تحديد أنجح الطرائق في الكشف عن نقاوة الغليسرين من الناحيتين العلمية والعملية

إحسان موصللي *

الملخص

هدف هذا البحث الى دراسة تغير لزوجة الغليسرين النقي والممزوج بالماء بنسب متفاوتة مع تغير درجات الحرارة وإبتكار أنجح وسيلة تجريبية لكشف غش الغليسرين بالماء وتحديد نسبته.

أوضحت نتائج البحث أن لزوجة الغليسيرين النقي عند الدرجة 0 سْ تساوي 12070 سانتي بويز وتنخفض قيمتها تدريجياً بإرتفاع درجة الحرارة لتصل إلى 14.80 سانتي بويز عند الدرجة 100سْ، وتبين أيضاً أن اللزوجة للغليسيرين النقي 100% عند درجة الحرارة 20سْ بلغت 1410 سانتي بويز، بينما وصلت اللزوجة إلى 3900 سانتي بويز عند إنخفاض درجة الحرارة إلى 10 سْ، كما يوضح أهمية خفض درجة الحرارة للغليسيرين عند الكشف عن الغش بالماء

تنبع أهمية هذا البحث من كون الغليسرين يشكل مكونا أساسياً في الكثير من الصناعات وبالأخص في مانعات التجمد المستعملة في محركات الإحتراق الداخلي، وإذا كانت مواصفات مانع التجمد بسبب غش الغليسرين ومزجه بالماء غير ملائمة فإن تمدد الماء عند إنخفاض درجة الحرارة وتجمده يؤدي إلى تكسر أجزاء المحرك التي يمر عليها، وهذا يشكل خسارة إقتصادية لا يستهان بها.

الكلمات المفتاحية: الغليسرين، الكاربوهيدرات، الماء، الغليسريدات، اللزوجة.

* استاذ مساعد، قسم العلوم الاساسية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، ص ب 30621, سورية.

Best Methods to Detect Purity of Glycerin from Scientific and Practical Approach

Ehssan El – Mosselly *

Abstract

This work Studies the variation of viscosity of pure glycerine and glycerine mixed with water in different proportions as a function of temperature. It also presents best methods to detect glycerine mixed with water and determine the percentage ratio of water in it.

This work shows that viscosity of pure glycerine at zero degree centigrade equals 12070 cpoise and it drops gradually to 14.80 c poise at 100 C°. It shows also that pure glycerin has a viscosity equals 1410 c poise at 100 C° and drops to 3900 c poise at 10 C°. It also indicates the importance of lowering the temperature of glycerin for detecting the percentage of water in non-pure glycerin.

The importance of this work economically since glycerine is an essential component in antigels used in internal combustion engines and if it is mixed with water this will lead to cracks in parts of the engine.

Key wards: Glycerine, Carbohydrate, Water, Glycerol, Viscosity.

* Assistant prof . Dr . , Basic Sciences, Faculty of Agriculture, Damascus University, p.o. box: 30621, Syria

المقدمة:

الغليسرين مركب سائل كحولي ثلاثي الوظيفة (يحوي على ثلاث مجموعات هيدروكسيدية OH) تركيبه الكيميائي $C_3H_5(OH)_3$ وكتلته الجزيئية 92.09 غ/مول ومعروف لدى الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية باسم propan 1.2.3 triol .

يقوم الغليسرين بدور مهم في الطبيعة Segur و Helen (1999) , SDA (1990) فهو ضروري في العمليات الحيوية، وهو مكوناً لكل الخلايا الحية . يوجد في الخمور والبيرة والخبيز وفي معظم منتجات التخمر للحبوب والسكر، كما يوجد في الطبيعة على شكل غليسريدات ثلاثية (المركبات الكيميائية للغليسرين والحموض الدسمة) والتي تنتج بشكل رئيسي من الزيوت النباتية والحيوانية، حيث تتشكل الغليسريدات الثلاثية في النباتات من الكربوهيدرات الناتجة عن التمثيل الضوئي للماء وثاني أكسيد الكربون، وفي الحيوانات نتيجة امتصاص الغليسريدات الموجودة في الأطعمة ومن عملية الإصطناع الحيوي للأغذية الأُخرى وخاصة الكربوهيدرات مع أن تلك العملية تُعد معقدة جداً وغير مفهومة.

