تحضير أغشية نصف نفوذة من بولي ڤينيل بوتيرال ودراسة خواصها الكيميائية والفيزيائية والميكانيكية

خاتون الحمد* **أ.د فواز الديري**** **أ.د أحمد الفلاح***

الملخص

حضرت ثلاثة أغشية نصف نفوذة مختلفة التركيز من بولي ڤينيل بوتيرال (PVB) باستخدام طريقة تحول الحال، وتعدّ هذه الطريقة أساسية في الحصول على أغشية مستوية. ودرست خواصها الكيميائية، وهي (درجة تحمل الأغشية لتركيز الكلور ومجال ال pH)، والخواص الفيزيائية وهي (اللزوجة والمسامية)، والخواص الميكانيكية (قوة الشد والانفعال والمرونة). وقد أظهرت النتائج أن غشاء بولي ڤينيل بوتيرال المحضر من التراكيز المختلفة قد تحمل تركيز الكلور (ppm3000)، والتراكيز (12%,15%) كانا الأعلى من حيث درجة التحمل لتغيرات pH الوسط، في حين أن غشاء بولي ڤينيل بوتيرال ذا التركيز (15%) كان الأعلى من حيث قوة الشد والانفعال، لكنه كان الأدنى من حيث معامل المرونة (معامل يونغ) والمسامية، قيست اللزوجة عند التراكيز المنخفضة، وكان التركيز (2%) هو الأعلى من حيث اللزوجة.

الكلمات المفتاحية: أغشية نصف نفوذة، بولي ڤينيل بوتيرال، طريقة تحول الحال.

* طالبة ماجستير، قسم الكيمياء، كلية العلوم، جامعة دمشق، سورية.

**أستاذ، قسم الكيمياء، كلية العلوم، جامعة دمشق، سورية.

Preparation of Semi permeable Polyvinyl butyral Membranes and Study of Their Chemical, Physical and Mechanical Properties

K. Al-hamad[*] Dr. F.Al-Deri[**] Dr. A. Al-Falah[**]

Abstract

In This work, we had prepared three semipermeable membranes with different concentration of polyvinyl butyral by the phase inversion process. This way is a basic method to get flat membranes. The membranes were tested for chemical properties (chlorine tolerance and pH range), physical properties (viscosity and porosity), and mechanical properties (tensile strength , strain and modulus of elasticity). The results showed that the polyvinyl butyral membrane prepared from different concentrations stand the chlorine concentration (ppm3000), and (12% ,15%) having the higher pH range, while the polyvinyl butyral (15%) membrane having the higher tensile strength and strain, but it was having the lowest modulus of elasticity (Young's Modulus) and porosity, viscosity was measured in low concentration was showed that polyvinyl butyral (2%) solution having the higherst viscosity.

Key words: Semipermeable membraners , polyvinyl butyral, Phase inversion process.

[*] Master student in Department of Chemistry, Faculty of Sciences, Damascus University, Syria.

[**] Professor in Department of Chemistry, Faculty of Sciences, Damascus University, Syria.

1.المقدمة:

تُعرّف الأغشية بأنها الحاجز بين طورين مختلفين يحول دون التماس المباشر بينهما يمكن أن تمر عبره الغازات والسوائل انتقائيًا بسرعات متفاوتة، أو يسمح لجزيئات وأيونات محددة بالنفوذ **(Permeate)** عبره؛ إذ تتحرك الجزيئات عبر الغشاء بالانتشار غالبًا وتتعلق سرعة النفوذية بتركيز أو ضغط أو درجة حرارة الجزيئات في جهة معينة من الغشاء، ويمكن أن تتعلق أيضًا بحجم الجزيئات **[2,1]**. ظهرت الأغشية كوسيلة صالحة لتنقية المياه في الستينيات من القرن الماضي مع تطوير أغشية اصطناعية عالية الأداء. أدت الندرة المتزايدة في مصادر المياه العذبة إلى الدفع نحو موارد البيئة البديلة مثل مياه المحيطات. وفي السبعينيات من القرن الماضي بدأ استخدام الأغشية لتحلية المياه. أثبتت الأغشية نجاحها في إنتاج المياه النقية، وعلى مر السنين أصبحت معايير المياه النقية أكثر صرامة، وهناك عدد كبير من التطبيقات الجديدة التي اختفت، ومع ذلك فقد وصلت الأغشية إلى مستوى التحدي وتستمر في الأداء بكفاءة وفعالية**[3]**. تتضمن عملية تحضير الأغشية تقانات مختلفة يمكن تطبيقها على البوليمرات كلها أو على بعض منها، وتعطي كل منها نتائج مختلفة في بنية الغشاء المحضر ومساميته وحجم المسام، ومن أهم الطرائق عملية تحول الحال، وهي عملية ينتقل فيها البوليمير من الحال السائلة إلى الحال الصلبة وفق شروط محددة **[5,4]**. تُعدُّ هذه الطريقة من أفضل الطرائق للحصول على أغشية صفائحية مستوية بمسامية مرتفعة نسبيًا، وتعتمد تقنية تحول حال الغشاء على سكب المحلول البوليمري المتجانس على سطح مستوٍ، ومن ثم تبخير المحلول المسكوب جزئيًا **[6]**. بولي ڤينيل بوتيرال هو عبارة عن مسحوق أبيض اللون خال من الحبيبات، ينتج من تفاعل بولي ڤينيل الكحول مع بوتير الدهيد في وسط حمضي قوي، قابل للذوبان في الإيتانول ورباعي هيدروالفوران (THF)**[8,7]**، له خواص لاصقة ومتميزة مع العديد من المواد

مثل المعادن والزجاج والبلاستيك والخشب**[9]**، ويستخدم، أيضًا، في مجموعة من التطبيقات بما في ذلك الأحبار والدهانات والطلاءات وغيرها من التطبيقات**[10]**.

2.هدف البحث:

هدف هذا البحث تحضير غشاء نصف نفوذ من بولي ڤينيل بوتيرال بطريقة تحول الحال، ودرست الخواص الكيميائية للغشاء المحضر، ومنها درجة التحمل للكلور باستخدام هيبو كلوريت الصوديوم NaOCl، وتحديد مجال PH عمل الأغشية البوليمرية باستخدام محاليل واقية من ($HCl+CH_3COOH$)و($NaOH+NH_4OH$) ، والخواص الفيزيائية ومنها اللزوجة وتعيين مسامية الأغشية، ودرست الخواص الميكانيكية أيضًا (قوة الشد والانفعال والمرونة).

3.مواد البحث وطرائقه:

1.3. المواد والأدوات والأجهزة المستخدمة:

بوليمر بولي ڤينيل بوتيرال مستورد من شركة SIGMA، ايتانول C_2H_5OH، كثافته $0.790 cm^3/g$ نقاوته (99.9) مستورد من شركة MERCK، هيبوكلوريت الصوديوم NaOCl، كثافة $1.22 cm^3/g$ ، تركيزه 14%، مستورد من شركة Yaklasik، إيزوبوتانول $C_4H_{10}O$، كثافته $0.8 cm^3/g$ مستورد من شركة Merck، حمض كلور الماء HCl وحمض الخل CH_3COOH وهيدروكسيد الصوديوم NaOH وهيدروكسيد الأمونيوم NH_4OH. مقياس اللزوجة لآبل هود Ubbelohde Viscometer جهاز اختبار الشد Tensile Tester من شركة Testometric M350-10KN (Testometric Company Ltd,Rochdale,UK) جهاز قياس السماكة Thickness Instrument (Digimatic Caliper Mitutoyo 500-196)، ميزان الكتروني حساس (Precisa 92SM-202A) دقته (0.00001g).

2.3. القسم العملي:

1. طريقة تحضير الغشاء:

يحضر غشاء بولي ڤينيل بوتيرال بطريقة الفصل المحرض حراريًا Thermally Induced Phase Separation: بتحضير عدد من المحاليل المتجانسة من بولي فينيل بوتيرال في الإيتانول بتراكيز مختلفة (Ethanol ml 100/PVb g 15,12,8)؛ إذ تمزج المحاليل بواسطة خلاط مغناطيسي لعدد من الساعات (5 ساعات) بسرعة متوسطة عند درجة حرارة من ($C^0$40) حتى تمام ذوبان البوليمر في الإيتانول والحصول على محلول متجانس، يترك المحلول جانبًا مدة ساعة أو أكثر للتخلص من الفقاعات الموجودة فيه. وبعدها يسكب المحلول المتجانس على سطح لوح زجاجي أملس، ويوزع المحلول بشكل متساوٍ على كامل السطح وبالثخانة نفسها بواسطة سكين الصب لمنع تشكّل فقاعات الهواء داخل المحلول. يترك المحلول المصبوب على اللوح الزجاجي فترة من الزمن حتى يتبخر كامل المذيب، ويفصل الغشاء عن السطح على شكل غشاء شفاف **[11]**.

