Scientific Journal of Faculty of Education, Misurata University-Libya, Vol. 1, No. 12, Mar. 2019

Published online in March

المجلة العلمية لكلية التربية، جامعة مصراتة، ليبيا، المجلد الأول ـ العدد الثاني عشر، مارس 2019م

مقارنة بعض الخواص الميكانيكية لخلائط البولي إيثيلين

Comparison of some mechanical properties of polyethylene mixtures

فؤاد عبد الله جهان

قسم التقنيات الكيميائية– المعهد العالي للعلوم– مصراتة

Foad.jhan@gmail.com

عبد الله عمر عقوب

قسم التقنيات الكيميائية– المعهد العالي للعلوم والتقنية– مصراتة

omaragoub88@gmail.com

الملخص:

اجريت هذه الدراسة لتوضيح الفرق بين خلائط البولي اثيلين من حيث الليونة (التدفق والانصهار) وقوة الشد (التمدد والاستطالة) وفق المواصفات العالمية (ISO) و(ASTM) للمادة الخام ومدى إمكانية استخدام المادة المعاد تدويرها في مجال التصنيع ومقارنة جودتها بالمادة الخام. تم اختيار سبع عينات مختلفة النسب وأجريت لها الاختبارات في مختبر مصنع مصراته وقد سجلت النتائج اقل قيمة لاختبار التدفق والانصهار في العينة السابعة (100% خام سابك صافي) وبلغت 0.3 جم/ 10 دقائق، بينما بلغت القيمة العليا في العينة الثالثة (50% كسار مرتفع الكثافة و50% كسار منخفض الكثافة) 1.01جم/ 10 دقائق. وبلغت اقل قيمة للاستطالة للعينة السادسة (100% كسار صافي مرتفع الكثافة) 14.21% واقل قوة للشد $N/mm^2$0.16 لنفس العينة، بينما اعلى قيمة للاستطالة بلغت للعينة السابعة 400.55% واعلى قوة شد لها 0.50 N/mm^2.

الكلمات المفتاحية: البولي ايثلين، التدفق والانصهار، التمدد والاستطالة، قوة الشد، البوليمرات.

Abstract:

This study was carried out to clarify the difference between polyethylene mixtures in terms of elasticity (flux and fusion) and tensile force (expansion and elongation) according to ISO and ASTM specifications for raw material and the extent to which recycled material can be used in the field of manufacturing and compare its quality with raw material. Seven samples of different ratios were selected and tested at the Misurata Factory

Laboratory. The results showed the lowest value for the flow and fusion test in the seventh sample (100% SABIC net crude) and 0.3 g / 10 minutes, while the highest value in the third sample (50% Density and 50% low density lumen) 1.01 g / 10 min. The minimum value of elongation for the sixth sample was 100% (high net density) 14.21% and the lowest tensile strength 0.16N / mm2 for the same sample, while the highest elongation value was for the seventh sample 400.55% and the highest tensile strength of 0.50 N / mm2. .

Keywords: polyethylene, flow and fusion, expansion and elongation.

المقدمـة:

البوليمر هو مصطلح عام يستخدم في الأساس لوصف جزيء طويل يتكون من وحدات بناء ووحدات متكررة مترابطة معا عن طريق روابط كيميائية ، وعملية تحويل هذه الوحدات إلى بوليمر تسمى بلمرة ، وهذه الوحدات تتكون من المونيمرات والتي غالبا ما تكون جزيئات صغيرة ذات وزن جزيء قليل ، ويمكن أن تكون هذه المونيمرات متطابقة أو مشتبكة بمجموعة كيميائية أو أكثر. تستخدم البوليمرات في خمس مجالات صناعية منها ثلاثة رئيسية تكون فيها البوليمرات هي المكون الرئيسي لها وهي مجالات إنتاج المواد المطاطية وتسمى مواد اللاتكس ، في بعض التطبيقات الألياف الصناعية والبلاستيك وتسمى في بعض الأحيان راتنجات ،وتستخدم البوليمرات كمكون غير رئيسي مع مكونات أخرى في مجال الإنتاج كما في صناعة البويات، مواد اللصق [1] . ومن أمثلة إدارة النفايات الناجحة إعادة معالجة القوارير المصنوعة من تريفتاليت البولي إيثلين (PET) لتحويلها إلى ألياف من البوليستر ولقد نجحت اليابان في عام 2010 في إعادة تدوير 72% من القوارير المصنوعة من تريفتا ليت البولي إيثلين ولإعادة تدوير البلاستيك أهمية بالغة ودور مهم في الحد من نفاذ المصادر وتحقيق التنمية المستدامة، وذلك بتأمين المواد الأولية من استغلال المخلفات[2]. وقد عرف النانو البوليمر بأنه أحد أوائل قصص النجاح في تحقيق إمكانات nanomaterial والتي تعد بمثابة حشو تقوية لتحسين خصائص neatpolymers. من خلال إضافة المركبات العضوية النانوية، يتم تحسين خصائص البوليمرات [3]. المجالات الرئيسية لتطبيق البولي ايثيلين يمكن العثور عليها في قطاع التعبئة والتغليف بسبب انخفاض تكلفته، خفة وزنه، خموله الكيميائي،

