Basrah Journal of Date Palm Research
Volume 19 Issue (2) 2020
BJDPR
مجلـــة البصـــرة لأبحاث نخلـــة التمـــر
المجلد 19 العدد (2) 2020

الدور الفسيولوجي لأنزيمي النضج (الانفرتيز والسيليوليز) في ثمار نخيل التمر *Phoenix dactylifera* L. (مقال مراجعة)

منتهى عبد الزهرة عاتي

مركز أبحاث النخيل / جامعة البصرة

munthaabd.2016@gmail.com

الخلاصة

نظرا لأهمية الانزيمات ودورها الفسيولوجي في عملية نضج الثمار فقد تم في هذا البحث التعرف على اهم الاسباب المسؤولة عن دور انزيمي الانفرتيز والسيليوليز في عملية النضج، انزيم الانفرتيز هو انزيم معروف على نطاق واسع باسم الانزيم الذي يحفز التحلل المائي للسكروز الى سكريات مختزلة لتحسين جودة الثمار، اذ لا ترتبط الطراوة بنسبة الرطوبة في الثمار فحسب بل بفعالية عدد من انزيمات التحلل المائي المرافقة لمراحل النضج النهائية كالانفيرتيز ويعتقد انه يلعب دورا رئيسيا في تنظيم محتوى السكر للمساهمة في جميع جوانب نمو النبات ،تم التعرف على فعالية انزيم الانفرتيز في العديد من الابحاث المهتمة بأشجار الفاكهة، اما انزيم السيليوليز المعروف بنشاطه في ليونة الجدار الخلوي للخلايا فهو بهذا الفعل يساعد على طراوة ونضج الثمار وكما هو معروف هناك العديد من الانزيمات التي تؤثر في طراوة الثمرة والتي تعد من الصفات المهمة التي تحدد نوعية التمور ومدى استهلاكها فقد اختلفت الابحاث في تحديد الاسباب الرئيسية التي تقود الى نضج الثمار حسب الصنف والمرحلة والتركيب الكيميائي فلا تعرف الاسباب الحقيقية لدور الانزيمات في فسلجة النضج لذلك تم في هذا البحث التعرف على بعض المعلومات عن الاسباب الفسيولوجية المسؤولة عن الأختلافات في نمط تغيرات انزيمي الانفيرتيز والسيليوليز في الأصناف المختلفة من ثمار نخيل التمر وفهم فسلجة النضج في الثمار فتم تسليط الضوء على اهمية الانزيمات ودورها في نضج مختلف الاصناف من نخيل التمر ولا يزال هناك الكثير لم يتم اكتشافه حول هذه العملية.

كلمات مفتاحية: نخيل التمر، انزيمات ،مراحل النضج، فسلجة النضج.

المقدمة Introduction

نخلة التمر *Phoenix dactylifera* L. تنتمي الى العائلة النخيلية Arecaceae من أشجار الفاكهة تحت الاستوائية ، وتنتشر زراعتها في العراق وبعض مناطق الشرق الأوسط (Barreveld, 1993). تعد من أهم أشجار الفاكهة في العراق لما لها من قيمة غذائية واقتصادية كبيرة وهي شجرة مقدسة ، حيث ورد ذكرها في الديانات السماوية جميعاً وتشير الأدلة المتوفرة في الوقت الحاضر أن السومريين هم أول من زرعوا شجرة نخيل التمر واستعملوا ثمارها كغذاء اساسي في وادي دجلة والفرات منذ اكثر من ثلاثة الآف سنة قبل الميلاد (مطر،1991).

لقد أوضحت الدراسات ان ثمرة نخيل التمر الطبيعية تمر في خمسة مراحل خلال نموها وتطورها وقد استعملت العبارات العربية في المراجع العلمية لتوضيح هذه المراحل، ان هذه المراحل تشمل مرحلة الحبابوك و مرحلة الكمري Kimri التي هي المرحلة الأولى لنمو الثمرة وتكون فيها الثمرة خضراء اللون وتمتاز بزيادة سريعة في الوزن والحجم نتيجة عملية انقسام الخلايا واستطالتها وارتفاع نسبة الرطوبة فيها، بعد ذلك تبدأ الثمرة بالتغير في اللون من الأخضر الى اللون المميز لها في المرحلة الثالثة وهي مرحلة الخلالKhalal stage ، ان مرحلة الخلال هي مرحلة النضج الفسيولوجيPhysiological maturity وفي هذه المرحلة فان لون الثمرة قد يكون أصفر أو أحمر أو وردي أو أصفر مشوب بالحمرة اعتماداً على الصنف وفي هذه المرحلة فان الثمرة لا تزال صلبة وذات طعم قابض لاحتوائها على كميات كبيرة من التانينات اعتمادا على الصنف. وفي نهاية مرحلة الخلال فان الثمرة تدخل في مرحلة الرطب Rutab stage التي هي مرحلة النضج النهائي Ripening، ان أهم شيء يميز مرحلة الرطب هو التفاعلات الانزيمية والتغيرات التي تنقل الثمرة من نسيج حي صلب الى نسيج لين عديم الحيوية يتكون اساساً من السكريات ، ذات مذاق جيد ممتاز وقوام لين وخالي من التانينات وفي مرحلة الرطب فأن الثمرة تفقد اللون المميز لمرحلة الخلال وتبدأ باكتساب لون أقل جاذبية الذي قد يكون بين غامق أو أسود اعتماداً على الصنف كما أن الثمرة في هذه المرحلة تفقد الكثير من الرطوبة ويحدث انكماش في لحم الثمرة . ان اخر مرحلة من مراحل تطور ثمار نخيل التمر هي مرحلة التمر Tamar stage هذه المرحلة تمثل مرحلة تجاوز النضج Over ripening وفي هذه المرحلة تقل الفعاليات الحيوية للثمار بدرجة كبيرة ويتوقف عمل الانزيمات وتصل سرعة التنفس الى اقل مستوى لها، كما ان الثمرة تفقد أكبر كمية ممكنة من الرطوبة لدرجة تصل نسبة السكر/ الماء كافية لمنع تخمر الثمار(Rygg, 1975). ان ثمرة نخيل التمر هي عبارة عن عنبة Berry fruit ناتجة عن تطور مبيض منفرد وهي تحتوي على بذرة واحدة صلبة محاطة بغشاء رقيق هو الاندوكارب ويفصل البذرة عن اللب الذي يؤكل، وتتكون الثمرة من جزئين رئيسين هما اللب والبذرة (Wrigley, 1995) وخلال مراحل النمو والتطور فان تغيرات شكل وحجم ولون وميعاد نضج الثمرة يتأثر بنوع اللقاح المستعمل في التلقيح وهذه الظاهرة تعرف بالميتازينيا Metaxenia. الانزيمات عبارة عن جزيئات بروتينية على درجة عالية من التخصص وذات وزن جزيئي مرتفع تنتجها الخلايا بكميات ضئيلة ، إذ كل نوع من الانزيمات يساعد على اسراع نوع واحد متخصص من التفاعلات الكيميائية (دلالي، 1986). في ثمار النخيل هناك العديد من الانزيمات التي لها علاقة بتحولات النضج ، وهذه تشمل Invertase, Pectinase, Polyphenoloxidase , Pectinesterase , Polygalacturonase, Cellulas إن من أهم الانزيمات الموجودة في ثمار نخيل التمر التي لها تأثير كبير في

