

С.Ф. Гавенко, О.М. Савченко
Українська академія друкарства

ФУНКЦІОНАЛЬНІСТЬ ТА СФЕРИ ЗАСТОСУВАННЯ РОЗУМНОГО ПАКОВАННЯ

Розкрито функціональні можливості розумного пакування. Накреслено основні напрямки та сфери застосування розумного пакування в фармацевтичній, харчовій та хімічній промисловостях.

Functional possibilities of smart package are exposed. Basic directions and purviews of smart package are drawn in pharmaceutical, food and chemical industry.

Постановка проблеми

Упаковка в даний час знаходиться в центрі інтенсивних досліджень, які включають використання нанотехнологій, електроніки тощо і направлені на розширення її функцій. Результатом таких досліджень є створення пакувань, які називають "інтелектуальними", "розумними" або "активними".

Аналіз останніх досліджень

Ідея створення розумного пакування народилася при розробці пристрою для упакування таблеток, який виготовлений із пластику і зовні нагадує корпус маркера або кулькової ручки, основне призначення якого полягає в зберіганні таблеток та індивідуальному поштучному застосуванні їх точно в призначений час. Це особливо актуально для інвалідів, хронічно хворих і людей похилого віку, які мають потребу в регулярному або раптовому застосуванні таблеток різного призначення [1, 2].

Згідно досліджень [3-5], проведених американською компанією NanoMarkets, світовий ринок розумного пакування до 2011 року виросте до 4,8 млрд. доларів, а до 2013 року досягне суми в 14,1 млрд. Бурхливий розвиток технологій розумного пакування буде відбуватися за рахунок розширення можливостей друкарських електронних технологій. Основний акцент робиться на мікрочіпи RFID, скрани й джерела світла OLED, сенсори, а також на так звані п'єзоелектричні матеріали – монокристали типу кварцу, органічні фотогальванічні елементи й батареї на базі топких плівок. Розвитку інтелектуального пакування сприятиме впровадження таких розумних матеріалів як термохромне чорнило, що показує оптимальну температуру запакованої продукції; сплави з пам'яттю форми, що контролюють розкриття пакування; розумні етикетки, які можуть використовуватися для контролю термінів придатності продукту за допомогою зміни кольорів.

За даними Міжнародної Торговельної Палати [6-8] в 2003 році кількість підробленої продукції у світі досягла 8% і тільки розумне пакування (наприклад, ідентифікація в торговельних точках за допомогою RFID чіпів) зробить основний внесок у боротьбі з фальсифікованою продукцією, особливо це стосується продуктів харчування й лікарських препаратів.

Мета роботи – аналітичні дослідження в сфері функціональних можливостей розумного пакування від розробки до використання за допомогою механічної, хімічної, електричної та електронної рушійних сил.

Виклад основного матеріалу

До нових технологій, які використовуються для розробки розумного пакування, відноситься радіочастотна ідентифікація (RFID), електронний предмет спостереження (EAS) та друкарська електроніка.

Розрізняють два описи RFID:

1. Технологія, яка розглядається як наступне покоління штрих-кодів. RFID-етикетки містять антени і мікросхеми. Ця технологія використовується для мережі розподілу матеріально-технічного постачання, відстежування доходів і управління запасами.
2. Використання невеликих пристроїв, які можуть бути представлені в електронному вигляді на відстані без лінії прямої видимості. В рівному оточенні мітки розпізнавання відбувається при 100 Гц і інших мікрохвильових частот (ГГц). Ці пристрої називаються безконтактними розумними картками.

EAS (електронний предмет спостереження) – антистатичний електронний компонент, який випромінює і/чи одержує електромагнітну енергію, як правило, в радіочастотному спектрі або поблизу.

Всі RFID мають антени і надруковані срібними фарбами з роздільною здатністю і провідністю, необхідною для належного виконання складніших нижчих частот.

Друкарська електроніка може бути застосована на різних поверхнях упаковки, друкарські елементи включають мікросхеми, антени, індикатори, датчики, акумулятори і т.д.

Значної уваги в поліграфії і пакувальній промисловості заслуговує система Envision America, де разом із звичайною стикеткою є RFID мітка, яка дублює дану інформацію пацієнту в електронному записі. Вимова інформації вголос призначена для надання допомоги сліпим, безграмотним і тим, у яких тремтять руки. Офсетний та трафаретний способи друку використовуються для друкування датчиків, антен і електронних схем в розумній упаковці для фармацевтичних препаратів, включаючи упаковки, які говорять і дають інструкції на екрані.