وسهولة ومرونة التعامل به حتى بدرجة حرارة منخفضة [4]. يعتبر المزج أحد أكثر الأساليب المستخدمة على نطاق واسع لتعديل راتنجات البوليمر، ويعد المزج الفيزيائي هو أحد هذه التقنيات التي تم الإبلاغ عنها، حيث أنها تؤثر بشكل كبير على الخواص الميكانيكية للبوليمرات [5]. من المحتمل أن يكون البولي إيثلين، الذي يُسمى غالبًا بالبوليثين ، هو الأكثر شيوعًا لدى المستهلك ، ويستخدم بشكل أكبر في جميع أنحاء العالم أكثر من أي بلاستيك آخر. ارتفع إجمالي الإنتاج العالمي من البلاستيك من 158 مليون طن إلى 180 مليون طن سنويا بين عامي 1998 و2000 –بزيادة قدرها 12 ٪. في أوروبا الغربية في عام 2000، فقد مثلت مادة البولي أثيلين البلاستيك 39 ٪ من البلاستيك القياسي المستهلكة، وبلغ مجموعها 11 مليون طن. [6] . من المعروف أن تأثيرات الإشعاع على بنية البوليمر، وعلى خصائصه الفيزيائية، معروفة في صناعة البلاستيك. إن المؤلفات التي تدور حولها الميكانيكا وراء هذه التأثيرات تظهر نوعين متعاكسين، اعتمادًا على ظروف التشعيع والتشابك مع جزيئات البوليمر، التي تزيد القوة الميكانيكية والتحلل التأكسدي، والذي يؤدي عادة إلى إضعاف المواد[7]. قد يمثل التصلب الضعيف نسبياً ومقاومة زحف البولي إيثلين، مصحوبة باستقراره الحراري المحدود، محدودية شديدة. وقد ثبت أن إدخال كميات صغيرة نسبيا من الجسيمات النانوية يؤدي إلى تحسين استقرار زحف مصفوفات البوليمر بشكل فعال [8]. لزيادة قوة الصدم، يلزم تعديل السطح أو اقتران مناسب قد يجلب بعض الروابط الكيميائية القوية بين الحشو والمصفوفة، قد يساعد هذا أيضًا على تحسين قوة الشد والجاذبية، ولكن مرة أخرى، فإن هذه الإضافات تزيد من نتائج المعالجة وتكلفة المنتج النهائي. ومع ذلك، فإن الرماد المتطاير غير المعالج المعبأ HDPE قد يجد تطبيقات في صنع منتجات منخفضة التكلفة مثل طلاء الأسلاك والكابلات والأنابيب والطبول والكراسي والصناديق والأرضيات[9]. تعتبر عبوات البولي إيثلين متفوقة على أي مادة أخرى لهذا الغرض واستخدامها واسع الانتشار في سوق التغليف المرنة [10].

المواد وطرق العمل:

تم اختيار سبع عينات لخلائط البولي اثيلين مختلفة النسب، وأجريت لها اختبارات معدل التدفق والانصهار الذي يجرى قبل وبعد عملية التصنيع، واختبار قوة الشد والتمدد ويتم اجراءه بعد عملية التصنيع. وقد أجريت الاختبارات في مختبر مصنع مصراته.

العينةالاولي (70%كسار مرتفع الكثافة و30% كسار منخفض الكثافة). **العينة الثانية** (70% كسار مرتفع الكثافة و30% خام سابك عالي الكثافة). **العينة الثالثة** (50% كسار مرتفع الكثافة و50% كسار منخفض الكثافة). **العينة الرابعة** (33% خام سابك مرتفع الكثافة و22% كسار منخفض و45% كسار مرتفع). **العينة الخامسة** (20% خام سابك مرتفع الكثافة و30% كسار منخفض و50% كسار مرتفع). **العينة السادسة** (100% كسار صافي مرتفع الكثافة). **العينة السابعة** (100% خام سابك مرتفع الكثافة). علما ان الكسار المستخدم في العينة رقم 4 والعينة رقم 6 كان كسار يتكون من نسبة عالية من (القالون) وهو كسار مخصص في الأساس لعملية التشكيل بطريقة النفخ. والكسار المستخدم في العينة رقم 5 كان كسار أنابيب بولي إيثلين (كسار المصنع) وهو مخصص في الأساس لعملية التشكيل بطريقة السحب.

الأجهزة المستخدمة:

1-جهاز قياس الليونة (معدل التدفق والانصهار)

هو عبارة عن جهاز يتم فيه اختبار العينة المطلوبة والعينة هي عبارة عن حبيبات صغيرة مخرزه بأجزاء مساوية لبعضها البعض بحيث توضع العينة داخل صندوق، ويوضع فوقها ثقل حسب المواصفات و في هذا الجهاز يكون الثقل (5 KG)، وتحث تأثير حرارة معينة ومحسوبة متحكما بها من خلال الجهاز وهي (C 190)حيث ينصهر البلاستيك ثم يتدفق من خلال أنبوب صغير أو ثقب أسفل الصندوق عند زمن معين وهو (60 SEC) ومنه يتم اختبار معدل التدفق والانصهار وهذا الاختبار يتم قبل بداية التصنيع لمعرفة درجة الحرارة المناسبة لصب الخليط وتشكيله بطرق التشكيل المناسبة، وأيضا يفيد هذا الاختبار في تحديد

جودة المواد البلاستيكية، واسم الشركة المصنعة لهذا الجهاز (DEEPAK POLYPLAST)، وبلد المنشأ هو الهند. انظر الشكل (1).

شكل رقم (1) جهاز معدل التدفق والانصهار

تم تشغيل الجهاز عند درجة حرارة $190c^0$ وتركه مدة من الوقت ليسخن تدريجيا عند هذه الدرجة ومع مراعاة تنظيف صندوق الجهاز جيدا. أضيفت العينة إلى الصندوق من خلال فتحة فوقه ثم اضافة وزن (ثقل)5kg على العينة التي داخل الصندوق وفق المواصفات العالمية والأمريكية (ISO 1133و ASTM-D1238). اخراج العينة المنصهرة وتقطيعها بالسكين عند كل دقيقة من مؤشر الوقت الذي بالجهاز. أجري الفحص الظاهري من ناحية الملمس والالتواء والتماسك على العينة الجاهزة، ووزنت في (ميزان حساس) بدقة 0.001 واخذت القراءة وقورنت بالمواصفات المعطاة للمادة. مع ايجاد متوسط قراءات العينات وضربها في الزمن (10min).

