

УДК 66.03.011

ПЛОСКОНОС В. Г.*, ГАЛИШ В. В.*
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИСОКОЯКІСНОГО ПАКУВАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ З МЕТАЛІЗОВАНИМ ПАПЕРОМ ДЛЯ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Не існує універсального пакувального матеріалу, разом з тим, харчові продукти дуже чутливі до впливу зовнішніх факторів. Тому бар'єрні властивості упаковки на основі одного паперу за тривалих термінів зберігання стають недостатніми для забезпечення якості та смакових властивостей харчових продуктів. Все це вимагає дослідити технологічні особливості та розробити комбінований пакувальний матеріал, в якому папір поєднується із полімерними матеріалами або на його поверхню наносять металізоване покриття.

Ключові слова: папір, пакування, фольга, покриття, напилення, бар'єр.

DOI: 10.20535/2617-9741.1.2023.276448

*Corresponding authors: vploskonos@gmail.com, v.galysh@gmail.com

Received 15 February 2023; Accepted 23 March 2023

Постановка проблеми. Пошук методів, які дозволять вирішити питання розроблення технології виготовлення нових пакувальних матеріалів, а саме: паперу, кашированого фольгою, а також з металізованим покриттям, які будуть використані в харчовій промисловості процесах для пакування та якісного зберігання харчових продуктів.

Аналіз попередніх досліджень. Спеціалісти пакувальної галузі однозначно зазначають [1, 2], що немає універсального пакувального матеріалу. Залежно від виду продукту, який необхідно упаковувати, одна і та ж властивість упаковки може бути як корисною так і шкідливою. Наприклад, прозорість упаковки у ряді випадків бажана для продуктів, де потрібна візуальна оцінка їхньої якості. Але разом з тим вона небажана для продуктів, чутливих до впливу світла, а особливо в ультрафіолетовому діапазоні. Іншим прикладом може бути газопроникність пакувального матеріалу. У багатьох випадках вона повинна бути мінімальною, тому що проникнення кисню викликає псування продукту. Разом з тим, в процесі упаковки фізіологічно активних продуктів (свіжі овочі, фрукти, ягоди), для нормальної діяльності яких необхідне постійне надходження кисню та видалення вуглекислого газу.

Разом з тим, харчові продукти дуже чутливі до впливу зовнішніх факторів, тому бар'єрні властивості упаковки на основі одного паперу за тривалих термінів зберігання стають недостатніми для забезпечення якості харчових продуктів та їх смакових властивостей. Все це вимагає розробки та освоєння випуску сучасних бар'єрних комбінованих пакувальних матеріалів, для одержання яких папір з'єднують із полімерними матеріалами або на його поверхню наносять металізоване покриття .

Операція нанесення на папір шару металеві фольги або плівки полімеру [3], яку можна наносити також з розплату, в англійських країнах називають ламінуванням, а в тих країнах, де говорять німецькою мовою - кашіруванням. Як випливає з цього, терміни ламінування і кашірування, що набули широкого поширення у світовій практиці, є синонімами, а технологічне обладнання, на якому здійснюється подібний процес, називають ламінаторами або обладнанням для кашірування.

У США, наприклад, до рубежу 2000-х років серед сучасних пакувальних матеріалів, що застосовуються для пакування продуктів харчування, клейові та екструзивні ламінатори становили 17%, співекструданти – 15,9%, металізовані матеріали – 10,9%. Подальший розвиток виробництва та застосування пакувальних матеріалів змінило це співвідношення на користь металізованих матеріалів на основі плівок та паперу [4].

Невирішеною частинною проблемою з практичної точки зору є пошук методів, які б дозволили вирішити питання складу та структури комбінованих матеріалів, що визначаються призначенням упаковки, її конструкцією, термінами та умовами зберігання харчових продуктів, економічними міркуваннями,

санітарно-гігієнічними характеристиками, можливістю утилізації відходів. Дуже важливі і корисні, з практичної точки зору, результати та висновки, отримані свого часу в роботах [5,6], вселяють надію, що на отриманій основі можливо вирішувати і інші проблеми, а саме: розробити умови виготовлення високоякісного пакувального матеріалу на основі металізованого паперу для харчової промисловості.

