تصنيع شحم تزليق (ليثيومي - صوديومي) ودراسة خواصه الفيزيائية والكيميائية والريولوجية

شفيق بحلاق[1] و باسلة ابراهيم[2] و منال الحموي[3]

تاريخ الإيداع 2013/04/14
قبل للنشر في 2013/10/28

الملخّص

صُنّع شحم تزليق (ليثيومي- صوديومي) من زيت أساس مشتق نفط سوري ومادة مغلظة تعتمد في تحضيرها على دهن جلد الدجاج، بنسب مختلفة (20%،25%،30%).

درست بعض الخواص الفيزيا - كيميائية لأنواع الشحوم المصنعة (مقارنة بالمواصفة القياسية السورية 791/2008) باستخدام الطرائق القياسية والمتضمنة تعيين كل من: قواميه الشحم، ودرجة الغرز، ونقطة السقوط، والحموضة الحرة (كحمض زيت)% وزناً، ومقاومة الشحم للماء، والتبخر عند الدرجة 90 م°، وتآكل صفيحة النحاس. وقد بيّنت النتائج أن أفضل نوع هو الشحم ذو النسبة 30%.

أجريت الدراسة الريولوجية على الشحم المحضر ذي النسبة 30% في الحالة المنصهرة تحت تأثير درجات الحرارة وإجهاد القص (τ_a) ومعدل سرعة القص (γ_a)؛ وذلك باستخدام مقياس اللزوجة ذي القالب الشعري. ومن خلال النتائج تبيّن أن اللزوجة الظاهرية (η_a) تنخفض مع ازدياد معدل سرعة القص الظاهري (γ_a). كما تبيّن أن المادة المدروسة هي مادة شبيهة بالبلاستيك إذْ إنَّ دليل الجريان أقل من الواحد ($n < 1$).

الكلمات المفتاحية: شحم تزليق، دهن جلد الدجاج، الخواص الفيزيائية، الخواص الريولوجية.

[1] طالب ماجستير، [2]،[3] أستاذ، قسم الكيمياء، كلية العلوم، جامعة دمشق، سورية.

Manufacturing (Lithium-Sodium) Lubricant and studying Its Properties

Sh. Buhlak[(1)], B. Ibrahim[(2)] and M. Al-Hamoui[(3)]

Received 14/04/2013
Accepted 28/10/2013

ABSTRACT

A lubricant (Lithium-Sodium) of Syrian petroleum-based stocks and thickener material depends in its preparation on Skinless chicken fat, was manufactured at different ratios.

A study of physical - chemical properties of manufactured grease types was carried out (compared with Syrian standard specification 791/2008) by using standard methods which included: grease state, penetration degree, drop point, free acidity (as oleic acid)% by weight, grease resistence to water, evaporating at 90° C, and corrosion of copper plate. Where the results show that the best type of grease is of 30% ratio.

A Rheological study on prepared grease of 30% ratio was carried out in molten state under the effect of temperatures, shear stress (τ), and shear rate (γ) by using capillary viscometer, and it was found that the apparent viscosity (η_a) decreases with the increase of apparent shear rate (γ_a) , and the studied material is pseudoplastic where flow index is lesser than one (n<1).

Key wards: Grease Lubrication, Skinless chicken fat, Physical properties, Rheological properties.

[(1)]MSC. Sutdent, [(2),(3)] Professor, Department of Chemistry, Faculty of Science, University of Damascus, Syria.

المقدمة

تعرف شحوم التزليق بحسب الجمعية الأمريكية للاختبارات والمواد (ASTM) بأنها مواد صلبة أو مائعة (شبه سائلة) ناتجة عن مزج سائل تزليق معين مع عامل مغلظ (Thickening agent) مع مواد أخرى additives مضافة لتغيير خواص الشحم واستخدامه [Hobson G.d., *et al.*, 1975].