الغليسرين مثل غيره من الكحوليات (Dean و john، 1992) ،(SDA،1990) مادة قادرة على تشكيل الإسترات والإتيرات والأمينات والألدهيدات، إلا أن إحتواءه على ثلاث مجموعات هيدروكسيدية تجعله قادراً على تشكيل عدد هائل من المركبات، كما أن إمكانية استبدال هذه المجموعات الهيدروكسيدية الثلاثة بمجموعات كيميائية أُخرى يُسهم في استخداماته بشكل واسع. يُستخدم الغليسرين بسبب خواصه المتعددة (Dean وJohn،1992) في مجالات واسعة تفوق استخدام الكحولات الأخرى، فهو مذيب للدهون واللبيدات ذات الأهمية البالغة في العمليات الحيوية . كما تطور استخدامه من مانعات تآكل إلى عامل استحلاب . ينحل الغليسرين (Budavari، 1989) في الأستون بنسبة 5% وفي خلات الاتيل بنسبة 9%، وهو لا ينحل جزئيا في الكحوليات العالية الزيوت الدسمة والمحلات الكلورية والهيدروكربونية مثل الهكسان والبنزن والكلوروفورم . الغليسرين النقي ثابت تجاه أكسيجين الجو في الظروف العادية إلا أن هذا الثبات سوف

يتغير وقد يؤدي إلى تأكسده مع ارتفاع درجة الحرارة وبوجود وسيط من الحديد أو النحاس، لذلك يجب تجنب تخزين محاليل الغليسرين داخل العبوات الداخل في تركيبها الحديد والنحاس دون استخدام مانعات أكسدة. يتميز الغليسرين بصفات وخصائص فيزيائية متوازنة ومتعددة فهو سائل حلو المذاق، رقيق وشفاف، آمن الاستخدام، ينحل بالماء، عديم اللون والرائحة ويعتبر سائلاً هيدروليكياً كثافته 1.26 غ/سم3 ونقطة تجمده 46.4–سْ ونقطة انصهاره 18.17سْ ونقطة غليانه تصل إلى 290سْ عند الضغط 76سم زئبقي، إضافة إلى ذلك فهو سائل لزج تصل لزوجته إلى 1410 سانتي بواز وتوتره السطحي إلى63.4 دينة/سم عند الدرجة 20سْ، ونقطة وميض محلوله النقي عند حوالي 177سْ، يتم إنتاجه من المولاس ومن المواد الثانوية الناتجة عن صناعة السكر. اعتماداً على خاصية اللزوجة العالية للغليسرين، (Chenlo، وزملاؤه؛ Adamenko وزملاؤه، 2006؛ Cheng،2008) والتي تُعد من أهم خواصه الفيزيائية المتميزة، فقد شاع استخدامه في مجالات صناعية متعددة منها:

1) يدخل في الصناعات الحيوية الحساسة كعامل مذيب للمنكهات والمواد المضافة الملونة للغذاء والمشروبات الكحولية .
2) يدخل في الصناعات الغذائية كعامل يضفي سماكة وقواماً لزجاً عند تحضير المربيات والمستحلبات والجل والعصائر المركزة لكونه مادة أمنة صحياً .
3) يدخل في صناعة الأدوية والمواد الصيدلانية والتجميلية المركزة كمذيب ومانع رطوبة وملمع ومحسن للقوام .
4) يدخل في صناعة معاجين الأسنان والكريمات والمواد المطهرة ومواد التنظيف .
5) يدخل في صناعة الورق حيث يضفي نعومة في الملمس وخفضاً في الانكماش .
6) يدخل في صناعة زيوت المحركات وذلك بسبب ثباته تجاه درجات الحرارة والضغط الخارجي .
7) يدخل في صناعة المطاط والبلاستيك والمواد اللاصقة بسبب قدرته على الإنزلاق .