В Україні до початку 2000-х років власне виробництво пакувальних видів паперу було у обмежених обсягах, у т.ч. комбінованих матеріалів, а також виробництво вітчизняної фольги. До них належать жиронепроникні, призначені для використання в харчовій, переробній та інших галузях народного господарства. У зв'язку з цим виникла необхідність вирішення науково-технічної проблеми з розробки та організації в країні власного виробництва металізованих пакувальних матеріалів на основі паперу з покращеними захисними, експлуатаційними та естетичними властивостями.

Метою даної статті є проведення досліджень з розроблення вимог до паперу-основи з метою отримання комбінованих, а саме: металізованих пакувальних матеріалів. Папір-основа, як показали результати досліджень, має відрізнятися високою опірністю механічним впливам у процесі переробки цього паперу-основи, а також експлуатації готового матеріалу. Він повинен мати поверхню, що забезпечує оптимальну взаємодію з фольгою, мати високі бар'єрні та захисні властивості, які в сукупності з аналогічними властивостями металізованого покриття надають комбінованому пакувальному матеріалу властивості газо-, водо- і жиронепроникності.

Виклад основного матеріалу. Як відомо, до недоліків поліетиленових та поліпропіленових плівкових покриттів слід віднести їх низьку морозостійкість та високу окислюваність. Під дією сонячних променів поліпропілен стає крихким, що знижує його захисні властивості. Поліетиленові покриття малостійкі до жирів та олій, набухаючи в них. Тому в основному вони використовуються для пакування рідких, сипких, заморожених продуктів з низьким вмістом жиру, а також карамельної продукції.

Тому, у якості об'єкта з метою дослідження є виняткові захисні алюмінієвої фольги. У композиції з іншими матеріалами та за наявності лакового покриття вона до цього часу застосовується для пакування різних рідких, джемів тощо. Крім захисних властивостей, фольга має високі естетичні властивості. Вона не токсична, не іржавіє, відбиває променисте тепло і, водночас, має теплопровідність. Фольга економічна, тому що з неї може бути виготовлена плівка навіть незначної товщини, на неї добре наноситься друк, проте вона має невисоку міцність.

Одним із способів підвищення міцності фольги, призначеної для пакування, є каширування (склеювання) її з папером [6]. Такий комбінований матеріал має комплекс властивостей фольги та паперу. Він практично паро-, світло-і газонепроникний, має велику міцність на злам. Папір, кашируваний фольгою, застосовується в основному для пакування чаю, кави, олії вершкового, морозива, кондитерських виробів та інших продуктів харчування. У комбінованому матеріалі «фольга-папір», де фольга виконує захисні властивості, її розташовують із зовнішнього боку, а на її поверхню можуть бути нанесені кольоровий друк, тиснення та лакове покриття.

Застосовуються два способи каширування: за допомогою водних клеїв (розчинів та емульсій) та з використанням термопластичних клеїв. В якості паперу-основи в процесі каширування алюмінієвої фольги широко застосовують пергамент. Такий комбінований матеріал характеризується також високою жиронепроникністю та вологоміцністю.

У процесі розробки комбінованого пакувального матеріалу на основі паперу, кашированого фольгою, використовували замість пергаменту папір, маса площі 1 м² якого становить 40 г. У композиції входить алюмінієва фольга, товщиною 9 і 14 мм і безрозчинний клей.

Разом з тим, комбінована шарувата упаковка «папір-фольга» має високі захисні властивості, проте під час згинання матеріалу може порушитися непроникність, оскільки фольга має низьку міцність і легко ламається. У той же час високі захисні властивості можуть бути досягнуті за значно меншої товщини металу, що наноситься на поверхню паперу, наприклад, 0,1-0,2 мм і менше.

Саме ця обставина спричинила проведення робіт, спрямованих на створення рівноцінної заміни кашированих матеріалів та розробку технології їх виготовлення. Свого часу за кордоном розроблялися та виготовлялися нові пакувальні матеріали, в яких не використовується фольга з алюмінію, а металізовані плівки та папір. На даний час найбільш поширеними методами металізації є: прямий та трансферний.

Металізація за допомогою термічного випаровування та конденсації у вакуумі здійснюється у вакуумних напилувальних установках з використанням спеціальних випарників. Метал, що випаровується, конденсується на поверхні матеріалу або виробу.