تتكون شحوم التزليق من زيت الأساس النفطي، وهو مزيج من الفحوم الهيدروجينية مرتفعة الوزن الجزيئي ناتجة عن متبقيات التقطير عند الضغط الجوي P، يشكل زيت الأساس (70 – 95) % من وزن الشحم المصنع ويجب أن يكون هذا الزيت المستعمل في صناعة الشحم ذا لزوجة وكثافة معينة، فضلاً عن وجود مجموعة من الإضافات تجعله مطابقا للمواصفات مثل المادة المغلظة، وهي مادة تتبعثر في زيت التزليق بشكل غروي لتحوله إلى مادة صلبة أو شبه سائلة، وتراوح نسبتها بين (7-30) % من وزن الشحم المصنع. كما يضاف إلى الشحم مواد أخرى (كمواد مانعة للأكسدة والتآكل والصدأ) بهدف تحسين خواصها وأدائها وتقليل الخواص غير المرغوب بها[Sebenik R. F., *et al.*, 2005; Bartels T., *et al.*, 2005].

تصنف شحوم التزليق اعتماداً على نوع المادة المغلظة [Hobson G.d., *et al.*, 1975] واعتماداً على رقم الغرز[1] للشحم بعد التشغيل [2] كما هو مبيّن في الجدول (1)؛ وذلك بحسب المعهد الوطني لشحوم التزليقThe National Lubricating Grease Institute (NLGI). [Johnson M., 2008].

الجدول (1) تصنيف الشحوم اعتماداً على (NLGI)

مجال رقم الغرز للشحم المشغل	رقم الـ (NLGI)	طبيعة الشحم	مجال رقم الغرز للشحم المشغل	رقم الـ (NLGI)	طبيعة الشحم
445 – 475	000	سائل	220 – 250	3	متوسط الثخانة
400 – 430	00	شبه سائل	175 – 205	4	ثخين
355 – 385	0	مائع	130 – 160	5	ثخين جداً
310 – 340	1	لين	85 – 115	6	صلب
265 - 295	2	متوسط الليونة	-	-	-

(1) يدل رقم الغرز على قوام الشحم وعلى مجال استخدامه فيحدد لنا نوع الشحم الواجب استخدامه في مجال محدد.
(2) التشغيل: هو إخضاع شحم التزليق لفعل القص بواسطة مشغل شحم قياسي.
أمّا خواص الشحوم ذات الأساس الصابوني فتعتمد على طبيعة المادة الدسمة [Hobson G.d., *et al.*, 1975] [الموسوعة العربية].

تستعمل الشحوم عندما يكون استعمال الزيوت العادية أمراً غير ممكن لعدم وجود إحكام جيد يمنع تسربها أو صعوبة ملء المراكز المراد تشحيمه بها، إذْ تستخدم هذه

الشحوم عادة لحماية سطح المعدن من التآكل في الهواء ولتشحيم الوصلات أو المفاصل الثابتة والمتحركة [بروسكوريكوف. ف. ودرابكين. أ. 1987].

تعدُّ دراسة الخواص الريولوجية للشحوم مطلباً أساسياً لأنها تهتم بتغيرات حالة المادة تحت تأثير عوامل خارجية في أثناء عملية الإنتاج الصناعية، إذْ تؤدي دوراً مهماً في إيجاد ظروف التشغيل المناسبة [Reology , From Wikipedia].

الأجهزة المستخدمة:

- جهاز كروماتوغرافيا غازية Shimadzu /2010 .
- مقياس اللزوجة ذو القالب الشعري المعدني.
- جهاز درجة الغرز Penetrometer GD – 2801 C.
- جهاز درجة السقوط Petrotest.
- محرك مغناطيسي + سخان.

الهدف من البحث:

هدف البحث إلى تصنيع شحم (ليثيومي - صوديومي) ذي أساس صابوني مطابق للمواصفة القياسية السورية 791/ 2008 . ثم دراسة سلوكيته في الحالة الراكدة.

طريقة العمل:

قمنا بتصنيع شحم تزليق (ليثيومي - صوديومي) ذي أساس صابوني (يعتمد على دهن جلد الدجاج والمستخلص بالهكسان باستخدام جهاز سوكسيلية) وحُدّدّ محتوى الحموض الدسمة في الدهن بإجراء تحليل كروماتوغرافي، حسبت قرينة التصبن من أجل معرفة كمية القلوي اللازمة لتصبينه عند استخدامه في تصنيع الشحم.

