

تأثير معالجة الزيوليت (سيليكات الألمنيوم) الخام السوري بشاردة الفضة على تحسين كفاءة إزالة غاز الإيثيلين الناتج عن الثمار الكليماكتيرية إنعام أحمد الساطي*⁽¹⁾

(1). دكتوراه في الهندسة الغذائية، قائم بالأعمال في كلية الصيدلة، جامعة طرطوس، سوريا

(* البريد الإلكتروني: enaam83@hotmail.com)

تاريخ القبول: 2025/2/9

تاريخ الاستلام: 2024/10/8

الملخص

يعتبر هرمون النمو الإيثيلين السبب الرئيسي في فساد الخضار والفواكه خلال التخزين ولذلك فإن السيطرة على مستوى هذا الهرمون في مخازن الخضار والفواكه له أهمية كبيرة في الحد من تدهورها خلال التخزين. إن استخدام الزيوليت في التخلص من الإيثيلين يعتبر طريقة هامة في تأخير فساد الثمار وخاصة الكليماكتيرية مثل التفاح، كما أعطى دمج الزيوليت مع بعض المواد مثل البرمنغنات والبلاديوم وبعض الكاتيونات كالتوتياء والنحاس والفضة نتائج فعالة في زيادة كفاءة امتزاز الإيثيلين. إن الهدف الرئيسي لهذا البحث هي دراسة معالجة الزيوليت بأيون الفضة لتحسين قدرته على امتزاز الإيثيلين ولهذه الغاية قمنا بإمرار مزيج لغاز الإيثيلين داخل فلتر اسطواني يحتوي الزيوليت المشبع بنترات الفضة تركيزه 0.1M والموضوع على طبقة من الصوف الزجاجي وقياس تركيز الإيثيلين عند مدخل إسطوانة الفلتر وعند المخرج وذلك بعد إغلاق النظام للسماح للإيثيلين بالتماس مع الطبقة المعالجة حيث تم القياس بعد 15 و 30 و 45 دقيقة وذلك باستخدام جهاز الكروماتوغرافيا الغازية GC-FID model 7890 A ومقارنة كفاءة التخفيض مع نتائج دراسة أخرى تمت بنفس الشروط وباستخدام الزيوليت غير المعالج بنترات الفضة. بينت النتائج أن المعالجة الأكثر فعالية في تخفيض تركيز الإيثيلين كانت باستخدام الزيوليت المشبع بنترات الفضة حيث أزلت 91.71% من مجمل تركيز الإيثيلين بعد 45 دقيقة من التماس بينما كانت نسبة الإزالة باستخدام الزيوليت غير المعالج بحدود 61.93%. أيضاً طبقت هذه المعالجة على ثمار التفاح كإحدى الثمار الكليماكتيرية وخزنت لمدة 15 يوماً وقد بينت النتائج أنه بعد 10 أيام من التخزين كان الخفض في تركيز الإيثيلين بحدود 47.433% للثمار المخزنة مع وجود الزيوليت المعالج بنترات الفضة بينما لم يتجاوز 4.347% بعد مرور 15 يوماً من التخزين حيث يتطلب عندها تجديد طبقة الزيوليت المعالج بنترات الفضة عند ذلك الزمن.

الكلمات المفتاحية: غاز الإيثيلين، الزيوليت، الثمار الكليماكتيرية، الامتزاز، GC-FID.

المقدمة:

يعد الإيثيلين هرمون النمو من الغازات ذات الأهمية الكبيرة في بيئة التخزين، ويتم إنتاجه بشكل طبيعي من قبل الثمار المخزنة، حيث تتمتع الفواكه والخضروات بمستويات مختلفة لإنتاج الإيثيلين (Verde et al., 2023).