До загальних властивостей розумних пакувань відносяться:

- оперативність застосування в екстремальних умовах;
- розширена інформація про товар;
- дозованість (вміст, наприклад таблетка або брикет, відокремлюється поштучно);
- захищеність продуктів, що залишилися, від випадкового випадання при мимовільному перевертанні;
- можливість використання за призначенням лише однією рукою (це створює незаперечну зручність для всіх споживачів);
- екологічні функції контролю.

За функціональними можливостями розумна упаковка переходить від розробки до використання за допомогою механічної, хімічної, електричної або електронної рушійних сил (рис. 1), що дозволяють розширити її експлуатаційні

можливості. В цю технологію включені розумні матеріали, які можуть змінювати колір, форму, вигляд, фазу, електричні, магнітні, оптичні властивості або інші фізичні характеристики на реакцію системи контролю або навколишнього середовища.



Рис. 1. Функціональність розумної упаковки.

Механічна розумна упаковка. Механічні сили в споживчій розумній упаковці можна згенерувати як відкриття упаковки споживачем, діючи на неї натисненням або видавлюванням.

Хімічна розумна упаковка. Хімічна функціональність є поширеним явищем в споживчій розумній упаковці з використанням активного кисню для очищення пакувальних матеріалів; напоїв, що самогріваються і самостійно охолоджуються; зміни кольору ярликів, які можуть бути використані для контролю свіжості, зрілості і якості продуктів харчування. Підняття температури напою до 40°C за 3 хвилини ґрунтується на простій екзотермічній реакції між вапном і водою, для чого споживачу достатньо натиснути на кнопку в основі банки. Для самоохолодження контейнерів використовується технологія теплового насоса: випаровування тільки 10 мл. води теоретично може охолодити 330 мл. води до 18°C .

Одна з характеристик хімічної розумної упаковки полягає в тому, що існує безліч аналогічних хімічних реакцій в природі, які можуть застосовуватись в споживчій упаковці. Наприклад, дозрівання майже всіх плодів супроводжується виділенням етиленового газу, який відчувають тварини, оскільки в них визначення зрілості плодів не відбувається за допомогою змін кольору. Використовуючи колірні зміни етикетки, яка реагує на хімічний етилен всередині упаковки, створюється таким чином розумна упаковка, що інформує споживачів про готовність фруктів до вживання.

Електрична розумна упаковка. Електричну функціональність упаковки забезпечують п'єзоелектричні матеріали, які стимулюють перетворення електричних зарядів на механічну реакцію, де електростатичні заряди виробляються в процесі тертя.

Електронна розумна упаковка. Перспективою використання електронних упаковок є отримання надрукованих самоклеючих етикеток в рулоні або безпосередньо надрукованих на упаковці тонкоплівкових транзисторних схем.

Проблемою сьогодення є друкування дати па продуктах харчування, напоях і медичних товарах, які виявляються неправильними, оскільки до уваги не береться один з найважливіших чинників, що впливає на термін зберігання – температура. Тому електронні розумні упаковки будуть надані в новій функціональності. Наприклад, коли упаковка відчуватиме, говоритиме і показуватиме, вона попередить про те, що продукт містить цукор і його не потрібно вживати діабетикам.

Відмінність між традиційною і розумною упаковкою представлена в розроблених класифікаційних схемах (рис.2, 3).



Рис. 2. Функції традиційної упаковки.

Підмножиною розумної упаковки, яка включає певні доповнення на плівці упаковки або всередині з метою підтримання і продовження терміну придатності продукту, є активна упаковка. Відомий спеціаліст в галузі пакування Робертсон Г.Л. [8] визначає інтелектуальну тару, упаковку такою, яка містить зовнішній або внутрішній показник надання інформації про аспекти історії упаковки і/чи якість їжі. Інтелектуальні упаковки здатні відчувати і надавати інформацію про функції і властивості упакованих продуктів харчування та можуть надати гарантію цілісності пакету, довести неідробленість, надійність і якість товарів, а також використовуються як протиугонний контроль і відстежування продукції. Інтелектуальна упаковка включає часово-температурні показники, газочутливі барвники, показники мікрохвильового приготування, мікробіологічні показники, показники фізичного шоку, а також численні приклади перевірки пошкоджень, боротьби з підробкою і крадіжкою.



