المؤتمر الدولي الرابع لكلية الفنون التطبيقية
الفنون التطبيقية
(إبداع - تصميم - إنتاج - تنافسية)
٢٨-٢٩ فبراير ٢٠١٦
مجلة التصميم الدولية

تقييم المخاطر المؤثرة على جودة المنتجات الغذائية المصنعة المغلفة بإستخدام أفلام البولى بروبالين المطبوعة بتقنية الروتوجرافيور

Risk assessment of quality packaged processed food products using printed polypropylene films on rotogravure technology

م.م/ يحيي إبراهيم محمد
مدرس مساعد بقسم الطباعة والنشر والتغليف
كلية الفنون التطبيقية - جامعة حلوان
e-mail: yahya.appliedarts@gmail.com

م.د/ أحمد أحمد علوان
مدرس بقسم الطباعة والنشر والتغليف
كلية الفنون التطبيقية - جامعة حلوان
e-mail: aelwan@gmail.com

مستخلص البحث Abstract:
إن من أهم وظائف العبوة الجيدة هى حماية المنتج الغذائى والحفاظ عليه من العوامل الخارجية المختلفة خلال فترات التخزين والنقل والشحن والتداول على نفس درجة الجودة حتى انتهاء فترة الصلاحية، ولكن تعانى الكثير من المنتجات الغذائية من ضعف ملائمة للخامات البلاستيكية المغلفة لها لنظم الحماية المثلى والحفاظ عليها مما يتسبب فى تلفها وفسادها قبل استخدامها ويسبب خسارة على الناتج القومى. لذلك فقد إهتم فى الآونة الأخيرة مصنعى الأفلام البلاستيكية المستخدمة فى تغليف المنتجات الغذائية سواء المصنعة أو الطازجة بتحسين كثير من الخواص المختلفة أهمها خصائص الحجز ، وذلك لمواجهة الفساد الكيميائى والميكروبيولوجى وغيرها التى تؤثر بالسلب على جودة المنتج ، ومن ضمن العوامل التى ساعدت على الحفاظ على جودة المنتج داخل العبوة هو إستخدام تكنولوجيا التعبئة تحت جو معدل من الغازات وتمثلت فى إضافة غاز خامل مثل النيتروجين N_2 أثناء عملياء التعبئة.
والهدف الرئيسى لهذا البحث هو تقييم المخاطر المؤثرة على جودة الأفلام البلاستيكية المغلفة للمنتجات الغذائية المصنعة ، وذلك بداية من تتبع المراحل الأولى من إنتاج الأفلام الملائمة لنوعية وخصائص المنتج الغذائي وإختيار الأحبار الطباعية وخامات التبطين المستخدمة وصولاً إلى مرحلة التعبئة داخل مصانع التعبئة ذاتها ، وتقييم التكنولوجيا المستخدمة وتأثير عمليات التخزين والشحن والنقل على جودة المنتج.
وتم اختيار أفلام البولي بروبالين الموجه في محورين الشفاف بإعتبارها من أهم وأكثر الأفلام البلاستيكية التى تتميز بخصائص متوسطة لحجز الأكسجين ، وممتازة فى حجز بخار الماء ، علاوة على ذلك فهى مصنعة محلياً ويمكن تقييمها وقياس مستويات نفاذيتها لغاز الأكسجين وبخار الماء وإعطاء توصيات عن دأئها بناءاً على التجارب العملية ، بينما تم اختيار منتج غذائى حساس لغاز الأكسجين وهو رقائق البطاطس حيث يحدث له العديد من التغيرات الكيميائية والنمو الفطرى والميكروبيولوجى نتيجة لتغيير نسب الأكسجين وقياس تأثير تلك التغيرات على الطعم والنكهه. وقد أظهرت النتائج انه من الضروري تحسين خصائص الحجز لغاز الأكسجين لأفلام البولى بروبالين وكذلك الأبقاءعلى نسبة ضئيلة جداً من هذا الغاز داخل العبوة.

الكلمات المفتاحية Keywords: الأفلام البلاستيكية الحاجزة - المنتجات الغذائية المصنعة - النفاذية لغاز الأكسجين - النفاذية لبخار الماء.

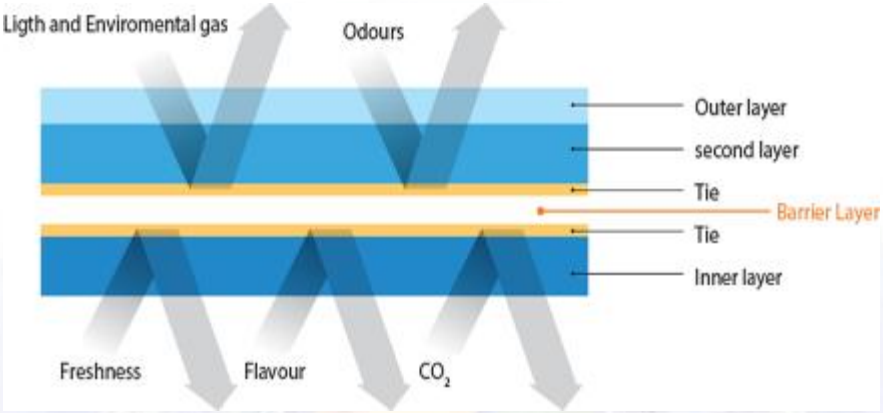
١- المقدمة Introduction:

تعرف الأفلام البلاستيكية الحاجزة Barrier plastic films على انها أفلام بلاستيكية تقوم بحجز أو منع القابلية لدخول العناصر غير المرغوب فيها مثل الرطوبة Moisture والأكسجين Oxygen والغازات الضارة Corrosive gases والمذيبات Solvents والأحماض Acids والأشعة الفوق بنفسجية Ultraviolet بنسب عالية إلى المنتجات الغذائية وغيرها بمستويات مختلفة سواء موجودة فى الوسط

الخارجى المحيط بالعبوة عن المنتج الغذائى المعبأ بداخلها أو فى الخامة المغلفة مثل التفاعل Interaction الكيميائى بين فيلم البوليمر وبين العناصر المكونة للمنتج الغذائى المعبأ وكذلك منع هجرة الأحبار الطباعية Inks migration.