يتعلق تركيز الإيثيلين الناتج عن الثمار في الوسط المحيط بعدة عوامل منها الشدة التنفسية ودرجة حرارة الوسط، وتركيزه في الوسط المحيط، وكذلك بنوع وصنف الثمار وبطور النضج وبتراكيز كل من غازي O_2 و CO_2 في الوسط المحيط بالثمار (Verde et al., 2023).

من الضروري إزالة الإيثيلين من هواء غرف التخزين لتخفيض الشدة التنفسية وتأخير نضج الثمار كما أن زيادة مستوى الإيثيلين أثناء تخزين الثمار يخلق شروطاً ملائمة لنمو الأحياء الدقيقة كالفطريات والبكتيريا، لذلك تم التركيز على البحث عن طرائق للتخلص من غاز الإيثيلين في مخازن الثمار وخاصة تلك التي يتطور نضجها لاحقاً أثناء التخزين (Climatic)، وعموماً يمكن إجمال الطرق المستخدمة لتلافي تأثير ارتفاع تركيز الإيثيلين في هواء المخزن إما عن طريق كبح تأثير الإيثيلين من خلال التعديل الوراثي للنبات أو بتثبيت مستقبلات الإيثيلين في النبات مثل معالجة ثمار التفاح بمادة 1-methylcyclopropene التي لها بنية منازرة للإيثيلين من حيث وجود الرابطة المضاعفة بين ذرتي كربون ضمن صيغة المركب فتقوم بالارتباط مع مستقبلات الإيثيلين في النبات بشك غير عكوس مما يمنعها من الارتباط مع الإيثيلين لاحقاً وبالتالي حجب تأثيره على الثمار خلال التخزين طويل الأمد (Kim et al., 2019).

التقنية الأفضل في التخلص من غاز الإيثيلين هي إزالته من جو مخازن الثمار والذي يمكن تحقيقه من خلال طرائق فيزيائية وكيميائية تعتمد على قابلية بعض المواد أو المعالجات على أكسدة أو تفكيك أو امتصاص أو امتزاز غاز الإيثيلين كما يمكن تحقيق ذلك أيضاً باستخدام الطرق الحيوية (Nicolas K et al., 2013).

يعتبر الامتزاز الفيزيائي أكثر الطرق استخداماً للتخلص من الإيثيلين حيث يتم فيه التصاق جزيئات الغاز على سطح المادة المازة بسبب قوى فاندرفالز بين الجزيئات الممتزة والجزيئات المازة (Álvarez et al., 2018).

يعد الفحم الفعال والسليكا جل والزيوليت من أكثر المواد الشائعة التي تقوم بامتزاز الإيثيلين والمركبات العضوية الطيارة الصادرة المشتقة من الإيثيلين ويتواجد الفحم الفعال بشكل حبيبات أو بودرة أو ألياف والشكل الأكثر فعالية هو الشكل الحبيبي حيث يعطي امتزازاً أكثر فعالية للإيثيلين (Janjarasskul & Suppakul., 2018).

يعد الزيوليت (سيليكا الألومينا) هو المادة الأكثر أهمية في فعاليتها في امتزاز الإيثيلين من جو مخازن الخضار والفواكه والتي لها قدرة على امتزاز المركبات العضوية المتطايرة بفضل المسامية العالية مع الهيكل الثلاثي الأبعاد، حيث لاقي استخدام الزيوليت كمادة مازة للإيثيلين اهتماماً ملحوظاً في التطبيقات الصناعية والزراعية ولذلك فهي من التطبيقات التجارية الأكثر رواجاً لهذا الغرض (Yam, 2010).

تعتمد قدرة الزيوليت على إزالة الإيثيلين على خاصية المسامية العالية ضمن الشبكة الداخلية الواسعة لهيكل الزيوليت ثلاثي الأبعاد حيث يتكون هيكل الزيوليت من بلورات من أكسيد السليكا وأكسيد الألمنيوم (Alsafarjalani, 2010; Bruijin, 2019).