8) يدخل في الصناعات الكهربائية والإلكترونية مثل ضوء النيون والمكثفات في الراديو والشرائح الإلكترونية في الحواسيب والجوالات .

9) يدخل في صناعة البوليمرات (Wellisch و Sweeting، 1961) وخاصة بوليمر اليوريثان (urethane) .

10) يدخل نترو الغليسرين في صناعة الديناميت بسبب قابليته للإنفجار.

11) تستخدم محاليل الغليسرين في أنظمة التبريد المختلفة حيث أن المحاليل المائية للغليسرين تقاوم التجمد .

تنخفض لزوجة محلول الغليسرين (Chenlo وزملاؤه،2004؛ Dean و Jon،1992) مع إزدياد نسبة الماء فيه، وقد قورنت النتائج التجريبية للزوجة محاليل الغليسرين المشوب بنسب متفاوتة مع النتائج المدونة في الأبحاث، فوجد أن هناك توافقاً فيما بينها مع إنحراف معياري يصل إلى 3.8%، كما وجد أن اللزوجة تنخفض تدريجياً بازدياد نسبة الماء في محاليله وخاصة حين تكون نسبة الماء المضاف اقل من 8% في حين تنخفض اللزوجة بشكل حاد حين تفوق نسبة الماء المضاف 8%.

بين Kyung (1999) أن قيم اللزوجة تنخفض بشكلٍ سريع عند زيادة درجات الحرارة بالنسبة للمحاليل المشوبة بالماء بنسب أقل من 8% لتصبح أقل حدة عندما تصبح نسبة الماء المضاف أعلى من 8%.

نظراً للاستخدام الواسع لمادة الغليسرين في الأوساط الصناعية والمخبرية فقد ظهرت في الأسواق عبوات بمقاسات كبيرة من قبل الشركات المنتجة لتلك المادة كُتب عليها محاليل الغليسرين النقي وأحياناً يكُتب عليها نسبة النقاوة 90% أو أكثر أو أقل، ولكن في الحقيقة هي محاليل تجارية دون المواصفات العلمية وبنسب نقاوة منخفضة جداً (مغشوشة)، وهذا لا يظهر ولا يمكن معرفته آنياً إلا من خلال دراسة متعمقة لتغير قيم اللزوجة لمحاليل الغليسرين لإكتشاف الغش التجاري .

هدف البحث:

هدف هذا البحث إلى تعيين الغش التجاري لمادة الغليسرين من خلال دراسة تغيير لزوجة الغليسرين النقي والممزوج بالماء بنسب متفاوتة مع تغيير درجات الحرارة وإبتكار أنجح وسيلة تجريبية لكشف الغش وتحديد نسبته عند درجات حرارة متباينة.

مواد البحث وطرائقه

الأدوات المستخدمة:

جهاز قياس اللزوجة ويتكون كما في الشكل (1) مما يلي:

1. حمام مائي بأبعاد 40 × 40 × 40 سم .
2. منظم حراري مزود بمقياس حرارة مناسب .
3. أنبوب زجاجي بطول 50 سم مدرج ومزود بقاعدة .
4. حبيبات زجاجية معروفة الكثافة بقطر 0.5 سم تقريباً .
5. ساعة ميقاتيه .
6. دوارة لولبيه .
7. عبوات 5 ليتر من الغليسرين النقي 100%.
8. عبوات 5 ليتر من الماء المقطر .