2. تحضير المحاليل:

- **تحضير محاليل هيبو كلوريت الصوديوم:** تم تحضير محاليل هيبو كلوريت الصوديوم NaOCl بتراكيز مختلفة (2000 , 3000, 4000 , 5000 ppm).
- **تحضير المحاليل الواقية:** تم تحضير محاليل واقية عدة مختلفة ال pH من (pH=3-10) باستخدام ($NaOH+NH_4OH$) و ($HCl+CH_3COOH$).

3. الخواص الكيميائية للغشاء البوليمري:

- تعيين درجة تحمل الغشاء البوليمري للكلور:

يوزن الغشاء البوليمري بشكله الجاف، ومن ثم ينقع في المحاليل المحضرة للكلور مدة يوم كامل، وبعدها ينقل الغشاء إلى الماء المقطر مدة 3 دقائق للتخلص من آثار الكلور، ثم يجفف

جيدًا ويوزن بعد التجفيف ويسجل الفرق في الوزن ما بين الغشاء الجاف والغشاء المعالج بالكلور، ويعيين تركيز الكلور الذي حصل عنده فقدان في وزن الغشاء، ومنه يعيين تركيز الكلور الذي يتحمله الغشاء دون حصول تخرب في بنيته **[12]**.

- تعيين مجال pH عمل الغشاء البوليمري:

يوزن الغشاء البوليمري بشكله الجاف، ومن ثم ينقع في المحاليل الواقية المحضرة مدة يوم كامل، ثم ينقع الغشاء في الماء المقطر مدة 3 دقائق للتخلص من أي آثار للمحاليل على الغشاء، ثم يجفف الغشاء جيدًا ويوزن بعد التجفيف ويسجل الفرق في الوزن ما بين الغشاء الجاف والغشاء المعالج بالمحاليل الواقية مختلفة ال pH، ونحدد pH المحلول الذي حصل فيها فقد في وزن الغشاء ومنه يعيين مجال ال pH الذي يعمل ضمنه الغشاء دون حصول تخرب في بنيته**[13]**.

4. الخواص الفيزيائية للغشاء البوليمري:

- تعيين مسامية الغشاء:

تعيين المسامية بأخذ عينات من الغشاء المحضر ووزنها، ثم نقعها بماء ثنائي التقطير مدة 24 ساعة، بعدها يجفف الغشاء المعالج بشكل جيد، ويطرح وزن الغشاء الجاف من وزن الغشاء المعالج باستخدام ميزان حساس **[14]**. ويُعبر عن مسامية الغشاء بتقسيم حجم المسام على كامل حجم الغشاء، وتحسب من العلاقة:

$$P\% = \frac{(W_w - W_d) \times \rho_p}{(W_w - W_d) \times \rho_p + W_d \times \rho_i} \times 100\% \quad (1)$$

حيث W_w: وزن الغشاء المعالج بماء ثنائي التقطير (g).

W_d: وزن الغشاء الجاف غير المعالج بالماء المقطر (g).

ρ_i: كثافة الماء ثنائي التقطير ($cm^3/g1$).

ρ_p: كثافة الغشاء البوليمري (g/cm^3).