2-جهاز قياس قوة الشد (التمدد والاستطالة)

تم استخدام جهاز DEEPAK POLYPLAST (من شركة هندية) هو عبارة عن جهاز يتم فيه اختبار مدى قوة تحمل العينة للشد ، حيث يتم قياس قوة الشد والتمدد ويحسب مدى التغير في التركيب ويقوم بدراسة الخواص الميكانيكية لها بتعيين معامل التمدد ومعامل الانحناء وتكمن فكرة عمل هذا الجهاز في وضع العينة المراد إجراء اختبار الشد والتمدد عليها بين طرفي مواسك الجهاز ومن خلال وحدة تحكم يمكن التحكم في القوة المسلطة على العينة عن طريق السيطرة على قيمة التيار المعطى للجهاز ، ويتم التحكم في هذا الجهاز إما يدوي أو ألي ، وما يميز هذا الجهاز هو قراءة القوة مباشرة بإرسال إشارات إلى جهاز الكمبيوتر الذي يحولها الى منحنيات توضح عملية الشد و التمدد ، ونستفيد من هذا الجهاز في معرفة مدى تمدد العينة وتحمل قوة الشد المسلطة عليها ويتم الاختبار في هذا الجهاز بعينة بعد التصنيع (جاهزة) .

شكل رقم(2) **جهاز قياس قوة الشد والتمدد**

تم تجهيز عينات من البوليمر سابقة التحضير من كل العينات السبعة التي سبق ذكرها وهذا الاختبار يتم بعد عملية التصنيع، حيث تقص العينات بمقص العينة بطول مناسب وفق المواصفات المطلوبة. ثبتت

العينة بين طرفي مواسك الجهاز، وتم تشغيل الجهاز بحيث يعطي قيمة محددة للقوة (F) ويسجل طول العينة (L) وسمكها (A) بقاعدة بيانات جهاز الاختبار في جهاز الكمبيوتر، ومن حساب الانفعال، ويحسب الجهاز كلا من قيم قوة الشد، ولحظة الانهيار والتذبذب. يستمر الجهاز في زيادة التيار بزيادة مناسبة، ويسجل كل من قيم قوة الشد والتمدد إلى أن تتمزق العينة ثم يجدول الجهاز برسم العلاقة بينهم عن طريق الرسم البياني بجهاز الكمبيوتر الموصل بينه وبين جهاز الاختبار. قورنت القياسات والقراءات المتحصل عليها مع المواصفات العالمية والأمريكية (ASTM-D638. ISO 6259).

النتائج والمناقشـــة:

نتائج قراءات العينات: طبقا لخطوات العمل السابقة تم الحصول على قراءات لأوزان ستة قطاعات من كل عينة من العينات التي أجريت عليها اختبار معدل التدفق والانصهار(MFR)، ومن ثم قمت بحساب متوسط القراءات والنتائج كما في الجدول (1).

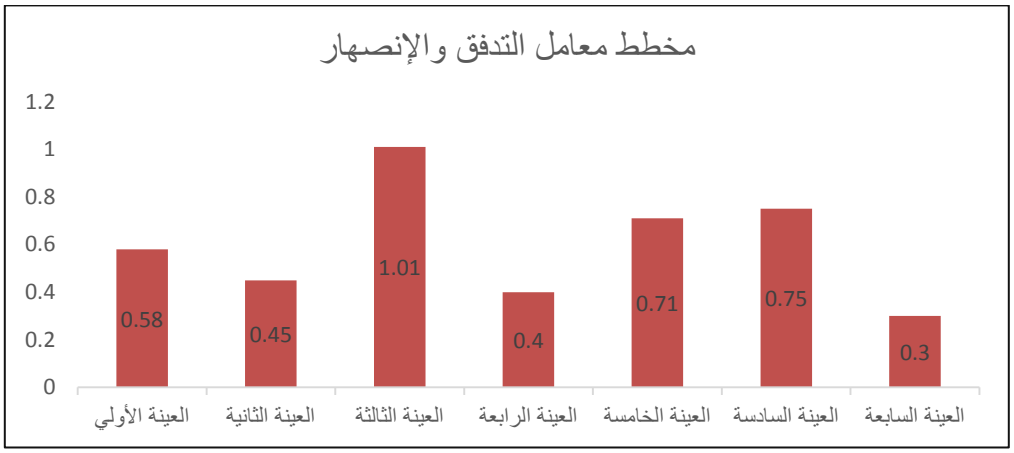
الجدول(1) قراءات أوزان القطاعات للعينات لخلائط البولي إيثيلين لجهاز معدل التدفق والانصهار)

رقم القطاع	العينة الأولي بـ (g)	العينة الثانية بـ(g)	العينة الثالثة بـ(g)	العينة الرابعة بـ(g)	العينة الخامسة بـ(g)	العينة السادسة بـ(g)	العينة السابعة بـ(g)
1	0.04	0.03	0.07	0.03	0.06	0.07	0.03
2	0.05	0.04	0.09	0.04	0.06	0.07	0.03
3	0.05	0.04	0.10	0.04	0.07	0.07	0.03
4	0.06	0.05	0.11	0.04	0.07	0.07	0.03
5	0.07	0.05	0.12	0.05	0.08	0.08	0.03
6	0.08	0.06	0.12	0.04	0.09	0.09	0.03

تم حساب متوسط قراءات أوزان هذه القطاعات الستة من كل عينة من العينات السبعة ويضرب في الزمن (10min)لنحصل على معامل التدفق والانصهار وهي كما يلي:

1. متوسط قراءات قطاعات العينة الاولي = $(0.058g)$ *$(10min)$= $0.58g/10min$ ، وبنفس الطريقة تم حساب متوسط القراءات لقطاعات العينات الستة وكانت كما يلي :

للعينة الثانية =$0.45g/10min$ ، للعينة الثالثة =$1.01g/10min$ ، للعينة الرابعة =$0.40g/10min$ ، للعينة الخامسة =$0.71g/10min$ ، للعينة السادسة = $0.75g/10min$ ، للعينة السابعة = $0.3g/10min$. **معامل التدفق والانصهار كما هو موضحا بالشكل (1).**



الشكل رقم(3) مخطط معامل التدفق والانصهار للعينات

أ–الاختبار الاول: بعد معرفة نتائج العينات وأخذ متوسط قراءات العينات لوحظ ان:

1. **العينة الأولي:** كان لها معامل تدفق متوسط نسبيا، حيث كان معامل التدفق والانصهار $(0.58g/10min)$ وهذه النتيجة متوسطة مقارنة بمواصفات التدفق للمادة الخام، أي أن

قطاعات هذه العينة الخارجة من الجهاز تنصهر وتتماسك بشكل متوسط من ناحية السرعة (بين السريع والبطيء) مما يجعلها تتدفق بشكل متوسط نسبيا.