عامل الجودة والقوام هو انزيم الانفرتيز (invertase) هذا الانزيم كما هو معروف، يعمل على تحول السكروز الى سكريات احادية (الكلوكوز والفركتوز)، ولقد اجريت العديد من الدراسات حول تغيرات نشاط انزيم الانفيرتيز خلال نضج ثمار النخيل لأصناف مختلفة من نخيل التمر، فقد قام Hasegawa and Smolensky (1970) بدراسة تغيرات فعالية هذا الانزيم في ثمار النخيل صنف دقلة نور ووجدا ان نشاط هذا الانزيم قد بدأ بالظهور مع دخول الثمار مرحلة اكتمال النضج الفسيولوجي (الخلال) وازدادت شدته حتى نهاية مرحلة الخلال ، وعند اكتمال دخول الثمار مرحلة الرطب ، هبطت فعالية هذا الانزيم بشدة ، ولم تسجل فعالية لهذا الانزيم مع دخول الثمار مرحلة التمر. كما قام (AL– Bakir and Whitaker, 1978) بدراسة فعالية انزيم الانفيرتيز في ثمار نخيل التمر صنف الزهدي ، ووجدا ان الفعالية كانت قليلة في مرحلة الكمري ، إلا أنها ازدادت مع دخول الثمار في مرحلة الخلال وبلغت أقصى فعالية لها في نهاية مرحلة الخلال ودخولها في مرحلة الرطب، ثم هبطت الى اقل مستوى لها عند دخول الثمار في مرحلة التمر. أما Kanner et al(1978)., فقد قاموا بدراسة فعالية انزيم الانفيرتيز في ثلاثة اصناف من نخيل التمر هي الخضراوي والحلاوي ودقلة نور ، ووجدوا ان الفعالية تبدأ مع دخول الثمار مرحلة النضج النهائي (الرطب) ، وكانت أعلى فعالية في ثمار نخيل التمر صنف الخضراوي مقارنة بالأصناف الأخرى. ان فعالية انزيم الانفرتيز تتبع سرعة تراكم السكروز وان أقصى فعالية وصلها الانزيم تزامنت مع أعلى مستوى للسكروز (محمد ، 1977 ؛ خلف ، 2003 ؛ عبد الواحد وعبد ، 2004)، كما اكد عبد الواحد وعبد (2004) عند دراستهما لفعالية انزيم الانفرتيز في ثمار النخيل صنف الحلاوي عدم وجود أي نشاط لأنزيم الانفرتيز خلال مراحل النمو الاولى ولكن ازداد نشاطه في مرحلة الخلال حيث بلغ 2720 وحدة .كغم$^{-1}$ ، الا ان هذه المستويات اخذت بالانخفاض الى ادنى مستوياتها في مرحلة التمر اذ بلغت 100 وحدة.كغم$^{-1}$. اما الدراسة التي قام بها الجابري (2005) فقد اوضحت ان هناك زيادة في فعالية انزيم الانفرتيز في مرحلة الخلال واقل فعالية انزيمية في مرحلة الكمري لثمار نخيل التمر المتأخرة النضج صنف الخصاب .أما Mustafa et al., (2006) فقد لاحظوا في أثناء دراستهم لأنزيم الانفيرتيز في ثلاثة اصناف من نخيل التمر السودانية (Tawa , Bentamoda , Mishrig wad laggai) ان هناك مستويات عالية لأنزيم الانفيرتيز خلال مرحلة النضج الفسيولوجي (الخلال) للأصناف الثلاثة ثم بدأت مستويات الانزيمات الذائبة بالازدياد عند دخول الثمار في مرحلة النضج النهائي(الرطب). كما قامت عاتي (2009) بدراسة تغيرات فعالية هذا الانزيم في ثمار نخيل التمر صنف الحلاوي ووجدت ان نشاط هذا الانزيم قد بدأ بالظهور مع دخول الثمار في الاسبوع الثامن بعد التلقيح وازدادت شدته حتى نهاية مرحلة الخلال (الاسبوع الرابع عشر بعد التلقيح) وفي الاسبوع السابع عشر بعد التلقيح لم تسجل أي فعالية لهذا الانزيم. اوضحت الدراسة التي قامت بها (Rastegar et al.,2012) ان هناك نمط متغير لفعالية انزيمات النضج في ثمار نخيل التمر (Shahani,Piarom,Deiry) حسب الصنف والمرحلة وقد اعزت ذلك الى الخصائص الجينية لكل صنف. كما درس طعين واخرون(2013) فعالية انزيمي الانفرتيز والسيليوليز في ثمار نخيل التمر صنف الهلالي لثلاث مراحل من النضج وهي الكمري والخلال والرطب ولاحظوا ان اعلى فعالية انزيمية كانت في نهاية مرحلة الخلال بلغت 7956.42 و 1289.35 وحدة .كغم$^{-1}$.دقيقة$^{-1}$.