درست بعض الخواص الفيزيا - كيميائية لأنواع الشحوم المصنعة لتحديد مدى مطابقتها للمواصفة القياسية السورية 791/2008.

أُجريت الدراسة الريولوجية لمعرفة سلوكية الشحم المصنع عند درجات الحرارة C° (15, 20, 25) وتحت تأثير الضغوط الآتية:

P_a= (5.96. 10^5, 10.54. 10^5, 14.06.10^5, 16.5. 10^5, 22.75. 10^5) (باسكال)

مواد البحث وطرائقه

1- **التحليل الكروماتوغرافي للدهن المستخدم في عملية التصبن** :

استر دهن الدجاج على شكل الإستر الميتيلي [Anonymous, 1990]، وحُلّل بواسطة جهاز GC من نوع [Shimadzu / 2010] في درجة حرارة ثابتة Isotherm:

- العمود (Trwax): شعري طوله 30 m.
- المكشاف: مكشاف التأين باللهب (FID)، ودرجة حرارته (280 C°)
- الغاز الحامل هو الآزوت، بتدفق (30 – 40 ml/min)

تُركَ العمود عند درجة حرارة 190 C° مدة نصف ساعة ثـمّ حُقنـتْ العينـة (0.5 ميكروليتر) في المكان المخصص (درجة حرارة الحقن 250 C*).

2- دراسة بعض الثوابت الكيميائية:

يمكن بالاعتماد على نتائج التحليل الكروماتوغرافي أن نعين كلاً من قرينـة التـصبن (ASTM- D94 ..93) وقرينة اليود.

حساب قرينة التصبن:

تُحسب كمية هيدروكسيد البوتاسيوم بالميلي غرام اللازمة لتـصبن (1 غـرام) مـن الغليسريد الثلاثي الوسطي، وذلك لأنّ المادة الدسمة مؤلفة بكاملهـا مـن الغليـسريدات الثلاثية، وتُحسب قرينة التصبن وفق العلاقة الآتية:

(Плешков.Ъ.П ،2001، مصطفى الحسيني، Hebrich, k.1995)

$$\text{قرينة التصبن} = \frac{3 \times 56.1 \times 1000}{41 + (\text{الوزن الجزيئي الوسطي للحمض الدسم} - 1) \times 3} \qquad (1)$$

حساب قرينة اليود:

تُحسب كتلة الحموض الدسمة في 100غ من الزيت بعد حـساب الـوزن الجزيئـي الوسطي للغليسيريد الثلاثي، ثمَّ نحسب كتلة الحموض الدسمة غير المشبعة في 100غ من الزيت، ومن ثمَّ فإنَّ كتلة اليود التي يُمكن تثبيتها على هذه الحمـوض = قرينـة اليـود. (Плешков.Ъ.П; Hebrich, k.1995).

حساب قرينة الحموضة: [يوسف عبد الفتاح، مروان. وزملاؤه، 2000]

تكون الحموضة مقدرة كحمض الزيت%، يلزم لمعايرتها مادة قلوية (تحـسب كميـة القلوي اللازمة للمعايرة)، ومنها تقدر الحموضة كحمض الزيت.

$$(\%)\ X = \frac{N \cdot V \cdot 282 \cdot 100}{1000 \cdot w} \qquad (2)$$

إذْ إنَّ: N: نظامية KOH المستخدم (eq/l)، V: حجم الهيدروكسيد الـلازم للمعـايرة (ml)، w: وزن عينة الدهن (gr)، 282 الوزن الجزيئي لحمض الزيت.

3- تصنيع شحم تزليق (ليتيومي – صوديومي) أساسه زيت أساس نفط سوري:

يوضع في دورق التفاعل (15% من النسبة الكلية اللازمة) من زيت الأساس النفطي ويضاف إليه دهن الدجاج المراد تصبينه (بالنسب المختلفة 20%، 25%، 30%) ويسخن إلى الدرجة $85C°$ مع التحريك حتى التجانس، بعدها يضاف محلولا هيدروكسيد الليثيوم وهيدروكسيد الصوديوم بتركيز 10% وذلك من أجل إجراء عملية التصبن، وبعد نصف ساعة ترفع درجة الحرارة إلى $100C^0$ يُترك المزيج مدة ساعة ونصف، ثم يضاف ما تبقى من زيت الأساس مع التحريك المستمر والتسخين، ثم ترفع درجة الحرارة إلى $150C^0$ ويستمر التحريك مدة 4 ساعات وعندما يتجانس الخليط يُبّرد إلى درجة حرارة الغرفة وبعدها يُختبر الشحم الناتج.