- تعيين اللزوجة النسبية وقيمة K_{wert}-Value واللزوجة المميزة والوزن الجزيئي اللزوجي لمحاليل الأغشية عند تراكيز منخفضة:

يقصد باللزوجة: إحدى خواص السائل التي تعبر عن المقاومة التي تعانيها جزيئات السائل عند حركتها أو قياس مقاومة السائل للقص أو للتشوه الزاوي أو المقاومة التي تبديها الجزيئات ضد بعضها بعضًا عند حركتها**[15]**. تتعين اللزوجة النسبية η_{rel} من معرفة الزمن t اللازم لمرور كمية معينة من محلول البوليمر خلال أنبوب شعري في جهاز آبل هود والزمن t_0 اللازم لمرور الكمية نفسها من المذيب في الجهاز عند درجة الحرارة نفسها وذلك باستعمال العلاقة:

$$\eta_{rel} = \frac{t}{t_0} \qquad (2)$$

تحسب قيمة K_{wert}-Value لكل بوليمر حسب علاقة فيكيشنر (Fikentscher):

$$Log\eta_{rel} = \left(\frac{75k^2}{1 + 1.5 \times k \times C} + k\right) \times C \qquad (3)$$

حيث η_{rel}: اللزوجة النسبية.

C: تركيز محلول البوليمر (g/100ml).

K_{wert}-Value: هو معامل تجريبي مرتبط ارتباطًا وثيقًا باللزوجة المميزة.

k: يمثل معامل فيكيشنر.

K_{wert}-Value=1000*k

تحسب اللزوجة المميزة $[\eta]$ (g/100 ml) من العلاقة:

$$[\eta] = \frac{0.25(\eta_{rel} - 1) + (1.725 \log \eta_{rel})}{C} \qquad (4)$$

حيث يحسب الوزن الجزيئي اللزوجي M_v من علاقة ماركوفينغ:

$$[\eta] = K \times M_v^{\alpha} \qquad (5)$$

حيث أنَّ (K و α) ثوابت تعتمد على طبيعة البوليمر والمذيب ودرجة الحرارة **[16,15]**.

5. الخواص الميكانيكية للغشاء البوليمري:

يمكن تعريف الخواص الميكانيكية بأنّها الخواص التي تتعلق بسلوك المادة عند تعريضها للأحمال المؤثرة سواءً أكانت هذه الأحمال إستاتيكية أو ديناميكية متكررة؛ إذ إن الخواص الميكانيكية تستخدم كأساس للمقارنة بين المواد الهندسية المختلفة**[15]**.

يستخدم في جهاز قوة الشد نموذج العظمة؛ إذ قص الغشاء المحضر على شكل العظمة وبالأبعاد نفسها لكن بثخانة الغشاء المحضر.

– قوة الشد σ(N/cm^2): هي القوة F المطبقة على الغشاء على وحدة مساحة مقطع نموذج العظمة S **[18,17,15]** وتحسب قوة الشد من العلاقة:

$$\sigma = \frac{F}{S} \qquad (6)$$

حيث F: القوة المطبقة على الغشاء (N)

S: مساحة مقطع نموذج العظمة (cm^2)

– الانفعال ε: هو التوتر المتمثل بالاستطالة في الطول نتيجة للتعرض إلى الإجهاد σ، ويقصد بالاستطالة نسبة التغير في الطول إلى الطول الأصلي للنموذج **[18,17,15]** ويحسب الانفعال ε من العلاقة:

$$\varepsilon = \frac{L - L_0}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0} \qquad (7)$$

حيث أنَّ L_0: الطول الأولي للغشاء قبل تطبيق أي قوة عليه (cm).

L: الطول النهائي للغشاء قبل التمزق (cm)

– معامل المرونة (معامل يونغ) E (N/cm^2): هو قدرة المادة على استعادة أبعادها الأصلية بعد زوال الثقل المؤثر فيها، أو هو النسبة بين الإجهاد والانفعال **[18,15]** كما هو مبين بالعلاقة:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \qquad (8)$$

6. النتائج والمناقشة:

1.6. تشكيل غشاء بولي فينيل بوتيرال:

تبين لدينا أنّ الأغشية المحضرة من التراكيز (8% ,12%,15%) من بولي ڤينيل بوتيرال أعطت أغشية متجانسة السطح ذات ثخانة مقبولة نسبيًا وخالية من العيوب والثقوب وتمت إزالتها بسهولة من سطح اللوح الزجاجي، في حين أن التراكيز المنخفضة (أقل من8%) أعطت أغشية غير متجانسة السطح وذات ثخانة منخفضة ومليئة بالثقوب وكان هناك صعوبة في إزالتها من سطح اللوح الزجاجي، في حين كانت هناك صعوبة في ذوبان البوليمر في المذيب عند التراكيز العالية (أكبر من 15%) كما هو موضح بالجدول1:

الجدول (1) العلاقة بين تركيز محلول بولي ڤينيل بوتيرال والغشاء المتشكل

تركيز محلول بولي ڤينيل بوتيرال% (v/w)	الغشاء المتشكل	الثخانة	النتيجة
من 1% إلى 6%	غشاء رقيق جدًا ضعيف مليء بالعيوب يوجد صعوبة في إزالته	أقل من0.01 mm	غير مناسب لتشكيل الأغشية
من 8 % إلى 12 %	غشاء متوسط الثخانة متجانس خالي من العيوب تمت إزالته بسهولة	mm 0.13-0.07	مناسب لتشكيل الأغشية
%15	غشاء سميك متجانس خالي من العيوب تمت إزالته بسهولة	mm 0.15	مناسب لتشكيل الأغشية
أكبر من 15%	يوجد صعوبة في انحلال البوليمر في المحل	--	--

2.6. درجة تحمل غشاء بولي فينيل بوتيرال للكلور:

بينت النتائج أنّ الأغشية ذات التراكيز (8%,12%,15%) من بولي ڤينيل بوتيرال قد تحملت تركيز الكلور (3000 ppm) دون أن يحدث تخرب في بناها، وفوق هذا التركيز يتم التخريب في بنية الغشاء بسبب التركيز العالي للكلور كما هو موضح بالجدول 2:

الجدول (2) درجة تحمل غشاء بولي فينيل بوتيرال للكلور

الغشاء	التركيز %	ثخانة الغشاء (mm)	درجة تحمل الغشاء للكلور (ppm)
بولي فينيل بوتيرال	%8	mm 0.07	ppm 3000
	%12	mm 0.13	ppm 3000
	%15	mm 0.15	ppm 3000

3.6. عمل أغشية بولي فينيل بوتيرال ضمن مجال pH:

بينت النتائج أنّ الغشاء ذا التركيز (12% ,15%) من بولي ڤينيل بوتيرال كان الأعلى من حيث تحملة لتغيرات مجال pH دون أنّ يحدث تخرب في بنية الغشاء المحضر، أي أنّه بازدياد تركيز المحلول البوليمري للغشاء المحضر تزداد درجة تحمله لتغيرات pH كما هو موضح بالجدول 3:

الجدول (3) عمل غشاء بولي ڤينيل بوتيرال ضمن مجال pH

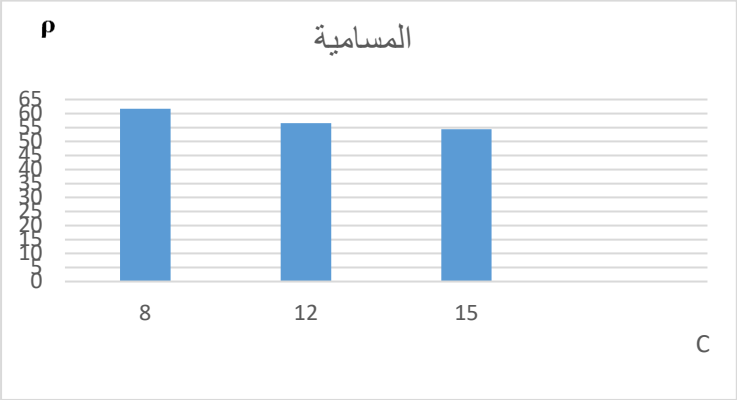
الغشاء	التركيز %	ثخانة الغشاء (mm)	مجال pH عمل الغشاء
بولي ڤينيل بوتيرال	%8	mm 0.07	5←3
	%12	mm 0.13	10←3
	%15	mm 0.15	10←3

4.6. تعيين مسامية الغشاء:

بينت النتائج أنه بازدياد تركيز المحلول البوليمري المشكل للغشاء تنخفض المسامية ويمكن تفسير ذلك بأنه بازدياد تركيز المحلول البوليمري تزداد ثخانة الغشاء، ومن ثم تزداد كثافته ويعود ذلك إلى بطء المذيب أو سرعة تبخره وإلى الزمن الذي يستغرقة المذيب للتبخر من سطح الغشاء، ومن ثمّ تنخفض المسامية كلما ارتفع تركيز المحلول البوليمري المشكل للغشاء كما هو موضح بالجدول 4 والشكل 1:

الجدول (4) مسامية الغشاء البوليمري المحضر

الغشاء	التركيز %	ثخانة الغشاء (mm)	المسامية %
بولي ڤينيل بوتيرال	%8	mm 0.07	%61
	%12	mm 0.13	%56
	%15	mm 0.15	%54



الشكل (1) المسامية P% للأغشية المحضرة من بولي ڤينيل بوتيرال بدلالة تركيز البوليمر

5.6. اللزوجة النسبية وقيمة K_{wert}-Value واللزوجة المميزة والوزن الجزيئي اللزوجي لمحاليل الأغشية عند تراكيز منخفضة:

عينت اللزوجة النسبية من معرفة الزمن t اللازم لمرور كمية معينة من المحلول في جهاز آبل هود، وأيضًا معرفة الزمن t_0 اللازم لمرور المحل في الجهاز نفسه عند درجة حرارة معينة وفق العلاقة (2) كما هو مبين بالجدول 5:

الجدول (5) زمن مرور المحلول البوليمري لبولي ڤينيل بوتيرال والمذيب في جهاز آبل هود

البوليمر	تركيز المحلول البوليمري (g/100ml)	زمن مرور المحلول البوليمري t (sec)	زمن مرور المذيب t_0 (sec) (ايتانول)
بولي ڤينيل بوتيرال	0.5	31.13	27.89
	1	36.60	
	1.5	43.04	
	2	50.90	

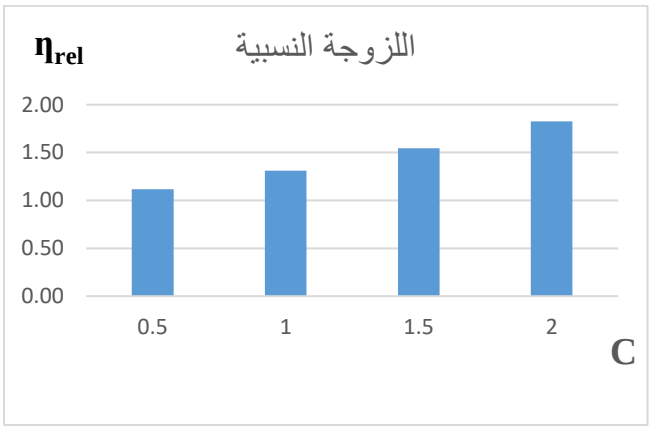
بعد معرفة زمن مرور المحلول البوليمري والمحل في جهاز آبل هود يمكن حساب قيمة K_{wert}-Value واللزوجة المميزة من العلاقة (3,4)، ويحسب الوزن الجزيئي اللزوجي M_v من علاقة ماركوفينغ بالاعتماد غلى قيم (K و α) وفق العلاقة (5) كما هو موضح بالجدول 6:

حيث أنَّ: (K = 0.0014 , α = 0.80) [19].

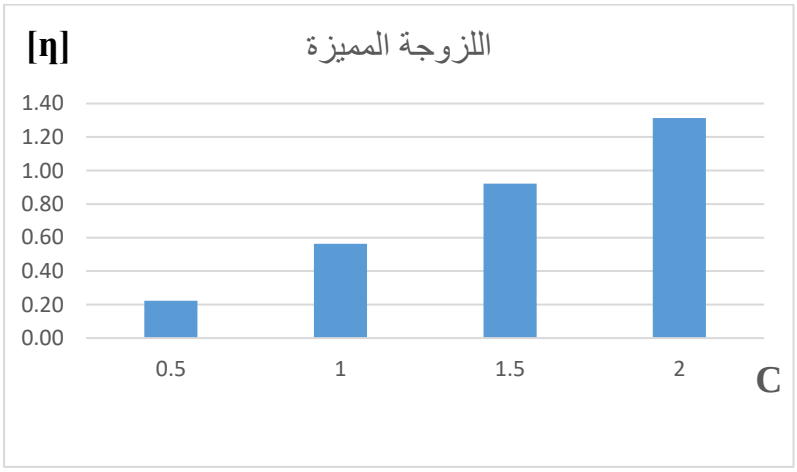
الجدول (6) اللزوجة النسبية واللزوجة المميزة والوزن الجزيئي اللزوجي وقيمة K_{wert}-Value لمحلول بولي ڤينيل بوتيرال عند تراكيز منخفضة

