دراسة حركية للمواد القاصرة مع دراسة الأداء للوصول إلى صيغة مسحوق آلي (منخفض الرغوة) بقدرة تنظيفية عالية

صفاء عوض قبيعة وعبد المجيد البلخي

قسم الكيمياء ــ كلية العلوم ــ جامعة دمشق ــ سورية

تاريخ الإيداع 2011/10/27
قبل للنشر في 2012/02/06

الملخص

هَدَفَ هذا البحث إلى دراسة سلوك المواد القاصرة فوق الأكسجينية (فوق كربونات الصوديوم، فوق بورات الصوديوم أحادية الماء، فوق بورات الصوديوم رباعية الماء) ضمن صيغة المسحوق المنظف منخفض الرغوة من حيث نسبة تفككها، بوجود المنشط ودون وجود منشط، عند درجات حرارة مختلفة، وتحديد النسبة المثلى من المواد القاصرة والمنشط، بغية الوصول إلى صيغة مسحوق منخفض الرغوة قدرته التنظيفية عالية.

الكلمات المفتاحية: فوق كربونات الصوديوم، فوق بورات الصوديوم، رباعي أستيل إيتلن ثنائي الأمين، القدرة التنظيفية، مسحوق منخفض الرغوة (آلي).

A Kinetic Study of Bleach Materials with a Study to Reach a Low Foam Powder Formula

S. A. Qubiea and A. M. Al-Balkhi

Department of Chemistry, Faculty of Sciences, Damascus University, Syria.
Received 27/10/2011
Accepted 06/02/2012

ABSTRACT

The purpose of this research is to study the performance of peroxide bleach materials (sodium carbonate peroxy hydrate, sodium perborate mono hydrate, sodium perborate tetra hydrate) within the low foam powder formula, in terms of its rate of disintegration with and without an activator, under different temperatures, in order to obtain a high detergency low foam powder formula.

Key words: Sodium carbonate peroxy hydrate, Sodium perborate, Tetraacetylethylenediamine, Detergency, low foam powder.

المقدمة

تُعد المنظفات من المواد الاستهلاكية الأساسية في حياة الفرد والمجتمع، وقد تنوعت تنوعاً كبيراً وفقاً لنطاق استخدامها أو لشكلها الفيزيائي (مسحوق، سائل، معجون، كريم)، وسنتناول في هذه الدراسة مساحيق الغسيل منخفضة الرغوة أو ماتعرف بالآلية المستخدمة في الغسالات الآلية (الأوتوماتيكية).

يدخل في تركيب مساحيق الغسيل منخفضة الرغوة العديد من المكونات كالمواد الفعالة السطحية التي تعمل على خفض التوتر السطحي للسائل مما يسهل عملية تبلل الغسيل ونزع الأوساخ، والمواد البناءة التي تقوم بتحرير محلول الغسيل من أيونات الكالسيوم والمغنزيوم المسببة لعسرة المياه؛ مثل متعدد ثلاثي فُسفات الصوديوم، والمواد القاصرة، والمواد المساعدة (المُحسنات) كالأنزيمات والمسطعات الضوئية، ومانع إعادة توضع الأوساخ وغيرها.

تُعد المواد القاصرة أحد المكوِّنات الأساسية لمنتجات التنظيف والغسيل، وتُستهلك عالمياً كميات كبيرة من المواد القاصرة تزيد على 750.000 طناً سنوياً، وتُشكل الأملاح فوق الأكسجينية (فوق كربونات الصوديوم وفوق بورات الصوديوم أحادية الماء وفوق بورات الصوديوم رباعية الماء) 85% من مجموعها، كما تُستخدم منشطات المواد القاصرة مثل رباعي أستيل إيتلن ثنائي الأمين (Tetraacetylethylenediamine) ويرمز له TAED ونونانويل أوكسي بنزن سلفونات الصوديوم (Nonanoyl oxybenzene sodium sulfonate) ويرمز له SNOBS ويشكل المركبان 98% من مجموع المنشطات المستهلكة عالمياً[8,1].

تتضمن عملية القصر إما إزالة اللون كلياً أو جزئياً أو التخفيف من حدته، وتجري هذه العملية عادة على النسيج كالألياف السيللوزية وغيرها لمنحها اللون الأبيض الناصع أو لتهيئتها للصباغة بألوان مختلفة، وتُفسر هذه العملية كيميائياً كعملية أكسدة وإرجاع للمواد الملونة لهذه الألياف.

تُستخدم عوامل القصر المتعددة لقصر النسيج والورق والخشب، كما تُستخدم في منتجات العناية الشخصية مثل تبيض الأسنان والعناية بالبشرة. وقد دخلت بقوة في عالم المنظفات لدورها الكبير في عملية إزالة البقع القابلة للقصر.

يوجد نوعان من المواد القاصرة:

- المواد القاصرة الكلورية.
- المواد القاصرة الأكسجينية.

تراجع استخدام المواد القاصرة الكلورية في الوقت الحاضر لفعلها التخريبي على الأنسجة والألياف، ولما تُسببه من تهيج في الجهاز التنفسي ومن حروق للجلد، وبالمقابل تزايد الإقبال على استخدام المواد القاصرة فوق الأكسجينية[2]، وتُحضر هذه المواد من تفاعل الماء الأكسجيني مع الأملاح اللاعضوية (كربونات وبورات).

استُخدمت أملاح فوق البورات الأحادية والرباعية كعوامل قصر فعالة في مساحيق التنظيف ولدورها المهم في التعقيم، ولكن بينت البحوث أن هذه الأملاح تتفكك ببطء عند درجات الحرارة العادية، إلا أن التفكك يغدو أسرع في المجال ما بين 60 إلى 80 مئوية، حيث يظهر مفعول القصر عند الدرجة 80 مئوية[6,3]، مما أدى إلى استخدام منشطات المواد القاصرة التي تساعد على تفكك هذه الأملاح عند درجات حرارة منخفضة.

أدى الاستخدام الكبير لأملاح فوق البورات إلى ارتفاع نسبة عنصر البورون في المياه التي يصعب التخلص منها بسهولة [5,4]، ونظراً إلى التوجه العالمي نحو استخدام مواد صديقة للبيئة وحفظ الطاقة؛ تراجع استخدام فوق البورات ودخلت فوق كربونات الصوديوم عالم القصر بقوة وبخاصة في (المنظفات) نظراً إلى ميزاتها العالية: حيث ينتج عن تفككها كربونات الصوديوم التي تؤمن بدورها الوسط القاعدي (القلوي) من جهة أولى، وترفع القدرة التنظيفية من جهة ثانية، فضلاً عن كثافتها العالية، وفعلها التعقيمي، كما تعدُّ من المواد الصديقة للبيئة [9,7,6].

أهمية البحث وأهدافه

هَدَفَ هذا البحث إلى التوصل إلى صيغة جديدة لمسحوق تكون فيه القدرة التنظيفية عالية من خلال دراسة سلوك المواد القاصرة و تحديد النسبة المثلى من المواد القاصرة والمنشط المستخدم في الصيغة النهائية للمسحوق منخفض الرغوة (الآلي)؛ مما يقتضي:

- دراسة تفكك المواد القاصرة ضمن صيغة المسحوق الآلي حركياً بوجود المنشط ودون منشط.
- دراسة أداء هذه المواد القاصرة ضمن صيغة المسحوق الآلي.

مواد البحث وطرائقه:

- فوق بورا ت الصوديوم أحادية الماء (Sodium perborate mono hydrate) (NaBO2.H2O2=NaBO3.H2O) ويرمز لها (SPB1)، (الوزن الجزيئي: 99.81gr/mol، الأكسجين الفعال: % 15.56، الكثافة:gr/cm^3 549.00).
- فوق بورا ت الصوديوم رباعية الماء (Sodium perborate tetra hydrate) (NaBO2.H2O2.3H2O=NaBO3.4H2O) ويرمز لها (SPB4)، (الوزن الجزيئي: 153.86gr/mol، الأكسجين الفعال: % 10.20، الكثافة gr/cm^3 806.00).

- فوق كربونات الصوديوم (Sodium carbonate peroxy hydrate) ($2Na_2CO_3.3H_2O_2 = Na_2CO_3.1.5H_2O_2$) ويرمز لها (SPC)، (الوزن الجزيئي: 314.00gr/mol، الأكسجين الفعال: 13.3%، الكثافة: 1150 gr/cm^3).