يبيّن الجدول (2) نسب المواد الداخلة في تركيب الشحوم المصنعة (ليثيومي - صوديومي) وكميتها.

الجدول (2) نسب المواد الداخلة في تركيب الشحوم المصنعة (ليثيومي - صوديومي) وكميتها

نسبة المادة المغلظة %	نسبة الصابون الليثيومي %	كمية هيدروكسيد الليثيوم(gr)	كمية المادة الدسمة (gr)	كمية الماء (gr)	نسبة الصابون الصوديومي %	كمية هيدروكسيد الصوديوم (gr)	كمية المادة الدسمة (gr)	كمية الماء (gr)	نسبة زيت الأساس %	كمية زيت الأساس (gr)
20	10	0.3	2	2	90	2.6	18	6.13	80	124
	30	0.91	6	6	70	2	14	4.76		135
	50	1.53	10	10	50	1.45	10	3.4		145
	70	2.1	14	14	30	0.9	6	2		156
	90	2.76	18	18	10	0.3	2	0.68		167
25	10	0.38	2.5	2.5	90	3.3	22.5	7.66	75	116
	30	1.14	7.5	7.5	70	2.55	17.5	6		126
	50	1.9	12.5	12.5	50	1.82	12.5	4.2		136
	70	2.68	17.5	17.5	30	1.1	7.5	2.5		146
	90	3.4	22.5	22.5	10	0.36	2.5	0.85		156
30	10	0.46	3	3	90	3.9	27	9.2	70	109
	30	1.38	9	9	70	3	21	7.1		118
	50	2.3	15	15	50	2.2	15	5.1		127
	70	3.2	21	21	30	1.31	9	3		137
	90	4.14	27	27	10	0.44	3	1.02		146

4- دراسة بعض الخواص الفيزيا - كيميائية لأنواع الشحوم المصنعة:

دُرستْ بعض الخواص الفيزيا-كيميائية لأنواع الشحوم المصنعة باستخدام الطرائق القياسية المتضمنة تحديد كل من: قوامية الشحم (ISO/2137)، والغرز عند الدرجة $25C°$

وبعد التشغيل 60 شوطاً (ASTM-D217-94)، ونقطة السقوط (93- D566-ASTM)، والحموضة الحرة (كحمض زيت حر)% وزناً (D128 - ASTM)، ومقاومة الشحم للماء (ASTM-D1264) (د. حسان حاج ابراهيم، 1991)، التبخر عند الدرجة 90°C (ASTM-D972)، وتآكل صفيحة النحاس (D1743100) (ASTM - C°/24h).

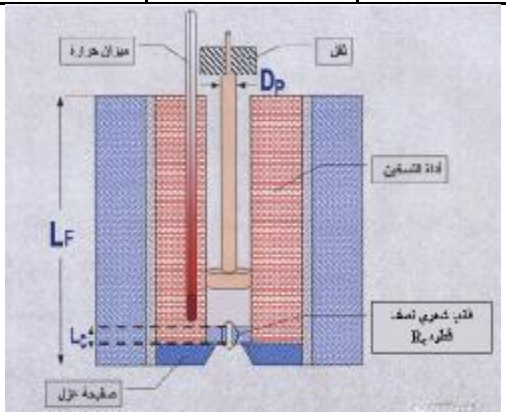
5- التقانة المستخدمة في الاختبارات الريولوجية :

أُجريت الاختبارات الريولوجية باستخدام مقياس اللزوجة المعدني (Deri, F. Behar, o., 1992 .) استُخدم قالب شعري معدني بطول L=64mm وقطر D = 2mm عند درجات الحرارَة C° (5, 25, 30) وبتأثير الضغوط الآتية:

P_a= (5.96. 10^5 – 10.54. 10^5 – 14.06 .10^5 – 16.5. 10^5 – 22.75. 10^5) (باسكال)