2. **العينة الثانية**: كان لها معامل تدفق بطيء نسبيا، حيث كان معامل التدفق والانصهار (0.45g/10*min*) وهذه النتيجة قريبة بعض الشيء من مواصفات التدفق للمادة الخام، أي أن قطاعات هذه العينة الخارجة من الجهاز تنصهر وتتماسك ببطء مما يجعلها تتدفق ببطيء، مما يجعلها غير متشوهة وغير متشققه ولا تتعرض للكسر أثناء اختبار الالتواء وتكون هذه القطاعات متقاربة في الأوزان وذات ملمس ناعم.

3. العينة الثالثة: كان لها معامل تدفق سريع جدا نسبيا، حيث كان معامل التدفق والانصهار (1.01g/10*min*) وهذه النتيجة بعيدة جدا من مواصفات التدفق للمادة الخام، أي أن قطاعات هذه العينة الخارجة من الجهاز تنصهر وتتماسك بشكل سريع جدا مما يجعلها تتدفق بسرعة وعشوائية، وهذا التدفق السريع يعرض قطاعات العينات للتشوهات والتشققات والتعرض للكسر أثناء اختبار الالتواء وتكون عشوائية أي أنها غير متقاربة في الأوزان وذات ملمس خشن.

4. **العينة الرابعة**: كان لها معامل تدفق بطيء نسبيا، حيث كان معامل التدفق والانصهار (0.40 g /10*min*) وهذه النتيجة قريبة من مواصفات التدفق للمادة الخام، أي أن قطاعات هذه العينة الخارجة من الجهاز تنصهر وتتماسك ببطء مما يجعلها تتدفق ببطيء، وهذا التدفق البطيء يجعل قطاعات العينات غير متشوهة وغير متشققه ولا تتعرض للكسر أثناء اختبار الالتواء وتكون متقاربة في الأوزان وذات ملمس ناعم.

5. **العينة الخامسة**: كان لها معامل تدفق سريع نسبيا حيث كان معامل التدفق والانصهار (0.71g/10*min*) وهذه النتيجة بعيدة من مواصفات التدفق للمادة الخام، أي أن قطاعات

هـذه العينـة الخارجـة مـن الجهـاز تنصـهر وتتماسـك بشـكل سـريع ممـا يجعلهـا تتـدفق بسـرعة، وهـذا التـدفق السـريع يعـرض قطاعـات العينـات للتشـوهات والتشـققات والتعـرض للكسـر أثنـاء اختبـار الالتواء وتكون هذه القطاعات عشوائية أي أنها غير متقاربة في الأوزان وذات ملمس خشن.

6. **العينـة السادسـة**: كـان لهـا معامـل تـدفق سـريع نسـبيا حيـث كـان معامـل التـدفق والانصـهار ($0.75\mathrm{g}/10\mathit{min}$) وهـذه النتيجـة بعيـدة مـن مواصـفات التـدفق للمـادة الخـام، أي أن قطاعـات هـذه العينـة الخارجـة مـن الجهـاز تنصـهر وتتماسـك بشـكل سـريع ممـا يجعلهـا تتـدفق بسـرعة وعشـوائية، وهـذا التـدفق السـريع يعـرض قطاعـات العينـات للتشـوهات والتشـققات والتعـرض للكسـر أثنـاء اختبار الالتواء وتكون عشوائية أي أنها غير متقاربة في الأوزان وذات ملمس خشن.

7. **العينـة السـابعة**: كـان لهـا معامـل تـدفق بطـيء حيـث كـان معامـل التـدفق والانصـهار ($0.3\mathrm{g}/10\mathit{min}$) وهـذه النتيجـة متطابقـة مـع المواصـفات الأصـلية، أي أن قطاعـات هـذه العينـة الخارجـة مـن الجهـاز تنصـهر وتتماسـك بـبطء ممـا يجعلهـا تتـدفق بـبطء، وهـذا التـدفق البطـيء يجعلهـا غـير متشـوهة وغـير متشـققه ولا تتعـرض للكسـر أثنـاء اختبـار الالتـواء وتكـون متسـاوية تمامـا في الأوزان وذات ملمس ناعم.

8. قطاعـات العينـات الـتي تخـرج بـبطء لـوحظ أن ملمسـها نـاعم مـن الخـارج مقارنـة بقطاعـات العينات التي تخرج بسرعة التي يكون ملمسها خشن غالبا.

9. قطاعـات العينـات الـتي تخـرج بـبطء عنـد وضـعها في الميـزان الحسـاس تمتلـك تقريبـا نفـس الـوزن، أمـا قطاعـات العينـات الـتي تخـرج بسـرعة فيختلـف الـوزن مـن عينـة إلى أخـرى حسـب نسـبة ونوعيـة المواد المصنعة منها العينة وكذلك عدد مرات الإنتاج التي تعرضت لها العينة سابقاً.

10.قطاعات العينات التي تخرج ببطء لا يحدث لها تشوهات إذا تعرضت لفحص الالتواء ولا تنكسر بعكس قطاعات العينات التي تخرج بسرعة إذا تعرضت لفحص الالتواء فأحيانا يحدث لها تشوه وتنكسر أحيانا.

وهذه النتائج تظهر لنا أن العينات التي تكون لها معامل تدفق وانصهار قريب من معامل التدفق للعينة الخام سابك (10min/g0.3) أفضل من ناحية جودة المنتج، ولكن أيضا يمكن للمادة المعاد تدويرها (كسار مرتفع ومنخفض الكثافة) المضافة بإضافات معينة مع المادة الخام إظهار المنتج المتكون منها بنسب ذو جودة أيضا.