البوليمر	تركيز المحلول البوليمري (g/100ml)	اللزوجة النسبية η_{rel}	اللزوجة المميزة $[\eta]$	الوزن الجزيئي اللزوجي Mv	K_{wert}-Value
بولي ڤينيل بوتيرال	0.5	1.12	0.22	30800	32.4
	1	1.31	0.56	108798	
	1.5	1.54	0.92	212360	
	2	1.83	1.31	344015	

بينت النتائج أنَّ اللزوجة النسبية واللزوجة المميزة تزداد بازدياد تركيز المحلول البوليمري لبولي ڤينيل بوتيرال كما هو موضح بالشكل 2 و3:



الشكل (2) اللزوجة النسبية η_{rel} لمحلول بولي ڤينيل بوتيرال بدلالة تركيز البوليمر



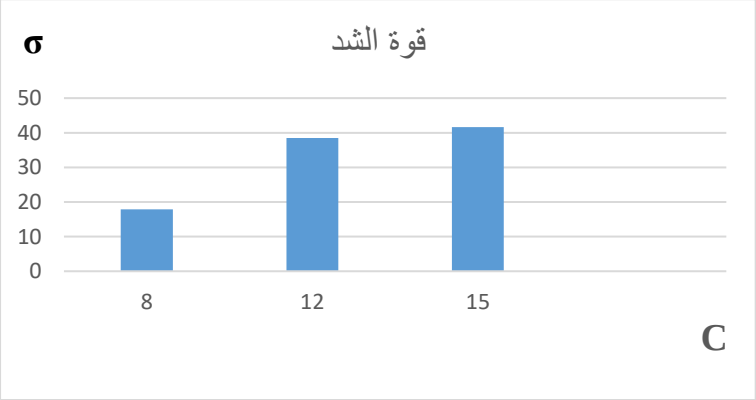
الشكل (3) اللزوجة المميزة [η] لمحلول بولي ڤينيل بوتيرال بدلالة تركيز البوليمر

6.6. قوة الشد والانفعال والمرونة (معامل يونغ):

بينت النتائج أن الغشاء ذا التركيز 15% يتحمل قوة شد وانفعالًا أعلى، ولكن له معامل مرونة (معامل يونغ) أدنى من الأغشية ذات التراكيز المنخفضة كما هو مبين بالجدول وموضح بالشكل 4:

الجدول (7) قوة الشد والانفعال والمرونة للغشاء البوليمري المحضر

الغشاء	التركيز %	قوة الشد σ (cm^2/N)	الانفعال ε	المرونة E (cm^2/N)
بولي ڤينيل بوتيرال	%8	17.85	0.08	223.12
	%12	38.46	0.25	153.84
	%15	41.66	0.5	83.32



الشكل (4) قوة الشد σ للأغشية المحضرة من بولي ڤينيل بوتيرال بدلالة تركيز البوليمر

الاستنتاجات:

- الأغشية المحضرة من التراكيز (8%,12%,15%) من بولي ڤينيل بوتيرال أعطت أغشية متجانسة وذات ثخانة مقبولة وخالية من العيوب والثقوب وأزيلت بسهولة من سطح اللوح الزجاجي، في حين أن التراكيز المنخفضة (أقل من 8%) أعطت أغشية غير متجانسة السطح وذات ثخانة منخفضة ومليئة بالثقوب، وكان هناك صعوبة في إزالتها من سطح اللوح الزجاجي.
- الأغشية المحضرة من بولي ڤينيل بوتيرال كانت لها القدرة على تحمل تركيز الكلور المرتفع.
- الأغشية ذات التراكيز (12%,15%) لها القدرة على تحمل تغيرات pH.
- الأغشية ذات التراكيز العالية تنخفض فيها المسامية بازدياد ثخانة الغشاء.
- تزداد اللزوجة النسبية واللزوجة المميزة والوزن الجزيئي اللزوجي بازدياد تركيز المحلول البوليمري.
- الغشاء ذا التركيز (15%) يتحمل قوة شد وانفعالًا أعلى من الأغشية ذات التركيز الأخرى، ولكن له معامل مرونة (معامل يونغ) أدنى من الأغشية ذات التراكيز الاخرى.