الجدول (3) أبعاد القالب الشعري المستعمل

L/R	D (mm)	L(mm)
64	2	64



الشكل (1) مقياس اللزوجة ذو القالب الشعري المعدني
إذْ Lf ارتفاع الجهاز وDp قطر البستون

تُعيَّن غزارة تدفق المادة عبر القالب الشعري (Q) التي يحسب من خلالها معدل سرعة القص الظاهرية (γ_a) وفق العلاقة الآتية [Deri F., *et al.*,1985]:

$$g_a = \frac{4 \cdot Q}{p \cdot R^3 c} \qquad (3)$$

إذْ: Q: غزارة التصريف (cm^3/sec).

Rc: نصف قطر القالب الشعري المستخدم (cm).

γa : معدل سرعة القص الظاهري (sec^{-1})

ومن خلال قيم الضغط عند حمولات مختلفة تُعيَّنُ قيم إجهاد القص الظاهري (τ_a) وفق العلاقة الآتية:

$$t_a = \frac{P \cdot Rc}{2 \cdot Lc} \qquad (4)$$

إذْ: τ_a : إجهاد القص الظاهري (Pa)

Lc: طول القالب الشعري المستخدم (cm)

Rc: نصف قطر القالب الشعري المستخدم (cm).

P: الضغط المطبق (Pa).

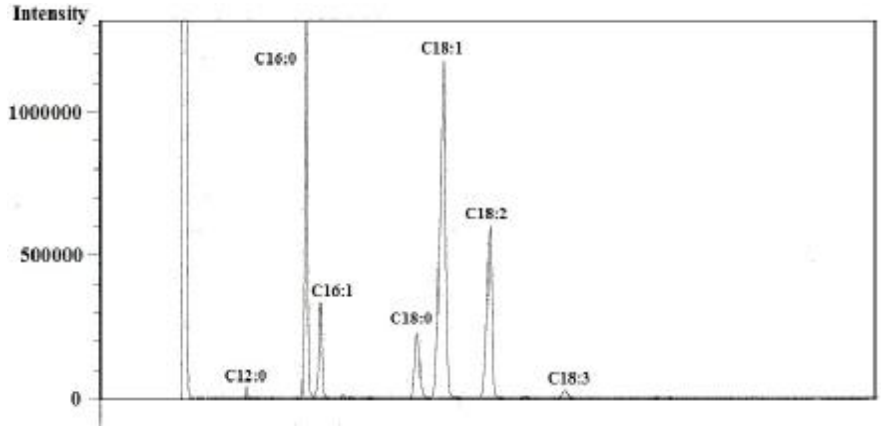
أمَّا قيمة اللزوجة الظاهرية فيمكن حسابها من العلاقة الآتية: (Leblane, J. L.,1974)

$$\eta_a = \frac{\tau_a}{\gamma_a} \qquad (5)$$

النتائج والمناقشة

1- تحديد محتوى الحموض الدسمة المكونة لدهن الدجاج المستخدم في عملية التصبن:

يظهر الشكل (2) كروماتوغراماً لتحليل دهن الدجاج المستخدم في تصنيع الشحم.



الشكل (2) كروماتوغرام لتحليل دهن الدجاج المستخدم

يشير الجدول التالي إلى النسب المئوية لمحتوى الحموض الدسمة الموجودة في دهن الدجاج كما يأتي:

الجدول (4) النسب المئوية لمحتوى الحموض الدسمة في دهن الدجاج

اسم الحمض الدسم	رمز الحمض الدسم	نسبة الحمض الدسم في الدهن %
حمض اللوريك (Lauric Acid)	$C_{12:0}$	0.44
حمض النخيل (Palmitic Acid)	$C_{16:0}$	23.4
حمض البالميتوئيك (Palmaitoic Acid)	$C_{16:1}$	5.73
حمض الستيريك (Stearic Acid)	$C_{18:0}$	7.06
حمض الزيت (Oleic Acid)	$C_{18:1}$	42.78
حمض اللينوليك (Linolic Acid)	$C_{18:2}$	18.62
حمض اللينولينيك (Linolenic Acid)	$C_{18:3}$	0.85

نلاحظ أنَّ مجموع الحموض الدسمة المشبعة تعادل 30% تقريباً ممثلة في أغلبها بحمض النخيل، أمَّا الحموض الدسمة غير المشبعة فتمثل باقي النسبة ممثلة في أغلبها بحمض الزيت.