الشكل (1). جهاز قياس اللزوجة

طرائق العمل:

إعتمد الباحث طريقة **استوك** لتعيين اللزوجة حيث تتضمن: إذا سمح لكرة معدنية أو زجاجية نصف قطرها r أن تسقط تحت تأثير الجاذبية الأرضية في سائل لزج واكتسبت سرعة معينة، فإن طبقة السائل التي تلامس الكرة أثناء هبوطها رأسياً تعيق حركتها وتعمل على الحد من سرعتها، ولكن سرعان ما تكتسب تلك الكرة سرعة ثابتة منتظمة v أثناء هبوطها، وهذا يدل على أن قوة الجاذبية الأرضية التي تؤثر على الكرة إلى أسفل تتعادل مع قوة رفع السائل لها مضافاً إليها القوة الناتجة عن لزوجة السائل المتجهة إلى أعلى، الأمر الذي لا يسفر عنه وجود تسارع يؤثر على الكرة.

أثبت استوك أن الكرة الصغيرة أثناء هبوطها في السائل المراد تعيين معامل لزوجته $\boldsymbol{\eta}$ تقع تحت تأثير قوى ثلاث:

1- قوة الجاذبية الأرضية وتعمل إلى أسفل وتساوي

$$\frac{4}{3}\pi r^3 \rho_1 g \ldots . \quad 1$$

حيث r نصف قطر الكرة و ρ_1 كثافة مادة الكرة .

2- قوة دفع السائل للكرة وتعمل إلى أعلى وهي تساوي وزن كمية السائل ذو حجم مساوٍ لحجم الكرة وتساوي

$$\frac{4}{3}\pi r^3 \rho_2 g \ldots . \quad 2$$

حيث ρ_2 كثافة السائل.

3- القوة F الناتجة عن لزوجة السائل، وتعمل هذه القوة إلى أعلى وتساوي

$6\pi\boldsymbol{\eta} vr \ldots . \quad 3$ حيث $\boldsymbol{\eta}$ معامل لزوجة السائل، v السرعة المنتظمة لهبوط الكرة داخل السائل.

وبما أن الكرة تهبط باتزان فإن القوى الثلاثة المؤثرة عليها متزنة وبذلك يكون:

$$\boldsymbol{\eta} = \frac{2}{9}\frac{r^2 g(\rho_1 - \rho_2)}{v} \ldots . \quad \boldsymbol{I}$$

تتضمن طريقة استوك لتعيين قيمة اللزوجة الخطوات التنفيذية التالية:

1- وضع المحلول المعروف الكثافة ρ_2 في أنبوب رأسي مدرجة واسعة المقطع طولها حوالي 50 سم وله قاعدة يوضع داخل حمام مائي يحوي منظم حراري .

2-إسقاط حر لكرة زجاجية معروفة الكثافة ρ_1 ، ونصف قطرها r، وبالاستعانة بساعة ميقاتيه لتعيين الزمن t الذي تستغرقه الكرة في سقوطها وقطعها المسافة L بين علامتين على الأنبوب بعد أن تكون قد هبطت في السائل مسافة كافية لوصولها لسرعتها المنتظمة النهائية V والتي تحسب من ($V = \frac{L}{t}$).

وبتطبيق المعادلة $\boldsymbol{I}$ نستنتج قيمة اللزوجة بالنظام السغثي (C . G . S.) حيث أن كلا من r , L بالـ (cm) و V ($\mathbf{cm/sec}$) وكل من $\boldsymbol{\rho_1}$, $\boldsymbol{\rho_2}$ بالـ ($\boldsymbol{g/cm^3}$) وإن ($g = 980\ cm/sec^2$) وبالتالي فإن واحدة معامل اللزوجة $\boldsymbol{\eta}$ هي ($\boldsymbol{g/cm.sec}$) والتي تعرف **(بواز)**.

3- تكرر العملية السابقة لخمس كرات ضمن الجدول التجريبي، وتتم الدراسة الإحصائية لحساب المتوسطات، والإرتيابات النسبية والمطلقة ، والقيمة المطلقة للزوجة حسب الأصول .