References:

1. Sae-Khow, O., Mitra, S., 2010, Pervaporation In Chemical Analysis, Journal Of Chromatography A 1217, 2736-2746.
2. Cheryan, M., 1998, Ultrafiltration and Microfiltration Handbook. CRC Press, Technology & Engineering , 552.
3. Amjad, Z. (Ed.). 1993. Reverse osmosis: membrane technology, water chemistry, and industrial applications (p. 210). New York: Van Nostrand Reinhold.
4. Van de Witte, P., Dijkstra, P. J., Van den Berg, J. W. A., & Feijen, J. 1996. Phase separation processes in polymer solutions in relation to membrane formation. Journal of membrane science, 117(1-2), 1-31.
5. Zeman, L.J., & Zydney, A.L., 1996, Microfiltration and Ultrafiltration: Principles and Applications, Marcel Dekker, INC, New York. Basel, 642.
6. Ulbricht, M., 2006, Advanced Functional Polymer Membranes, Elsevier Ltd, Polymer 47,2217-2262.
7. Mrkvičková, L., Daňhelka, J., & Pokorný, S. 1984. Characterization of commercial polyvinylbutyral by gel permeation chromatography. Journal of applied polymer science, 29(3), 803-808.
8.Sultan, S,R., Salah, N.J., Abdul Razak, A.A., 2010, Improve the performance of epoxy resin and Poly (Vinyl butyral) as an aluminum metal adhesion, Al-Taqani, 23(1), 35-45.
9. Nakane, K., Kurita, T., Ogihara, T., Ogata, N., 2004, Properties of poly (vinyl butyral)/TiO2 nanocomposites formed by sol-gel Process. Compos.Part B:Engineering, 35(3), 219-222.
10. Lin, Q., Li, Y., & Yang, M. 2012. Highly sensitive and ultrafast response surface acoustic wave humidity sensor based on electrospun polyaniline/poly (vinyl butyral) nanofibers. Analytica chimica acta, 748, 73-80.
11. Kucera, J., 2010, Reverse Osmosis Design, Processes, And Applications For Engineers, Co-Published By John Wiley & Sons Inc. Hoboken New Jersey And Scrivener Publishing LLC,Salem,Massachusetts,81,115-188.
12. Xie, W., Geisea, G., Freeman, B., Lee, H., Byun. G., Mcgrath, J., 2012, Polyamide Interfacial Composite Membranes Prepared From M-

Phenylenediamine, Trimesoyl Chloride And A New Disulfonated Diamine, Journal Of Membrane Science 403-404,152-161.

13. Wailin , S., Pérezsicairos, S., Navarro, R., 2007, Preparation, Characterization And Salt Rejection Of Negatively Charge Polyamide Nanofiltration Membranes, J.Mex.Chem.Soc, 51(3),129-135.
14. Akbari, A., Yegani, R., 2012, Study On The Impact Of Polymer Concentration And Coagulation Bath Temperature On The Porosity Of Polyethylene Membranes Fabricated Via TIPS Method, Journal Of Membrane And Separation Technology, 1,100-107.
15. د، الديري.ف، د، الحموي.م، الغرويات والجزيئات الضخمة، جامعة دمشق 2017.
16. Al-Ahmad, T., Al-Deri, F., 2012, Intrinsic Viscosity [η], K_{wert}- Value and viscosity average molecular relationship for some polymers, Damascus University Journal for Basic Sciences, 28,20-31.
17. Milisavljević , J., Petrović, E., Ćirić, I., Mančić, M., Marković, D., Dordević, M., 2012, Tensile Testing For Different Types Of Polymer, Danubia-Adria Symposium, University Of Belgrade, Serbia.
18. Kim, M., Lee, S., Kang, J., and Bae, K., 2005, Preparations Of Polypropylene Membrane With High Porosity In Supercritical CO2 and Its Application For Pemfc, j. ind. Eng. Chem., vol.11,no. 2,187-193.
19. https://link.springer.com/content/pdf/bbm%3A978-3-662-03910-6%2F1.pdf.