2– تحديد بعض الثوابت الكيميائية للدهن المستخدم في عملية التصبن:

الجدول (5) بعض الثوابت الكيميائية للدهن المستخدم في عملية التصبن

رقم التصبن	رقم اليود	الحموضة %(مقدرة كحمض زيت)
198	69	3,59

نلاحظ من الجدول السابق ما يأتي:

- يبلغ رقم التصبن 198.
- يبلغ الرقم اليودي 69، وهذا يشير إلى أن الدهن غير جفوف.
- وأن نسبة الحموض الدسمة الحرة أكثر من 3.3% أي غير صالح كمادة غذائية.

3- دراسة بعض الخواص الفيزيا-كيميائية لأنواع الشحوم المصنعة

الجدول (6) الخواص الفيزيائية والكيميائية لأنواع الشحوم المصنعة

نسبة المادة المغلظة %	20					25					30				
نسبةالصابون الليثيومي - الصوديومي%	90/10	70/30	50/50	30/70	10/90	90/10	70/30	50/50	30/70	10/90	90/10	70/30	50/50	30/70	10/90
قوامية الشحم	NLGI- 2					NLGI – 3					NLGI – 3				
الغرز عند الدرجة $25C^{\circ}$	250	262	269	278	289	225	233	240	246	252	230	222	227	233	238
بعد التشغيل 60 شوطاً	257	274	284	288	302	234	239	248	255	262	219	228	235	238	245
نقطة السَقوط °C	127	129	123	122	119	130	126	110	128	122	131	145	116	134	114
مقاومة الماء	تأثر ضئيل														
التبخر عند الدرجة $90C^{\circ}$	(1 – 1.5)%														
TAN %	0.32	0.31	0.20	0.25	0.25	0.26	0.31	0.29	0.20	0.22	0.21	0.25	0.21	0.28	0.19

تشير النتائج إلى أن أفضل نوع من الشحم المصنع مقارنة بالمواصفة القياسية السورية (791/2008) هو الشحم ذو النسبة 30% (70% صابون ليثيومي و30% صابون صوديومي).

تتبعثر المادة المغلظة في زيت التزليق بشكل غرواني لتحوله إلى مادة صلبة أو شبه سائلة. ويوجد تأثير متبادل بين بلورات المادة المغلظة والطور اللزج ، ويرتبط هذا التأثير بنوع هذه المادة ونسبتها الذي يعطي بدوره شحماً جيداً وبفقدان هذا التأثير المشترك يبدو الشحم كالمعلق ويفقد بنيته الغروية.

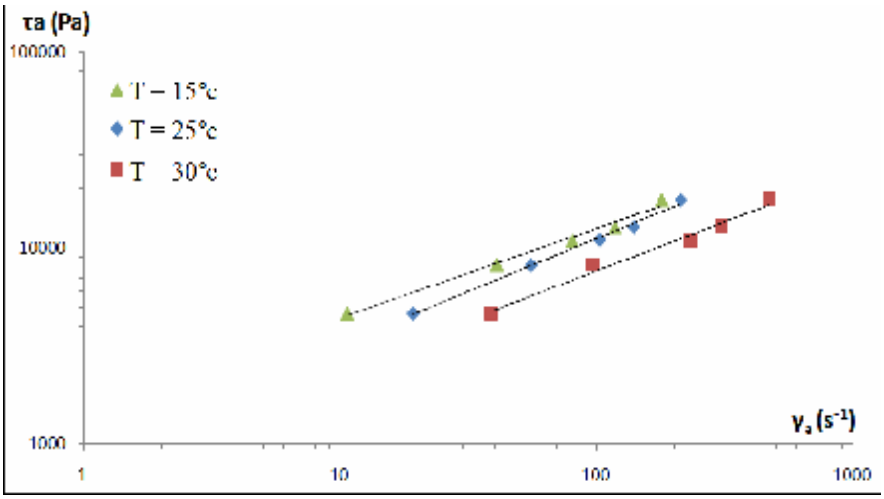
تشكل المادة المغلظة الصابونية القوام الهلامي لشحوم التزليق بالبنية البسيطة (تشير إلى تلك البنية قيمة نقطة السقوط) أي تشكل بنية خيطية (ليفية) في شحوم التزليق بسبب اقتران القوى القطبية.