При металізації паперу-основи її поверхня попередньо покривається шаром лаку, на який, зазвичай у вакуумі, наносять металеве покриття. Товщина шару нанесеного металу, як правило, складає 0,02-0,05 мкм, що становить менше, ніж соту частину товщини алюмінієвої фольги. Так, в процесі металізації 100 м² паперу у вакуумі витрата алюмінію становить лише 33 г, тоді як для виготовлення такої ж кількості фольги потрібно 2,9 кг алюмінію [7]. Такий спосіб дозволяє не лише знизити витрату металу, а й спростити, у зв'язку з цим, утилізацію відходів із

використаної упаковки. Однак, необхідність попереднього грунтування лакування поверхні паперу-основи, у свою чергу, створює серйозні проблеми в галузі екології та охорони навколишнього середовища.

Зазвичай, установка в цьому випадку складається з камери для нанесення покриття, систем створення в ній необхідного вакууму (розрідження), розплавлення та випаровування металу, автоматичного перемотування листового матеріалу та автоматизованого керування процесом, зазвичай із застосуванням комп'ютера. Камера має два відсіки: відсік перемотування та відсік металізації. У першому розміщено перемотувальний пристрій, який здійснює розмотування рулону паперу-основи та її намотування в ролон після нанесення на поверхню шару металу, що випаровується. У другому відсіку розміщені спеціальні тигли, так звані "човниками", які підігріваються і, в яких здійснюється плавка металу, що випаровується за 1500 °С. Папір-основа в процесі перемотування проходить над поверхнею тиглів, огинаючи при цьому спеціальний охолоджувальний вал. Алюміній, що випаровується, конденсується на поверхні паперу-основи і закріплюється на ній у вигляді надзвичайно тонкого суцільного шару. Залежно від співвідношення швидкості руху паперу-основи та швидкості подачі алюмінієвого дроту на плавку утворюється алюмінієве покриття заданої товщини за інших постійних умов (температура плавлення, температура поверхні паперу, глибина вакууму у відсіках металізаційної камери – зазвичай у відсіку металізації глибина вакууму на порядок вище). Оптимальні режими роботи перелічених систем установки автоматично задаються та підтримуються комп'ютером відповідно до розроблених програм. Товщина металевого покриття автоматично контролюється за величиною електричного опору 1 см² площі поверхні металізованого покриття.

В процесі виконання досліджень зі створення нової комбінованої упаковки було визначено вимоги до металізованого матеріалу та якості паперу-основи, яка не вимагала б додаткового лакування її поверхні перед металізацією, основні параметри процесу нанесення металу у вакуумі на поверхню паперу.

Показник гладкості поверхні паперу-основи не повинен бути нижчим за 150 с, а її вологість перевищувати 4 %, тому що більш високі її значення, як показали експерименти, не дозволяють створити необхідне розрідження в камері для металізації та забезпечити рівномірність нанесення металу. У разі напilenня алюмінію за підвищеної залишкової вологості паперу протікають інтенсивні процеси окислення, що негативно впливають на якість покриття, його захисні властивості та міцність зчеплення (адгезії) з поверхнею підкладки.

На рис. 1а,б наведено залежності показників електричного опору та непрозорості металізованого матеріалу від товщини покриття, що відіграє важливу роль у покращенні захисних, бар'єрних, друкованих властивостей упаковки та безпосередньо впливає на отримання якісної етикетки.

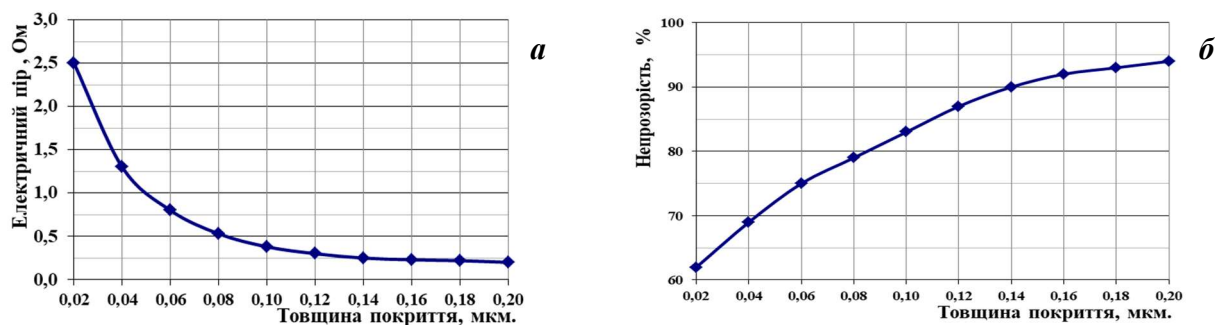


Рис. 1 – Залежність електричного опору (а) та непрозорості металізованого матеріалу (б) від товщини шару металу