- رباعي أستيل إيتلن ثنائي أمين (Tetraacetylethylenediamine) ($C_{10}H_{16}N_2O_4$) ويرمز له TAED (الوزن الجزيئي:228.00gr/mol، المحتوى الفعال:93.00%، الكثافة: 466.00 gr/cm^3).

- فوق منغنات البوتاسيوم ($KMnO_4$)، تركيزه: 100.00-99.00%

- حمض الكبريت: (H_2SO_4)، تركيزه: 97.00-95.00%.

مصادر المواد الكيماوية المستخدمة شركة MERCK.

- استُخدم في دراسة أداء المواد القاصرة: قطع قماشية متسخة بأوساخ اصطناعية قياسية من النوع الهدروفيلي (hydrophilic) وحساسة للمواد القاصرة، ونبيّن في الجدول (1) القطع المستخدمة في الدراسة:

الجدول (1) القطع القماشية القياسية المتسخة اصطناعياً

نوع الوسخ	نوع النسيج	الرقم القياسي للقطعة القياسية
شاي	قطن / بوليستر	EMPA 168
فريز	قطن	C-BC-06
عنب	بوليستر/ قطن	PCS-11

الأجهزة المستخدمة:

- جهاز غسيل مخبري (Targo-O-Meter) من نمط الغسالات المفتوحة من الأعلى مصمم عالمياً، المجال الحراري (من 10إلى 150درجة مئوية).
- جهاز قياس فرق الانعكاس الضوئي DATACOLOR SPECTRAFLASH 600PLUS مجهز بمنبع الضوئي D65، UV فلتر فعال عند طول موجة 460 نانومتراً (فلتر FL64) دون لمعة.

قيس أداء مساحيق الغسيل باستخدام جهاز قياس فرق الانعكاسية وباستخدام قطع قماشية متسخة بأوساخ قياسية، وجرى ذلك بغسل هذه الأقمشة ضمن جهاز الغسيل المخبري، وبحسب الطريقة المعتمدة من قبل هيئة المواصفات والمقاييس السورية 2002/2572.

يعتمد تقييم الأداء على إسقاط الضوء على قطعة القماش القياسية قبل اتساخها، ثم إسقاطه على القطعة القياسية المتسخة، وأخيراً قياس انعكاسية الضوء على القطعة المتسخة قبل الغسيل و بعده، والتجفيف في الظل، ويعبر عن القدرة التنظيفية بالعلاقة:

$$D\% = (Rw-Rd/Ri-Rd) \times 100$$

D%: نسبة القدرة التنظيفية ، Rw: قيمة الانعكاسية بعد الغسيل، Ri : قيمة الانعكاسية للقطعة البيضاء، Rd :قيمة الانعكاسية قبل الغسيل.

طريقة البحث:

أولاً: الدراسة الحركية للمواد القاصرة ضمن صيغة المسحوق الآلي:

أُجريت دراسة مقارنة حركية لتفكك المواد القاصرة (فوق كربونات الصوديوم وفوق بورات الصوديوم أحادية الماء وفوق بورات الصوديوم رباعية الماء) ضمن صيغة المسحوق الآلي.

أُجريت هذه الدراسة بتحضير محاليل من المواد القاصرة المدروسة بنسبة ثابتة من الأكسجين الفعال 1.0% وبإضافة نسب مختلفة من منشط TAED تعادل (100, 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20, 10, 0%) من وزن المادة القاصرة، واختيرت قساوة الماء 300ppm كحد وسطي للقساوات المدروسة في القطر.

أُجريت التجارب الحركية لكل مادة من المواد القاصرة على حدة، وجرت مراقبة تفكك المادة القاصرة بوجود المنشط TAED مدة 60 دقيقة من خلال معايرة محلول التجربة كل 15 دقيقة باستخدام محلول فوق منغنات البوتاسيوم تركيزه 0.1N. وتعبّر النتائج المحسوبة عن نسبة الأكسجين الفعال المتحرر، علماً بأنه استُخدم مُكرر ثلاثي لكل تجربة، ودُرستْ كل مادة عند ثلاث درجات من الحرارة 30 ,40 ,60 مئوية.

ثانياً:اختبار أداء المواد القاصرة ضمن صيغة المسحوق الآلي:

أُجريت دراسة مقارنة لأداء المواد القاصرة (فوق كربونات الصوديوم وفوق بورات الصوديوم أحادية الماء وفوق بورات الصوديوم رباعية الماء) ضمن صيغة المسحوق الآلي.

الحالة الأولى: تثبيت نسبة الأكسجين الفعَّال وتغيير نسب المنشط ضمن صيغة المسحوق الآلي:

حُضّر مسحوق آلي بنسبة أكسجين فعَّال (1.5%) باستخدام المواد القاصرة المدروسة، واستُخدمت نسب مختلفة من المنشط تعادل (100, 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20, 10, 0%) من وزن المادة القاصرة، وأُجريت عملية الغسيل باستخدام جهاز الغسيل المخبري، حيث كان تركيز المسحوق 1.0% ضمن محلول الغسيل، ومدة الغسيل 20 دقيقة، واستُخدمت القطع القماشية القياسية القابلة للقصر من النمط الهدروفيلي (بقعة الشاي وبقعة الفريز وبقعة العنب)، وكُرر الغسيل عند ثلاث درجات من الحرارة 30 ,40 ,60 مئوية.

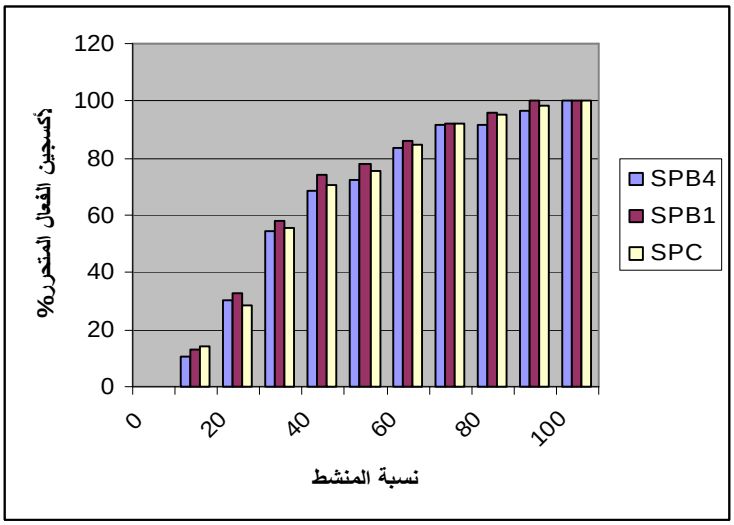
الحالة الثانية: تثبيت نسبة المنشط ودراسة نسب متزايدة من الأكسجين الفعَّال في صيغة المسحوق الآلي:

حضّرت عدة صيغ من المسحوق الآلي بنسب مختلفة من الأكسجين الفعال (0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5%) باستخدام المواد القاصرة المدروسة، وتثبيت نسبة المنشط بما يعادل 80% من وزن المادة القاصرة عند درجة الحرارة 30 مئوية، أما عند درجة الحرارة 40 مئوية فثُبتت نسبة المنشط بما يعادل 70% من وزن المادة القاصرة المدروسة، كما ثُبتت نسبة المنشط بما يعادل 15% من وزن المادة القاصرة المدروسة عند درجة الحرارة 60 مئوية؛ وذلك بناءً على نتائج الأداء في الحالة الأولى. وأُجريت عملية الغسيل باستخدام جهاز الغسيل المخبري حيث كان تركيز المسحوق 1.0% ضمن محلول الغسيل، ومدة الغسيل20 دقيقة، واستُخدمت القطع القماشية القياسية القابلة للقصر من النمط الهدروفيلي (بقعة الشاي وبقعة الفريز وبقعة العنب)، وكُرر الغسيل عند ثلاث درجات من الحرارة 30 ,40 , 60 مئوية.