وكذلك تعمل على منع خروج عناصر مرغوب فيها مثل النكهة Flavor ، الرائحة Aroma، والطعم Taste إلى الوسط الخارجى وبالتالى يفقد المنتج الغذائى جزء من قيمته الغذائية ويُضاً تقليل الحاجة إلى إستخدام المواد الحافظة Food preservations.

لذلك فإن الأفلام البلاستيكية الحاجزة تعمل دائماً على الحفاظ على المنتج الغذائى طازجاً ، ومحمى من العطب ، وزيادة فترة الصلاحية للمنتج extend shelf life ، والحفاظ على المواد الحافظة الموجودة بالمنتج إن وجدت ، ويوضح الشكل رقم (١) أهمية الحجز للمنتجات الغذائية.



شكل (١) أهمية الحجز Barrier للمنتجات الغذائية حيث يعمل من خلال إتجاهين الأول هو حماية المنتج من الأجواء الخارجية والثانى هو الإحتفاظ بالطعم والرائحة والعناصر المرغوب بقائها داخل المنتج

٢- ميكانيكية عمل الأفلام البلاستيكية الحاجزة Barrier plastic films:

تعتمد عملية الحجز على ثلاث مراحل رئيسية هى [١]:

a- الإدمصاص Adsorption

والمقصود به التحلل الجزئى للعناصر المتكون منها الفيلم البلاستيكى وهجرتها إلى الغاز الموجود داخل العبوة dissolving of migration plastic substances Partial

b- الانتشار Diffusion

تعنى هذه الظاهرة إنتشار الغازات مثل الأكسجين على سطح الخامة البلاستيكية واختراقها للفيلم والنفاذ منه. والانتشار هو ظاهرة تحدث نتيجة للعمليات الطبيعية التى تميل إلى تحقيق التوازن فى تدريجات التركيز فى البيئة المحيطة ، ويتم حساب العلاقة بين تدريج التركيز Gradient concentration وكمية مادة واحدة منقولة عبر أخرى عن طريق قانون Fick الأول [٢]:

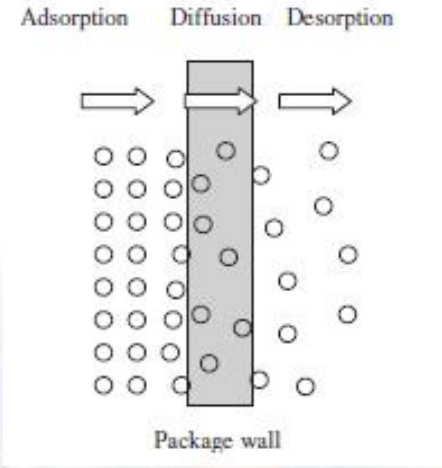
$$dm = -D\frac{dc}{dx}A\,dt$$

حيث dm هى عدد من الجرامات من المادة المنتشرة على المساحة A والتى تقاس ب cm^2.

بينما D هى معامل الانتشار ووحدته cm^2/s والذي تعتمد قيمته على أنواع الانتشار والمادة التى يظهر بها هذا الانتشار، بينما قيمة dx تقاس بالسنتيمتر وقيمة dc تقاس جرام/سم^3.

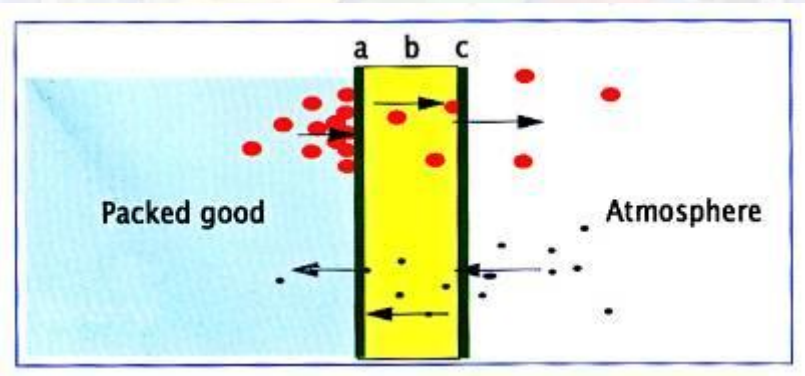
ويحدث الانتشار فى البوليمر نتيجة للفجوات الموجودة بين جزئيات البوليمرات والتي يمكن أن تسمح بمرور الغازات ، ويعتمد معدل الانتشار على الوزن الجزئيى للأنواع المنتشرة molecules of the diffusing وحجم الفجوات "الفرغات" species الموجودة.

c- <u>الإمتزاز Desorption</u>
هى عملية يتم فيها مغادرة أو إنتقال المواد الكيميائية الموجودة فى الحبر عبر الخامة المغلفة إلى المنتج الغذائى. ويوضح الشكل رقم (٢) ميكانيكية تخلل الغازات.



شكل (٢) ميكانيكية "تخلل" نفاذ الغازات
Mechanism of gas permeation

ويوضح الشكل رقم (٣) وظيفة العبوة الجيدة فى حجز الغازات من الخارج إلى الداخل خلال الثلاث مراحل السابق ذكرها <u>الإدمصاص والانتشار والإمتزاز</u> (a,b,c) على الترتيب.



شكل (3) وظيفة العبوة الجيدة فى حماية المنتج من دخول
غازات الهواء الجوى وخروج الرائحة أو النكهه من المنتج الغذائى

ويوضح الجدول رقم (١) تأثير العوامل البيئة المختلفة على خصائص المنتجات الغذائية.

جدول (١) تأثير العوامل البيئة المختلفة على خصائص المنتجات الغذائية

Food	Packaging	Environment
Color, flavor, nutrient degradation ←	Light transmission ←	Light
Color, flavor, etc. oxidation; respiration ←	Oxygen permeation ←	Oxygen
Carbonation loss; respiration →	Carbon dioxide permeation →	Carbon dioxide
Stickiness; texture loss; microbial growth ←	Water vapor permeation ←	Water vapor
Dehydration; texture increase →	Water vapor permeation →	Water vapor
Aroma and/or flavor change ←	Aroma permeation ←	Aroma
Aroma and/or flavor change; toxicity ←	Package component migration	
Aroma and/or flavor loss →	Absorption (scalping)	

ويعتمد معدل التخلل/ النفاذ Permeation على العناصر الآتية [٣]:

١- نوعية البلاستيك.
2 - سمك ونوعية الطبقة السطحية للفيلم.
٣- طريقة المعالجة.
4 - التركيز أو الضغط الجزئي للجزيء النافذ.
٥- درجة حرارة التخزين.