طور Coloma وزملائه (2014) أغلفة من البولي إيثيلين منخفض الكثافة المدمج بـ 10% من الزيوليت أمكن بواسطتها خفض تركيز الإيثيلين بمقدار 37% خلال 50 ساعة.

على الرغم من فعالية المواد المازة إلا أن العيوب الرئيسية لاستخدام هذه المواد هي أن جزيئات الإيثيلين يمتز فقط على السطح أو داخل مسام المواد المازة ولكن لا يمكن تحليلها بالكامل كما يمكن أن تحدث ظاهرة الانتزاز ومع إطالة أمد الامتزاز تميل كفاءة الامتزاز إلى الانخفاض وبالتالي تصل المواد المازة إلى التشبع بسهولة وتحتاج إلى الاستبدال في الوقت المناسب (Kim et al., 2019). لذلك فإن دمج هذه المواد مع بعض المواد المحفزة هو الأكثر استخداماً سواء في تشكيل بعض أنواع الأغلفة الفعالة للثمار أو كفلتر لتنقية هواء المخازن، كما أعطى دمج الزيوليت مع مواد مازة أخرى مثل البرمنغنات والبلاديوم وبعض الكاتيونات كالتوتياء والنحاس والفضة نتائج فعالة في إمتزاز الإيثيلين (Verde et al., 2023).

كما أن استخدام تقنية النانو زيوليت أظهرت فعالية أعلى في الامتزاز ففي دراسة لـ Khaswar وزملائه (2016) لتقدير فعالية إزالة الإيثيلين باستخدام تقنية النانو زيوليت مع برمنغنات البوتاسيوم بمقدار 3g من المادة المازة في أكياس من السيليلوز ضمن عبوات من البولي إيثيلين منخفض الكثافة 0.04 mm أظهرت النتائج زيادة في فترة صلاحية الموز المخزن عند درجة الحرارة 25 °C والرطوبة النسبية 85% حتى 23 يوماً بزيادة 17 يوماً عن عينات الشاهد.

يتوافر الزيوليت في سوريا في منطقة السيس تل مكحيلات التي تبعد 170 كم جنوب شرق مدينة دمشق حيث تنتزع الصخور الحاملة للزيوليت، تكون هذه الصخور متكشفة على السطح أو بالقرب منه حيث ينقب عنه بطرائق منجمية بسيطة وبتكاليف مادية منخفضة ويقدر إجمالي الاحتياطي الكلي للزيوليت الخام السوري بـ 655 مليون طن (Imadi, 2003).

يتميز الزيوليت الخام السوري بمواصفات هامة من حيث سعة التبادل الكاتيونية التي قدرت بـ 113mmq\100g وهي أعلى من الزيوليت الإيراني الذي يملك سطحاً نوعياً بسعة تبادل كاتيونية 94mmq\100g والزيوليت الأردني ذي السطح النوعي بسعة تبادل كاتيونية 74mmq\100g، ويبين الجدول (3) بعض الخصائص الهامة المحددة لمواصفات الزيوليت الخام السوري بحسب (Hatem et al., 2017).

تهدف هذه الدراسة إلى اختبار كفاءة فلتر مصنوع من مادة الزيوليت الخام السوري المعالجة بمحلول مشبع من نترات الفضة AgNO₃ في تخفيض تركيز غاز الإيثيلين من خلال قياس تركيز الإيثيلين باستخدام جهاز الكروماتوغرافيا الغازية GC- FID قبل وبعد المعالجة ومقارنة النتائج مع نتائج استخدام الزيوليت الخام غير المعالج وذلك بهدف لدراسة إمكانية تطبيق هذه الطريقة كوسيلة تلبية متطلبات تكنولوجيا الخزن المبرد للحفاظ للثمار.