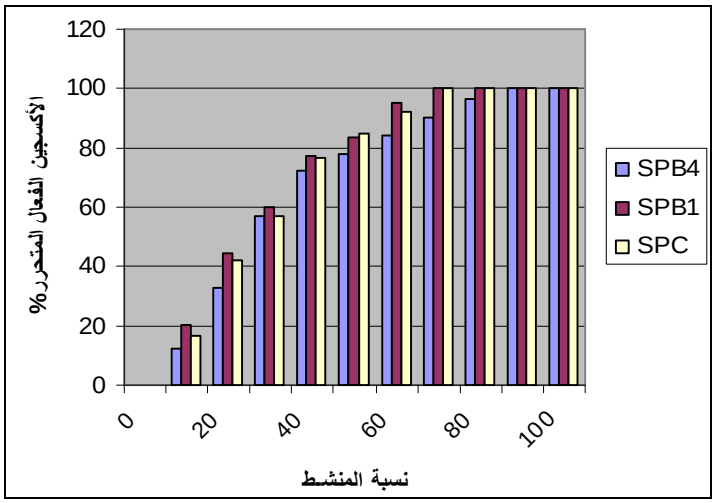
النتائج والمناقشة

أولاً: الدراسة الحركية للمواد القاصرة ضمن صيغة المسحوق الآلي:

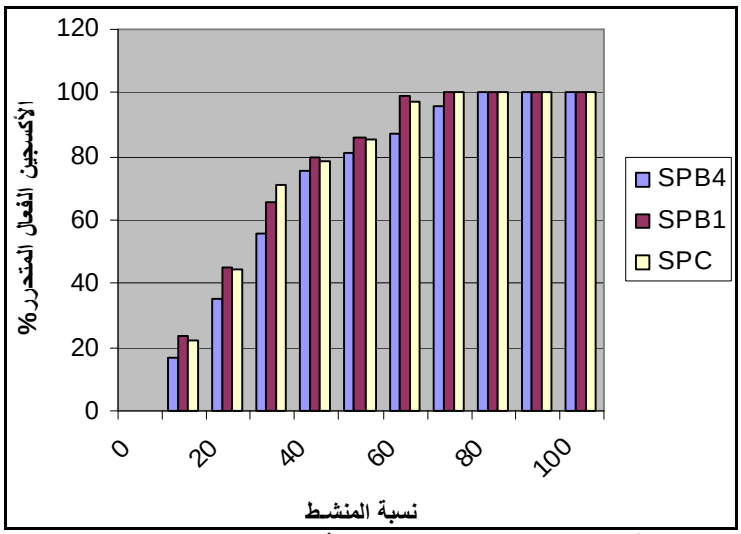
لُخصت نتائج الدراسة الحركية لتفكك المواد القاصرة المدروسة، في الأشكال 1A ,1B, 1C الموافقة لدرجات الحرارة 30 ,40 ,60 مئوية على التتابع.



الشكل (1A) مقارنة تفكك المواد القاصرة بتثبيت الأكسجين الفعال (1%) وتغيير نسب المنشط عند الدرجة 30 مئوية.



الشكل (1B) مقارنة تفكك المواد القاصرة بتثبيت الأكسجين الفعال (1%) وتغيير نسب المنشط عند الدرجة 40 مئوية.



الشكل (1C) مقارنة تفكك المواد القاصرة بتثبيت الأكسجين الفعال (1%) وتغيير نسب المنشط عند الدرجة 60 مئوية.

ثانياً: اختبار أداء المواد القاصرة ضمن صيغة المسحوق الآلي:

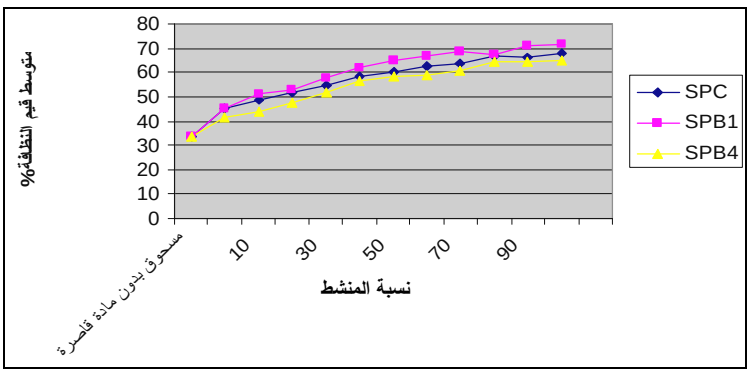
أُجريت دراسة مقارنة لأداء المواد القاصرة (فوق كربونات الصوديوم وفوق بورات الصوديوم أحادية الماء وفوق بورات الصوديوم رباعية الماء) ضمن صيغة المسحوق الآلي.

الحالة الأولى: تثبيت نسبة الأكسجين الفعال وتغيير نسب المنشط في صيغة المسحوق الآلي:

لُخصت نتائج اختبار أداء المواد القاصرة ضمن صيغة المسحوق الآلي، في الجداول (2) و(3) و(4) والأشكال (2) و(3) و(4)، الموافقة لدرجات الحرارة 60,40,30 على التتابع، وتعبّر النتائج في الجداول والأشكال التالية عن قيم فرق الانعكاسية المحسوبة (D%)، إذْ نشير إلى أن المصطلح (Average=AVG) المنوَّه عنه في الجداول يعبّر عن المتوسط الحسابي لأداء المسحوق على البقع المدروسة.

الجدول (2) نتائج أداء المواد القاصرة ضمن صيغة المسحوق الآلي على البقع المدروسة بتثبيت الأكسجين الفعال (1%) وتغيير نسب المنشط عند الدرجة 30 مئوية.

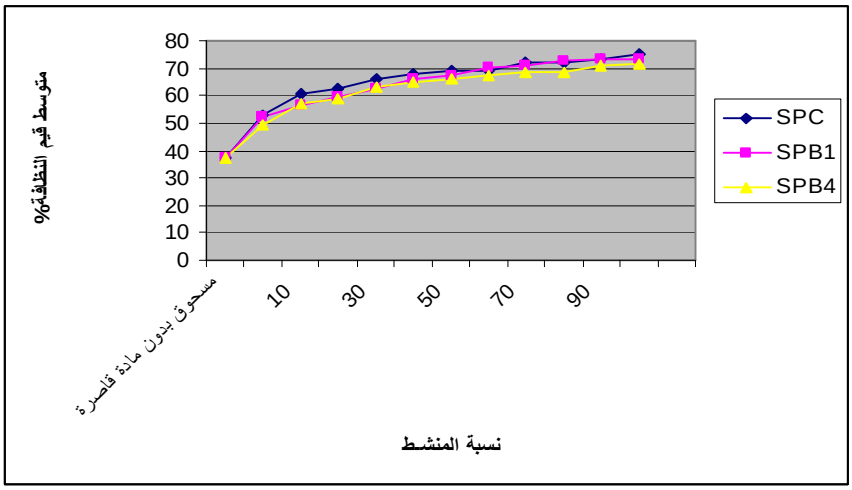
البقعة المدروسة	نسب المنشط المدروسة											المادة القاصرة المدروسة
	مسحوق دون مادة قاصرة	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
شاي	56.43	60.87	64.00	68.62	72.90	75.43	74.94	75.87	75.96	77.04	74.31	77.10	SPC
فريز	1.067	18.90	22.57	25.43	27.00	32.5	36.25	40.65	44.28	50.76	51.20	54.79	
عنب	44.22	56.10	59.80	60.93	64.34	67.80	69.09	70.43	70.98	71.76	73.45	72.19	
AVG	33.90	45.29	48.79	51.66	54.74	58.57	60.09	62.31	63.74	66.52	66.32	68.02	
شاي	56.43	62.34	67.07	68.12	74.45	75.75	76.85	77.40	79.76	77.66	81.66	81.15	SPB1
فريز	1.067	18.49	25.41	28.30	33.65	40.52	46.69	48.90	51.66	51.62	55.42	57.03	
عنب	44.22	55.40	60.89	62.35	65.61	68.74	71.72	73.12	74.42	73.11	75.86	76.60	
AVG	33.90	45.41	51.12	52.92	57.90	61.67	65.08	66.47	68.61	67.46	70.98	71.59	
شاي	56.43	59.24	63.23	66.89	70.90	74.45	73.82	72.54	73.89	76.93	75.55	76.15	SPB4
فريز	1.067	16.79	19.00	20.76	25.74	33.42	36.09	38.99	41.94	46.75	47.38	47.79	
عنب	44.22	48.36	50.12	55.43	57.68	62.35	65.11	65.98	66.22	68.60	70.57	70.40	
AVG	33.90	41.46	44.11	47.69	51.44	56.74	58.34	59.17	60.68	64.09	64.50	64.78	



الشكل (2) متوسط أداء المواد القاصرة على البقع المدروسة ضمن صيغة المسحوق الآلي عند الدرجة 30 مئوية

الجدول (3) نتائج أداء المواد القاصرة ضمن صيغة المسحوق الآلي على البقع المدروسة بتثبيت الأكسجين الفعال(1%) وتغيير نسب المنشط عند الدرجة 40 مئوية