تأثير صنف اللقاح على فعالية الانزيم

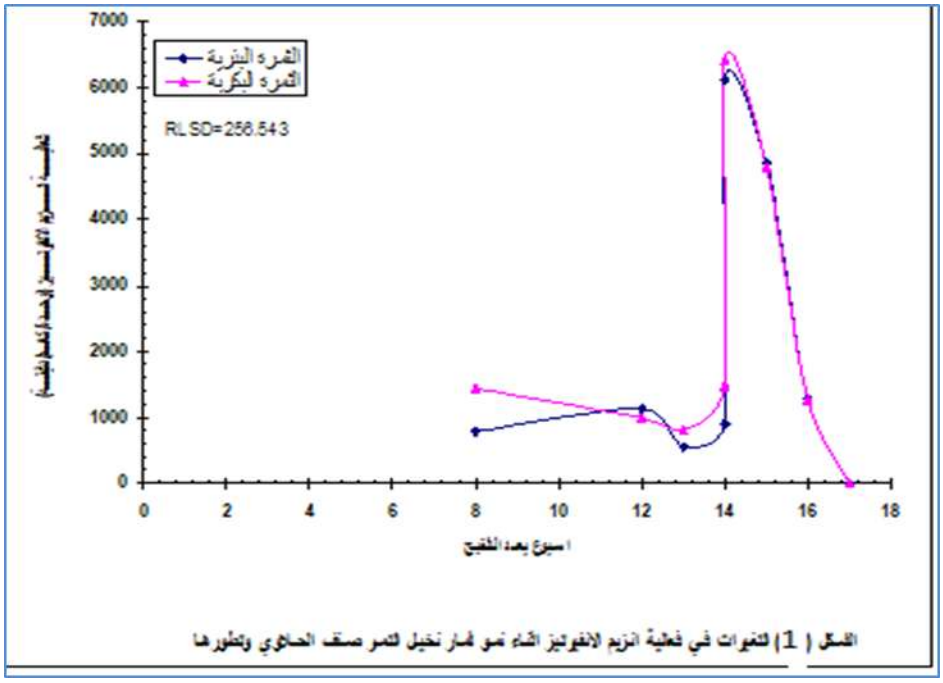
ان مصدر حبوب اللقاح يلعب دور مهم في التأثير على صفات البذور والثمار بتأثيرين معروفين هما التأثير الزيني (Xenia) وهو تأثير المباشر لحبة اللقاح في صفات الجنين والاندوسبيرم اما التأثير الاخر فهو التأثير الميتازيني (Metaxenia) وهو تأثير حبة اللقاح في الصفات الطبيعية للثمار اي الاجزاء البعيدة عن الجنين والسويداء والتي تشمل الاختلافات في وزن الثمرة وحجمها وطولها وقطرها ولونها ومحتواها الكيميائي ونسبة العقد وموعد النضج .هناك العديد من الدراسات التي اهتمت بدراسة تأثير صنف اللقاح على الثمار، ففي دراسة لفعالية انزيمات النضج (Invertase,Cellulase, Polygalactoeoronase,Pectinestrase,Polyphenoloxidase) خلال نمو ثمار نخيل التمر صنف الحلاوي وتأثرها بصنف اللقاح وجد عبد الواحد(2011) ان فعالية انزيمات الانفيرتيز والسيليوليز كانت منخفضة في مراحل النمو الاولى ثم ارتفعت لتسجل اعلى قيمة لها في الاسبوع الخامس عشر بعد التلقيح (مرحلة الخلال) ثم حدث هبوط لهذه الانزيمات عند دخول الثمار في مرحلة الرطب حتى وصلت الى اقل قيمة لها في مرحلة التمر كما بينت الدراسة ان هناك تفوق في فعالية الانزيمات الناتجة من لقاح الخكري العادي مقارنة مع لقاح الغنامي الاخضر. اظهرت الدراسة التي قام بها Taain (2013) على ثمار نخيل التمر صنف ام الدهن عند تلقيحها بلقاح الغنامي الاخضر ان فعالية انزيمي الانفرتيز والسيليوليز زادت خلا نهاية مرحلة الخلال حتى بداية مرحلة الرطب. وجدت الدراسة التي قامت بها الإبرسيم (2016) عند استخدام مصدرين لحبوب اللقاح (الغنامي الاخضر والسميسمي) لصنفين من نخيل التمر الانثوية ان فعالية انزيمي الانفرتيز والسيليوليز تأثرت بصنف اللقاح المستخدم وان اعلى فعالية سجلت في ثمار نخيل التمر صنف الحلاوي الملقحة بلقاح الغنامي الاخضر عند الاسبوع السادس عشر بعد التلقيح مقارنة بصنف الساير الملقح بنفس الصنف من حبوب اللقاح الذي سجل اقل فعالية في الثمار.وذكرت الدراسة التي قام بها جوار وعبد الواحد(2018) ان فعالية انزيمات النضج ايضا تأثرت بصنف اللقاح وان لقاح الغنامي الاخضر سجل اعلى فعالية انزيمية في ثمار نخيل التمر صنف الشويثي، كما اوضحت الدراسة التي قامت بها عاتي واخرون (2019) على ثمار نخيل التمر الملقحة بأربعة اصناف من حبوب اللقاح (الغنامي الاحمر والغنامي الاخضر والسميسمي والخكري) ان فعالية انزيمات النضج (الانفرتيز والسيليوليز) تأثرت بصنف اللقاح والمرحلة فقد كانت هناك فعالية لانزيمي الانفرتيز والسيليوليز في مرحلة الحبابوك للثمار الملقحة بالغنامي الاحمر اما الثمار الملقحة بالسميسمي فقد سجلت اعلى فعالية انزيمية في مرحلة الرطب في حين سجلت اعلى فعالية انزيمية للثمار الملقحة بالغنامي الاخضر والخكري العادي في نهاية مرحلة الكمري مما يدل على اختلاف معدلات الانزيمات حسب الاصناف والمرحلة.

الدور الفسيولوجي للأنزيمات في الثمار البكرية

ان تطور الثمرة بصورة طبيعية باستثناء بعض الأنواع النباتية التي لها ميل طبيعي لأنتاج ثمار بكرية (Parthenocarpic fruits) ، يحدث بعد نجاح عملية التلقيح التي تؤدي الى انتاج ثمار محتوية على بذور . وغالباً ما يؤدي نجاح عملية التلقيح الى مرحلة مهمة من حياة الثمرة هي مرحلة عقد الثمار Fruit set (Wareing and