مواد البحث وطرقه:

تحضير الزيوليت: تم تحضير عينات الزيوليت بوزن 1g من مادة الزيوليت ونخلها بمنخل ناعم الثقوب ثم غسلها بالماء المقطر ثم النقع في 100 ml محلول نترات الفضة AgNO₃ تركيزه 0.1M بمعزل عن الضوء والهواء لمدة 24 ساعة ثم ترشيحها وغسلها بالماء المقطر ثم تجفيفها عند درجة الحرارة 100 °C لمدة 3 ساعات وحفظه لحين الاستخدام، ثم تم تنشيط الزيوليت عند الدرجة 350 °C قبل الاستخدام. (Larish et al., 2019)

تحضير الفلتر: تم وضع طبقة الزيوليت المعالج بأيون الفضة على طبقة من الصوف الزجاجي داخل إسطوانة زجاجية أبعادها (الارتفاع = 25 سم، القطر الداخلي = 5 سم، الحجم = 0.4 لتر) مزودة بفتحات لإدخال وإخراج مزيج غاز الإيثيلين وتم الحصول على مزيج الإيثيلين المخفف من إسطوانة غاز الإيثيلين نقاوته 99% ومزجه مع غاز النتروجين للحصول على التركيز المخفف النهائي المطلوب وضخه بتدفق 50 مل/دقيقة إلى داخل إسطوانة الفلتر.

بعد انتهاء تدفق الغاز واستبدال كامل الهواء داخل الإسطوانة تم إغلاق النظام للسماح بتماس الغاز مع مادة الامتزاز وبعد عدة فترات زمنية تم قياس تركيز غاز الإيثيلين عند المخرج وذلك بأخذ 1 مل من الغاز الخارج من الإسطوانة وحقنه ضمن جهاز الكروماتوغرافيا الغازية GC-Agilent, model 7890 A عند الشروط الموضحة في الجدول 1.

الجدول (1): الشروط المطبقة لتحليل تركيز غاز الإيثيلين باستخدام GC-Agilent, model 7890 A

نوع الكاشف	كاشف تأين اللهب FID
درجة الحرارة	310 °C
تدفق الهيدروجين	45 مل/دقيقة
تدفق الهواء	400 مل/دقيقة
درجة حرارة داخل الفرن	104 °C
الغاز الخامل	الهيليوم بضغط 6 psi
أبعاد العمود المستخدم	الطول 10m والقطر الداخلي 0.530mm

تم تحليل تركيز غاز الإيثيلين بعد مرور 15 ، 30 و 45 دقيقة من التماس بين مادة الزيوليت المعالج بأيون الفضة وغاز الإيثيلين وحساب تركيز الإيثيلين من خلال العلاقة التالية:

$$\text{تركيز الإيثيلين} = \frac{\text{مساحة القمة للعينة}}{\text{مساحة القمة العيارية}} * \text{التركيز العياري}$$