ومن هذا الاختبار نلاحظ أن المادة المعاد تدويرها (كسار مرتفع ومنخفض الكثافة) في العملية الإنتاجية التشكيل بالسحب لا تصلح بمفردها إلا بإضافة خام معها بنسب محددة لأن المنتج النهائي لها سيكون به تشوهات وتصلح أحيانا لعمليات التشكيل الأخرى منفردة.

ب–الاختبار الثاني: بعد معرفة نتائج عينات الاختبار وأخذ قراءات النتائج الموضحة بالجداول (2،3،4،5،6،7،8) والاشكال (4،5،6،7،8،9،10) لوحظ الاتي: -

1.**العينة الأولي** (70%كسار مرتفع و30%كسار منخفض) لها تمدد يصل إلى (92.09%) من طولها الأصلي، وقوة شد تصل إلي($0.25N/mm^2$) وهذه الاستطالة ضعيفة نسبيا ويرجع ذلك إلى نسبة خليط الكسار المستخدم في التصنيع وكذلك نوعيته، حيث أن هذا الكسار يفتقر إلى المرونة وذلك بسبب إعادة تدويره لأكثر من مرة في العملية الإنتاجية.

2.**العينة الثانية** (70%كسار مرتفع و30% خام سابك) لها تمدد يصل إلى (190.35%) من طولها الأصلي، وقوة شد تصل إلي($0.33N/mm^2$) وهذه الاستطالة تعتبر متوسطة نسبيا ويرجع ذلك إلى نوعية الخليط حيث إن (30% خام سابك) تعطي بعض المرونة الملحوظة.

3.**العينة الثالثة** (50%كسار مرتفع و50%كسار منخفض) لها تمدد يصل إلى (153.53%) من طولها الأصلي، وقوة شد تصل إلي($0.26N/mm^2$) وهذه الاستطالة تعتبر قريبة من الاستطالة المتوسطة نسبيا ويرجع ذلك إلى نوعية الكسار المستخدم في العملية الإنتاجية وهو كسار جيد.

4.**العينة الرابعة** (33% خام سابك و22%كسار منخفض و45%كسار مرتفع) لها تمدد يصل إلى (82.76%) من طولها الأصلي، وقوة شد تصل إلي($0.24N/mm^2$) وهذه الاستطالة ضعيفة نسبيا ويرجع ذلك إلى نوعية الكسار المستخدم في التصنيع حيث إن هذا الكسار هو عبارة عن كسار يحتوي على نسبة عالية من (القالون) وهذا النوع من الكسار مخصص لعملية التشكيل بطريقة النفخ أي أنه لا يتحمل الشد لأنه يفتقر إلى المرونة.

5.**العينة الخامسة** (20% خام سابك و30%كسار منخفض و50%كسار مرتفع) لها تمدد يصل إلى (219.63%) من طولها الأصلي، وقوة شد تصل إلي($0.37N/mm^2$) وهذه الاستطالة جيدة جدا ويرجع ذلك إلى نوعية الكسار المستخدم في التصنيع هو كسار جيد (كسار المصنع) وهو كسار مخصص لعملية التشكيل بالسحب، وكذلك لعدم فقده الكثير من خواصه الميكانيكية والحرارية من عدد مرات إعادة تدويره.

6.**العينة السادسة** (100%كسار صافي مرتفع الكثافة) لها تمدد يصل إلى (14.21%) من طولها الأصلي، وقوة شد تصل إلي($0.16N/mm^2$) وهذه الاستطالة ضعيفة جدا ويرجع ذلك إلى نوعية الكسار المستخدم في التصنيع، حيث إن هذا الكسار هو عبارة عن كسار يحتوي على نسبة عالية من (القالون) وهذا النوع من الكسار مخصص لعملية التشكيل بطريقة النفخ أي أنه لا يتحمل الشد لأنه يفتقر إلى المرونة.

7. **العينة السابعة** (100%خام سابك صافي) لها تمدد عالي يصل إلى أكثر من (400%) من طولها أي أكثر من ثلاثة أضعاف طولها الأصلي، وقوة شد عالية تصل إلى($0.50N/mm^2$) ويرجع ذلك إلى المرونة العالية للخام سابك.

8. كلما كانت نسبة ونوعية المادة المعاد تدويرها المضافة إلى العملية الإنتاجية جيدة كانت أفضل من الناحية الإنتاجية وتمتلك أعلى قوى شد وأطول تمدد كما هو موضحا بالجدول (9) والشكلين 11 و12.

وهذه النتائج تظهر أن نوعية ونسبة المادة المعاد تدويرها(الكسار)يمكن أن تتحكم في نسبة التمدد وقوة التحمل للعينات والتحكم في سرعة تمزق العينة أو زيادة تحملها، ولا ينصح باستعمال المادة المعاد تدويرها كمادة خام بدون إضافات في التشكيل بالسحب ، او ان تضاف لها نسب أكثر من المادة الخام الأصلية .

جدول رقم (2) قراءة العينة الأولي 70% مرتفع الكثافة و30% منخفض الكثافة الزمن 11:28:13 ص التاريخ 25-3-2018

رقم الاختبار	اسم العميل	رمز العميل	اسم المشغل	رمز النموذج	المرجع	طول القبضة	طول جيجا	عرض العينة	سمك العينة	سرعة الاختبار
1	اختبار الشد للعينة الاولى	A	مختبر مصنع مصراتة للجودة	RT	ISO 6259	150	100	10	3	100

Sr NO / النتائج	1 / مساحة العينة	2 / محصول القوة	3 / محصول االتمدد	4 / قوة الانهيار	5 / انهيار العمود	6 / القوة القابلة لتحمل الشد	7 / قوة شد الانهيار	8 / الاستطالة
القيمة	30.00	10.98	4.44	0.4	93.13	0.25	0.01	62.09
الوحدة	m m^2	N	mm	N	mm	N\mm^2	N\mm^2	%

جدول رقم (3) قراءة العينة الثانية 70% كسار مرتفع الكثافة و30% خام سابك عالي الكثافة الزمن 11:28:13 التاريخ 25-3-2018