Phillips, 1983). يؤدي فشل عملية التلقيح الى سقوط الازهار غير الملقحة في نباتات كثيرة (Audus , 1972) ولكن ليس في نخلة التمر، اذ ان المعروف ان الازهار المؤنثة في نخلة التمر تكون في بداية مراحل تطورها محتوية على ثلاثة كرابل (مبايض) فاذا لم يحدث التلقيح فلا يحصل اخصاب لأي من الكرابل الثلاثة ولا يحصل عقد طبيعي للثمار وبدلاً من ذلك تنمو الكرابل الثلاثة غير المخصبة سوية وببطئ وينشأ من ذلك ثمار عديمة البذور Seedless fruit تعرف محلياً بالشيص . وتمتاز هذه الثمار بأنها صغيرة الحجم مقارنة بالثمار الملقحة ، كما أنها متصلة بقمع واحد فيكون نموها بطيء ولا تصل مطلقاً الى مرحلة النضج التام ،أما اذا حدث التلقيح في نخلة التمر فان المبيض المخصب فقط هو الذي ينمو بسرعة وينضج مكوناً لحم الثمرة Pericarp الذي يحيط بالبذرة ، وعلى الرغم من أن التلقيح يحدث بنفس الاحتمال للكرابل الثلاثة في الزهرة الا أن العقد يحدث لمبيض واحد فقط وتتكون ثمرة واحدة ذات بذرة واحدة ويحصل اجهاض abortion للكرابل الأخرى وبويضاتها (مطر،1991؛ غالب، 2005). قام خلف (2003) بدراسة موسعة على تغيرات فعالية انزيمي الانفيرتيز والسيليوليز خلال نمو ثمار نخيل التمر البذرية والبكرية وتطورها لصنف البرحي ووجد عدم وجود أي فعالية لأنزيم الانفرتيز لصنف البرحي في مرحلة النمو الأولى (مرحلة الكمري) حتى الأسبوع السابع عشر بعد التلقيح بالنسبة للثمار البذرية وعند دخول الثمار في مرحلة التلون (الخلال) بدأت فعالية الانزيم تزداد حتى وصلت الى أقصى قيمة لها 13141.2 وحدة.كغم−1 وزن طازج في الثمار البذرية و 12804.3 وحدة.كغم−1 وزن طازج في الثمار البكرية عند نهاية مرحلة الخلال ثم اخذت فعالية الانزيم بالانخفاض عند دخول الثمار في مرحلة الرطب حتى وصلت 984.4 وحدة.كغم−1 وزن طازج في الثمار البذرية و 1428.6 وحدة.كغم−1 وزن طازج من الثمار البكرية عند مرحلة التمر. اوضحت عاتي(2009) ان هناك فعالية واضحة لانزيم الأنفيرتيز في كل من الثمار البذرية والبكرية من الاسبوع الثامن بعد التلقيح وحتى الاسبوع الثاني عشر، ثم ازدادت فعالية انزيم الأنفيرتيز في كل من الثمار البذرية والبكرية ووصلت الى أعلى قيمة لها عند الاسبوع الرابع عشر بعد التلقيح بعد ذلك حدث انخفاض في فعالية انزيم الأنفيرتيز عند الاسبوع الخامس عشر والسادس عشر بعد التلقيح على التوالي في كل من الثمار البذرية والبكرية ، وفي الاسبوع السابع عشر بعد التلقيح لم تسجل أي فعالية لانزيم الأنفيرتيز في كل من الثمار البذرية والبكرية وقد تزامنت زيادة فعالية انزيم الأنفيرتيز في الثمار البذرية مع حدوث انقلاب السكروز الى سكريات مختزلة ، في حين لم تظهر الثمار البكرية أي استجابة في هذا الخصوص وتزامنت هذه الزيادة الكبيرة في فعالية انزيم الانفيرتيز مع الزيادة في انتاج غاز الاثيلين (هرمون النضج) وقد يكون الاثيلين هو المسؤول عن التأثير في عملية التعبير الجيني التي ادت الى زيادة فعالية هذا الانزيم ، ومن ثم تأثيره في انقلاب السكروز وتحوله الى سكريات مختزلة مع دخول الثمار في مرحلة النضج النهائي (الرطب) (Lelievre et al., 1997; White, 2002 ; Giovannoni , 2004). وعند دخول الثمار البذرية مرحلة الرطب ، حدث انخفاض في فعالية انزيم الانفيرتيز واستمر هذا الانخفاض في فعالية انزيم الانفيرتيز حتى الاسبوع السادس عشر بعد التلقيح، وعند دخول الثمار البذرية في بداية مرحلة التمر لم تسجل أي فعالية لأنزيم الانفيرتيز في الثمار. إن هذا النمط في تغيرات انزيم الانفيرتيز خلال نمو ونضج ثمار نخيل التمر البذرية من الصنف الحلاوي هو مماثل لما وجده Hasegawa et al.,(1972) مع ثمار النخيل صنف دقلة نور، وكذلك Sakri et al., (1975) على ثمار النخيل للأصناف الزهدي والساير ،الا ان نمط التغيرات قد اختلف مع ما ذكره خلف (2003) مع ثمار البرحي التي سجلت اعلى فعالية انزيمية في مرحلة الخلال

لتنخفض في مرحلة الرطب وتصل الى اقل قيمة لها في مرحلة التمر ولا تعرف الاسباب المسؤولة عن الاختلافات في نمط تغيرات انزيم الانفيرتيز في الأصناف المختلفة من ثمار نخيل التمر ، الا انها قد تعود الى اسباب وراثية. يلاحظ من الشكل (1) ان نمط تغيرات فعالية انزيم الانفيرتيز لثمار الحلاوي البكرية هو مشابه تماماً لنمط تغيرات الثمار البذرية، ولكن لم يحدث أي انقلاب للسكروز الى سكريات مختزلة، ولم تدخل الثمار مرحلة الرطب ولا تعرف الاسباب الحقيقية لعدم حدوث تحول السكروز الى سكريات مختزلة على الرغم من وجود مستويات عالية من انزيم الانفيرتيز ، أعلى حتى من مستوياته في الثمار البذرية ، ولربما يعود ذلك الى الاسباب التي تمت الاشارة اليها سابقاً او لكون الثمار البكرية غير مستعدة في هذا الوقت من تطورها الفسيولوجي بالدخول في مرحلة الرطب بسبب تركيبها الكيميائي من حيث المواد الصلبة الذائبة والمحتوى المائي والسكريات الكلية على الرغم من ان لها نفس العمر الفسيولوجي للثمار البذرية ، او قد يكون النمو غير الطبيعي للثمار البكرية قد اثر في عملية التعبير الجيني ولم يتم انتاج البروتينات التي هي ضرورية لتهيئة انسجة الثمرة لكي تستجيب الى انزيم الانفيرتيز وحدوث الانقلاب في السكروز (عاتي، 2009). ان نمط تغيرات فعالية انزيم الانفيرتيز خلال تطور ثمار الحلاوي البكرية يختلف عن ما وجده خلف (2003) مع ثمار البرحي البكرية ، حيث لم يسجل أي فعالية لهذا الانزيم حتى الاسبوع التاسع عشر بعد التلقيح ، وقد ظهرت الفعالية مع دخول الثمار البكرية مرحلة الخلال إذ بلغت أقصى قيمة لها ، ثم هبطت بعد ذلك مع دخول الثمار البكرية مرحلتي الرطب والتمر. إن هذا النمط في تغيرات انزيم الانفيرتيز خلال نمو ونضج ثمار نخيل التمر البذرية من الصنف الحلاوي هو مماثل لما وجده Hasegawa et al.,(1972) مع ثمار النخيل صنف دقلة نور، وكذلك (Sakri et al., 1975) على ثمار النخيل للأصناف الزهدي والساير، الا ان نمط التغيرات قد اختلف مع ما ذكره خلف (2003) مع ثمار البرحي ، إذ لم يلاحظ أي فعالية لأنزيم الانفيرتيز خلال مرحلة نمو الثمار البذرية الاولى (مرحلة الكمري) إلا أن الفعالية ظهرت عند الاسبوع السابع عشر بعد التلقيح وزادت الفعالية مع دخول الثمار في مرحلة الخلال ووصلت الى اقصى قيمة لها في نهاية مرحلة الخلال ثم هبطت الفعالية مع الدخول في مرحلة الرطب إذ وصلت الى اقل قيمة لها.