Рис. 3. Нова концептуальна модель розумної упаковки.

Активна упаковка містить компоненти систем упаковки, які здатні очищати кисень; поглинати вуглекислий газ, вологу, етилен і/чи смак/запах псування; сприяти виділенню двоокису вуглецю, етанолу, антиоксидантів і/чи інших консервантів, підтримки температурного контролю, компенсації температурних змін. Придатність упакованих продуктів харчування залежить від багатьох чинників:

- внутрішня природа їжі (рН, активність води, вміст живильних речовин, поява антимікробних з'єднань, редокс-потенціал, рівень дихання і біологічна структура);
- зовнішні чинники (температура зберігання, відносна вологість і оточення газового складу).

Ці чинники безпосередньо впливатимуть на хімічні, біохімічні, фізичні і мікробіологічні механізми псування окремих харчових продуктів і термін їх придатності. Наприклад, у виробництві активної упаковки ученими розроблені технології для підтримування температурного контролю, поглинання вологи і протимікробна упаковка.

Прикладом розумного матеріалу, який може бути використаний для датчиків/приводів і мікроелектромеханічних систем, є целюлоза. Такі целюлозні матеріали називається електро-активними паперами (EAPap) і можуть бути використані для багатьох додатків, таких як мікрокомахи-роботи, мікролітаючі об'єкти, MEMS, біодатчики і гнучкі електричні дисплеї.

Значний інтерес рибної промисловості полягає в розробці оперативних методів оцінки визначення реального часу свіжості риби і морепродуктів. При псуванні риби звільняється різноманітна кількість основних летючих амінів, які можна виявити використанням відповідних рН-датчиків. Наприклад, датчик з

потенціалом розвитку "хімічного штрих-коду" для реального часу контролю свіжості рибних продуктів. Даний пакувальний датчик містить рН-чутливий барвник бромокрезол зелений, який відповідає за зміни кольору легких з'єднань при псуванні, таких як триметиламіну (ТМА), аміаку (NH_3), диметиламіну (DMA), в сукупності відомі як загальні леткі азоту (TVB-N).

Цікавими є розробки компанії «SmartPack», які стосуються зберігання, змішування й використання складних багатокомпонентних продуктів. Принципово нове пакування для рідин технологічне й просте у використанні, дозволяє роздільно зберігати компоненти продукту без додавання консервантів. Готовий продукт отримують у результаті одного повороту кришки – безпосередньо перед використанням. Змішування відбувається миттєво, не втрачаючи корисних властивостей продукту і значно збільшуючи термін його зберігання.

Компанією Blast Cap Technology (BCT) запатентований механізм для приготування напоїв і фармацевтичних препаратів безпосередньо перед їхнім вживанням. Механізм BCT представляє собою кришку, у якій окремо від рідини перебувають всі складові компоненти напою. Перед вживанням кришка активується шляхом механічного натискання на неї, вміст кришки попадає в пляшку, де змішується з основною рідиною. Використання кришок BCT дозволяє відмовитися від всіх хімічних добавок у виробництві напоїв, які використовуються для збільшення терміну зберігання.

RPC Bramlage представила новий вид пакування – FreshCan, що представляє собою контейнер для напоїв зі спеціальною пластиковою «плаваючою капсулою». Капсула, яка не прикріплена до стінок контейнера, а вільно плаває усередині, не допускає змішування рідини з інгредієнтами до моменту розкриття пакування, і таким чином, напій зберігає свіжість набагато довше. Механізм відкриття контейнера такий: при натисканні на кришку капсула під тиском, що створився, «підстрибує» і відкриває доступ до інгредієнтів.

Компанія Schlig Futore винайшла кришку зі спеціальною мембраною для ПЕТ пляшок, що пропускає повітря й дозволяє вмісту довше зберігати свіжість і не псуватися.