رقم الاختبار	اسم العميل	رمز العميل	اسم المشغل	رمز النموذج	المرجع	طول القبضة	طول جيجا	عرض العينة	سمك العينة	سرعة الاختبار
1	اختبار الشد للعينة الثانية	A	مختبر مصنع مصراتة للجودة	RT	ISO 6259	150	100	10	10	50

Sr	1	2	3	4	5	6	7	8

NO النتائج	مساحة العينة	محصول القوة	محصول التمدد	قوة الانهيار	انهيار العمود	القوة القابلة لتحمل الشد	قوة شد الانهيار	الاستطالة
القيمة	100	33.17	4.49	3.3	285.53	0.33	0.03	190.35
الوحدة	mm^2	N	mm	N	mm	$N\backslash mm^2$	$N\backslash mm^2$	%

جدول رقم (4) قراءة العينة الثالثة 50%كسار مرتفع الكثافة و50%كسار منخفض الكثافة الزمن 12:55:13 التاريخ 25-3-2018

سرعة الاختبار	سمك العينة	عرض العينة	طول جيجا	طول القبضة	المرجع	رمز النموذج	اسم المشغل	رمز العميل	اسم العميل	رقم الاختبار
50	9.3	10	100	150	ISO 6259	RT	مختبر مصنع مصراتة للجودة	A	اختبار الشد للعينة الثالثة	1

Sr NO النتائج	1 مساحة العينة	2 محصول القوة	3 محصول التمدد	4 قوة الانهيار	5 انهيار التمدد	6 القوة القابلة لتحمل الشد	7 قوة شد الانهيار	8 الاستطالة
القيمة	93.00	24.59	5.23	0.4	230.29	0.26	0.7	153.53
الوحدة	mm^2	N	mm	N	mm	$N\backslash mm^2$	$N\backslash mm^2$	%

(جدول رقم (5) العينة الرابعة بنسبة33%سابك مرتفع الكثافة و22%كسار منخفض الكثافة و45%كسار مرتفع الكثافة) الزمن 13:15:13 التاريخ 25-3-2018

رقم الاختبار	اسم العميل	رمز العميل	اسم المشغل	رمز النموذج	المرجع	طول القبضة	طول جيجا	عرض العينة	سمك العينة	سرعة الاختبار
1	اختبار الشد للعينة الرابعة	A	مختبر مصنع مصراتة للجودة	RT	ISO 6259	150	100	10	5.2	100

Sr NO / النتائج	1 مساحة العينة	2 محصول القوة	3 محصول التمدد	4 قوة الانهيار	5 انهيار االتمدد	6 القوة القابلة لتحمل الشد	7 قوة شد الانهيار	8 الاستطالة
القيمة	53.00	16.42	6.98	10.7	124.14	0.24	0.10	82.76
الوحدة	mm^2	N	mm	N	mm	$N\backslash mm^2$	$N\backslash mm^2$	%

جدول رقم (6) قراءة العينة الخامسة 20%سابك مرتفع الكثافة و30%كسار منخفض و50%كسار مرتفع الزمن 14:44:01 التاريخ 25-3-2018

رقم الاختبار	اسم العميل	رمز العميل	اسم المشغل	رمز النموذج	المرجع	طول القبضة	طول جيجا	عرض العينة	سمك العينة	سرعة الاختبار
1	اختبار الشد للعينة الخامسة	A	مختبر مصنع مصراتة للجودة	RT	ISO 6259	150	100	10	2.5	100

Sr NO / النتائج	1 / مساحة العينة	2 / محصول القوة	3 / محصول التمدد	4 / قوة الانهيار	5 / انهيار التمدد	6 / القوة القابلة لتحمل الشد	7 / قوة شد الانهيار	8 / الاستطالة
القيمة	25.00	6.51	6.40	0.2	0.37	329.45	0.01	219.63
الوحدة	mm2	N	mm	N	mm	N\mm2	N\mm2	%

جدول رقم (7) قراءة العينة السادسة بنسبة 100%كسار صافي مرتفع الكثافة الزمن 15:14:00 التاريخ 25-3-2018

رقم الاختبار	اسم العميل	رمز العميل	اسم المشغل	رمز النموذج	المرجع	طول القبضة	طول جيجا	عرض العينة	سمك العينة	سرعة الاختبار
1	اختبار الشد للعينة السادسة	A	مختبر مصنع مصراتة للجودة	RT	ISO 6259	150	100	10	5	100

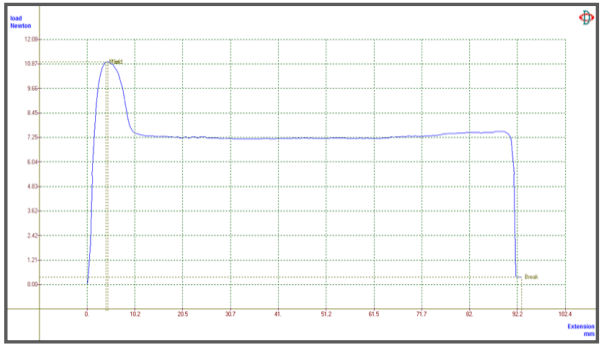
Sr NO	1	2	3	4 / قوة	5	6	7	8

الاستطالة	قوة شد الانهيار	القوة القابلة لتحمل الشد	انهيار التمدد	الانهيار	محصول التمدد	محصول القوة	مساحة العينة	النتائج
14.21	0.01	0.16	21.32	0.5	5.34	12.70	50.00	القيمة
%	N\mm2	N\mm2	mm	N	mm	N	mm2	الوحدة

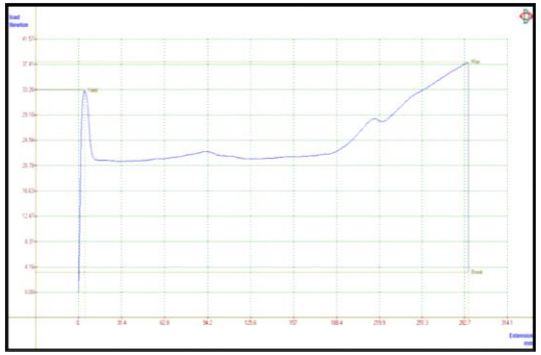
جدول رقم (8) قراءة العينة السابعة 100% خام سابك مرتفع الكثافة الزمن 11:28:13 التاريخ 25-3-2018