الثمار المدروسة

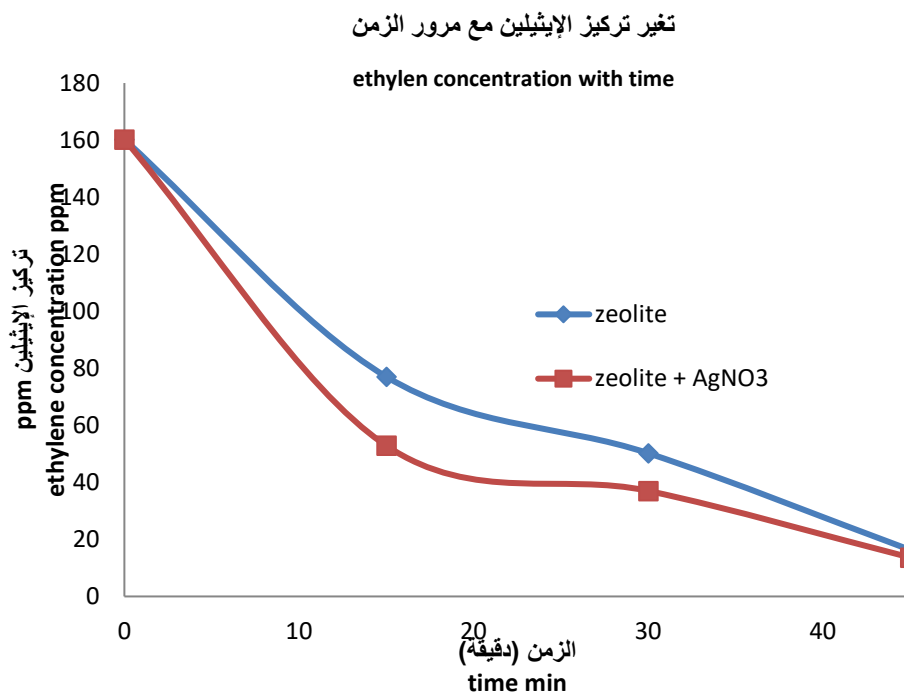
شار التفاح صنف Golden Delicious حيث يتميز هذا الصنف بلونه الأصفر الذهبي عند النضج وبصلابته الملحوظة وطعمه الحلو عند اكتمال النضج، وهو يزرع على نطاق واسع في المنطقة الغربية من محافظة حمص (منطقة جبل الحلو)، تم اختيار الثمار متوسطة الحجم ومتوسطة درجة النضج ووزن 1 كغ للمعاملة الواحدة ووضعت ضمن وعاء بحجم 3L مزود بصمامات خاصة لسحب عينة غازية بعد 5 و 10 و 15 يوماً من التخزين المبرد عند حرارة 4°C وفي نهاية التخزين بعد 15 يوماً.

النتائج والمناقشة:

يبين الجدول رقم 2 النسبة المئوية لتخفيض تراكيز غاز الإيثيلين قبل وبعد استخدام مواد المعالجة المختلفة بعد عدة فترات زمنية من استمرار التعرض للفترة، كما يبين المخطط رقم 1 مقارنة بين تأثير كل من الزيوليت والزيوليت المعالج بنترات الفضة في تخفيض تركيز غاز الإيثيلين مع الزمن.

الجدول (2): تغير تراكيز الإيثيلين قبل وبعد استخدام مواد المعالجة المختلفة

المادة المستخدمة	النسبة المئوية للتخفيض في تركيز الإيثيلين مع مرور الزمن %			
	0min	15min	30min	45min
الزيوليت مع نترات الفضة	0.000	68.386	77.864	91.832
الزيوليت	0.000	52.132	69.967	89.044

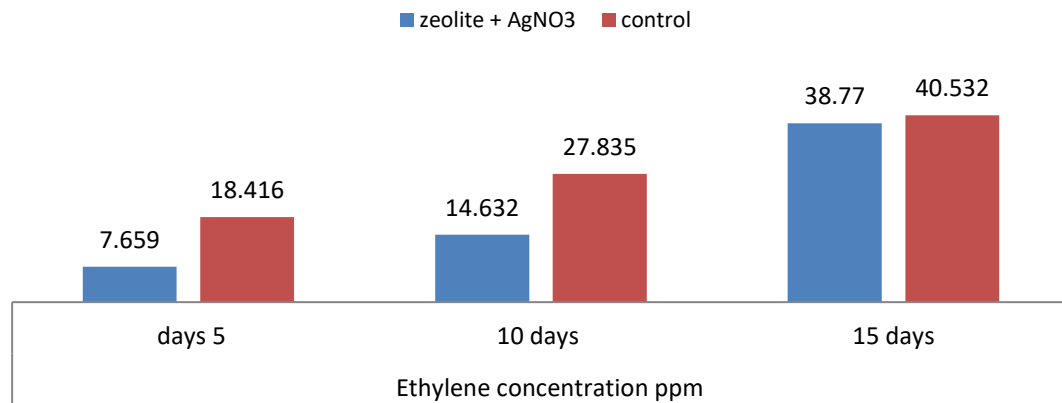


مخطط (1): مقارنة بين تأثير كل من الزيوليت والزيوليت المعالج بنترات الفضة في تخفيض تركيز الإيثيلين مع الزمن