4- الاختبارات الريولوجية:

دُرستِ الخواص الريولوجية فقط لأفضل شحم وهو ذو النسبة 30%من المادة المغلظة.

1- دراسة منحنى الجريان:

دُرستْ منحنيات الجريان للشحم المدروس؛ وذلك برسم تحولات إجهاد القص الظاهري (τ_a) بدلالة معدل سرعة القص الظاهرية (γ_a) عند درجات الحرارة $(15,25,30)^{\circ}C$، ويبيّن الشكل (3) ذلك.



الشكل (3) تحولات إجهاد القص الظاهري τ_a بدلالة معدل سرعة القص الظاهرية γ_a عند درجات حرارة مختلفة.

يفيد منحنى الجريان هذا في تعيين دليل الجريان (n) الذي يعبّر عن مـــدى انحـــراف المواد عن السلوك النيوتوني، ويمكن حساب دليل الجريان من ميل المستقيمات في الشكل السابق عند درجات الحرارة المدروسة [Deri F., *et al.*,1985] وفق العلاقة الآتية:

$$n = \frac{d(\log t_a)}{d(\log g_a)} \qquad (6)$$

ويبيّن الجدول (7) قيم دليل الجريان n للشحم المدروس.

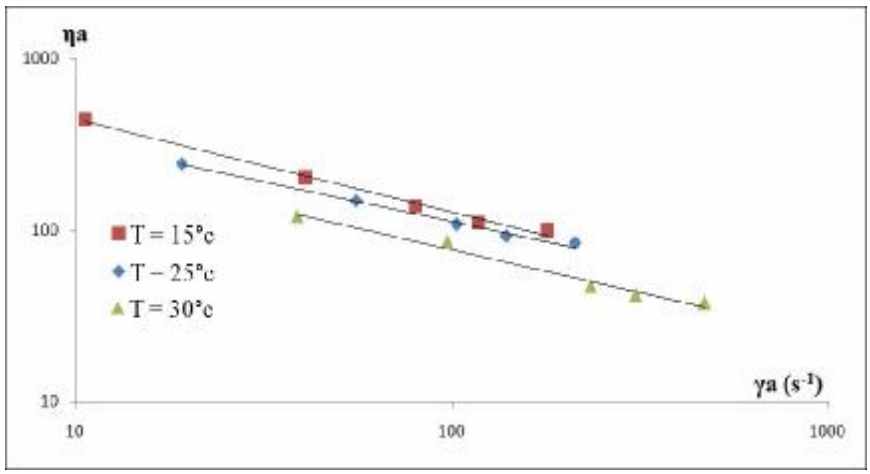
الجدول (7) قيم دليل الجريان n عند درجات الحرارة المطبقة

درجة الحرارة C°	15	25	30
دليل الجريان (n)	0.456	0.539	0.503

تشير النتائج إلى أنَّ (n<1)، وهذا يدلُّ على أن شحم التزليق المدروس ينتمي في سلوكه الريولوجي عند الشروط المطبقة إلى الموائع الشبيهة بالبلاستيك [Cogswell F.N., 1981].

2- منحنى اللزوجة:

دُرستْ منحنيات اللزوجة للشحم المدروس؛ وذلك برسم تحولات اللزوجة الظاهرية Apparent Viscosity (η_a) بدلالة معدل سرعة القص الظاهريـــة (γ_a) عنـــد درجـــات الحرارة C°(15, 25, 30) ويبيّن الشكل (4) ذلك.



الشكل (4) تحولات اللزوجة الظاهرية η_a بدلالة معدل سرعة القص الظاهرية γ_a

ويلاحظ من الشكل السابق أنَّ اللزوجة تنخفض بزيادة معدل سرعة القص، وهذا يُعدُّ من الصفات النموذجية للمواد الشبيهة بالبلاستيك، وهذا السلوك يعود إلى ترتيب السلاسل في الشبكة الناتجة عن المادة المغلظة التي تتعرض إلى إجهاد القص المطبق [Sinthavathavorn W., *et al.*, 2009].