خطوات البحث:

1- تجهيز عبوات من محاليل الغليسرين المشوب بالماء بنسبة مزج متزايدة تدريجياً.

2-تعيين لزوجة المحاليل السابقة المتدرجة النقاوة وذلك عند درجات حرارة متزايدة تبدأ من t = 0 سْ وحتى t = 100 سْ لكل محلول على حده، وذلك باستخدام طريقة استوك ومقارنة النتائج مع نتائج باحثين آخرين أجريت عام 1990 قام بها باحثون من SDA.

3-ترتيب نتائج القياسات ضمن جدول موضح فيه قيم اللزوجة η بواحدة centi poise ودرجات الحرارة t بدءاً من 0 سْ وحتى 100 سْ وبزيادة تدريجية للنقاوة كما هو واضح بالجدول المرفق (الجدول 1).

4–تم رسم منحنيات بيانية باستخدام برنامج Excel على ورقة نصف لوغريتمية بين قيم اللزوجة **η** ودرجات الحرارة t لكل نسبة نقاوة على حده.

5–تجميع ودمج جميع الرسومات البيانية السابقة على لوحة واحدة ضمن تدريج موحد لتسهيل عملية الدراسة المقارنة واستخلاص النتائج (الشكل 2).

6–إجراء دراسة كيفية وصفية لقيم اللزوجة η وتغيرها عند درجات الحرارة المختلفة وذلك عند ثبات نسبة النقاوة.

7–إجراء دراسة كيفيه وصفية لقيم اللزوجة η وتغيرها عند نسب النقاوة المختلفة وذلك عند ثبات درجة الحرارة.

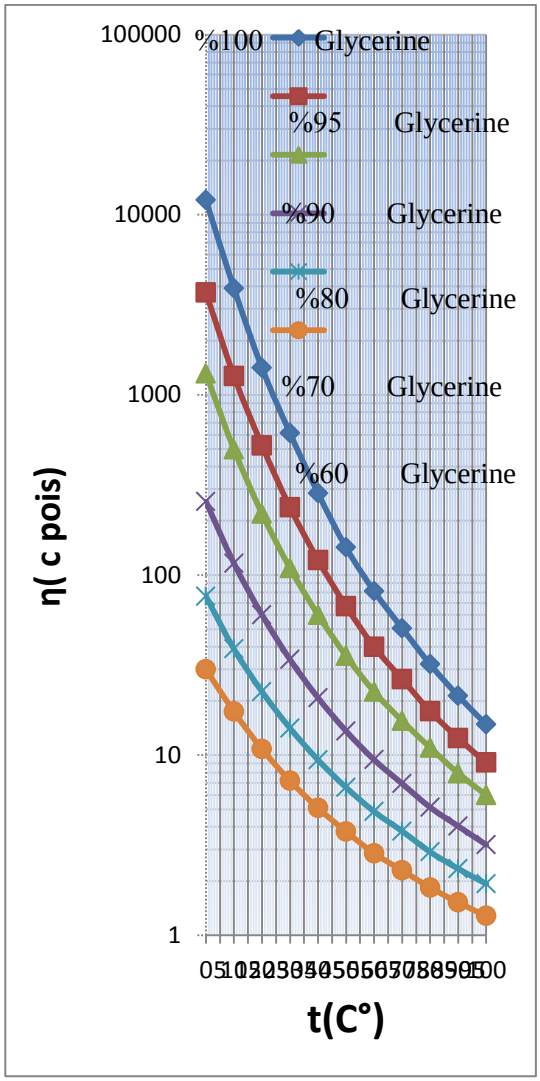
8–إجراء الدراسة الإحصائية والمقارنة لتوضيح كيفية تعيين واكتشاف وجود الغش في مادة الغليسرين النقي ومقدار ذلك الغش نتيجة مزجه بالماء.

– تم إنجاز الجزء العملي لهذا البحث منذ بداية عام 2017 في مخبر الفيزياء في كلية الزراعة – جامعة دمشق.