ولحساب مقدار الحجز المطلوب من غازات أو رطوبة حسب الاحتياج تبعا لنوعية المنتجات الغذائية المختلفة المغلفة ينبغى إتباع ما يلي [٣]:

أولاً: يجب معرفة الحد الأقصى من الكمية المسموح بها من الرطوبة والغازات للوصول إلى المنتج الغذائى عبر الخامة المغلفة Packed Material وذلك تجنبا للفساد spoilage الذى يمكن أن يحدث للمنتج.
وذلك باستخدام المعادلة الآتية:

$$\frac{W}{T \times A} \text{ grams per square metre per 24 hours}$$

حيث W: معدل النفاذ للرطوبة أو الغاز وتكون بالجرام.
بينما A: تمثل مساحة سطح الخامة بالمتر مربع.
وT: هى عدد الأيام " فترة صلاحية المنتج " المطلوبة لتخزين وتداول المنتج.

ثانياً : يجب حساب كمية المساحة السطحية للخامة المستخدمة بعناية تامة ، وذلك بسبب التغيرات الممكن حدوثها للمنتج أثناء التداول والتخزين خاصة للأفلام المرنة وكذلك حساب قيمة نسبة نفاذ " تخلل " الرطوبة Moisture Vapor Transmission Rate (MVTR) للفيلم المغلف ، حيث يتناسب معدل النفاذ تناسباً عكسيا مع السمك Thickness ، فمثلا لو كان سمك الفيلم ٥٠ ميكرون فإن خصائص الحجز له ستكون ضعف خصائص الحجز لفيلم له نفس الخصائص ولكن ذو سمك ٢٥ ميكرون ،يأضاً فإن الظروف التى يتعرض لها المنتج من درجات الحرارة والرطوبة منذ توريده ثم مروره بالمراحل الإنتاجية المختلفة تمثل عامل مهم فى حساب قيمة الحجز المطلوبة.

ثالثا: الشكل الهندسى ومقاس الخامة المغلفة Size and Geometry of the pack حيث ترتبط معدلات تخلل الغازات وبخار الماء بمساحة سطح الخامة حيث كلما كانت مساحة السطح أكبر كان معدل التخلل أكبرلذلك يحتاج المنتج المعبأ الى استخدام فيلم بلاستيكى يمتاز بخصائص حجز عالية ، لذلك يجب وضع هذه العلاقة فى الاعتبار عند تغيير أو تطوير شكل أو حجم العبوة للمنتج.

٢-١ تصنيف مستويات الحجز [٤] Barrier Levels Classification

يمكن تعريف مستوى الحجز بأنه مقدار حجز الخامات المختلفة للغازات مثل الأكسجين وبخار الماء وعدم حدوث أى تسريب لكل منهما.
ويوضح الشكل رقم (٤) مستويات الحجز المختلفة ومدى ملائمتها مع المنتجات الغذائية المختلفة

شكل (٤) تصنيف مستويات الحجز للخامات البلاستيكية

ويمكن تصنيف مقدار مستويات الحجز كما هو موضح بالجدول رقم (٢):

جدول (٢) معدلات الحجز للرطوبة والأكسجين فى مستويات الحجز المختلفة

Barrier Classification	Oxygen ASTM D3985	Moisture ASTM F 1249
LOW	>100Cm3/m2/24hr	>100g/m2/24hr
Medium	6- 100Cm3/m2/24hr	6-100g/m2/24hr
High	1-5Cm3/m2/24hr	1-5 g/m2/24hr
Very High	<1Cm3/m2/24hr	<1g/m2/24hr

Source: PCI Films Consulting Ltd

ويتضح من الجدول رقم (٢) بيان لمستوى حجز غاز الأكسجين والرطوبةطبقاً للمواصفة الأمريكية لقياسات الخامات الفنية ASTM رقما D3985 ، F1249 على التوالى حيث تعبر هذه القيم عن مقدار الحجز من خلال إستخدام وحدة سم^{٣} / م^{٢} / ٢٤ ساعة ، " بمعنى مدى نفاذية الخامة فى وقت ٢٤ ساعة وحساب ذلك بالحجم لكل متر مربع".

ويوضح الجدول رقم (٣) بيان بمستويات الحجز وتطبيقاتها على بعض المواد الغذائية.

جدول (٣) مقارنة بين الأفلام البلاستيكية فى حجز الأكسجين وبخار الماء

Film (25 µm thickness)	Water vapour transmission rate (WVTR)	Oxygen transmission rate
LDPE	10–20	6500–8500
HDPE	7–10	1600–2000
OPP	5–7	2000–2500
Cast PP	10–12	3500–4500
EVOH	1000	0.5
PVdC	0.5–1.0	2–4
PA	300–400	50–75
PS	70–150	4500–6000
PET	15–20	100–150
Aluminium	0	0

Units: WVTR in g m^{-2}/24 h at tropical conditions of 90% RH at 38°C and gas permeability in cm^3 m^{-2}/24 hrs.

ويقصد بمعدل نفاذ بخار الماء WVTR water Vapor transmission rate كمية بخار الماء الذي يمكن أن ينفذ إلى الخامة البلاستيكية فى زمن محدد وتحت ظروف معينة بينما يقصد بمعدل نفاذ "إختراق/ مرور" الأكسجين oxygen transmission rate OTR معدل نفاذ غاز الأكسيجن إلى المنتج الغذائى من خلال الخامة البلاستيكة المغلفة فى فترة زمنية محددة وعلى مساحة محددة من الفيلم.