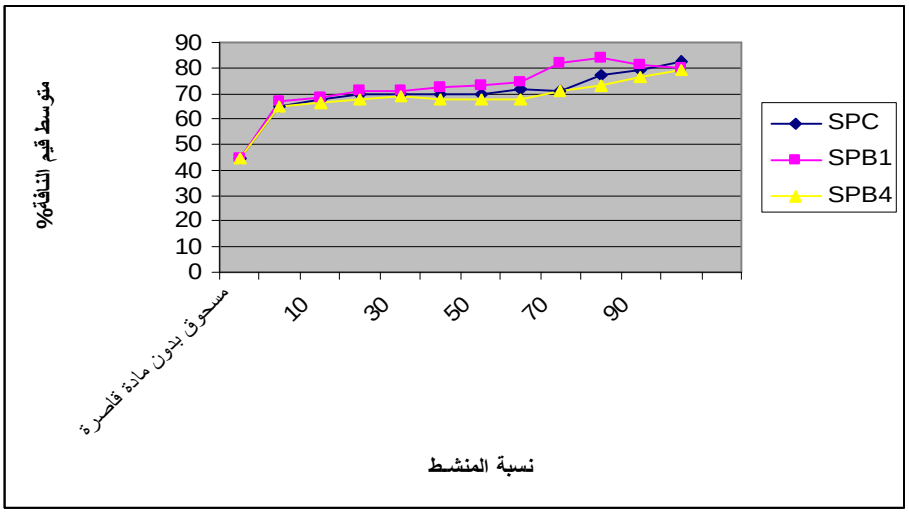
البقعة المدروسة	نسب المنشط المدروسة												المادة القاصرة المدروسة
	مسحوق دون مادة قاصرة	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
شاي	63.3	69.87	77.16	78.64	81.01	80.95	81.45	80.07	81.75	81.62	82.55	83.52	SPC
فريز	2.81	22.31	31.48	33.90	39.81	44.79	48.15	49.50	55.33	57.49	60.98	62.39	
عنب	46.54	66.09	72.87	74.42	77.17	78.54	78.48	77.94	79.26	77.14	76.19	80.43	
AVG	37.55	52.76	60.50	62.32	65.99	68.09	69.36	69.17	72.11	72.08	73.24	75.44	
شاي	63.3	72.61	75.25	78.56	79.84	80.98	79.56	81.73	81.25	82.23	80.54	82.78	SPB1
فريز	2.81	19.84	27.73	29.76	34.79	39.87	47.18	53.75	55.72	59.08	62.43	59.50	
عنب	46.54	64.75	67.49	69.64	73.16	77.90	76.04	75.39	75.22	76.28	77.56	77.66	
AVG	37.55	52.40	56.82	59.32	62.59	66.25	67.59	70.29	70.73	72.53	73.51	73.31	
شاي	63.3	70.44	74.37	77.29	79.54	79.09	78.08	80.34	78.38	79.73	81.60	80.77	SPB4
فريز	2.81	17.78	26.45	30.61	36.57	40.66	45.96	46.68	52.08	53.25	55.67	56.92	
عنب	46.54	59.47	69.75	69.77	74.16	75.67	74.47	74.76	75.10	72.38	75.43	76.65	
AVG	37.55	49.23	56.85	59.22	63.42	65.14	66.17	67.26	68.52	68.45	70.90	71.44	



الشكل (3) متوسط أداء المواد القاصرة على البقع المدروسة ضمن صيغة المسحوق الآلي عند الدرجة 40 مئوية.

الجدول (4) نتائج أداء المواد القاصرة ضمن صيغة المسحوق الآلي على البقع المدروسة بتثبيت الأكسجين الفعال (1%) وتغيير نسب المنشط عند الدرجة 60 مئوية.

البقعة المدروسة	نسب المنشط المدروسة												المادة القاصرة المدروسة
	مسحوق دون مادة قاصرة	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
شاي	68.87	76.58	78.08	79.20	79.94	80.45	79.82	80.80	81.00	83.18	85.34	86.85	SPC
فريز	7.64	43.82	49.34	51.76	52.26	51.66	52.89	54.89	55.07	66.47	68.48	77.33	
عنب	57.86	74.39	75.69	77.98	77.03	77.89	76.35	78.92	77.89	81.19	82.88	83.67	
AVG	44.79	64.93	67.70	69.64	69.74	70.0	69.68	71.53	71.32	76.94	78.9	82.61	
شاي	68.87	77.62	78.81	80.90	80.31	80.79	80.34	83.33	85.78	86.48	77.79	81.86	SPB1
فريز	7.64	48.09	50.47	52.50	54.53	57.12	59.39	58.18	74.32	78.33	79.80	78.62	
عنب	57.86	76.29	76.49	78.90	78.79	79.44	80.22	81.44	85.35	86.73	82.65	79.78	
AVG	44.79	67.33	68.59	70.76	71.21	72.45	73.31	74.31	81.81	83.84	80.94	80.08	
شاي	68.87	75.81	77.22	78.98	79.45	77.85	77.86	78.11	77.49	82.51	82.95	85.63	SPB4
فريز	7.64	44.55	47.05	48.98	50.52	49.90	49.51	49.64	56.93	58.46	65.75	68.93	
عنب	57.86	73.53	73.97	75.0	76.22	75.95	75.74	76.02	78.45	78.41	80.95	83.63	
AVG	44.79	64.63	66.08	67.65	68.73	67.90	67.70	67.92	70.95	73.12	76.55	79.39	



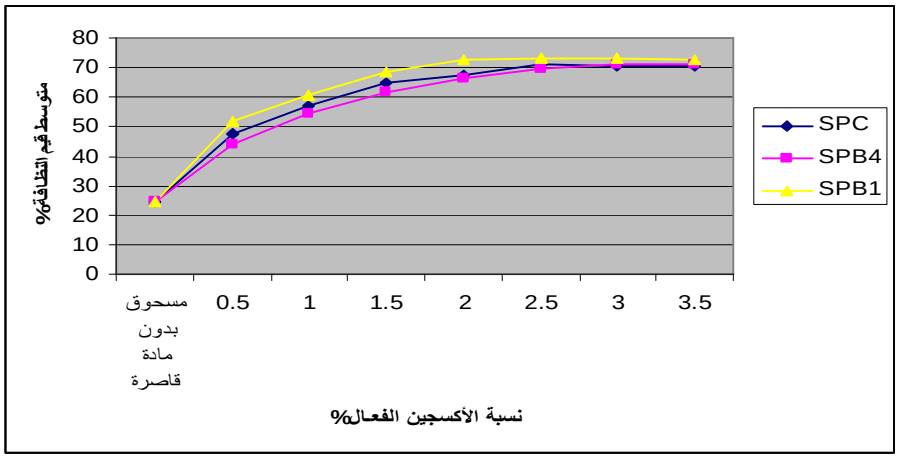
الشكل (4) متوسط أداء المواد القاصرة ضمن المسحوق الآلي على البقع المدروسة عند الدرجة 60 مئوية.

الحالة الثانية: تثبيت نسبة المنشط ودراسة نسب متزايدة من الأكسجين الفعال في صيغة المسحوق الآلي:

لُخصت نتائج اختبار أداء المواد القاصرة ضمن صيغة المسحوق الآلي، في الجداول (5) و(6) و(7) والأشكال (5) و(6) و(7)، الموافقة لدرجات الحرارة 60,40,30 مئوية على التتابع، وتعبّر النتائج في الجداول والأشكال التالية عن قيم فرق الانعكاسية المحسوبة (D%).

الجدول (5) نتائج أداء المواد القاصرة ضمن صيغة المسحوق الآلي بتثبيت نسبة المنشط 80% من وزن المادة القاصرة وتغيير نسب الأكسجين الفعال عند درجة الحرارة 30 مئوية.