الاستنتاجات

1- يعدُّ دهن الدجاج مادة جيدة في تصنيع الصابون الليثيومي والصوديومي اعتماداً على محتواه من الحموض الدسمة وبعض الثوابت الكيميائية التي تميّزه بذلك.

2- تشير النتائج إلى أن أفضل نوع من الشحم المصنع مقارنة بالمواصفة القياسية السورية (791/2008) هو الشحم ذو النسبة 30% (70% ليثيومي و30% صوديومي)، لإعطاء حكم نهائي على جودة الشحم المصنع يتطلب إجراء اختبار الثباتية تجاه التأكسد.

3- يُعدُّ شحم التزليق المصنع من زيت أساس نفطي سوري مهماً لإمكانية استخدامه في أغراض متعددة.

4- تظهر قيمة n أنها أقل من الواحد ($n<1$) وأنَّ لزوجة المادة η تنخفض مع ازدياد معدل سرعة القص وهذا ما يميّز سلوك المواد الشبيهة بالبلاستيك.

REFERENCES المراجع

بروسكوريكوف، ف. درابكين، أ 1987. كيمياء البترول والغاز الطبيعي، ترجمة عيسى مسوح، دار مير للطباعة والنشر، موسكو.

د.حسان حاج ابراهيم، د.يوسف الجوهر. 1991. شحوم التزليق وخصائصها، هندسة التكرير(1) القسم العملي، منشورات جامعة البعث كلية الهندسة الكيميائية والبترولية، 83-242

مصطفى الحسيني ويوسف طرباي، 2001. أفضل طرق التحليل للزيوت والدهون والصابون ومشتقاتها الثانوية، دار النشر للجامعات ــ مصر.

يوسف عبد الفتاح، مروان وأحمد، محمد آصف. 2000. مذكرة العملي لمقرر الزيوت والدهون الغذائية، جامعة الملك سعود، كلية الزراعة، قسم علوم الأغذية.

الموسوعة العربية، المجلد السادس >> العلوم التطبيقية>> الصناعة >> التزليق.

Bartels, T., *et al.*, 2005. Lubricants and Lubrication" in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry.

Cogswell, F. N. 1981. Polymer Melt Rheology, London John Willey, 50p.

Deri, F., Behar, o., 1992. Viscoelastic behaviour in the molten state of LDPE/pB-1 blends. Polymer International 28, P 63ــ 66.

Deri, F., Genillon R. 1985. Etude Des Proprietes Des Melanges De Polypropylene-Polystyrene et de Polystyrene-Polyethylene BasseDemsite, Die Amgewandte Makromoletkulare Chemie, 134:11-22

Hebrich, k. 1995. AOAC Official Methods of Analysis.

Hobson, G., Dawtrey S. 1975. Lubricating Greases, Modern Petroleum Technology, 4:21:762-781.

Johnson, M. 2008, Understanding Grease Construction And Function, Tribology And Lubricating Technology Magazine.

Leblane, J. L. 1974. Reologie Experimentale des Polymeres à L'Etat fondu (cebedec Mliege), P 214ــ 220 .

Muliawan, E.B., Hatzikiviakos, S. G. 2007. Rheology Of Mozzar-ella Cheese International Dairy Jour., 17:1063-1072.

http://en.wikipedia.org/wiki/Rheology Rheology, From Wikipedia, the free encyclopedia.

Sebenik, R. F., *et al.*, 2005. Molybdenum and Molybdenum Compounds" in Ullmann's Encyclopedia of Chemical Technology.

Sinthavathavorn,W., Nithitana, K., Grady, B., Mangarphan, R. 2009. Melt Rheology And Die Swell Of - Leblanc, J. L., 1974. Rheologi experiment des polymers Alétat fondu CeBeDoc, Liege, p. 33.

Плешков. Ъ. П. ПРАКТЙКУМ ПО ВИОХИМИИ РАСТЕНИЙ. издательства - КОЛОС - МОСКВА . 1968.