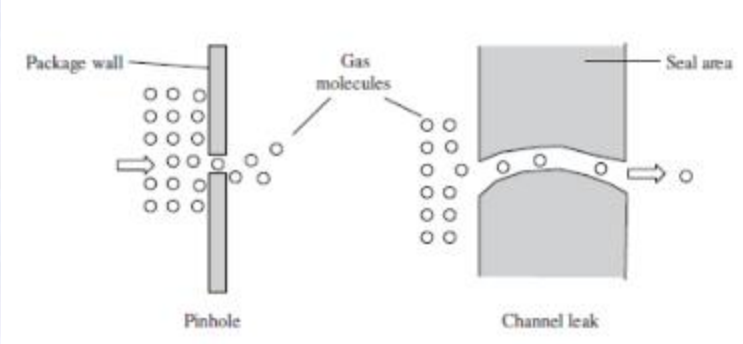
٢-٢ المنتجات الغذائية المصنعة Processed food products

تعتبر Snack foods "الوجبات الخفيفة" من المنتجات الغذائية المصنعة وهي محل الدراسة العملية والمقصود بها هى نوعية من المواد الغذائية البسيطة التى لا تغني عن الوجبة الرئيسية فى اليوم مثل رقائق البطاطس والحلوى والمخبوزات وتتميز بأنها تعطى الجسم الطاقة اللازمة بين الوجبات الرئيسية.
وقدر استهلاك العالم من Snack foods حوالي ١٠٧ مليون طن عام ٢٠٠٣ وقدر أيضا معدل النمو لها بمقدار من ٣-٤ %سنوياً إلى أن وصلت المبيعات الى ٢٠ بليون دولار عام ٢٠١٠ وذلك من قبل منظمة Piraالإنجليزية المتخصصة فى علوم الخامات المغلفة للمنتجات الغذائية [٥]، وتعتبر هذه المنتجات من المنتجات الحساسة جداً لغاز الأكسجين لذلك فهى تتطلب مستوى حجز عالى.
حيث تؤدى الزيادة فى درجة الحرارة إلى زيادة معدل التنفس لدى المنتجات الغذائية مما يتسبب فى خلق مستوى منخفض من الأكسجين داخل العبوة مع زيادة فى تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون Co_2 لذلك يستخدم هذا النوع فى الحقائب والأكياس Micro-cap Bags التى تقوم بالحفاظ على المنتجات الغذائية طازجة.
لذلك يوصى بأن تكون نسبة الأكسجين الموجود داخل العبوة المستخدمة لتكنولوجيا MAP أقل من ٢-٥ % وبالنسبة للمواد الحساسة للأكسجين تكون أقل من ١% من إجمالى الغاز الكلى الموجود داخل العبوة البلاستيكية المغلفة [٤].
ولضمان الحفاظ على جودة هذه المنتجات أثناء فترة الصلاحية shelf life يفضل إستخدام تقنية MAP Modified atmosphere packaging [6] ويقصد به التغليف فى الظروف الجوية المعدلة وكان له دوراً كبيراً فى تزايد كفاءة الأفلام الحاجزة فى سوق المنتجات الغذائية وذلك من خلال تبديل "إحلال" الجو الطبيعى فى العبوة إلى جو إصطناعى معدل حيث تتم التعبئة بالإعتماد على إزالة الهواء من العبوة وإحلال غاز أو خليط من الغازات محله، ونوعية الغاز المستخدمة تعتمد على نوعية المنتج المعبأ.

وفى هذه التطبيقات تم إستخدام نظام الحقن بغاز النيتروجين وتعتمد هذه التقنية على ثلاث مراحل أساسية وهي:
١- الحقن المباشر بالغازات لتعديل الجو المحيط بالعبوة " مثل إحلال النيتروجين محل الأكسجين مثلاً فى أكياس شرائح البطاطس Chips" وذلك لأن النيتروجين غاز خامل ويعمل على التوازن بين مختلط الغازات الموجودة في العبوة.
٢- إخلاء وتفريغ جو العبوة داخلياً .
٣- التفاعل بين محتويات العبوة والهواء مما يؤدي إلى تعديل جو العبوة بمرور الوقت.

وتتأثر كفاءة عملية الحقن بالعوامل الأتية:
١- كفاءة عملية الإحلال Flashing (مرحلة إحلال النيتروجين محل الأكسجين) داخل العبوة يجب أن تكون كافية في الضغط والكمية.
٢- تحديد كفاءة اللحام بماكينة التغليف وقياس الثبات Stability ومعدل التسرب Leakageمن مناطق اللحام الطولي والعرضي.
٣- متغيرات ظروف التخزين الخارجية وعمليات النقل والتداول في المحلات التجارية الضخمة ومحلات التجزئة الصغيرة بعد التعبئة.

ويوضح الشكل رقم (٥) كيفية حدوث عملية تسرب الغاز إلى داخل العبوة



شكل (٥) كيفية تسريب الغاز خارج العبوة في مناطق اللحام

٣-البرنامج العملى Experimental work:

يتكون البرنامج العملي من جزئيين رئيسيين وهما:

الجزء الأول: فيه تم تحديد العوامل التي تؤثر على خصائص الحجز Barrier Propertiesبما تشمله من (نفاذية الأكسجين OTR - نفاذية بخار الماء WVTR) قبل الطباعة وذلك على أفلام البولي بروبلين الموجه في محورين سواء الشفافة والممعدنة Transparent BOPP&Metalized BOPP وذلك لمعرفة مدى تأثير نفاذية الخامة المغلفة على المنتج الغذائي وتأثير المتغيرات الطباعية على النفاذية سواء بالإيجاب أو بالسلب.

الجزء الثاني: قياس تأثير تغير نسب الأكسجين O_2 على التأثير البيولوجى على رقائق البطاطس Potato Chips وذلك على فترات زمنية ومن أماكن تخزين مختلفة.

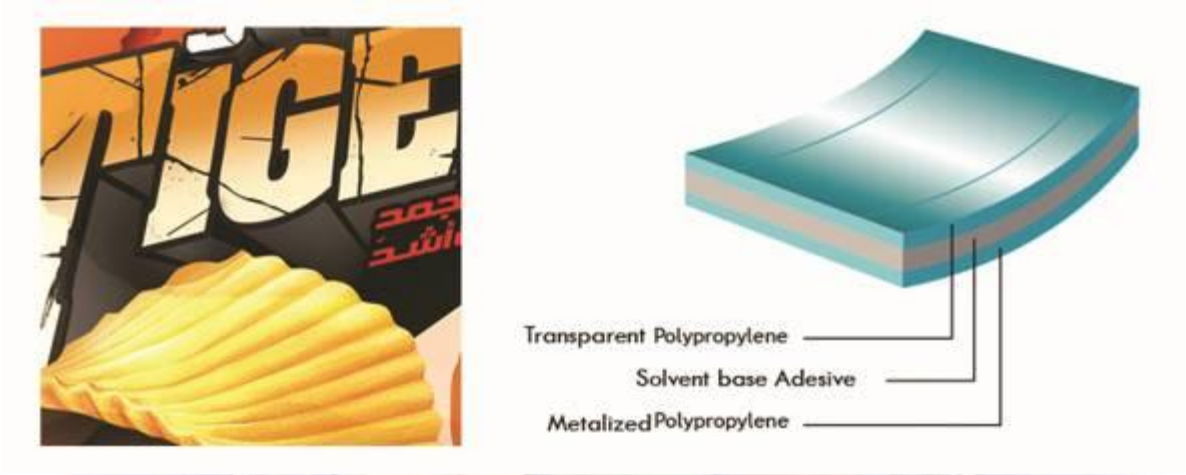
٣-١ الجزء الأول:

قياس النفاذية لغاز الأكسجين OTR وبخار الماء WVTR لفيلم بروبلين مطبوع قبل وبعد إجراء عملية التبطين له باستخدام فيلم ممعدن:

٣-١-١- الخامات المستخدمة:

بولي بروبلين شفاف مطبوع ذو سمك ٢٠ ميكرون مبطن على بولي بروبلين ممعدن ذو سمك ٢٠ ميكرون وبينهم مادة لاصقة من النوعية التي يستخدم فيها الأثيل أسيتات كمذيب مخفف لها " مقاس العينة ١٠ cm 10X".

ويوضح الشكل رقم (٦) رسم تخطيطي لطبقات الخامة المستخدمة في التجربةوأيضاً لصورة من المنتج الذي تم عليه إجراء الاختبارات السابق ذكرها.



شكل (٦) رسم تخطيطي لطبقات الخامة المستخدمة في التجربة وأيضا صورة المنتج

ويوضح الجدول رقم (٤) مواصفات الفيلم البلاستيكي الشفاف المستخدم في إختبارات النفاذية.

جدول رقم (٤) مواصفات الفيلم البلاستيكي المستخدم في الإختبارات

Properties		unit	Test method	Tolerance	Typical value					
Thickness		micron	–	±3%	15	20	25	30	35	40
Yield		m²/ kgm	–	±3%	73.3	55	44	36.6	31.5	27.5
Unit weight		gm/m²	–	±3%	13.7	18.2	22.8	27.3	31.9	36.4
Tensile strength	MD	N/mm²	ASTM D 882	Min.	120	120	120	120	120	120
	TD			Min.	240	240	240	240	240	240
Breaking elongation	MD	%	ASTM D 882	± 20	160	160	160	160	160	162
	TD			± 10	50	50	50	50	50	50
Modulus of elasticity	MD	N/mm²	ASTM D 882	Min.	2000	2000	2000	2000	2000	2000
	TD			Min.	3400	3400	3400	3400	3400	3400
Heat shrinkage	MD	%	In air, in oven For 5 min. At 130 °C	Max.	4	4	4	4	4	4
	TD			Max.	2	2	2	2	2	2
Haze		%	ASTM D 1003	Max.	2	2	2	2	2	2
Gloss		G.U.	ASTM D 2457	Min.	90	90	90	90	90	90
Coefficient of friction		–	ASTM D 1894	± 0.05	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Water vapour permeability		g/m².24 hrs at 38 °C 90% RH	ASTM E 96-66 BS 3177	Max.	10.7	8.3	6.6	5.5	4.7	4.1
Oxygen permeability		cc/m². 24hrs Bar, at 23°C, 0% RH	ASTM D 1434 Bs 2782 – 514 A	Max.	2700	2200	1800	1500	1300	1100
Wetting tension		dyne/cm	ASTM D 2578	± 20	40	40	40	40	40	40
Denisty		Kgm/m³	ASTM D 1505	± 0.05	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91

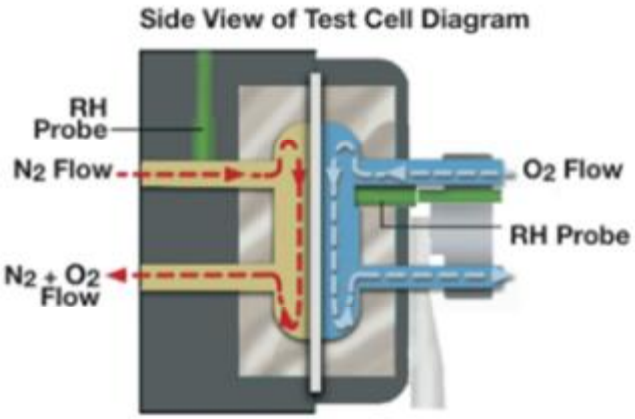
٣-١-٢- الجهاز المستخدم في إجراء التجربة:

a) جهاز قياس نفاذية غاز الأكسجين للأفلام البلاستيكية

Oxygen permeation analyzer from Systech Illions company -Model 8501 production date 2012

- عملية المعايرة تتم باستخدام أفلام بلاستيكية شفافة معلومة النفاذية من قبل الشركة المصنعة للجهاز ويتم إستبدالها بعد إنتهاء صلاحيتها وتتم المعايرة كل ٣ أشهر، مزود مع الجهـــاز قطع دائريـــة قطرهـا 10 cm تستخدم فى قطع العينة المراد اختبارها، أو إسطمبة قطع مربعة مقاسها ١٠ Cm X 10واسطوانة غاز أكسيجين وأسطوانة غاز النيتروجين.
- ظروف إجراء الإختبار:
- درجة حرارة ٢٣ درجة مئوية " درجة حرارة الغرفة المكيفة " الموجود بها الجهاز.
- درجة رطوبة صفر% "وهي تكون داخل الجهاز".
- المواصفة القياسية المستخدمة: ASTM D 3985

ويوضح الشكل رقم (٧) مقطع جانبي تخطيطى من داخل غرفة قياس جهاز قياس نفاذية الأكسجين.