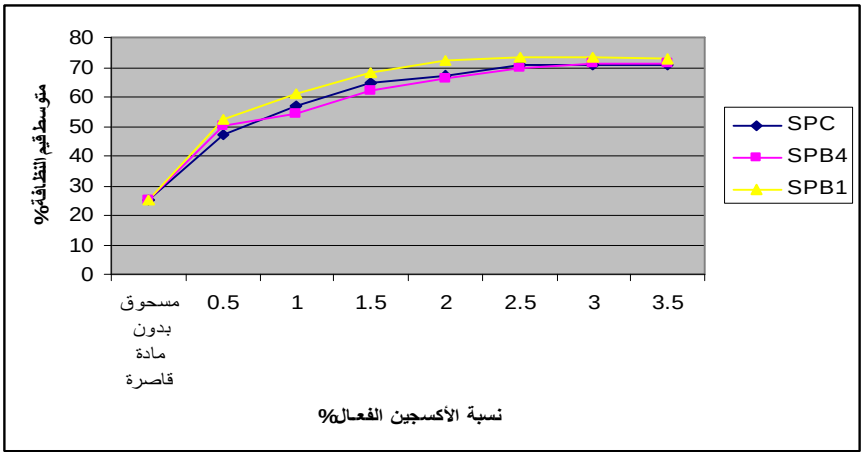
البقعة المدروسة	نسب الأكسجين الفعال المدروسة %								المادة القاصرة المدروسة
	مسحوق دون مادة قاصرة	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	
شاي	45.12	67.45	74.07	78.48	80.02	82.32	81.18	82.03	SPC
فريز	3.70	28.07	39.69	50.76	54.71	59.64	60.35	59.48	
AVG	24.41	47.76	56.88	64.62	67.36	70.98	70.76	70.75	
شاي	45.12	63.43	72.17	77.18	79.06	80.66	81.57	82.94	SPB4
فريز	3.70	24.43	36.98	46.64	53.39	58.90	60.99	59.79	
AVG	24.41	43.93	54.57	61.91	66.22	69.78	71.28	71.36	
شاي	45.12	70.87	73.68	80.05	82.26	82.53	84.68	82.08	SPB1
فريز	3.70	33.15	47.94	56.48	62.58	63.98	62.17	63.45	
AVG	24.41	52.01	60.81	68.26	72.42	73.25	73.42	72.76	



الشكل (5) متوسط أداء المواد القاصرة بتثبيت نسبة المنشط وتغيير نسب الأكسجين الفعال عند درجة الحرارة 30 مئوية

الجدول (6) نتائج أداء المواد القاصرة ضمن صيغة المسحوق الآلي بتثبيت نسبة المنشط 70% من وزن المادة القاصرة وتغيير نسب الأكسجين الفعال عند درجة الحرارة 40 مئوية

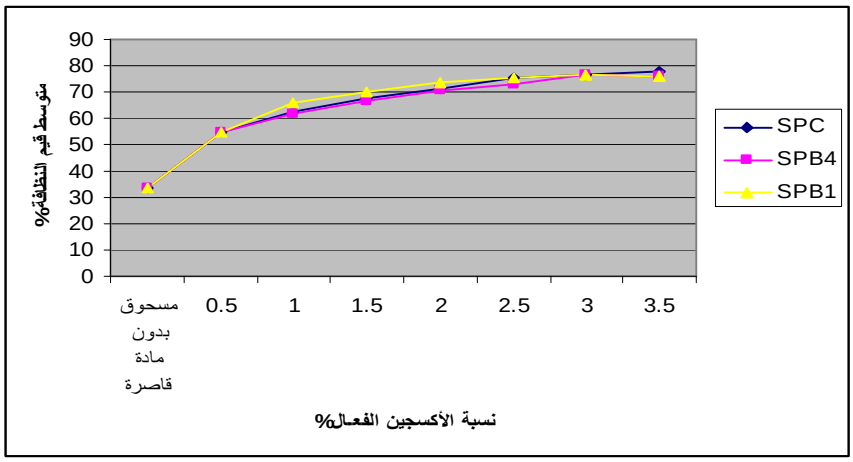
البقعة المدروسة	الأكسجين الفعّال المدروسة %								المادة القاصرة المدروسة
	مسحوق دون مادة قاصرة	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	
شاي	47.11	66.46	73.62	77.94	80.15	81.08	82.80	83.69	SPC
فريز	2.89	27.73	39.09	50.21	56.72	63.18	64.71	63.97	
AVG	25.00	47.09	56.35	63.85	68.43	72.13	73.75	73.83	
شاي	47.11	68.99	76.22	79.39	81.35	82.83	83.47	84.57	SPB4
فريز	2.89	31.20	45.89	53.85	59.19	66.04	67.60	67.37	
AVG	25.00	50.09	61.05	66.62	70.27	74.43	75.53	75.97	
شاي	47.11	70.43	75.50	82.53	83.15	84.82	83.07	82.97	SPB1
فريز	2.89	34.27	50.48	56.75	64.60	65.90	64.17	65.52	
AVG	25.00	52.35	62.99	69.64	73.87	75.36	73.62	74.24	



الشكل (6) متوسط أداء المواد القاصرة بتثبيت نسبة المنشط وتغيير نسب الأكسجين الفعال عند درجة الحرارة 40 مئوية

الجدول (7) نتائج أداء المواد القاصرة في المسحوق الآلي بتثبيت نسبة المنشط 15% من وزن المادة القاصرة وتغيير نسب الأكسجين الفعال عند درجة الحرارة 60 مئوية

البقعة المدروسة	نسب الأكسجين الفعال المدروسة %								المادة القاصرة المدروسة
	مسحوق دون مادة قاصرة	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	
شاي	56.81	72.89	75.94	80.50	80.99	84.19	80.90	82.64	SPC
فريز	10.18	36.51	45.52	55.18	60.93	66.38	72.39	72.54	
AVG	33.49	54.70	62.23	67.84	70.96	75.28	76.64	77.60	
شاي	56.81	72.56	76.52	79.54	81.02	81.63	82.83	82.14	SPB4
فريز	10.18	36.28	46.59	53.93	60.43	64.58	70.12	69.25	
AVG	33.49	54.42	61.55	66.73	70.72	73.10	76.47	75.69	
شاي	56.81	73.22	77.27	79.45	80.90	81.41	84.38	81.58	SPB1
فريز	10.18	36.43	54.32	60.07	66.52	68.83	68.88	69.90	
AVG	33.49	54.82	65.79	69.76	73.71	75.12	76.63	75.74	



الشكل (7) متوسط أداء المواد القاصرة بتثبيت نسبة المنشط وتغيير نسب الأكسجين الفعال عند درجة الحرارة 60 مئوية

المناقشة

أولاً: الدراسة الحركية للمواد القاصرة:

أجريت دراسة مقارنة حركية لتفكك المواد القاصرة (فوق كربونات الصوديوم و فوق بورات الصوديوم أحادية الماء و فوق بورات الصوديوم رباعية الماء) بتثبيت نسبة الأكسجين الفعال (1.0%) واستُخدمت نسب مختلفة من منشط TAED تعادل (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100%) من وزن المادة القاصرة عند درجات الحرارة 30, 40, 60 مئوية.

1- درجة الحرارة 30 مئوية:

بينت نتائج الدراسة الحركية للمواد القاصرة عند درجة الحرارة 30 مئوية، وبعد مرور 30 دقيقة؛ في الشكل (1A) التي انعكست ولخصت في الجدول (8)؛ أن المواد القاصرة المدروسة (فوق كربونات الصوديوم وفوق بورات الصوديوم رباعية الماء وفوق بورات الصوديوم أحادية الماء) لم تتفكك دون استخدام المنشط، بالمقابل تبيّن أنه باستخدام نسبة من المنشط تعادل 30% من وزن المادة القاصرة؛ وصلت نسب الأكسجين الفعال المتحرر إلى (48.05,52.92,53.90%) الموافقة للمواد (SPC,SPB1,SPB4)، وبرفع نسبة المنشط المستخدمة إلى 60% من وزن المادة القاصرة لُوحظ ارتفاع نسب الأكسجين الفعال المتحرر إلى (84.73,88.79,80.98%) الموافقة للترتيب السابق نفسه. وأمكن الوصول إلى تفكك تام لفوق بورات الصوديوم أحادية الماء وفوق كربونات الصوديوم باستخدام نسبة من المنشط تعادل 80% من وزن المادة القاصرة المدروسة، في حين وصلت نسبة الأكسجين الفعال المتحرر من فوق بورات الصوديوم رباعية الماء إلى 89.80% في الشروط السابقة نفسها، مما يبين أن فوق كربونات الصوديوم وفوق بورات الصوديوم أحادية الماء تتفكك بسرعة أكبر من فوق بورات الصوديوم رباعية الماء عند الدرجة 30 مئوية[6].

