vasilkovsky, Ph.D., V.V. Migovich  
The authors considered technologies and equipment for storage, transporting and dosing of nitrogen liquid, which widely use in the packaging industry. Nitrogen can use not only as a component of modified gas atmosphere, but also in the packaging of beverages.

**Key words:** nitrogen; gas; a modified gas atmosphere; generator; pipeline.