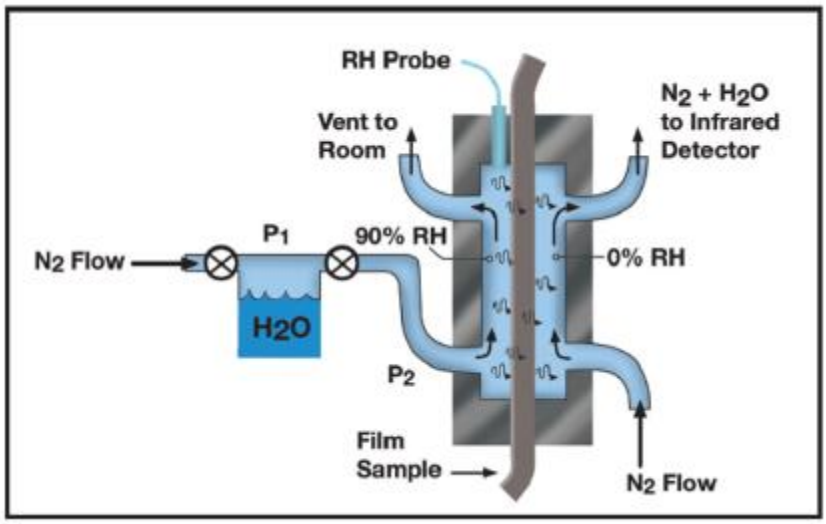
شكل (٧) مقطع جانبي تخطيطى من داخل غرفة قياس جهاز قياس نفاذية الأكسجين

b) جهاز قياس نفاذية بخار الماء للأفلام البلاستيكية

Water Vapour permeation analyzer from Systech IIlions company Model 7001; production date 2012

- تتم عملية المعايرة باستخدام أفلام بلاستيكية شفافة معلومة النفاذية ويتم استبدالها بعد انتهاء صلاحيتها وتم المعايرة كل ٣ أشهر، وتحتاج إلى وحدة Ultra water – distilled لضبط الماء المستخدم فى الاختبار.
- ظروف إجراء الإختبار:
- درجة حرارة ٢٣ درجة مئوية " درجة حرارة الغرفة المكيفة " الموجود بها الجهاز، بينما تكون درجة حرارة الغرفة العلوية والسفلية ٣٨ درجة مئوية وذلك عن طريق السخانات الموجودة بداخل الجهاز.
- درجة رطوبة ٨٠-٩٠ % " وهي تكون داخل الجهاز".
- المواصفة القياسية المستخدمة: ASTM F-1249

ويوضح الشكل رقم (٨) مقطع جانبي تخطيطى من داخل غرفة قياس جهاز قياس نفاذية بخار الماء.



شكل رقم (٨) مقطع جانبي تخطيطى من داخل غرفة قياس جهاز قياس نفاذية بخار الماء

c) ماكينة الطباعة

ماكينة الطباعة المستخدمة في طباعة الافلام البلاستيكية هي ماكينة روتوجرافيور طراز Rotomec 4003 مكونة من عدد ١٠ وحدات طباعية ، من إنتاج شركة Bobst. [١٣]

ويوضح الجدول رقم (٥) المواصفات الفنية للماكينة Rotomec 4003 التي تم الطباعة عليها

جدول رقم (٥) المواصفات الفنية للماكينة Rotomec 4003

	Rotomec 4003 MP
Web widths	850 to 1550 mm (33.5 to 61 in)
Printing cylinder repeat	400 to 920 mm (15.8 to 36.2 in)
max. speed	350 m/min (1150 ft/min) - 400 m/min* (1312 ft/min*)
Web tension	30 to 350 n (7 to 79 lbf)
Standard dryer inside length	2.2 to 4.4 m (7.2 to 14.5 ft)
High efficiency dryer inside length	2.5 to 7.0 m (8.2 to 23 ft)
Heating system	thermal oil, gas steam electric

ويوضح الشكل رقم (٩) صورة الماكينة التي تم طباعة الأفلام البلاستيكية عليها.

شكل رقم (٩) صورة للماكينة التي تم طباعة الأفلام البلاستيكية عليها

d) الأحبار الطباعية

الأحبار الطباعية المستخدمة في الطباعة على الأفلام البلاستيكية هي أحبار Solimax™ From SunUno™ Family of Multipurpose Inks من إنتاج شركة . Sun Chemial [١٠]

e) مادة التبطين

المادة المستخدمة في تبطين فيلم البولى بروبالين الشفاف مع فيلم البولى بروبالين الممعدن هي مادة ADCOTE™ ، ويستخدم فيها الأثيل أسيتات كمذيب مخفف ، من إنتاج شركة Dow Chemial[١١]

الجزء الثانى:

قياس تأثير تغير نسب الأكسجين O_2 بيولوجياً على رقائق البطاطس Potato Chips وذلك على فترات زمنية ومن أماكن تخزين مختلفة

١. نسبة الأكسجين أكبر من (% ٥ < O_2) داخل الكيس البلاستيكي Bopp الممعدن والشفاف المعبأ برقائق البطاطس.
٢. نسبة الأكسجين أصغر من (% ٥- > O_2) داخل الكيس البلاستيكي المعبأ برقائق البطاطس.
٣. هواء عادى بدون حقن بالنيتروجين (% ٢١ =O_2) داخل الكيس البلاستيكي المعبأ برقائق البطاطس.

٣-٢-١- الخامات المستخدمة:

أكياس رقائق البطاطس ذات الحجم المتوسط وبداخلها مستويات مختلفة من الحقن بغاز النيتروجين.

٣-٢-٢- الجهاز المستخدم فى إجراء التجربة:

جهاز قياس نسبة الأكسيجن داخل الأكياس البلاستيكية المعبأة O_2 OXYBABY
From WITT-GASETECHNIK company, Production date: 2012

- تتم عملية المعايرة باستخدام أنبوبة أكسجين بنسبة نقاء ٩٩.٩٩% ثم يتم تعديل الجهاز على الرقم الموجود في الجهاز عن طريق دخول أكسجين إلى الجهاز عبر إبرة الحقن ويراعى معايرة الجهاز كل شهر باستخدام غاز النيتروجين عالي النقاوة.
- ظروف إجراء الإختبار: ظروف تخزين درجات حرارة مختلفة " رطبة – جافة – متوسطة "

ويوضح الشكل رقم (١٠) صورة للجهاز المستخدم في قياس نسب الأكسجين داخل الكيس البلاستيكي المعبأ بالمنج الغذائي "رقائق البطاطس"