الجدول (1). القياسات التجريبية لقيم لزوجة الغليسيرين بواحدة (سانتي بواز) عند نسب نقاوة ودرجات حرارة مختلفة

نسبة النقاوة %	درجات الحرارة (مْ)										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0[1]	1.792	1.308	1.005	0.8007	0.6560	0.4594	0.4688	0.4061	0.3565	0.3165	0.2838
10	2.44	1.74	1.31	1.03	0.826	0.680	0.575	0.500	-	-	-
20	3.44	2.41	1.76	1.35	1.07	0.879	0.731	0.635	-	-	-
30	5.14	3.49	2.50	1.87	1.46	1.10	0.956	0.816	0.690	-	-
40	8.25	5.37	3.72	2.72	2.07	1.62	1.30	1.09	0.918	0.763	0.668
50	14.6	9.01	6.00	4.21	3.10	2.37	1.86	1.53	1.25	1.05	0.910
60	29.9	17.4	10.8	7.19	5.08	3.76	2.85	2.29	1.84	1.52	1.28
65	45.7	25.3	15.2	9.85	6.80	4.89	3.66	2.91	2.28	1.86	1.55
67	55.5	29.9	17.7	11.3	7.73	5.50	4.09	3.23	2.50	2.03	1.68
70	76	38.8	22.5	14.1	9.40	6.61	4.86	3.78	2.90	2.34	1.93
75	132	65.2	35.5	21.2	13.6	9.25	6.61	5.01	3.80	3.00	2.43
80	255	116	60.1	33.9	20.8	13.6	9.42	6.94	5.13	4.03	3.18
85	540	223	109	58	33.5	21.2	14.2	10.0	7.28	5.52	4.24
90	1310	498	219	109	60.0	35.5	22.5	15.5	11.0	7.93	6.00
91	1590	592	259	127	68.1	39.8	25.1	17.1	11.9	8.62	6.40
92	1950	729	310	147	78.3	44.6	28.0	19.0	13.1	9.46	6.82
93	2400	860	367	172	89	51.5	31.6	21.2	14.4	10.3	7.54
94	2930	1040	437	202	105	58.4	35.4	23.6	15.8	11.2	8.19
95	3690	1270	523	237	121	67.0	39.9.	26.4	17.5	12.4	9.08
96	4600	1580	624	281	142	77.8	45.4	29.7	19.6	13.6	10.1
97	5770	1950	765	340	166	88.9	51.9	33.6	21.9	15.1	10.9
98	7370	2460	939	409	196	104	59.8	38.5	24.8	17.0	12.2
99	9420	3090	1150	500	235	122	69.1	43.6	27.8	19.0	13.3
100	12070	3900	1410	612	284	142	81.3	50.6	31.9	21.3	14.8

حيث 1 poise = 100 c poise



الشكل (2). الرسوم البيانية على ورق نصف لوغاريتمي يوضح العلاقة بين قيم اللزوجة ودرجات الحرارة لكل نسبة من نسب النقاوة

النتائج والمناقشة:

1- يظهر من الجدول (1) أن لزوجة الماء تكون بقيمتها العظمى عند الدرجة t = 0 سْ وتتناقص تدريجياً بإرتفاع درجة الحرارة لتصل إلى قيمتها الدنيا عند الدرجة t = 100 سْ، وهي تتراوح ما بين 1.79 سانتي بواز و 0.28 سانتي بواز.

2- المنحني البياني عند النقاوة 100% (المحلول غليسرين نقي تماماً) والمعبر عن تغيرات **η** ودرجة الحرارة t يفيد بأن لزوجة الغليسرين النقي عند الدرجة 0 سْ تساوي 12070 سانتي بواز وتنخفض قيمتها تدريجياً بإرتفاع درجة الحرارة لتصل إلى 14.8 سانتي بواز عند الدرجة 100 سْ.