رقم الاختبار	اسم العميل	رمز العميل	اسم المشغل	رمز النموذج	المرجع	طول القبضة	طول جيجا	عرض العينة	سمك العينة	سرعة الاختبار
1	اختبار الشد للعينة السابعة	A	مختبر مصنع مصراتة للجودة	RT	ISO 6259	125	100	10	8.7	50

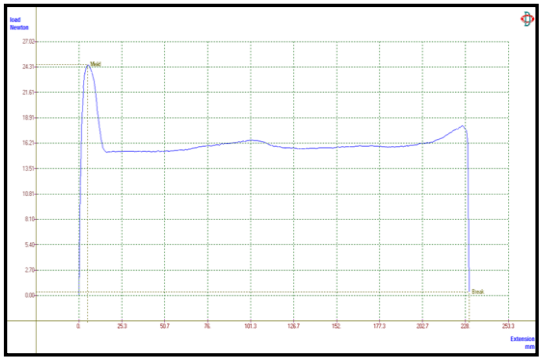
Sr NO / النتائج	1 مساحة العينة	2 محصول القوة	3 محصول التمدد	4 قوة الانهيار	5 انهيار االتمدد	6 القوة القابلة لتحمل الشد	7 قوة شد الانهيار	8 الاستطالة
القيمة	90.00	16.63	6.82	7.5	492.38	0.50	0.40	400.55
الوحدة	mm2	N	mm	N	mm	N\mm2	N\mm2	%