بمقارنة النتائج التي تم الحصول عليها بمعالجة الزيوليت بأيون الفضة مع تلك التي حصلنا عليها باستخدام مادة الزيوليت الخام غير المعالج كانت نسبة التخفيض 52.132% من مجمل تركيز غاز الإيثيلين المتراكم خلال 15 دقيقة، بينما كانت نسبة التخفيض باستخدام الزيوليت المعالج بأيون الفضة 68.368%، وبعد مرور 45 دقيقة من التماس مع غاز الإيثيلين ارتفعت نسبة التخفيض باستخدام الزيوليت الخام غير المعالج إلى 89.044% من مجمل تركيز غاز الإيثيلين المتراكم خلال 45 دقيقة، بينما كانت نسبة التخفيض في تركيز الإيثيلين باستخدام الزيوليت المعالج بأيون الفضة 91.832% من التركيز الإجمالي لغاز الإيثيلين، حيث تتوافق هذه النتائج مع ما تم الحصول عليه نتيجة دراسات سابقة لـ COLOMA وزملائه (2014) بينت كفاءة استخدام الزيوليت في امتزاز غاز الإيثيلين، كما تتوافق مع ما ذكره كل من Kim وزملائه (2019) ومع ما ذكره أيضاً Patdhanagul (2010) حيث تعزى قدرة الزيوليت على امتزاز الإيثيلين من خلال تشكيلة للروابط الهيدروجينية بين ذرة الهيدروجين المرتبطة بالكربون CH - من جزيئة الإيثيلين وبين ذرتي الأكسجين في كل من أكسيد الألمنيوم وأكسيد السيليكا المكونين للبنية الأساسية للزيوليت، وتعود القدرة الأعلى على خفض تركيز غاز الإيثيلين عند استخدام الزيوليت المعالج بأيون الفضة مقارنة مع الزيوليت الخام غير المعالج إلى التأثير المضاف لأيون الفضة الذي يستقبل الإلكترونات الرابطة π لأوليغين الإيثيلين في المدار الإلكتروني الفارغ لأيون الفضة مما يزيد بدوره من فعالية الامتزاز للإيثيلين مقارنة مع استخدام الزيوليت الخام وحده وهذا ما يتوافق مع دراسة لـ Larish وزملائه (2019) بينت زيادة قدرة الامتزاز لغاز الإيثيلين بمعالجة الزيوليت بأيون الفضة.

كما يبين المخطط رقم 2 تراكيز الإيثيلين المتراكمة خلال 15 يوماً من تخزين تمار التفاح صنف Golden Delicious بوجود الزيوليت المدمج مع أيون الفضة مقارنة مع الشاهد بدون معالجة عند درجة الحرارة 4°C .

تغير تركيز الإيثيلين في الفراغ الرأسي لوعاء التخزين مع مرور الزمن
ethylene concentrations during 15 days of storage of Golden Delicious apple



مخطط (2): تراكيز الإيثيلين المتراكمة خلال 15 يوماً من تخزين تمار التفاح صنف Golden Delicious