الشكل (1) التغيرات في فعالية انزيم الانفيرتيز اثناء نمو ثمار نخيل التمر صنف الحلاوي وتطورها

تأثير بعض المعاملات في فعالية الانزيمات

بينت معظم الدراسات ان فعالية انزيمات النضج تتأثر بعمليات الرش والعمليات الاخرى، فقد اظهرت الدراسة التي قام بها الجابري (2002) لبعض الاصناف (الحلاوي ،الساير ،الزهدي ،الخضراوي) ان فعالية انزيم الانفرتيز تأثرت بمعاملات التكييس الورقي للعذوق واظهرت الثمار المكيسة بالورق الاسمر زيادة في فعالية الانزيم مقارنة بتلك الثمار المكشوفة وقد اعزى سبب الزيادة الى رفع الاكياس للحرارة والرطوبة مما ادى الى رفع فعالية الانزيم في تلك الثمار، كما بينت الدراسة التي قام بها شريف (2008) ان معاملات التكييس للعذوق ومعاملة الرش بعرق السوس تركيز 5غم.لتر$^{-1}$ ادت الى زيادة فعالية انزيمي الانفرتيز والسيليوليز للثمار المعاملة لصنف الساير مقارنة مع صنف الحلاوي وقد اعزى سبب ذلك الى ارتفاع محتوى صنف الساير من السكروز الذي يعتبر المادة الخاضعة للأنزيم ،واظهرت الدراسة التي قامت بها عاتي (2017) عند استخدام حامض الساليسليك رشا على الثمار بالتركيزين 25 و50 ملغم.لتر$^{-1}$ عدم وجود اي تأثير للرش بحامض الساليسليك بالتركيزين المذكورين في زيادة فعالية الانزيم في مرحلة الخلال وتفوق معاملة المقارنة في هذه الصفة الا ان التركيز 50 ملغم.لتر$^{-1}$ ادى الى زيادة في فعالية انزيمي السيليوليز والبولي فينول اوكسيديز في مرحلة الخلال . بينت الدراسة التي قامت بها عاتي (2016)عند استخدام معاملات مختلفة من محلول الدرن بالتركيز 2و4مل.لتر$^{-1}$ وحامض الاسكوربيك بالتركيز 500 و1000 ملغم.لتر$^{-1}$ رشاً على اشجار نخيل التمر صنف الحلاوي بمعدل رشة واحدة وثلاث رشات عند ظهور الطلع ودخول الثمار في مرحلة الكمري ان معاملات الرش ادت الى خفض فعالية انزيمي الانفرتيز والسيليوليز مقارنة بمعاملة المقارنة التي تفوقت في زيادة الفعالية الانزيمية وبفارق معنوي. اختلفت الابحاث في تحديد المرحلة التي تزداد فيها فعالية الانزيمات فمعظم الدراسات التي اجريت على ثمار نخيل التمر بينت ان اعلى فعالية لأنزيمي الانفرتيز والسيليوليز في مرحلة الخلال، في حين اكدت ابحاث اخرى ان اعلى فعالية انزيمية سجلت في مرحلة الرطب ويمكن تفسير ذلك على انه في نهاية مرحلة الخلال يبدا التحول والانقلاب الانزيمي للسكروز الى سكريات مختزلة (كلوكوز وفركتوز) وتبدا الثمار بإنتاج غاز الاثلين (هرمون النضج) الذي يتحكم في التعبير في عدد كبير من الجينات وانتاج البروتينات الضرورية لعملية النضج (Chaves and Farias,2006;). يلعب السكروز وانزيم التحلل المائي الخاص به ادوارا مهمة في النباتات المتعددة بما في ذلك الاستجابة للبيئة وتنظيم دورة حياة النبات ضمن هذه الوظائف تلعب فجوات الانفرتيز دور مهم في توازن محتوى السكر في الثمار (Roitsch and Golzalez,2004). وجدت الدراسات ان هناك عدد من الجينات التي تتحكم في ارتفاع نسبة السكروز في الثمار وان هناك ارتباط كبير بين السكروز والمنطقة الجينومية التي تحتوي على ثلاثة نسخ متزامنة من جين الانفرتيز في جينوم الخلال. نلاحظ من هذه الدراسة ان اغلب الابحاث التي اهتمت بدراسة فعالية انزيم الانفرتيز اشارت الى ان هناك فعالية عالية للأنزيم في مراحل نمو الثمرة الاخيرة اذا ما قورنت بالمراحل الاولى للنمو وقد يعود ذلك الى ان الجينات المرتبطة مباشرة بعملية التمثيل الغذائي للسكر تكون اكثر نشاطا في المراحل المتأخرة من الثمرة مما يوفر تفسيرا محتملا لارتفاع نسبة الفركتوز ويصل الى اعلى قيمة له بعد 120 يوم من التلقيح (Al-Mssallem et al.,2013) اظهرت بعض الدراسات (Al-Mssallem et al., 2015; Malek et al., 2019) ان هناك ارتباط كبير بين السكروز والمنطقة الجينية وان جينوم النخيل يحتوي على

انفيرتيزات متعددة لتحويل السكروز في مختلف المسارات الخلوية والفسلجية وان هناك انخفاض في تسلسل جينوم النخيل على وجه التحديد في المناطق التي تحتوي على جينات استقلاب السكر.