Канадська компанія "Токсин Алерт" розробила пакувальну плівку, що змінює кольори при псуванні їжі і є чутливою до чотирьох видів небезпечних бактерій: сальмонели, кампілобактерій, кишковій паличці й лістерій. Плівка складається із трьох шарів, нижній з яких прилягає до продукту та є проникним для мікробів. Пройшовши цей пористий шар, бактерія попадає в другий шар – з живильним гелем, що містить антитіла – білки, здатні розпізнавати певний вид мікроорганізмів. Ці антитіла пов'язані з барвником, і таким чином пійманий мікроорганізм зафарбовується й, рухаючись далі, попадає в третій шар, що стає видимим, якщо бактерій багато.

Ведуться розробки плівки, що буде реагувати на пестициди й білки генетично модифікованих продуктів.

Нововведенням шведської компанії Сурак є одноразовий комп'ютер, який умовно називають "розумним" картоном. Ця нова технологія дозволяє "вживляти" найтонші електронні схеми із процесорами й модулями пам'яті в картон, щільний папір або пластик. Розмовляючи, "розумне" пакування з ліками може нагадувати про необхідність приймати їх в певний час; "розумне" пакування для посилок у випадку пошкодження або втручання у вміст пакета зможе визначити, де й коли саме це відбулося. Папір, з якого виготовляється інтелектуальне пакування для посилок, має у своєму розпорядженні датчики пошкодження.

Подібна технологія у майбутньому буде впроваджена в паспорти й інші документи, електронні системи для голосування, залізничні квитки та ін. Однак варто відмітити, що пристрої з "розумного" картону коштують до 1 євро за пакування.

Ще одним вражаючим моментом є виготовлення нанопродуктів (продуктів харчування, виготовлених за допомогою нанотехнологій). Відповідно до загальноприйнятої наукової термінології, продукт може називатися "нанопродуктом", якщо при його вирощуванні, виробництві, переробці або пакуванні використовувалися наночастини, нанотехнологічні розробки й/або інструменти. Нанопродукт не змінює своєї атомарної структури й не виробляється нанороботами. Потенційними перевагами нанопродуктів є:

- досконалий процес виробництва й пакування;
- покращений смак і нові споживчі властивості;
- виробництво "функціональної" їжі (продукт буде містити лікарські або додаткові речовини);
- збільшення продуктивності й зменшення цін на харчові продукти.

Незважаючи на безсумнівні переваги, розробки в області нанопродуктів невідомі громадськості. Дискусії про безпеку подібних продуктів не припиняються і, безсумнівно, сповільнюють їх вихід на ринок. Проте, одним із перспективних напрямків при розробці "розумного пакування" залишається використання нанотехнологій для створення антибактеріального пакувального матеріалу.

Тому перед виробниками пакувань постають нові задачі. Тенденція до ускладнення пакувань тісно пов'язана з розвитком технологій і підвищенням вимог, пропонованих покупцями. Сучасна упаковка переходить від традиційного друку інформації до інтегрування в неї мікročіпів і транспондерів, які друкуються електропровідними фарбами способами трафаретного, глибокого і флексографічного друку з високою швидкістю.

Висновки

Проаналізовано розробки в галузі інтелектуальної (розумної) упаковки; описано її функціональні можливості від розробки до використання за допомогою механічної, хімічної, електричної або електронної рушійних сил та розроблено її нову концептуальну модель.

1. Butler P. *A Breakthrough in Smart Packaging Humidity Control*. – *J. Smart packaging*, 2005, No.29, 12p.
2. Gen-Daniel Lt, Brown G. – *Smart Packaging Journal July/August 2002, IDTechEx*, 2002, Volume 1, Issue 1, P.3-5.
3. Nomikos S. *Smart Packaging: New Communications Concepts and Models*. - In *Proceedings, 33rd International IARIGAI/Conf.10-13 Sept 2006, Crossmedia*.
4. Harrop P. *Opportunities in pharmaceutical RFID and smart packaging*, IDTechEx. www.artkis.ru/smart_package.php.
5. Politis A. *Human capital development and competence structures in changing media production environments / Doctoral Thesis, Royal Institute of Technology, Stockholm Sweden, 2004*.
6. Siegemund F., Krauer T. *Integrating Handhelds into Environments of Cooperating Smart Everyday Objects*. – In *Proceedings 2nd European Symposium on Ambient Intelligence, Eindhoven, The Netherlands, Springer-Verlag, 2004, P.160-171*.
7. Ahvenainen R. and Hurme E. *Active and smart packaging for meeting consumer demands for quality and safety*. – *Food Additives Contaminants*, 1997, No.14, P.753-763.