شكل رقم (١٠) جهاز قياس نسبة الأكسجين داخل الأكياس البلاستيكية المعبأة

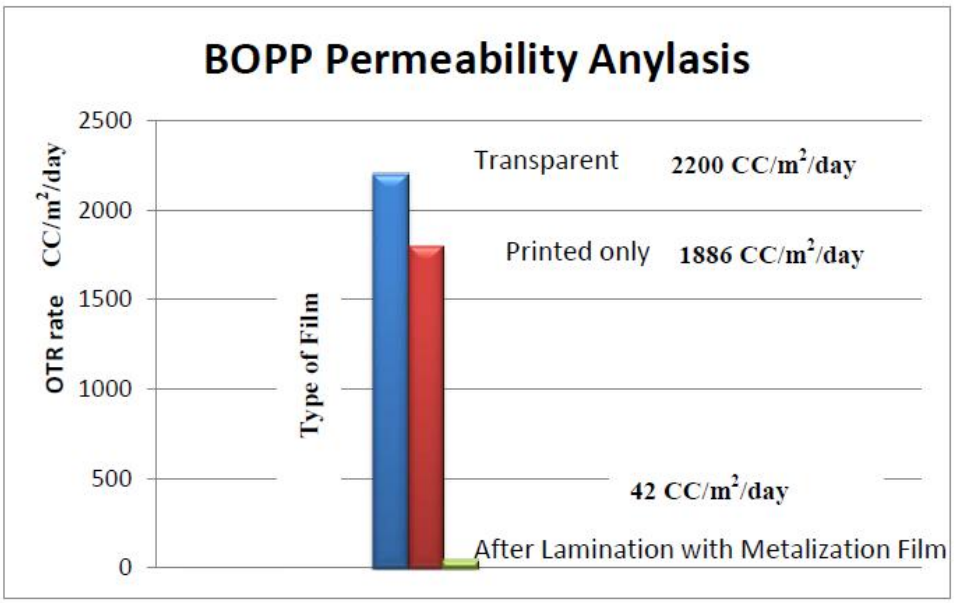
٤- نتائج الاختبارات والمناقشات Results & Discussions:

٤-١ الجزء الأول:

a. نتائج التجربة الأولى قياس نفاذية غاز الأكسجين OTR قبل وبعد التبطين لفيلم البولي بروبالين

تم قياس نفاذية غاز الأكسجين لـفيلم البولى بروبالين في ثلاث حالات "عينات":
الأولى لفيلم شفاف سمك ٢٠ ميكرون ، والثانية لفيلم مطبوع سمك ٢٠ ميكرون ، والثالثة لفيلم مطبوع مبطن على فيلم بولي بروبالين ممعدن سمك ٢٠ ميكرون.

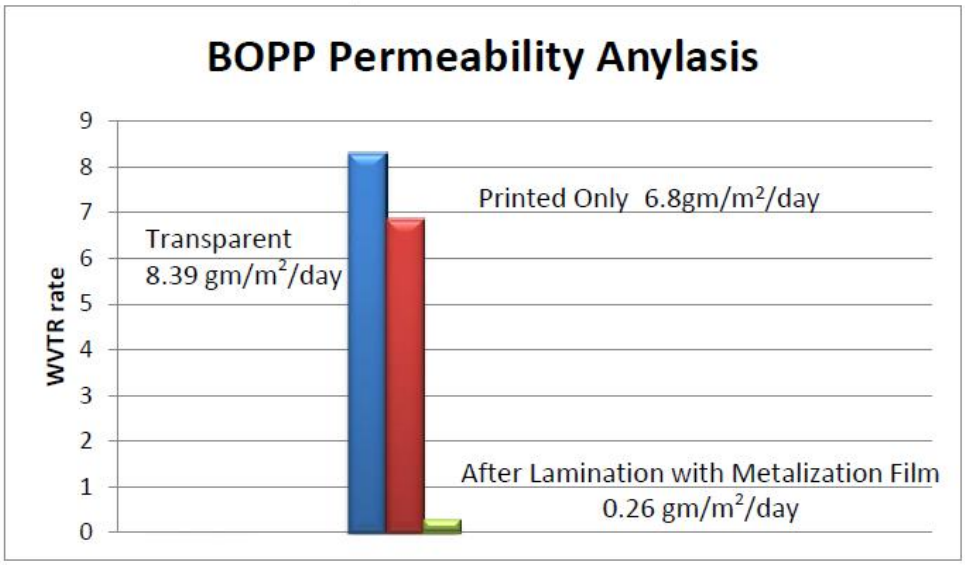
ويوضح الرسم البيانى رقم (١) نتائج قياس نفاذية الأكسجين لفيلم البولى بروبالين قبل وبعد عملية التبطين



رسم بياني (١) نتائج قياس نفاذية OTR لفيلم البولي بروبلين قبل وبعد عملية التبطين

b. نتائج التجربة الأولى قياس نفاذية بخار الماء WVTR قبل التبطين وبعد التبطين

تم قياس نفاذية بخار الماء لـفيلم البولي بروبلين في ثلاث حالات "عينات":
الأولى لفيلم شفاف سمك ٢٠ ميكرون، والثانية لفيلم مطبوع سمك ٢٠ ميكرون، والثالثة لفيلم مطبوع مبطن على فيلم بولى بروبالين ممعدن سمك ٢٠ ميكرون.
ويوضح الرسم البيانى رقم (2) نتائج قياس نفاذية الأكسجين لفيلم البولى بروبالين قبل وبعد عملية التبطين



رسم بياني (٢) نتائج قياس نفاذية WVTR لفيلم البولي بروبلين قبل المطبوع بعد التبطين

٤-٢ الجزء الثاني:

تم تحليل تأثير زيادة أو نقصان الأكسجين على رقائق البطاطس بعد مدة معينة " ٣٠ يوما" وفى ظروف تخزين مختلفة إحداها داخل ظروف قياسية والأخرى تحت التعرض المباشر لأشعة الشمس ، وذلك لتقدير معدلات التغيرات الكيميائية من خلال أهم العوامل التي تؤثر على الجودة والطعم وهي:

1- Flavor Percent 2- Oil Content 3-Moisture Percent 4- Oxygen percent
5- Peroxide Value 6- Free Fatly acid 7- Air Level

ويستعرض الجدول رقم (٦) هذه النتائج لمنتج "Max Tiger" والذي تم إجراء قياس النفاذية عليه.