3- عند إختلاف النسبة المئوية للنقاوة فإن المنحنيات البيانية تأخذ نفس الإتجاه العام ولكن بإختلاف القيم المعبرة عن اللزوجة عند درجات الحرارة المختلفة .

4- عند إختلاف النقاوة يلاحظ تناقص قيم اللزوجة **η** مع درجات الحرارة t .

5- عند ثبات درجة الحرارة يلاحظ زيادة اللزوجة بإزدياد نقاوة الغليسرين وتكون هذه الزيادة كبيرة عند درجات الحرارة المنخفضة وبالتالي فإن كشف الغش يكون فعالاً عند درجات الحرارة المنخفضة.

دراسة ومقارنة الخطوط البيانية ومناقشة النتائج:

يتبين من قيم اللزوجة على الخطوط البيانية (الشكل 2) ما يلي:

1- ازدياد قيم اللزوجة بازدياد نسبة النقاوة، وتكون هذه الزيادة كبيرة عند درجات الحرارة المنخفضة (جدول 2) مثلا:

a. لزوجة الغليسرين بنسبة نقاوة 100% عند الدرجة 20 سْ هي 1400 سانتي بواز في حين أن اللزوجة للغليسرين المشوب بنسبة نقاوة 60% عند نفس الدرجة هي لزوجة الغليسرين بنسبة نقاوة 100% عند الدرجة 10 سْ هي 3900 سانتي بواز في حين أن اللزوجة للغليسرين المشوب بنسبة نقاوة 60% عند نفس الدرجة هي 17 سانتي بواز فهي اخفض بـ 229.47 مرة .

b. لزوجة الغليسرين بنسبة نقاوة 100% عند الدرجة 0 سْ هي 12000 سانتي بواز في حين أن اللزوجة للغليسرين المشوب بنسبة نقاوة 60% عند نفس الدرجة هي30 سانتي بواز فهي أخفض بـ 400 مرة .

يوضح الجدول (2). تفاصيل النتائج وبالتالي فإن:

كشف الغش للغليسرين يكون أكثر فاعلية حين يكون مبرداً .

الجدول (2). قيم اللزوجة عند نسب نقاوة ودرجات حرارة مختلفة .

t (c^o)	η (c poise)	η 1 (c poise)	η 2 (c poise)	η 3 (c poise)	η 4 (c poise)	η 5 (c poise)	η 6 (c poise)
0	12070	3690	1310	255	76	29.9	14.6
10	3900	1270	498	116	38.8	17.4	9
20	1410	523	219	60.1	22.5	10.8	6
30	612	337	109	33.9	14.1	7.19	4.21
40	284	121	60	20.8	9.4	5.08	3.15
50	142	67	35.5	13.6	6.61	3.76	2.37
60	81.3	39.9	22.5	9.42	4.86	2.85	1.86
70	50.6	26.4	15.5	6.94	3.78	2.29	1.53
80	31.9	17.5	11	5.13	2.9	1.84	1.25
90	21.3	12.4	7.93	4.03	2.34	1.52	1.05
100	14.8	9.08	6	3.18	1.93	1.28	0.91

حيث **η** لزوجة الغليسرين بدرجة نقاوة **100%**

η1 لزوجة الغليسرين بدرجة نقاوة 95% (مشوب 5%)

η2 لزوجة الغليسرين بدرجة نقاوة 90% (مشوب 10%)

η3 لزوجة الغليسرين بدرجة نقاوة 80% (مشوب 20%)

η4 لزوجة الغليسرين بدرجة نقاوة 70% (مشوب 30%)

η5 لزوجة الغليسرين بدرجة نقاوة 60% (مشوب 40%)

η6 لزوجة الغليسرين بدرجة نقاوة 50% (مشوب 50%)

2- لدى حساب النسبة $\frac{\eta_{\text{نقي}}}{\eta_{\text{مشوب}}}$ عند درجات الحرارة 0 سْ، 10 سْ، 20 سْ مثلاً والتي دونت في (الجدول 3) يتبين أن أنجح وسيلة لكشف الغش في الغليسرين هو إختبار العينة عند الدرجة الحرارية 0 سْ وذلك لأن النسبة $\frac{\eta_{\text{نقي}}}{\eta_{\text{مشوب}}}$ تساوي ثلاثة أضعاف قيمة اللزوجة للغليسرين المشوب بنسبة 5% وأكثر من ثمانيمائة ضعف للغليسرين المشوب بنسبة 50%.