جدول(1) تأثير عملية التكييس في فعالية انزيم الانفرتيز خلال مرحلتي الرطب والتمر لأربعة اصناف من نخيل التمر

الصنف	المرحلة	المقارنة	ورق ابيض	ورق اسمر	بولي اثلين شفاف	بولي اثلين اسود	معدل المعاملة
الحلاوي	رطب	580.27	583.58	629.97	621.78	606.33	604.386
	تمر	512.6	518.48	620.6	593.18	585.3	566.032
الساير	رطب	645.31	692.98	740.91	721.81	717.94	703.829
	تمر	598.53	618.62	673.66	642.64	617.82	630.174
الزهدي	رطب	610.03	638.43	738.43	710.16	696.79	698.786
	تمر	562.69	584.65	613.65	608.71	592.35	592.41
الخضراوي	رطب	462.56	486.66	549.61	532.52	521.66	510.602
	تمر	431.77	486.47	572.56	561.90	529.77	516.414
معدل المعاملة	رطب	574.45	625.412	664.712	646.582	635.68	
	تمر	526.29	552.055	620.017	601.607	581.31	

(الجابري،2002)

لقد أوضحت الدراسات ان عملية النمو والتطور في النبات تتضمن التنسيق بين ثلاثة عوامل . وهذه العوامل هي intra cellular Signals التي تتضمن تغيرات (الاشارات داخل الخلية) في عملية التعبير الجيني مما يؤثر على فعالية الخلايا عن طريق تغير نوعية البروتينات في الخلية . أما العامل الاخر Inter cellular Signals (اشارات بين الخلايا) الذي يتضمن الهرمونات النباتية التي هي رسل كيميائية بين الخلايا ، والعامل الاخر هو Extra cellular Signals (اشارات خارج الخلايا) الذي يتضمن العوامل البيئية (Hopkins and Muner, 2008). لقد اتضح ان عملية التطور المنظمة للنبات تتطلب تسلسل مبرمج لعملية تفعيل الجينات بهدف الحصول على النواتج الجينية (البروتينات) وذلك في الوقت المناسب فضلاً عن ذلك ، فأن الخلايا النباتية يجب ان تمتلك القدرة على الاستجابة لهذه النواتج الجينية ، ومع تطور التقنيات الحديثة للوراثة الجزيئية اصبح من الواضح ان عملية التعبير الجيني هي العامل الرئيسي والاساس في تنظيم عملية تطور النبات على المستوى داخل الخلية (Intra cellular Level) (Fosket

(1994,. التعبير الجينيgene expressi هو عبارة تطلق على عملية تخليق او بناء بروتينات معينة مشفورة بواسطة جينات خاصة. الجينات ليس بأكملها تكون فعالة في كل الاوقات الا انها قد تكون فعالة on او خاملة off اعتماداً على الاحتياجات التطورية المبرمجة او استجابة الى تغيرات في الظروف البيئية ، فضلاً عن ذلك فأن الاختلافات في عملية التعبير الجيني تعتبر الوسيلة الرئيسية المسؤولة عن انواع الانزيمات الموجودة في الخلية وبالتالي نمط وتطور وايض الخلية (Giovannoni, 2001,2004 ; Hopkins and Muner, 2008). اجريت العديد من الدراسات حول عملية التعبير الجيني ونمط البروتينات خلال نمو الثمار ونضجها ، وقد أوضحت مثل هذه الدراسات ان هناك العديد من الجينات التي تعمل في اوقات مختلفة من التطور وهذه الجينات تشفر العديد من البروتينات المسؤولة عن الزيادة في انتاج الاثلين وسرعة التنفس والتغيرات الفيزيائية والكيميائية المرافقة لوصول الثمار الى مرحلة النضج النهائي (Smith et al., 2002 ; Giovannoni ,2004 ; Faurobert et al., 2007). لقد قام (El-Sharkawy et al., 2008) بدراسة التعبير التفاضلي للجينات المسؤولة عن تخليق انزيم ACC synthase (Amino Cyclo propane Carboxylic Acid) الذي يعد الانزيم الرئيسي في عملية تخليق الاثلين (هرمون النضج) وذلك في صنفين من الاجاص احدهما مبكر النضج والاخر متأخر النضج ، ووجد أن سبب التأخير في النضج يعود الى ان هذه الثمار بسبب طبيعة تطورها المتأخرة تقلل من مقدرتها على التعبير الجيني اللازم للإنتاج انزيم ACS وبالتالي لا تنتج كميات كافية من الاثلين تمكنها من النضج في الوقت نفسه الذي تنضج فيه الثمار المبكرة (El-Sharkawy et al., 2008). أما العيسي واخرون (2008) فقد وجدوا عند دراستهم الترحيل الكهربائي للأنزيمات في ثلاثة اصناف من نخيل التمر (خلاص ، شيشي ، رزيز) المزروعة في منطقة القطيف والاحساء ان هناك تعدد للحزم الانزيمية إذ لوحظ ظهور حزمة او اكثر في مستخلص احد الأصناف وعدم ظهورها في مستخلص مثيله النامي في الموقع الاخر او عدم ظهورها في مستخلص الصنفين الاخرين في نفس الموقع كما لاحظوا تغير انماط الحزم خلال مراحل تطور الثمرة. اقترحت الدراسات الحديثة ان عملية التعبير الجيني كانت عالية في مراحل النمو الاولى ثم تنخفض بشكل ملحوظ اثناء نضج الثمار (Yamada et al.,2007)، لقد اثبتت الدراسات ان الاثلين يتحكم في معظم الاحداث المرتبطة بعملية نضج الثمار من خلال تنظيم عملية التعبير الجيني اثناء النضج (Chaves and Farias,2006).هناك القليل المعلومات حول ادوار الانفرتيز في تطور ثمار نخيل التمر فتتم عملية تنظيم الانفرتيز الحمضي بواسطة الاكسينات والجبرلينات والسايتوكينينات والابسسيك (Roitsch and Gonzalez,2004).