بعد مضي 60 دقيقة وعند الدرجة 30 مئوية؛ لم يلاحظ ارتفاع واضح في نسب التفكك فقد وصلت نسب الأكسجين الفعال المتحرر عند استخدام نسبة من المنشط تعادل 30% من وزن المادة القاصرة المدروسة إلى (53.86, 56.73, 58.00%) الموافقة للمواد (SPC, SPB1, SPB4)، وأمكن الوصول إلى نسبة أكسجين فعال متحرر 97.86% باستخدام فوق بورات الصوديوم أحادية الماء مع نسبة من المنشط تعادل 60% من وزن المادة القاصرة، كما أمكن الحصول على نسب الأكسجين الفعال المتحرر (85.60,88.57%) من فوق كربونات وفوق البورات رباعية الماء بالشروط السابقة ذاتها.

أي إن زيادة زمن التفاعل لم يرافقه ازدياد واضح في نسب الأكسجين الفعال المتحرر. ويلخص الجدول (8) النتائج السابقة.

الجدول (8) نسب الأكسجين الفعال المتحرر عند درجة الحرارة 30 مئوية

نسبة الأكسجين الفعال المتحرر% بعد 30 دقيقة					
SPC+ 30% TAED	48.05	SPB1+30%TAED	52.92	SPB4+30%TAED	53.90
SPC+60%TAED	84.73	SPB1+60%TAED	88.79	SPB4+60%TAED	80.98
SPC+80%TAED	100	SPB1+80%TAED	100	SPB4+80%TAED	89.80
نسبة الأكسجين الفعال المتحرر% بعد 60 دقيقة					
SPC+ 30% TAED	53.86	SPB1+30%TAED	56.73	SPB4+30%TAED	58.00
SPC+60%TAED	88.57	SPB1+60%TAED	97.86	SPB4+60%TAED	85.60
SPC+80%TAED	100	SPB1+80%TAED	100	SPB4+80%TAED	100

2- درجة الحرارة 40 مئوية:

بيّنت النتائج عند درجة الحرارة 40 مئوية، وبعد مرور 30 دقيقة؛ في الشكل (1B) التي انعكست ولُخصت في الجدول (9)، أن درجة الحرارة 40 مئوية غير كافية لتفكك المواد القاصرة المدروسة دون استخدام منشط. ولُوحظ أنه باستخدام نسبة من المنشط تعادل 30% من وزن المادة القاصرة وصلت نسب الأكسجين الفعال المتحرر إلى (55.76, 60.46, 57.41%) والموافقة للمواد (SPC, SPB1, SPB4)، وبرفع نسبة المنشط إلى مايعادل 60% من وزن المادة القاصرة ارتفعت نسب الأكسجين الفعال المتحرر إلى (87.54, 88.50, 84.40%) الموافقة للمواد (SPC, SPB1, SPB4)، وأمكن الوصول إلى تفكك تام لفوق بورات الصوديوم أحادية الماء وفوق كربونات الصوديوم باستخدام نسبة من المنشط تعادل 70% من وزن المادة القاصرة، في حين وصلت نسبة الأكسجين الفعال المتحرر إلى 95.50% مع فوق البورات الرباعية وفق الشروط السابقة نفسها.

بعد مرور 60 دقيقة وعند الدرجة 40 مئوية؛ لم يُلحظ ارتفاع كبير في نسب الأكسجين الفعال المتحرر، وتبيّن أنه باستخدام نسبة من المنشط تعادل 60% من وزن المادة القاصرة ارتفعت نسب الأكسجين الفعال المتحرر إلى (95.9,100,90.40%) الموافقة للمواد (SPC, SPB1, SPB4)؛ مما يشير إلى أثر عاملي الحرارة والزمن في ازدياد نسبة التفكك بشكل عام وباستخدام كمية أقل من المنشط[13,8].

الجدول (9) نسب الأكسجين الفعال المتحرر عند درجة الحرارة 40 مئوية

نسبة الأكسجين الفعال المتحرر% بعد 30 دقيقة					
SPC+ 30% TAED	55.76	SPB1+30%TAED	60.46	SPB4+30%TAED	57.41
SPC+60%TAED	87.54	SPB1+60%TAED	88.50	SPB4+60%TAED	84.40
SPC+70%TAED	100.00	SPB1+75%TAED	100.00	SPB4+75%TAED	95.50
نسبة الأكسجين الفعال المتحرر% بعد 60 دقيقة					
SPC+ 30% TAED	58.12	SPB1+30%TAED	63.49	SPB4+30%TAED	60.8
SPC+60%TAED	95.90	SPB1+60%TAED	100	SPB4+60%TAED	90.40
SPC+70%TAED	100	SPB1+80%TAED	100	SPB4+80%TAED	96.20

بينت المقارنة بين الجدولين (8) و(9) أن رفع درجة الحرارة من 30 إلى 40 مئوية أسهم في زيادة نسب الأكسجين الفعال المتحرر من المواد القاصرة عند استخدام نسب منخفضة من المنشط (أي مايعادل 30% من وزن المادة القاصرة المدروسة) وخلال زمن 30 دقيقة؛ مما يبين أثر درجة الحرارة في تخفيض نسبة المنشط المسخدمة وزمن التفاعل [13,8].

3- درجة الحرارة 60 مئوية:

بيّنت النتائج عند درجة الحرارة 60 مئوية، وبعد مرور 30 دقيقة؛ في الشكل (1C) التي انعكست ولُخصت في الجدول (10)، أن نسب الأكسجين الفعال المتحرر من المواد القاصرة وباستخدام المنشط خلال 30 دقيقة الأولى من التفاعل لم يطرأ عليها ارتفاع واضح باستمرار التفاعل حتى مرور 60 دقيقة.

فباستخدام نسبة من المنشط تعادل 30% من وزن المادة القاصرة وصلت نسب الأكسجين الفعال المتحرر خلال 30 دقيقة الأولى إلى (55.76% ,65.72 ,63.80) الموافقة للمواد (SPC, SPB1, SPB4)، وبعد مرور 60 دقيقة بلغت نسب الأكسجين الفعال المتحرر (55.90% ,65.72 ,70.95) الموافقة للمواد (SPC, SPB1, SPB4). وأمكن الوصول إلى نسب عالية من الأكسجين الفعال المتحرر برفع نسبة المنشط إلى ما يعادل 60% من وزن المادة القاصرة إلى (87.10% ,98.76 ,97.32) وفق الترتيب السابق نفسه للمواد القاصرة وبعد مرور 60 دقيقة.

وهذا يؤكد أثر درجة الحرارة في اختصار زمن التفاعل وكمية المنشط المستخدمة[13]. ويمكن تلخيص النتائج السابقة في الجدول (10):

الجدول (10) نسب الأكسجين الفعال المتحرر عند الدرجة 60 مئوية

نسبة الأكسجين الفعال المتحرر% بعد 30 دقيقة					
SPC+ 30% TAED	63.80	SPB1+30%TAED	65.72	SPB4+30%TAED	55.76
SPC+60%TAED	88.71	SPB1+60%TAED	90.17	SPB4+60%TAED	82.90
SPC+80%TAED	100	SPB1+80%TAED	100	SPB4+80%TAED	98.15
نسبة الأكسجين الفعال المتحرر% بعد 60 دقيقة					
SPC+ 30% TAED	70.95	SPB1+30%TAED	65.72	SPB4+30%TAED	55.90
SPC+60%TAED	97.32	SPB1+60%TAED	98.76	SPB4+60%TAED	87.10
SPC+80%TAED	100	SPB1+80%TAED	100	SPB4+80%TAED	100

ثانياً: اختبار أداء المواد القاصرة ضمن صيغة المسحوق الآلي:

الحالة الأولى: تثبيت نسبة الأكسجين الفعال (1.5%) واستخدام نسب مختلفة من منشط TAED تعادل (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 , 70, 80, 90, 100%) من وزن المادة القاصرة عند درجات الحرارة 30, 40, 60 مئوية ضمن صيغة المسحوق الآلي.

1- **عند الدرجة 30 مئوية:**

بيّن كلاً من (الشكل2، الجدول2) أن بقعة الشاي من البقع السهلة التي يمكن أن تحقق قيمة نظافة تصل إلى 75% باستخدام نسبة من المنشط تعادل 40% من وزن المادة القاصرة، أمّا الزيادة في نسبة المنشط يمكن أن تؤدي دوراً فعالاً على البقع الأكثر صعوبة مثل بقعة الفريز التي حققت أعلى قيم نظافة (46.75% ,51.62 ,50.76) الموافقة للمواد (SPC, SPB1, SPB4) باستخدام نسبة من المنشط تعادل 80% من وزن المادة القاصرة، كما حققت بقعة العنب أداء وصل إلى (68.60% ,73.11 ,71.76) الموافقة للمواد (SPC, SPB1, SPB4) وفق الشروط السابقة نفسها من الحرارة والمنشط.