الجدول (3). النسبة ($\frac{\eta_{\text{نقي}}}{\eta_{\text{مشوب}}}$) عند درجات حرارة مختارة

t (c°)	η / η1	η / η2	η / η3	η / η4	η / η5	η / η6
0	3.27	9.2	47.3	158.8	404	827
10	3.17	7.8	34	100.5	224	433
20	2.7	6.4	23.5	63	130.5	235

الاستنتاجات:

- يتضح مما سبق أنه عند ثبات درجة الحرارة، تزداد لزوجة الغليسرين بزيادة نسبة النقاوة.
- لدى إنخفاض درجة الحرارة فإن الزيادة في اللزوجة تكون كبيرة.
- أنجح وسيلة لكشف الغش في الغليسرين عند درجة الحرارة صفر مئوية.

التوصيات:

توصي نتائج البحث بإجراء الاختبارات السريعة للتحقق من نقاوة الغليسيرين، وكشف الغش التجاري –إن وجد– من خلال تعيين اللزوجة وفق الخطوات التالية:

1- تحريك العبوة المعتمدة تجارياً والمطروحة للبيع بشكل كامل ليتم المزج والانحلال.

2- أخذ عينة (2 ليتر) من المحلول ووضعها في جهاز قياس اللزوجة الموجود في مخابر الفيزياء وضبط المنظم الحراري عند الدرجة 0 سْ.

3- تعيين قيمة اللزوجة للعينة وفق الإجراءات التجريبية المتبعة.

4- مقارنة قيمة اللزوجة مع الخطوط البيانية في الشكل (1) وأخذ فكرة سريعة عن نسبة النقاوة.

5- التحقق من خلال الجداول (1، 2، 3) عند الدرجة 0 سْ لتحديد نسبة النقاوة للمحلول بشكل دقيق.

المراجع:

- **Adamenko, II; Bulavin, L.; Ilyin, V. (2006).** Anomalous behavior of glycerol - water Solutions. Journal of molecular liquids, Vol. 127. No. 4
- **Budavari, S. (1989)**. Editor, Glycerol, The Merek Index: An Encyclopedia of chemicals, Merck & company Rahway New Jersey. P. 892
- **Chenlo, F.; Moreira, R.; Pereira, G.; Bello, B. (2004)**. Kinematic Viscosity and water activity of aqueous solutions of glycerol and sodium chloride. European. Food Research and Technology.
- **Chenge, N., S. (2008).** Formula for viscosity of glycerol - water mixture. Industrial and Engineering chemistry Research, vol 47.
- **Dean, John A. (1992).** Lange's Handbook of Chemistry, 4th ed. MC Gram - Hill, New York.
- **Kyung Kwon; Sanjeev Roy**. **(1999)**. Experiments on Viscosity of Aqueous Glycerol solution Tuskegee univ. Tuskegee All 3060 8 chemical Engineering Education.
- **S D A overview**. **(1990)**. The Soap and Detergent Association, Glycerine a Glycerine and oleo chemical Division New York. P. 776.
- **Segur, J. B; Helen E. Oberstar**. **(2009).** Viscosity of Glycerol and its Aqueous Solutions Industrial and Engineering chemistry 3rd ed. P. 667.
- **Wellisch, E. Sweeting O., I. (1961).** Physical properties of Glycerine and its solution Applied Polymer Sci., vol 18. No. 7