المصادر References

الجابري ،خير الله موسى(2002) تأثير تكييس العذوق في صفات الثمار لأربعة اصناف من نخيل التمر Phoenix dactylifera L .رسالة ماجستير – كلية الزراعة – جامعة البصرة : 73ص.

الجابري ،خير الله موسى (2005).دراسة فعالية انزيم الانفرتيز ومحتوى السكريات في ثمار نخيل التمر Phoenix dactylifera L.صنف الخصاب. مجلة البصرة لأبحاث نخلة التمر 4(1-2):132-140.

جوار ،احمد سلام وعبد الواحد، محمود شاكر(2018).تأثير صنف اللقاح الذكري والرش بالكايتوسان في بعض الصفات الفسلجية والانزيمية لثمار نخيل Phoenix dactylifera L. صنف الشويثي. مجلة البصرة لأبحاث نخلة التمر 17(1-2):18-35.

خلف ، عبد الحسين ناصر(2003). دراسة فسيولوجية وتشريحية لنمو ونضج ثمار نخيل التمر Phoenix dactylifera L. البذرية والبكرية صنف البرحي. اطروحة دكتوراه – كلية الزراعة – جامعة البصرة : 137 ص.

دلالي ، باسل كامل (1986). اساسيات الكيمياء الحيوية . مديرية دار الكتب للطباعة والنشر – جامعة الموصل : 468 ص.

شريف، حسين جاسم(2008). تأثير التكييس ومستخلص عرق السوس على التبكير في النضج وتحسين صفات الثمّار لنخيل التمر Phoenix dactylifera L. صنفي الساير والحلاويّ .رسالة ماجستير –كلية الزراعة – جامعة البصرة:85ص.

طعين، ضياء احمد؛ البراك، صباح طارش وعاتي ،منتهى عبد الزهرة (2013). دراسة الصفات الطبيعية والانزيمية لثمار النخيل صنف الهلالي Phoenix dactylifera L cv.Hilawi. خلال تطورها. مجلة ديالى للعلوم الزراعية 5(2):203-212.

عاتي ، منتهى عيد الزهرة (2009).دراسة بعض تغيرات نمو وتطور ثمار نخيل التمر Phoenix dactylifera L. البذرية والبكرية في صنف الحلاوي .رسالة ماجستير – كمية الزراعة – جامعة البصرة :105 ص.

عاتي، منتهى عبد الزهرة (2016). تأثير الرش ببعض مضادات الاجهاد البيئي في بعض الصفات الفسيولوجية والتشريحية والانتاجية لنخيل التمر Phoenix dactylifera L. صنف الحلاوي. اطروحة دكتوراه – كلية الزراعة –جامعة البصرة :225ص.

عاتي، منتهى عبد الزهرة (2017). دراسة تأثير الرش بحامض السالسيليك في الفعالية الانزيمية والصفات التشريحية لثمار نخلة التمر . Phoenix dactylifera L. صنف الحلاوي .مجلة جامعة ذي قار 12 (3): 29-39.

عاتي، منتهى عبد الزهرة (2019). تأثير الرش ببعض المركبات العضوية (الدرن وحامض الاسكوربيك) على الصفات الكيميائية والانزيمية لثمار نخيل التمر Phoenix dactylifera L. صنف الحلاوي .مجلة جامعة الفيوم للعلوم الزراعية33(1): 583-590.

عاتي، منتهى عبد الزهرة ؛ عبيد، عبد الامير رحيم ؛ عطية، هدية عبد (2019).تأثير اصناف اللقاح في فعالية انزيمات نضج ثمار نخيل التمر Phoenix dactylifera L. صنف الليلوي .مجلة البصرة لأبحاث نخلة التمر 18(1):68-79.

عبد الواحد ، عقيل هادي (2011) . دراسة البصمة الوراثية لصنفين من افحل نخيل التمر Phoenix dactylifera L. وتثير لقاحهما في الصفات الفيزيائية والكيميائية لثمار صنف الحلاوي. أطروحة دكتوراه – كلية الزراعة – جامعة البصرة :223 ص .

عبد الواحد ، عقيل هادي وعبد ، عبد الكريم محمد (2004). تغيرات الفعالية الانزيمية (الانفيرتيز والسليوليز) وبعض المواد الكيمياوية خلال نمو ونضج ثمار نخيل التمر Phoenix dactylifera L . صنف الحلاوي . مجلة البصرة لأبحاث نخلة التمر 3 : 53 – 58.

العيسي ، عادل محمد ؛ الهلال ، علي عبد المحسن والسعد ، فيصل عبد الله (2008). التحليل بالتفريد الكهربائي للنظم الانزيمية في ثمار ثلاثة اصناف من نخيل التمر Phoenix dactylifera L. النامية في الاحساء والقطيف بالمملكة العربية السعودية . مجلة جامعة الملك عبد العزيز 19 : 63 – 84.

غالب ، حسام حسن (2005). ظواهر العقد (التوالد) البكري والميتازينيا والتوافق الجنسي في نخيل التمر Phoenix dactylifera L. . مجلة المرشد عدد (27) : 1 – 3 .

فاضل، وسن فوزي(2016). دراسة بعض التغيرات المرافقة للتلقيح وعقد ثمار نخيل التمر Phoenix dactylifera L. صنف الحلاوي و الساير .اطروحة دكتوراه – كلية الزراعة – جامعة البصرة :235 .

محمد ، نوال عبد الله (1977). بعض التغيرات الكيميائية والفيزيائية والنسيجية ونشاط بعض الانزيمات ودراسة ظاهرة ابي خشيم في تمور الحلاوي . رسالة ماجستير – كلية الزراعة – جامعة بغداد : 64 ص.

مطر ، عبد الامير مهدي (1991) . زراعة النخيل وانتاجه. مطبعة دار الحكمة. جامعة البصرة :420 ص.

AL-Bakir, A. and Whitaker, J. R. (1978). Purification and characteri-zation of invertase from dates (Phoenix dactylifera L. , VAR. Zahdi). J. Food Biochem. 2 : 133 – 160 pp .

AL-Mssallem, I.S. ; Hu,S. ; Zhang, X; Liu,Q. Liu,W. Tan,J. (2013). Genome sequence of the date palm (Phoenix dactylifera L.)NATURE COMMUNICATIONS | 4:2274

Audus , L. J. (1972). Plant growth substances . vol .1 Physiology and Biochemistry. 3 rd ed., Leonard Hill, London, : pp 553 .