يتبين من النتائج الموضحة في المخطط 2 تأثير قدرة الامتزاز على المراكز الفعالة للزيوليت المعالج بأيون الفضة في تخفيض تراكم الإيثيلين خلال الأيام الخمسة الأولى حيث انخفض بنسبة 58.411% وبعد 10 أيام انخفضت كفاءة التخفيض إلى 47.433% حيث يمكن أن يعزى ذلك إلى إشباع بعض المراكز الفعالة ضمن شبكة الزيوليت ولم يتعدى الانخفاض في تركيز الإيثيلين المتراكم بعد 15 يوماً مقدار 4.347%, وهو ما يتوافق مع نتائج دراسة لـ Larish وزملائه (2019) بين فيها انخفاض القدرة على امتزاز الإيثيلين مع تقدم الزمن مما يتطلب إعادة تجديد طبقة الزيوليت المعالجة بأيون الفضة كل 10 أيام من التخزين ويمكن تفسير ذلك بحدوث انتزاز للإيثيلين عن المراكز الفعالة للزيوليت من جهة وزوال القدرة المؤكسدة للفضة مع تقدم عملية الأكسدة مع الزمن مما يسبب تخفيض قدرة الزيوليت المعالج بأيون الفضة على إزالة الإيثيلين وخفض تركيزه في الفراغ الرأسي لوعاء التخزين.

الاستنتاجات والتوصيات:

إن استخدام الزيوليت المشبع بنترات الفضة في مخازن الثمار الكليماكتيرية هي طريقة مناسبة لتخفيض تركيز غاز الإيثيلين في هواء مخازن الثمار خاصة الكليماكتيرية لذا يوصى بتطبيق هذه المعالجة في مستودعات الخزن المبرد في سوريا من أجل تلبية متطلبات جودة عملية التخزين المبرد للثمار الكليماكتيرية.

الشكر: للمشرفين في مخبر الخزن والتبريد في قسم الهندسة الغذائية في جامعة حمص، وفي مخبر الكيمياء الغذائية في كلية الصيدلة بجامعة طرطوس، ولإدارة المخبر المركزي لمصفاء بانياس والتسهيلات المقدمة من الفنيين المشرفين على عمل أجهزة الـ GC.

المراجع:

- Al-Safarjalani, A., H.J, Massonne; and T, Theye (2010). Chemical composition of zeolite ore in the Al-Sis formation outcropping in the Syrian Hamad area. Alexandria science exchange Journal. 31(3):107-126.
- Álvarez-Hernández, M.H.; F, Artés-Hernández; F, Ávalos-Belmontes; M.A, Castillo-Campohermoso; J.C., Contreras-Esquivel; J.M., Ventura-Sobrevilla; and G.B, Martínez-

- Hernández (2018). Current Scenario Of Adsorbent Materials Used In Ethylene Scavenging Systems To Extend Fruit And Vegetable Postharvest Life. Food And Bioprocess Technology. 11(3): 511-525.
- Bruijn De. J; A, Gomez; P, Melin; C, Loyola; V, Solar; and H, Valdes (2019). Effect of Doping Natural Zeolite with Copper and Zinc Cations on Ethylene Removal and Postharvest Tomato Fruit Quality. Chemical Engineering Transactions. (7)5: 265-270.
- Coloma A; Fj,Rodríguez; Je, Bruna; A, Guarda; Mj, Galotto (2014). Development Of An Active Film With Natural Zeolite As Ethylene Scavenger. J Chil Chem Soc. 59(2):2409–2414.
- Hatem, Z.; L, Habib; and M, Ghafar (2017). Phosphate removal from natural waster by natural Syrian zeolite ore: sorption study. American journal of innovative research and applied sciences. 5(6): 445-453.
- Imadi, F (2003). Geological Map Of Syria, Explanatory Notes. Tell Al Sis Sheet. Scale 1:50000 GEGMR, Syria.
- Janjarasskul, T; and P, Suppakul (2018). Active And Intelligent Packaging: The Indication Of Quality And Safety. Critical Reviews In Food Science And Nutrition. 58(5): 808-831.
- Khaswar, S; W, Endang; Y, Sri; and W, Siti Mariana (2016). Nano Zeolite-Kmno4 As Ethylene Adsorber In Active Packaging Of Horticulture Products (Musa Paradisiaca). International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR) . 30 (1):93-103.
- Kim, S; G.H, Jeong; and S.W, Kim (2019). Ethylene Gas Decomposition Using ZSM-5/WO3-Pt-Nanorod Composites For Fruit Freshness. ACS Sustainable Chemistry And Engineering. 7(13): 11250-11257.
- Larisha, C; G, Fei ; and C, Avelino (2019). Silver nanocluster in zeolites. Adsorption Of Ethylene traces for fruit . journal of preservation Microporous and Mesoporous Materials. 2(83) :25–30
- Nicolas, M, D; K Ducamp; R, Didier; and K, Valérie (2013). Ethylene Removal And Fresh Product Storage: A Challenge At The Frontiers Of Chemistry. Toward An Approach By Photocatalytic Oxidation. Chemical Reviews. 113(7): 5029-5070.
- Patdhanagul, N; T, Srithanratana; K, Rangswatnananon; and S, Hengrasmee (2010). Ethylene Adsorption On Cationic Surfactant Modified Zeolite Nay. Microporous And Mesoporous Materials. 1(31): 97–102.
- Pathak, N (2018). Photocatalysis And Vacuum Ultraviolet Light Photolysis As Ethylene Removal Techniques For Potential Application In Fruit Storage. Phd Dissertation. Technische Universität. Berlin.
- Verde, A; J, Miguez; and M, Gallardo (2023). Melatonin Stimulates Postharvest Ripening Of Apples By Up-Regulating Gene Expression Of Ethylene Synthesis Enzymes. Postharvest Boil. Technology. (163):63-72.
- Yam, K, L (2010). The Wiley Encyclopedia Of Packaging Technology. Wiley, Chicheste Ethylene Induced Soil Delays Ripening In Organic Bananas Guenevere Perry1 And Diane Perry2