Вплив швидкості перемотування та гладкості поверхні паперу-основи в процесі металізації у вакуумі на показник електричного опору, непряму характеристику товщини металізованого покриття матеріалу, ілюструють дані, наведені в табл. 1.

У табл. 2 надано результати вивчення зміни газовиділення паперу-основи в залежності від залишкової вологості та тривалості її вакуумування (10⁻² Па).

Як свідчать дані, наведені в табл. 2, газовиділення визначається залишковою вологістю паперу, яка не має перевищувати 4,0 %.

Проведені дослідження нового комбінованого металізованого пакувального матеріалу показали, що покриття сприяє поліпшенню захисних властивостей матеріалу та герметичності упаковки, а саме: зниженню газопроникності, послабленню дії оптичного випромінювання на продукцію, підвищенню непрозорості та гладкості поверхні, про що свідчать дані табл. 3.

Таблиця 1 – Залежність електричного опору металізованого покриття від швидкості перемотування паперу-основи та гладкості поверхні

Характеристика процесу	Значення характеристики				
Швидкість перенесення паперу-основи при металізації, м/хв.	40	80	120	180	250
Гладкість папір-основи по Бекку, с	155	170	185	200	350
Електричний опір 1 м ² площі поверхні металевого покриття, Ом	0,2	0,5	1,0	1,5	3,0

Таблиця 2 – Зміна газовиділення паперу-основи від тривалості вакуумування

Контрольований параметр	Значення параметру						
Тривалість перебування паперу у вакуумній камері, хв	5	15	20	25	30	35	40
Газовиділення, МПа·с ⁻¹ ·10 ⁻² для паперу-основи з вологістю, %:							
8,1	2,1	1,5	1,0	0,7	0,5	0,4	0,4
4,2	1,1	0,6	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2
2,5	0,6	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Таблиця 3 – Зміна газопроникності, непрозорості та гладкості металізованого матеріалу від товщини покриття

Характеристика матеріалу	Значення характеристики				
Товщина шару покриття, мкм	0,00	0,05	0,10	0,20	0,85
Газопроникність, м·с ⁻¹ ·Па ⁻¹	21000	4100	970	210	11
Непрозорість, %	71	83	93	97	98
Гладкість, с	215	370	440	530	930

Висновки. Таким чином, створені в процесі проведених досліджень нові пакувальні матеріали – папір, каширований фольгою, та з металізованим покриттям можуть бути використані в процесах пакування вершкового масла, шоколаду, сигарет та мають показати позитивні результати; адже фарба міцно закріплюється на поверхні шару металу, друковані зображення виходять чіткими.

Перспективи подальших досліджень. Таким чином, є всі передумови для створення сучасної наукомісткої пакувальної індустрії, яка здатна забезпечити виробництво широкого асортименту конкурентоспроможних матеріалів сучасного дизайну для фасування та пакування продукції харчової, переробної, фармацевтичної, поліграфічної та інших галузей економіки. Це добре узгоджується з думкою фахівців та експертів Pira Internation, згідно з якою упаковка на основі паперу та картону буде залишатися на довгостроковий період найбільш поширеною та популярною на рівні 45-50 % порівняно з іншими матеріалами, такими як пластик, метал, скло, дерево.