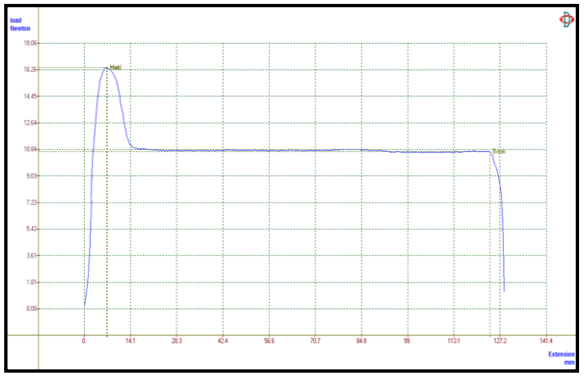
شكل رقم (4) للعينة الاولى



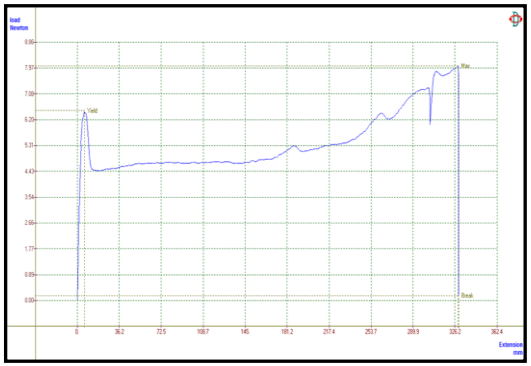
شكل رقم (5) للعينة الثانية



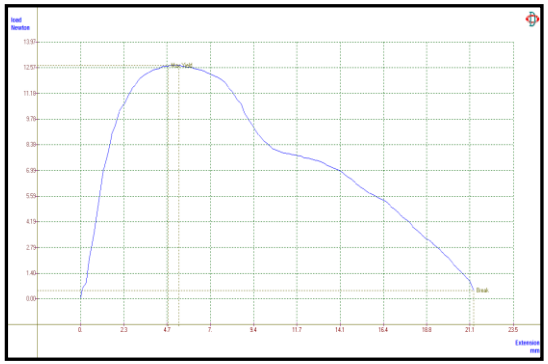
شكل رقم (6) العينة الثالثة



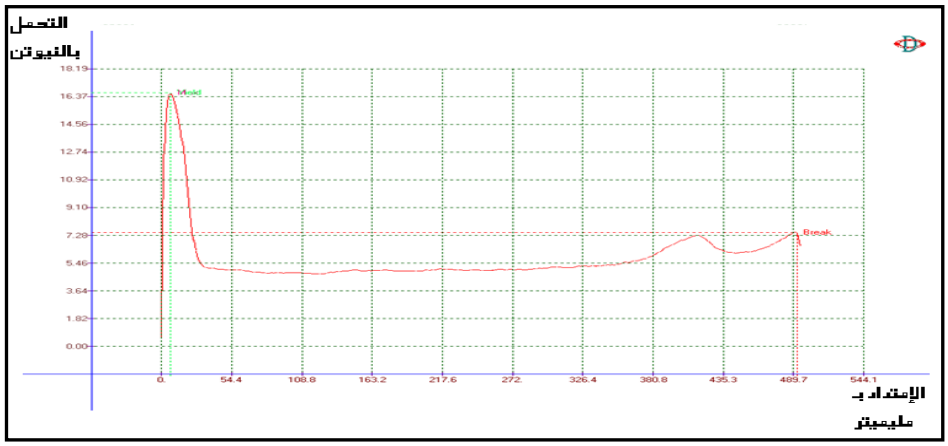
شـكل رقـم (7) للعينـة الرابعـة



شـكل رقـم (8) للعينـة الخامسـة



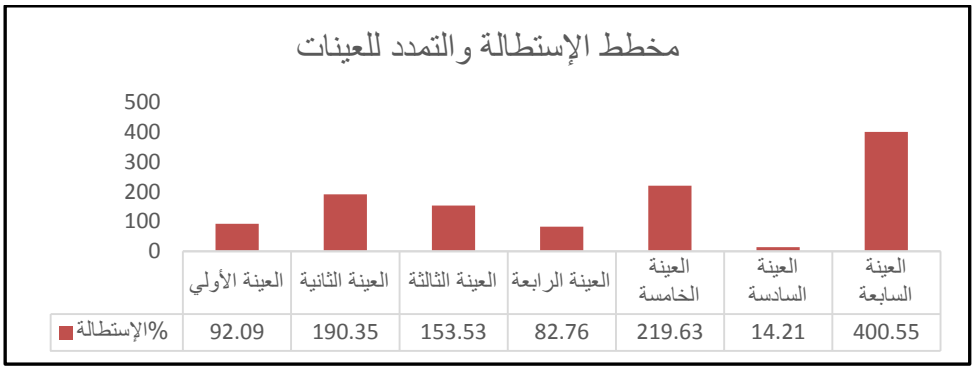
شـكل رقـم (9) للعينـة السادسـة



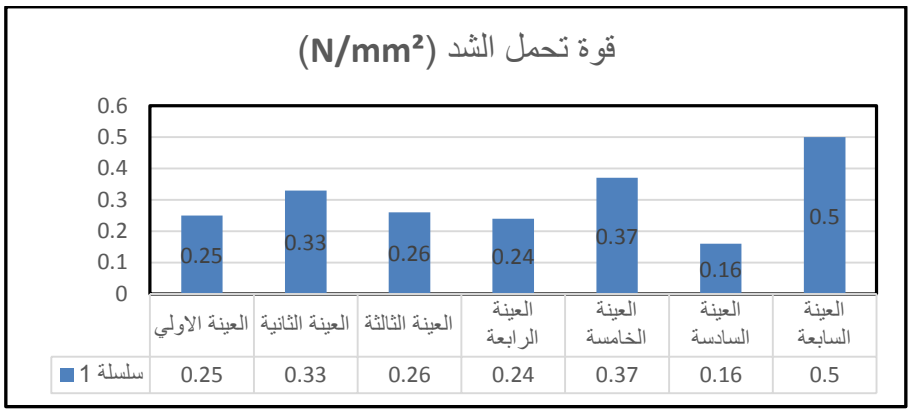
الشكل رقم (10) الشكل البياني للاختبار الشد للعينة السابعة بنسبة 100%سابك مرتفع الكثافة)

جدول رقم (9) نتائج اختبارات التدفق والاستطالة للعينات

رقم العينة	نسبة الخلط %	التدفق جم/ 10 دقيقة	الاستطالة %
1	70%كسار مرتفع و30%كسار منخفض	0.58	92.09
2	70%كسار مرتفع و30%خام سابك	0.45	190.35
3	50%كسار مرتفع و50%كسارمنخفض	1.01	153.53
4	33%سابك و22%ك منخفض و 45%ك مرتفع	0.40	82.76
5	20% سابك و30% ك منخفض و50% ك مرتفع	0.71	219.63
6	100%كسار صافي مرتفع الكثافة	0.75	14.21
7	100% خام سابك صافي	0.3	400.55



الشكل رقم (11) مخطط الاستطالة للعينات لاختبار الشد والتمدد



الشكل رقم (12) مخطط لقوة تحمل الشد للعينات

الاستنتاجات:

عند اجراء اختبار عينات المادة الخام وخلائط البولي إيثيلين في جهاز معدل التدفق والانصهار، تبين أن المادة الخام كانت أفضل من ناحية الجودة وترابط الجزيئات السلس والبطيء مع بعضها البعض، لتعطي تماسكا قويا، بعكس المادة المعاد تدويرها (الكسار)، التي تميزت بالعشوائية في ترابط الجزيئات مع بعضها البعض وسرعة في التماسك، مما يجعلها هشة. اما عند اجراء اختبار قوة الشد والتمدد، تبين أن المادة الخام كانت أفضل من المادة المعاد تدويرها في خاصية الشد والتمدد وقوة التحمل. وبينت النتائج ان المادة المعاد تدويرها (الكسارة) تفقد أحيانا بعض الخصائص التي تمتلكها، مما يجعلها ذات عشوائية، إلا إذا تم تحديد عدد مرات دخولها في العملية الإنتاجية مسبقا، لتحديد نسب استخدامها ونوع التطبيق المناسب.

المصادر والمراجع:

1. كوركيس عبد آل آدم، حسين علي كاشف الغطاء، تكنولوجيا وكيمياء البوليمرات، مطبعة جامعة البصرة، 1983.

2. مجلة علوم البحار والتقنيات البيئية مجلد (1) العدد (2) ديسمبر–2015 ليبيا.

3. C. Y. Chee, N. L. Song, L C. Abdullah, T S. Y. Choong, A. Ibrahim and T. R. Chantara " Characterization of Mechanical Properties: Low-Density Polyethylene Nanocomposite Using Nanoalumina Particle as Filler". Hindawi Publishing Corporation Journal of Nanomaterials, Article ID 215978, Volume 2012.pp 1

4. L Hu. É. Leclair , M . P, F. Colas, P. Baldet and P .Y. Vuillaume. Clay/Polyethylene Composites with Enhanced "Barrier Properties for Seed Storage" Polymers & Polymer Composites, Vol. 24, No. 6, 2016.

5. Kalfoglu, N.K. (1982). Polymer science, 20:1259.

6. P. Tice "Packaging materials polyethylene for food packaging applications" report prepared under the responsibility of the ilsi europe packaging material task forse. April 2003.

7. S. S. Cota*, V. Vasconcelos, M. Senne Jr., L. L. Carvalho، D. B. Rezende and R. F. Côrrea." changes in mechanical properties due to gamma irradiation of high-density Polyethylene (HDPE)", Brazilian Journal of Chemical Engineering. Vol. 24, No. 02, pp. 259 - 265, April - June 2007.

8. A. Dorigato & M. D'Amato & A. Pegoretti." Thermo-mechanical properties of high density polyethylene – fumed silica nanocomposites: effect of filler surface area and treatment" J Polym Res 19:9889.2012.

9. I . Ahmad and P .A. Mahanwar." Mechanical Properties of Fly Ash Filled High Density Polyethylene "Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering, Vol. 9, No.3, pp.183-198, 2010.

10. Chemistry, A. (2013). Active packaging for fresh Food based on the released, 7(3)