وبيّنت الدراسة أنه أمكن الوصول إلى عتبة في متوسطات قيم النظافة للبقع المدروسة (64.09% ,67.46 ,66.52) الموافقة للمواد (SPC, SPB1, SPB4) باستخدام نسبة من المنشط تعادل 80% من وزن المادة القاصرة المدروسة، وهذا مايتوافق مع نتائج الدراسة الحركية في الجدول(8).

2- **عند الدرجة 40 مئوية:**

أظهرت نتائج الأداء على بقعة الشاي في (الشكل3، الجدول3)؛ أن استخدام نسبة من المنشط تعادل 30% من وزن المادة القاصرة قد حقق أداءً مرتفعاً وصل إلى (81.01,79.84,79.54%) الموافقة للمواد (SPC, SPB1, SPB4)، أما في حالة بقعة الفريز؛ فقد بلغت أعلى قيم للنظافة (52.08% ,55.72 ,55.33) الموافقة للمواد (SPC, SPB1, SPB4) باستخدام نسبة من المنشط تعادل 70% من وزن المادة القاصرة، وتم الحصول على عتبة في قيم النظافة على بقعة العنب (75.67% ,77.90 ,78.54) الموافقة للمواد (SPC, SPB1, SPB4) باستخدام نسبة من المنشط تعادل 40% من وزن المادة القاصرة، مما يبيّن اختلاف حساسية البقع لكمية الأكسجين الفعال المتحرر. وبيّنت القيم المتوسطة للنظافة (AVG) أنه أمكن الحصول على أداء جيد على مختلف البقع المدروسة وصل إلى (72.11, 70.73, 68.52%) الموافقة للمواد (SPC, SPB1, SPB4) باستخدام نسبة من المنشط تعادل 70% من وزن المادة القاصرة المدروسة، وهذا يتوافق مع نتائج الدراسة الحركية في الجدول (9).

3- عند الدرجة 60 مئوية:

أظهرت نتائج الأداء الممثلة في (الشكل4، الجدول4) عند درجة الحرارة 60 مئوية؛ أنه باستخدام نسبة من المنشط تعادل 15% من وزن المادة القاصرة وصلت متوسطات قيم النظافة على مختلف البقع المدروسة إلى (67.65% ,70.76 ,67.70) الموافقة للمواد (SPC, SPB1, SPB4)، كما بيّنت النتائج أن الزيادة في نسب المنشط المدروس لم تظهر ارتفاعاً كبيراً في قيم النظافة، فقد بلغت متوسطات قيم النظافة باستخدام نسبة من المنشط تعادل 100% من وزن المادة القاصرة (79.39% ,80.08 ,82.61) الموافقة للمواد (SPC, SPB1, SPB4)؛ مما يؤكد الأثر المهم لدرجة الحرارة في تسريع تفكك المواد القاصرة باستخدام نسب منخفضة من المنشط [13,8].

الحالة الثانية: تثبيت نسبة المنشط ودراسة نسب متزايدة من الأكسجين الفعَّال في صيغة المسحوق الآلي:

دُرست نسب متزايدة من الأكسجين الفعَّال (3.5,3.0,2.5,2.0,1.5,1.0,0.5%) باستخدام المواد القاصرة المدروسة، ونسبة ثابتة من منشط TAED، وعند درجات الحرارة 30 ,40 ,60 مئوية.

1- عند درجة الحرارة 30 مئوية:

بيّنت نتائج الأداء على بقعة الشاي الممثلة في (الجدول5 ، الشكل5)، وفق الشروط (30 مئوية، ونسبة الأكسجين الفعَّال 2.5%، ونسبة المنشط تعادل 80% من وزن المادة القاصرة)؛ أن قيمة النظافة وصلت إلى (82.32,80.66,82.53%) الموافقة للمواد (SPC,SPB4,SPB1)، وبزيادة نسبة الأكسجين الفعّال على 2.5% لم يلاحظ ارتفاع الأداء على بقعة الشاي عند هذه الدرجة من الحرارة، أما بالنسبة إلى بقعة الفريز المفترض أنها عنيدة؛ وصلت قيمة النظافة إلى (59.64 ,59.90 ,63.98%) الموافقة للمواد (SPC, SPB4, SPB1) وفق الشروط السابقة نفسها، أي إنّ متوسط قيم النظافة وصل إلى (70.98,69.78,73.25%) وفق الترتيب السابق نفسه. كما بيّنت النتائج أنه باستخدام فوق بورات الصوديوم الأحادية وفق الشروط (30 مئوية، ونسبة الأكسجين الفعَّال 2.0%، ونسبة المنشط تعادل 80% من وزن المادة القاصرة) أمكن الوصول إلى قيمة متوسطة في قيم النظافة بلغت 72.42%؛ مما يعني إمكانية استخدام نسبة أقل من الأكسجين الفعال مع فوق البورات الأحادية للوصول إلى قيمة نظافة مماثلة لفوق البورات الرباعية وفوق الكربونات [13,6].

2- عند الدرجة 40 مئوية:

بيّنت نتائج الأداء (الشكل6، الجدول6)؛ وفق الشروط (40 مئوية، نسبة الأكسجين الفعال 2.5%، نسبة المنشط تعادل 70% من وزن المادة القاصرة)، أن قيم النظافة كانت

متقاربة باستخدام نسب متزايدة من الأكسجين الفعال، وأنه أمكن الحصول على عتبة في القيم المتوسطة للنظافة وصلت إلى (74.43, 72.13%) لفوق كربونات الصوديوم وفوق البورات الرباعية على الترتيب، كما أمكن باستخدام الشروط السابقة نفسها مع فوق البورات الأحادية الحصول على قيمة متوسطة في قيم النظافة وصلت إلى 75.36%.

3- **عند الدرجة 60 مئوية**:

أسهم الارتفاع في درجة الحرارة في الحصول على تفكك أسرع لفوق البورات الأحادية والرباعية وفوق الكربونات الذي انعكس إيجاباًعلى قيم النظافة (الشكل 7، الجدول 7)؛ وأعطت الزيادة في نسب الأكسجين الفعال ثبات في قيم النظافة على بقعة الشاي تقريباً. أما بالنسبة إلى بقعة الفريز فوصلت قيم النظافة إلى (66.38, 64.08, 68.83%) الموافقة للمواد (SPC, SPB4, SPB1) وفق الشروط (60 مئوية، ونسبة الأكسجين الفعَّال 2.5%، ونسبة المنشط تعادل 15% من وزن المادة القاصرة)، وبلغت متوسطات قيم النظافة إلى مختلف البقع المدروسة (75.28,73.10,75.12%) الموافقة للمواد (SPC,SPB4,SPB1) [8].

الاستنتاجات

هَدفت الدراسة الحركية للمواد القاصرة فوق الأكسجينية (فوق كربونات الصوديوم وفوق بورات الصوديوم رباعية الماء وفوق بورات الصوديوم أحادية الماء) بوجود المنشط ودون منشط ضمن صيغة المسحوق الآلي إلى مراقبة تفكك المواد القاصرة من خلال تحديد كمية الأكسجين الفعال المتحرر وربطها بدرجة الحرارة والزمن؛ وبيّنت نتائج هذه الدراسة:

- أن المواد القاصرة المدروسة غير قادرة على تحرير الأكسجين الفعال دون استخدام المنشط عند درجات الحرارة (40,30) مئوية، وتبدأ بتحرير نسبة ضئيلة من الأكسجين الفعَّال ابتداء من الدرجة 60 مئوية [13,8].
- يمكن الوصول إلى تفكك تام لفوق البورات الأحادية وفوق الكربونات وفق الشروط (درجة الحرارة 30 مئوية، ونسبة المنشط تعادل 80% من وزن المادة القاصرة، والزمن 30 دقيقة)، أمّا فوق البورات الرباعية فحققت تفككاً تاماً وفق الشروط السابقة من درجة الحرارة ونسبة المنشط ولكن بعد مرور 60 دقيقة.
- يمكن الوصول إلى تفكك تام لفوق البورات الأحادية وفوق الكربونات وفق الشروط (درجة الحرارة 40 مئوية، ونسبة المنشط تعادل 75% من وزن المادة القاصرة، والزمن 30 دقيقة)، في حين بلغت نسبة الأكسجين الفعال المتحرر من فوق البورات الرباعية 95.50% وفق الشروط السابقة نفسها [9].