Barreveld , W. H. (1993). Date palm products, FAO Agricultural services Bulletin No. 101.

Chaves ,A.L. and Farias.P.C.(2006). Ethylene and fruit ripening: From illumination gas to the control of gene expression, more than a century of discoveries. Genetics and Molecular Biology, 29(3): 508-515.

El-Sharkaway, I. ; Kim, W.S. ; Tayasankar, S. ; Svircev , A. and Brown, D. (2008). Differential regulation of four members of the ACC synthase gene family in plum.J. Exp. Bot. , 59 : 2009 – 2027.

Faurobert , M. ; Mihr , C. ; Bertin , N. ; Pawl, T. ; Sommerer, N. and Causse, M. (2007). Major proteome variations associated with cherry tomato development and ripening . Plant physiol., 143 : 1327 – 1346.

Fosket , D.(1994). Plant growth and development :A molecular approach. New York : Academic press.

Giovannoni , J. (2001). Molecular regulation of fruit ripening .Ann. Rev. plant physiol. Plant Mol. Biol., 52 : 725 – 749 ,.

Giovannoni , J. (2004). Genetic regulation of fruit development and ripening . The plant cell Review , 20 : 1 – 11 .

Hasegawa , S. and Smolensky , D. C. (1970). Date invertase : Properties and activity associated with maturation and quality . J. Agric. Food chem.,Vol . 18 : 902 – 904 .

Hasegawa, S. ; Smolensky , D. C. and Maier , V. P. (1972). Hydrolytic Enzymes in dates and their application in the softening of though dates and sugar wall dates . Report of Annual Date Growths Inst . Rept. 49 : 6-8 .

Hazzouri K.M; Flowers ,J .M . Visser ,H.J. et al (2015). Whole genome re-sequencing of date palms yields insights into diversification of a fruit tree crop. Nat Commun 6:8824. doi: 10.1038/ncomms9824.

Hopkins , W . G. and Muner, N . P. (2008). Introduction to plant physiology . 4th Edition , J . Wiley and Sons , U . S. A . 526 pp .

Kanner , J. ; Elmaleh , H. ; Reuveni , O. and Ben – Gera , I . (1978).Invertase (B – Fructofuranosidase) Activity in three date Cultivars . J. Agric . Food Chem . 26 : 1238 – 1240 PP .

Lelievre , J. m . ; Latche , A. ; Jones , B. (1997). Ethylene and fruit ripening . physiol . plant., 101 : 727 – 739.

Malek1,J.A.; Mathew ,S.; Mathew ,L.; Younusku,S. ;Mohamoud, Y.A. ; and Suhre1,K. (2019). Deletion of beta-fructofuranosidase (invertase) genes is associated with sucrose content in Date Palm fruit. https://doi.org/10.1101/652289.

Mustafa , A . B . ; Harper, D .B. and Johnston , D. E. (2006). Biochemical Changes during ripening of Some Sudanese Date varieties . J.Sci. Food Agric . 37 : 43 – 53.

Rastegar, S.; Rahemi, M. A. ; Baghizadeh and Gholami , M. (2012) . Enzyme activity and biochemical changes of three date palm cultivars with different softening pattern during ripening. Food C37 .

Roitsch, T. and Gonzalez, M.C.(2004). Function and regulation of plant invertases: sweet sensations. Trends Plant Sci. 9(12):606-613.

Rygg , G . L. (1975). Date development , Handling and packing in the united states USDA Hand book service No. 482.

Sakri, F.A. Benjamin, N.D. and Enwia, N.J.(1975). Relationship invertase activity to sucrose content in date fruit during different stages. Tech. Bull. No. 2/75. palm and Dates Res. Cent. Baghdad – Iraq : 30 p .

Smith , D. L. ; Abbott , J. A. and Gross, K. C. (2002). Down-regulation of tomato B – galactosidase and results in decreased fruit ripening . plant physiol. , 129 : 1755 – 1762.

Taain,D.A.(20013). study on physico-chemical and physiological characteristics of date palm fruits (phoenix dactylifera L.) cv. Um-ALdehin . Pak. J. Agri. Sci., Vol. 50(1):1-5 .

Wareing , P. F. and Philips , I. D. (1983). Growth and differentiation in plants. 3rd ed ., Pergamon press, Oxford , U. K.

White , P. J. (2002). Recent advances in fruit development and ripening: an overview. J. Exp. Bot. , 53 : 1995 – 2000 .

Wrigley , G. (1995). Date palm (Phoenix dactylifera L .) in : Smartt. Simmonds new (Eds.) Evolution of crop plants , 2nd ed. Longman , London : pp 399 – 403 .

Yamada, K., T. Kojima, N. Bantog, T. Shimoda, H. Mori, K. Shiratake, and S. Yamaki. (2007). Cloning of two isoforms of soluble acid invertase of japanese pear and their expression during fruit development. J. Plant Physiol. 164:746–755.

Physiological role of the ripening enzymes (invertase and cellulase) in the date palm fruits *(Phoenix dactylifera* L.) (Review article)

Muntaha Abdul-Zahra Ati

Date Palm Research Center - University of Basrah

Abstract

Due to the importance of enzymes and their physiological role in the fruit ripening process, the most important causes responsible for the role of invertase and cellulase in the ripening process were identified in this study, invertase, which is an enzyme widely known as the enzyme that stimulates the hydrolysis of sucrose into reduced sugars to improve the quality of fruits. The freshness is not related to the moisture content of the fruits only, but also with the effectiveness of a number of hydrolysis enzymes accompanying the final ripening stages, such as invertase, and it is believed that it plays a major role in regulating sugar content to contribute to all aspects of plant growth. It is known that there are many enzymes that affect the softness of the fruit, As for the cellulase enzyme known to be active in the softness of the cell wall of cells, it in this way helps the softness and ripening of fruits, which is one of the important characteristics that determine the quality of dates and the extent of their consumption. Researches differed in identifying the main reasons that lead to ripening of fruits according to the variety, stage and chemical composition, so the real reasons for the role of enzymes in the ripening phase were not known. In this research, some information on the physiological causes responsible for the differences in the pattern of enzyme changes was identified invertase and cellulase in the different varieties of the date palm fruits and understanding the ripeness of the fruit, the importance of enzymes and their role in the ripening of the various varieties of date palm was highlighted, and there is still a lot that has not been discovered about this process.

***Keywords*:** Date palm, Enzymes, Stages of maturity, Ripening..