Список використаної літератури

1. Прогресивні упаковки для харчових продуктів // Харчова промисловість: Огляди з інформаційного забезпечення загальносоюзних науково-технічних програм // АгроНДІПТЕП. 2000. Сер.14. Вип.4. 21.
2. Технологія пакувального паперу / Під ред. Н.С.Трухотенкової. - Лісова промисловість. -2004. 283с.
3. Терехова А., Козіна Л., Муравін Я., Малініна Н. Сучасні металізовані матеріали //Тара та упаковка, 1995, № 6. С.10-11
4. Робсман Г., Дифнов А., Алексеева Т. Комбіновані матеріали на основі алюмінієвої фольги та полімерів // Тара та упаковка. 2001. № 4. С. 22-23.
5. Рибальченко В.В., Коптюх Л.А, Плосконос В.Г., Осика В.А Підвищення жиронепроникності пакувального паперу.// Упаковка. 2007, № 2, С. 23-26.
6. Плосконос В. Г., Гондовська А.С. Дослідження математичних описів з метою визначення закономірностей в процесі розроблення пакувальних матеріалів із заданими властивостями//Міжнародний науковий журнал "Інтернаука".2022, № 3 (132), С. 24 -29 .
7. Крucher Г.І. Пакувальні матеріали, алюмінієві у вакуумі //Тара та упаковка. 2001. №4. С.24-25.

Viktor Ploskonos, Vita Halysk

TECHNOLOGICAL FEATURES OF PRODUCTION HIGH-QUALITY PACKAGING MATERIAL WITH METALLIZED PAPER FOR THE FOOD INDUSTRY

Introduction *The barrier properties of paper-based packaging may not be sufficient for long-term storage to ensure the quality and taste of packaged food products. All this requires researching the technological features and developing a combined packaging material in which the base paper is combined with polymer materials or a metallized coating is applied to its surface.*

Results and discussion *Food products are very sensitive to the influence of external factors, so the barrier properties of paper-based packaging become insufficient for long-term storage to ensure the quality of food products and their taste properties. All this requires the development and mastery of the production of modern barrier combined packaging materials and conducting research on the development of requirements for base paper in order to obtain combined, namely: metallized packaging materials. As research results have shown, base paper should be characterized by high resistance to mechanical influences in the process of processing, as well as exploitation of the finished material. It should have a surface that provides optimal interaction with the foil, have high barrier and protective properties.*

In the process of carrying out research on the creation of a new combined package, the requirements for the metallized material and the quality of the base paper were determined. The index of smoothness of the surface of the base paper should not be lower than 150 s, and its moisture content should not exceed 4%, because its higher values, as experiments have shown, do not allow creating the necessary rarefaction in the chamber for metallization and ensuring the uniformity of metal application. In the case of spraying aluminum with increased residual humidity of the paper, intensive oxidation processes take place, which negatively affect the quality of the coating, its protective properties and the strength of adhesion (adhesion) to the surface of the substrate.

As a result of the research, graphical dependences of the electrical resistance and opacity of the metallized material on the thickness of the coating were also obtained, which plays an important role in improving the protective, barrier and other properties of the packaging. Experimental data were also obtained that illustrate the influence of the speed of rewinding and the smoothness of the surface of the base paper in the process of metallization in a vacuum on the indicator of electrical resistance, which is an indirect characteristic of the thickness of the metallized coating of the material.

The conducted studies of the new combined metallized packaging material also showed that the coating contributes to the improvement of the protective properties of the material and the tightness of the packaging, namely: reducing gas permeability, weakening the effect of optical radiation on products, increasing the opacity and smoothness of the surface.

Conclusions *New packaging materials created in the course of research - paper with a metallized coating can be used in packaging processes.*

Keywords: *paper, packaging, foil, coating, spraying, barrier*

References

1. Progressive packaging for food products // Food industry: Reviews of information support of all-Union scientific and technical programs // AgroNDIITEIP. 2000. Ser. 14. Issue 4. 21.
2. Packaging paper technology / Under the editorship of N.E. Trukhotenkova. - Forest industry. -2004. 283 p.
3. Terekhova A., Kozina L., Muravin Ya., Malinina N. Modern metallized materials //Container and packaging, 1995, No. 6. P.10-11
4. Robsman H., Dyfnov A., Alekseeva T. Combined materials based on aluminum foil and polymers // Packaging. 2001. No. 4. P. 22-23.
5. Rybalchenko V.V., Koptyukh L.A., Ploskonos V.G., Osyka V.A. Increasing the greaseproofness of packaging paper. // Packaging. 2007, No. 2, pp. 23-26.
6. Ploskonos V.G., Gondovska A.S. Research of mathematical descriptions for the purpose of determining regularities in the process of developing packaging materials with given properties//International scientific journal "Internauka". 2022, No. 3 (132), pp. 24-29.
7. Krucher G.I. Packaging materials, aluminum in vacuum //Container and packaging. 2001. No. 4. P. 24-25.