- أمَّا عند درجة الحرارة 60 مئوية فحصلنا على تفكك تام لفوق البورات الأحادية وفوق الكربونات وفق الشروط (60 مئوية، ونسبة المنشط تعادل 70% من وزن المادة القاصرة، والزمن 45 دقيقة)، ووفق الشروط نفسها بلغت نسبة الأكسجين الفعال المتحرر من فوق البورات الرباعية 93.59%.
- تسلك فوق كربونات الصوديوم وفوق بورات الصوديوم الأحادية سلوكاً حركياً متقارباً عند درجات الحرارة المختلفة، وباستخدام نسب مختلفة من المنشط، في حين تعدُّ فوق البورات الرباعية أقل كفاءة بقليل [11,9,6] .

بيّنت نتائج اختبار الأداء للمواد القاصرة (فوق كربونات الصوديوم وفوق بورات الصوديوم رباعية الماء وفوق بورات الصوديوم أحادية الماء) ضمن صيغة المسحوق الآلي ما يأتي:

- (الحالة الأولى: تثبيت نسبة الأكسجين الفعال وتغيير نسبة المنشط)؛ أننا حصلنا على عتبة في متوسطات قيم النظافة للمواد القاصرة على البارد وفق الشروط (30 مئوية، ونسبة المنشط تعادل 80% من وزن المادة القاصرة)، أمّا عند درجة الحرارة 40 مئوية حصلنا على عتبة في متوسطات قيم النظافة للمواد القاصرة باستخدام نسبة من المنشط تعادل 70%، وعند رفع درجة الحرارة إلى 60 مئوية أمكن تخفيض نسبة المنشط إلى ما يعادل 15% من وزن المادة القاصرة للوصول إلى عتبة في متوسطات قيم النظافة إلى مختلف البقع المدروسة؛ وهذا يبيّن أثر رفع درجة الحرارة في تخفيض نسبة المنشط [8] .
- (الحالة الثانية: تثبيت نسبة المنشط وتغيير نسب الأكسجين الفعال)؛ تبين أنه بتطبيق الشروط (30 مئوية، و2.5% أكسجين فعَّال، ونسبة المنشط تعادل 80% من وزن المادة القاصرة) يمكن الحصول على عتبة في متوسطات قيم الأداء باستخدام فوق البورات الرباعية وفوق الكربونات، ويمكن تخفيض نسبة الأكسجين الفعَّال إلى 2.0% مع فوق البورات الأحادية للحصول على الأداء نفسه. أمَّا عند الدرجة 40 مئوية حصلنا على عتبة في متوسطات قيم النظافة بتطبيق الشروط (40 مئوية، و2.5% نسبة الأكسجين الفعال، ونسبة المنشط تعادل 70% من وزن المادة القاصرة)، وعند الدرجة 60 مئوية يمكن الحصول على قيم عالية في النظافة بتطبيق الشروط (60 مئوية، و2.5% أكسجين فعال، ونسبة المنشط تعادل 15% من وزن المادة القاصرة) [13].
- بيّنت نتائج الدراسة الحركية ونتائج اختبار الأداء أن المواد القاصرة (فوق كربونات الصوديوم وفوق بورات الصوديوم الرباعية والأحادية) تسلك سلوكاً متقارباً من حيث سرعة التفكك والأداء [9,8]، مما يبيّن إمكانية استبدال مادة فوق بورات الصوديوم

(المسببة لتلوث المياه بعنصر البورون) بمادة فوق كربونات الصوديوم لأنَّها صديقة للبيئة حيث ينتج عن تفككها كربونات الصوديوم والماء الأكسجيني، وتؤمن كربونات الصوديوم الوسط القاعدي (القلوي) من جهة أولى، وترفع القدرة التنظيفية من جهة ثانية [9,7,6].

- تضاف نسبة من المادة القاصرة تكافىء (1.5% أكسجين فعال، ومنشط بما يعادل 15% من وزن المادة القاصرة ضمن صيغ المساحيق الآلية)؛ هذه النسب هي متوسط مايُستخدم في المساحيق المحلية، فإذا استُخدمت مادة فوق كربونات الصوديوم تكون نسبة الأكسجين الفعال المتحرر بتطبيق الشروط (الزمن 30 دقيقة ودرجة الحرارة 30 مئوية) هي 27.47%، ومنه يكون متوسط قيم النظافة على مختلف البقع المدروسة (51.66%)، وبرفع نسبة المنشط إلى ما يعادل 80% من وزن فوق الكربونات ضمن صيغة المسحوق الآلي فإن نسبة الأكسجين الفعال المتحرر تصل إلى 88.15%، ويوافق ذلك ارتفاع في متوسط قيم النظافة على مختلف البقع إلى (66.52%). واستناداً إلى نتائج الدراسة الحركية ودراسة الأداء يمكن رفع متوسط قيم النظافة على مختلف البقع المدروسة على البارد (درجة الحرارة 30 مئوية) إلى (70.98%) بتطبيق الشروط (2.5% أكسجين فعال، وباستخدام نسبة من المنشط تعادل 80% من وزن فوق الكربونات).
- إن زيادة تركيز المنشط والمادة القاصرة قد يؤدي إلى زيادة في تكاليف الصيغة النهائية للمسحوق، ولكنه من جهة أخرى يؤدي إلى رفع أداء القصر للمسحوق عند درجات حرارة منخفضة مما ينتج عنه توفير في الطاقة المستهلكة؛ إذْ تبيّن أن الغسيل عند الدرجة 30 مئوية يخفض 40% من مقدارالطاقة المستهلكة عند درجة الحرارة 40 مئوية، وبما يعادل 76% من الطاقة المستهلكة عند الدرجة 60 مئوية، وهذا ما يوافق التوجه المحلي والعالمي في الحفاظ على الطاقة [10].
- تحرر المواد القاصرة النسبة الكبرى من الأكسجين الفعَّال بوجود المنشط خلال 30 دقيقة الأولى من التفاعل، أي إنَّ زيادة زمن التفاعل لا يرافقه ازدياد واضح في نسب الأكسجين الفعال المتحرر، ومنه تبين نتائج الدراسة أن الزمن الأمثل للحصول على نظافة عالية قد تم في ساعة بدلاً من استخدام برنامج الغسيل (ساعة ونصف) في الغسالة المستعملة محلياً [8].

REFERENCES المراجع

1-Hazenkamp, J. M., Werner. (2003). Washing at lower temperature in Western Europe. Jour. SOFW, V.12, pp.22-27.

2-Gilbert Gordon, (2005). Sodium Hypochlorite–Bleach Stability and Filtration. Univ of Miami Oxford, A Division of EBB.

3-Quillk, Robertson BW. (1994). Perborate System Acomined builder/bleach for heavy duty detergents. Presented at the 3rd CESIO International Surfactants Congress, Section D, London.

4-Simon, Q. (1994). An Introduction to Boron: history ,Sources ,Uses and chemistry , Environmental Health Perspectives 102, Supplement 7.

5-Avner Vengosh, Erika Weinthal, Wolfram Kloppmann and the BOREMED team, (2000). Natural Boron Contamination in Mediterranean Groundwater, Journal of Surfactants and Detergents ,V.1, pp.253-261

6-Skagerlind, p, Lindahl, G. Rasmusson. (2006). Performance and stability of bleaching system, Sodium percarbonate compared with the traditional bleach system Sodium perborate, Jour. SOWF, No.43, pp.680-689.

7-Jain, S. L., J. K. Joseph, B. Sain. (2006). Sodium Percarbonate, Organic Chemistry, PORTAL, Chemicals Oxidizing Agent.

8-Guy Broze, Handbook of detergents, part A, properties. pp.89-93.

9-Spiro, P. L. L. (2002). Kinetics and equilibria of tea infusion, part 12.Equilibrium and kinetics study of mineral ion extraction, Proceedings of the 3rd World Conference on Detergents, Montreux, pp.178-182.

10-Gilbert, Bleaches and Activators in The Handbook of Environmental Chemistry, 2000 Volume 3, Part E ,pp 319–328.

11- د. فرانك رولاند. (2008). تطورات جديدة لمنشطات المبيضات في منظفات الغسيل، الندوة السورية الثالثة للمنظفات، هنكل، ألمانيا.

12- د. ووايفن. (2008). مستقبل فوق كربونات الصوديوم في المنظفات، الندوة السورية الثالثة للمنظفات، جينك، الصين.

13- هيئة المواصفات والمقاييس السورية ،المواصفة رقم 1992/272وتعديلاتها لعام 2001.