جدول رقم (٦) نتائج قياس تأثير زيادة أو نقصان الأكسجين على رقائق البطاطس بعد مدة ٣٠ يوم

Date	Location	Test Name	O2-	O2+	Air
١٤/٣/٢٠١٥	inside lab	flavor percent	1.40%	1.42%	1.38%
		oil content	31.40%	32.30%	31.20%
		moisture percent	1.30%	1.10%	1.10%
		oxygen percent	3.00%	12.40%	21.40%
		peroxide value	0.4 gm/km	0.38 gm/km	0.38 gm/km
		free fatty acid (FFA)	0.18%	0.18%	0.18%
		air level hight in product	5.5 cm	5.7 cm	5.4 cm
١٤/٤/٢٠١٥	outside lab	flavor percent	1.28%	1.30%	1.35%
		oil content	31.80%	33.40%	31.50%
		moisture percent	1.20%	1%	1.40%
		oxygen percent	2.80%	12.20%	21.50%
		peroxide value	%٠.١٧	%٠.١٢	%٠.١٨
		Free fatty acid (FFA)	0.18%	0.18%	0.18%
		Air level hight in product	5.8 cm	5.8 cm	5.5 cm

٥- الاستنتاجات Conclusion:

٥-١ الجزء الأول:

a. من خلال النتائج إتضح لنا أن مواد الطباعة كان لها تأثير إيجابي حيث قلت النسبة من ٢٢٠٠ إلى ١٨٨٦ $CC/m^2/24\ H$ ، بينما بالمقارنة مع الفيلم بعد التبطين فقد وصلت إلى ٤٢ ، وبالتالي نجد أن الفيلم الممعدن ومواد التبطين قد زادت من قدرة الفيلم النهائيعلى الحجز بنسبة كبيرة جداً ، وتفسير إنخفاض القيمة إلى ١٨٨٦ يرجع إلى أن عملية الطباعة بما تشمله من مواد وجزئيات الأحبار المستخدمة عملت على قفل المسام الموجودة في الفيلم ، بينما يرجع إنخفاض القيمة إلى ٤٢ إلى أن مادة التبطين وفيلم الألومنيوم عملا معً كخامة حاجزة لنفاذية غاز الأكسجين.

b. من خلال النتائج إتضح لنا أن مواد الطباعة كان لها تأثير إيجابي حيث إنخفضت النسبة من ٨.٣ إلى ٦.٨ $g/m^2/24\ H$ ، بينما بالمقارنة مع الفيلم بعد التبطين فقد وصلت إلى ٠.٢٦ ، وبالتالي نجد أن الفيلم الممعدن ومواد التبطين قد زادت من قدرة الفيلم النهائي على الحجز بنسبة كبيرةجداً ، كما أنها عملت على خفض الرقم إلى المعدلات الممتازة التي أوصت بها منظمة Pira العالمية ، والتي يجب أن تكون في حدود من ٠.٣-٠.٥.

٥-٢ الجزء الثاني:
يتضح لنا من نتائج التجربة تأثر Free Fatly acid، وكذلك Peroxide Value بوجود الأكسجين داخل المنتج وإن كانت بنسبة طفيفة ولكن هناك تغيرات في هذه الخواص، ولكن هذه التغيرات مازالت لم تتجاوز المواصفة القياسية الداخلية للمصنع وهي تتعدى الواحد الصحيح.

٦- التوصيات Recommendations:

١- على الرغم من أن الفيلم الممعدن عمل على تقليل الحجز إلى ٤٢ CC/m2/day في نفاذية الفيلم للأكسجين إلا أن النسبة الموصي بها من منظمة Pira العالمية عند تعبئة رقائق البطاطس يجب أن تكون من 10 - ٥ CC/m2/day ، لذلك من الضروري الوصول إلى هذا المتوسط لضمان جودة عالية للمنتج عن طريق ضبط العوامل التي تزيد من جودة الفيلم ، مثل اختيار خامات عالية الجودة ودراسة العوامل التي تؤثر على الحجز وإتباع اختبارات التتبع من بداية صنع الفيلم حتى استخدامه النهائي مروراً بتأثيرات المعالجات الطباعية وتطبيق نظام تحليل المخاطر والنقط الحرجة HACCP Hazard analysis and critical control points.

٢- يجب ألا تزيد قيمة الأكسجين داخل الكيس البلاستيكي المعبأ بشرائح البطاطس عن ٥% وذلك لتأثر كل من Peroxide Value ، Free fatty acid (FFA) بتركيز الأكسجين مما يؤثر على جودة المنتج كما ينصح بمتابعة هذه القياسات على مدار أيام متباعدة لمدة ٦ شهور وهي فترة الصلاحية لهذا المنتج للتأكد من ضمان ثبات هذه الخصائص.

٣- الYلتزام بتطبيق نظام BRC British Retail Consortium وتطبيق تكنولوجيا الحقن بالنتروجين واستخدم نظام التتبع Traceability لجودة المنتج عبر المراحل المختلفة له.

المراجع References:

- **مراجع باللغة العربية**

١- خالد سيد ناجى، تقنية التعبئة تحت جو معدل من الغازات MAP ، مجلة عالم التعبئة والتغليف ، السنة الثانية ، العدد السادس، اكتوبر ٢٠١٢.

٢- يحيي إبراهيم محمد، دراسة تحليلية للمعالجات الطباعية للخامات البلاستيكية المانعة لاستخدامها في تغليف المنتجات الغذائية المصرية ، رسالة ماجستير غير منشورة ، كلية الفنون التطبيقية - جامعة حلوان ٢٠١٣.

- **مراجع باللغة الأجنبية**

3- Kirsten scoder,Ansgar wessendorf, The processing and application of barrier films, technical article at Flexor Gravure Int'l, Volume 16 March 2010, Page 16.

4- 1 Donald E. Hodgins, Plastics Technology Handbook, Fourth edition, Taylor & Francis Group LLc, CRC Press, New Yourk, 2007, Page ١٠٠.

5- Lisl K Massery , Plastics Design Library/ William Andraew publishing, untied stated of America , 2003, Page 3.

6- Jonthan Flowe, Barrier films for packaging, Pira International Ltd, 2005,Page 15.

7- Anne emblem and Henry emblem, Packaging Technology: fundamentals, materials and process, woodhead publishing Limited, 2012, Page ١٦٠.

8- Liesl K Massery , Permeability properties of plastics and elastomers, Plastics Design Library/ William Andraew publishing, Untied stated of America , 2003, Page3.

- **مواقع إلكترونية**

9. http://www.snackpackagingmaterial.com

10. http://www.sunchemical.com/low-migration-inks-and-coatings/
11. http://www.dow.com/en-us/markets-and-solutions/packaging/smart-packaging
12. http://www.oxysense.com/oxygen-analyzers-permeation-testing.html
13. http://www.bobst.com/usen/products/gravure/gravure-presses overview/machine/rotomec-4003/