The Effect of Treating Raw Syrian Zeolite with Silver Ion on Improving the Efficiency of Removing Ethylene gas Resulting from Climacteric Fruits

Enaam Ahmad Al Saty^{*(1)}

(1). Ph.D. in Food Engineering, working at the College of pharmacy, Tartous University, Syria. (*Email: enaam83@hotmail.com)

Received: 8/10/2024

Accepted: 9/2/2025

Abstract

the growth hormone ethylene is considered the main cause of spoilage of vegetables and fruits during storage. therefore, controlling the level of this hormone in vegetable and fruit stores is of great importance in reducing their deterioration during storage. the use of zeolite to get rid of ethylene is considered an important method in delaying the spoilage of fruits, especially climactic fruits such as apples. combining zeolite with some materials such as permanganate, palladium, and some cations such as berries, copper, and silver has also given effective results in increasing the efficiency of ethylene adsorption. the main goal of this research is to study the treatment of zeolite with silver ion to improve its ability to adsorb ethylene. to this end, we passed a mixture of ethylene gas inside a cylindrical filter containing zeolite saturated with AgNO_3 placed on a layer of glass wool, and measured the ethylene concentration at the inlet of the filter cylinder and at the outlet after closing the system at the outlet, after closing the system to allow the ethylene to come into contact with the treated layer, measurements were made after 15, 30, and 45 minutes using a gas chromatograph (GC-FID), and the reduction efficiency was compared with the results of another study conducted under the same conditions and using zeolite not treated with AgNO_3 . the results showed that the most effective treatment in reducing the ethylene concentration was using zeolite saturated with AgNO_3 , which removed 91.71% of the total ethylene concentration after 45 minutes of contact, while the removal percentage using untreated zeolite was about 61.93%. we also applied this treatment to apple fruits, as one of the climacteric fruits, and stored them for 15 days. the results showed that after 10 days of storage, the reduction in ethylene concentration was approximately 47.433% for fruits stored with the presence of zeolite treated with AgNO_3 , while it did not exceed 4.347% after 15 days of storage. storage requires renewal of the zeolite layer treated with AgNO_3 at that time.

Keywords: Ethylene, Zeolite, Climacteric Fruits, Adsorption, GC-FID.